

ANÁLISIS DE LA DEFORESTACIÓN TRAS LA FIRMA DE LOS ACUERDOS DE PAZ  
EN LA AMAZONÍA BAJA DEL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO, UTILIZANDO  
DATOS DE LA METODOLOGÍA MAPBIOMAS

MIGUEL ANGEL RESTREPO GALVIS

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
INGENIERÍA FORESTAL  
BOGOTÁ, 2022

ANÁLISIS DE LA DEFORESTACIÓN TRAS LA FIRMA DE LOS ACUERDOS DE PAZ  
EN LA AMAZONÍA BAJA DEL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO, UTILIZANDO  
DATOS DE LA METODOLOGÍA MAPBIOMAS

MIGUEL ANGEL RESTREPO GALVIS

20142010069

Trabajo de grado en modalidad de pasantía presentado como requisito para optar al título de  
ingeniero Forestal

Tutora interna:

Ms MARIAM RIVAS DIAZGRANADOS

Tutor externo:

ADRIANA ROJAS SUAREZ

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
INGENIERÍA FORESTAL

BOGOTÁ, 2022



## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. JUSTIFICACIÓN.....	9
3. ANTECEDENTES.....	11
3.1. PRESENCIA DE LAS FARC EN EL TERRITORIO.....	11
3.2. UNA BREVE HISTORIA DEL PUTUMAYO.....	14
3.3. PUTUMAYO, SU MOTOR ECONÓMICO E INCIDENCIAS DE LOS GRUPOS AL MARGEN DE LA LEY.....	16
3.4. PUTUMAYO DESDE EL CIELO.....	18
4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	21
5. OBJETIVOS.....	22
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	22
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
6. MARCO TEÓRICO.....	23
6.1. REGIÓN DEL AMAZONAS.....	23
6.2. BIOMAS Y ECOSISTEMAS.....	24
6.3. BIOGEOGRÁFICA ANDES.....	26
6.4. BIOGEOGRAFIA AMAZONAS.....	26
6.5. PUTUMAYO.....	27



6.6.	TELEDETECCIÓN Y SENSORES REMOTOS .....	29
6.7.	IMÁGENES DE SATÉLITE .....	30
6.8.	CLASIFICACIÓN DE COBERTURA DE LA TIERRA (MAPBIOMAS).....	31
6.9.	BREVE INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA MAP BIOMAS .....	33
6.10.	GOOGLE ENGINE COMO HERRAMIENTA DE PROCESAMIENTO.....	35
7.	METODOLOGÍA.....	37
7.1.	ÁREA DE ESTUDIO.....	37
7.2.	METODOLOGÍA MAPBIOMAS .....	39
7.3.	CLASIFICACIÓN Y LEYENDA.....	41
7.4.	ANÁLISIS MULTITEMPORAL .....	43
8.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	48
8.1.	FACTORES DE INCIDENCIA.....	48
8.2.	FUERZAS ARMADAS REVOLUCIONARIAS DE COLOMBIA (FARC) Y SU INCIDENCIA EN EL CAMBIO DE COBERTURA .....	54
8.3.	COMPARACIÓN DE TENDENCIAS.....	55
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	72

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: MAPA DE LA PRESENCIA ACTIVA DE LAS FARC PARA EL AÑO 2002 .....	11
GRÁFICO 2: MAPA DE PRESENCIA DE LAS FARC POR REGIONES DESDE 1998- 2001 .....	12
GRÁFICO 3: MAPA DE PRESENCIA DE LAS FARC POR REGIONES DESDE 1989- 1991 .....	12
GRÁFICO 4: MAPA DE PRESENCIA AUSENCIA DE LAS FARC EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO (AUSENCIA SE MARCA COMO REPORTE DE AVISTAMIENTO, MÁS NO ATAQUES NI ESTABLECIMIENTO DOCUMENTADO) .....	13
GRÁFICO 5: DENSIDAD DE CULTIVOS DE COCA EN LA REGIÓN PUTUMAYO - CAQUETÁ, 2016 .....	20
GRÁFICO 6 LOCALIZACIÓN Y BIOMAS PRESENTES EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA.....	25
GRÁFICO 7: INTERFAZ DE UN CÓDIGO PARA CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS EN GOOGLE EE .....	36
GRÁFICO 8 DIAGRAMA DE FLUJO DEL DESARROLLO METODOLÓGICO .....	37
GRÁFICO 9: GRILLA DE CARTAS MAPBIOMAS (VERDE), GRILLA DE IMAGENES LANDSAT (AZUL) Y LÍMITE ÁREA DE ESTUDIO (ROJO).....	39
GRÁFICO 10 ESQUEMA DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN MOSAICO ANUAL A PARTIR DE DIVERSAS IMÁGENES LANDSAT.....	40
GRÁFICO 11: FLUJO ITERATIVO PARA LA CLASIFICACIÓN MAPBIOMA COLOMBIA.....	41
GRÁFICO 12: AÑOS TOMADOS PARA LA PROYECCIÓN O LÍNEA DE TENDENCIA DEL COMPORTAMIENTO DE LAS ÁREAS.....	44
GRÁFICO 13: REGRESIÓN LINEAL DE FORMACIÓN FORESTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO DONDE SE REGISTRÓ AUSENCIA DE LAS FARC.....	45
GRÁFICO 14: REGRESIÓN LINEAL DE FORMACIÓN FORESTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO DONDE SE REGISTRÓ PRESENCIA DE LAS FARC.....	45
GRÁFICO 15: REGRESIÓN LINEAL DE OTRA FORMACIÓN NATURAL FORESTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO DONDE SE REGISTRÓ AUSENCIA DE LAS FARC. ....	46
GRÁFICO 16: REGRESIÓN LINEAL DE OTRA FORMACIÓN NATURAL FORESTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO DONDE SE REGISTRÓ PRESENCIA DE LAS FARC.....	46

GRÁFICO 17: REGRESIÓN LINEAL DE LA FORMACIÓN DE AGRICULTURA Y PASTOS EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO DONDE SE REGISTRÓ AUSENCIA DE LAS FARC. ....	46
GRÁFICO 18: REGRESIÓN LINEAL DE LA FORMACIÓN DE AGRICULTURA Y PASTOS EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO DONDE SE REGISTRÓ PRESENCIA DE LAS FARC.....	46
GRÁFICO 19: REGRESIÓN LINEAL DE LA FORMACIÓN DE INFRAESTRUCTURA URBANA EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO DONDE SE REGISTRÓ AUSENCIA DE LAS FARC. ....	47
GRÁFICO 20: REGRESIÓN LINEAL DE LA FORMACIÓN DE INFRAESTRUCTURA URBANA EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO DONDE SE REGISTRÓ PRESENCIA DE LAS FARC.....	47
GRÁFICO 21: REGRESIÓN LINEAL DE LA FORMACIÓN DE OTRAS ÁREAS NO VEGETADAS EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO DONDE SE REGISTRÓ AUSENCIA DE LAS FARC. ....	47
GRÁFICO 22: REGRESIÓN LINEAL DE LA FORMACIÓN DE OTRAS ÁREAS NO VEGETADAS EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO DONDE SE REGISTRÓ PRESENCIA DE LAS FARC.....	47
GRÁFICO 23: RELACIÓN DE COBERTURA EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO .....	49
GRÁFICO 24: PERSISTENCIA DEL BOSQUE A LO LARGO DE LA SERIE TEMPORAL.....	50
GRÁFICO 25: MAPA DE COBERTURAS PARA EL AÑO 1985 .....	51
GRÁFICO 26: MAPA DE COBERTURAS PARA EL AÑO 2016.....	52
GRÁFICO 27: MAPA DE COBERTURAS PARA EL AÑO 2020.....	53
GRÁFICO 28: REPRESENTACIÓN DE LA COBERTURA ENCONTRADA EN LOS MUNICIPIOS DEL PUTUMAYO DONDE HAY PRESENCIA DOCUMENTADA DE LAS FARC.....	58
GRÁFICO 29: REPRESENTACIÓN DE LA COBERTURA ENCONTRADA EN LOS MUNICIPIOS DEL PUTUMAYO DONDE HAY AUSENCIA DOCUMENTADA DE LAS FARC. ....	59
GRÁFICO 30: COMPARACIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS LINEALES QUE TOMARON COMO BASE LOS 4 AÑOS ANTERIORES A LA FIRMA DE LOS ACUERDOS DE PAZ COMPARADO CON LOS DATOS REALES EN LA REGIÓN CON AUSENCIA DE LAS FARC PARA LA FORMACIÓN FORESTAL.....	60
GRÁFICO 31: COMPARACIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS LINEALES QUE TOMARON COMO BASE LOS 4 AÑOS ANTERIORES A LA FIRMA DE LOS ACUERDOS DE PAZ COMPARADO CON LOS DATOS REALES EN LA REGIÓN CON PRESENCIA DE LAS FARC PARA LA FORMACIÓN FORESTAL.....	61

GRÁFICO 32: COMPARACIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS LINEALES QUE TOMARON COMO BASE LOS 4 AÑOS ANTERIORES A LA FIRMA DE LOS ACUERDOS DE PAZ COMPARADO CON LOS DATOS REALES EN LA REGIÓN CON AUSENCIA DE LAS FARC PARA LA OTRA FORMACIÓN NATURAL FORESTAL .....	62
GRÁFICO 33: COMPARACIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS LINEALES QUE TOMARON COMO BASE LOS 4 AÑOS ANTERIORES A LA FIRMA DE LOS ACUERDOS DE PAZ COMPARADO CON LOS DATOS REALES EN LA REGIÓN CON PRESENCIA DE LAS FARC PARA LA OTRA FORMACIÓN NATURAL FORESTAL .....	63
GRÁFICO 34: COMPARACIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS LINEALES QUE TOMARON COMO BASE LOS 4 AÑOS ANTERIORES A LA FIRMA DE LOS ACUERDOS DE PAZ COMPARADO CON LOS DATOS REALES EN LA REGIÓN CON AUSENCIA DE LAS FARC PARA LA AGRICULTURA Y PASTO .....	64
GRÁFICO 35: COMPARACIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS LINEALES QUE TOMARON COMO BASE LOS 4 AÑOS ANTERIORES A LA FIRMA DE LOS ACUERDOS DE PAZ COMPARADO CON LOS DATOS REALES EN LA REGIÓN CON PRESENCIA DE LAS FARC PARA LA AGRICULTURA Y PASTO. ....	65
GRÁFICO 36: COMPARACIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS LINEALES QUE TOMARON COMO BASE LOS 4 AÑOS ANTERIORES A LA FIRMA DE LOS ACUERDOS DE PAZ COMPARADO CON LOS DATOS REALES EN LA REGIÓN CON AUSENCIA DE LAS FARC PARA LA INFRAESTRUCTURA URBANA.....	66
GRÁFICO 37: COMPARACIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS LINEALES QUE TOMARON COMO BASE LOS 4 AÑOS ANTERIORES A LA FIRMA DE LOS ACUERDOS DE PAZ COMPARADO CON LOS DATOS REALES EN LA REGIÓN CON PRESENCIA DE LAS FARC PARA LA INFRAESTRUCTURA URBANA. ....	67
GRÁFICO 38: COMPARACIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS LINEALES QUE TOMARON COMO BASE LOS 4 AÑOS ANTERIORES A LA FIRMA DE LOS ACUERDOS DE PAZ COMPARADO CON LOS DATOS REALES EN LA REGIÓN CON AUSENCIA DE LAS FARC PARA OTRAS ÁREAS NO VEGETADAS.....	68
GRÁFICO 39: COMPARACIÓN DE LOS MODELOS PREDICTIVOS LINEALES QUE TOMARON COMO BASE LOS 4 AÑOS ANTERIORES A LA FIRMA DE LOS ACUERDOS DE PAZ COMPARADO CON LOS DATOS REALES EN LA REGIÓN CON PRESENCIA DE LAS FARC PARA OTRAS ÁREAS NO VEGETADAS.....	69



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: CULTIVOS ILÍCITOS EN EL PUTUMAYO 1, VALORES EN HECTÁREAS.....	19
TABLA 2: CULTIVOS ILÍCITOS EN EL PUTUMAYO 2, VALORES EN HECTÁREAS.....	19
TABLA 3: COMPARATIVA DE LAS BANDAS DISPONIBLES EN LANDSAT 7 Y LANDSAT 8.....	30
TABLA 4: MATRIZ DE TABULACIÓN CRUZADA PARA DOS MAPAS EN 2 FECHAS DISTINTAS.....	43
TABLA 5: VALORES DE CAMBIOS 1985-2020 POR CATEGORÍAS EXPRESADO EN PORCENTAJE .....	55
TABLA 6 PRESENCIA/AUSENCIA DE LAS FARC POR MUNICIPIOS DE PUTUMAYO.....	57
TABLA 7 RESULTADOS DE MODELO LINEAL GENERALIZADO CON ENLACE LOGARÍTMICO, CONSIDERANDO COMO VARIABLES RESPUESTA LAS COBERTURAS (HECTÁREAS) Y COMO VARIABLES EXPLICATIVAS EL TIEMPO DE ESTUDIO (2013-2020) Y LA PRESENCIA/AUSENCIA DE LAS FARC .....	70
TABLA 8 ÁREAS DE GANANCIA Y PERDIDA DE CADA COBERTURA ELABORADO A PARTIR DE LA METODOLOGÍA DE PONTIUS Y COLABORADORES (2004). .....	73



## 1. INTRODUCCIÓN

Colombia como país, cuenta con 48 millones de hectáreas pertenecientes a la formación amazónica, (aporta el 41,8% del territorio nacional y posee el 6,4% de la región amazónica total) enfrenta un conflicto en común con los demás países que comparten esta región, la deforestación o cambio de cobertura que conlleva a la degradación del ecosistema y sus procesos naturales funcionales dentro de estas formaciones (Cepal y Patrimonio Natural, 2013). Sumado a ello, los conflictos armados internos que azotan el territorio colombiano promueven actividades económicas ilegales para financiar y dinamizar sus acciones dentro de la organización interna, un ejemplo de estos grupos son las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia, (FARC), quienes a través de actividades como minería ilegal, plantaciones de coca, apertura de caminos veredales, entre otras acciones que fueron clave para el sostenimiento financiero de su organización, aportaron al cambio de cobertura forestal a otros tipos de coberturas generando focos de deforestación. (FUNDACIÓN CIDOB, 2014)

De este modo, el presente documento busca identificar si existe alguna relación entre su presencia y la deforestación en el departamento del putumayo a través de análisis espaciales multitemporales desde 1985 hasta el 2016 (año que se firman los acuerdos de paz) y desde 2016 hasta el 2020, tomando como referente el año de la firma de los acuerdos de paz en Colombia, como punto de comparación del comportamiento de la deforestación.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Dadas las problemáticas complejas sociales, económicas, de salud, entre otras, que han sido históricas, generan, por la presencia de los grupos armados en el territorio nacional, el gobierno del entonces presidente Juan Manuel Santos, promueve los acuerdos de paz entre las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC), y el gobierno nacional, con el fin de dar alto a dichas problemáticas en el país. Es importante entender en qué consisten los acuerdos de paz, para comprender la importancia del proceso.

A continuación, se enuncian las razones del porqué de los acuerdos de paz: (Ríos, 2017)

- Poner fin a la guerra.
- Verdad, justicia y reparación para las víctimas.
- Contra el narcotráfico.
- Mejores oportunidades para el campo.
- Más participación y democracia.
- La puesta en marcha del acuerdo final.

De este modo, para discernir un poco acerca de la problemática social en el territorio amazónico, nos remontamos a la historia, donde según Díaz y Sánchez, (2004) en el tránsito entre las décadas de los 70 y 80, comienza la bonanza cocalera, liderada principalmente por traficantes con una transición de poder paulatina hacia las FARC, que se mencionará más adelante.

Las principales áreas de influencia en Colombia se centran en varios departamentos de la región amazónica (Min Agricultura y desarrollo rural, Min de Justicia, DNE, 1995), convirtiéndose en el principal soporte económico de la región, se cultivaron en promedio entre los años 1999

y 2001 alrededor de 120 mil hectáreas de Coca en el país, con un aporte significativo enfocado en el departamento del Putumayo (Díaz & Sánchez, 2004).

En la Amazonia colombiana se ha deforestado, en los últimos 23 años (1990 a 2013) un total de 2.792.700 hectáreas, el periodo de mayor deforestación fue 1990- 2000 con 1.308.600 hectáreas, en el último periodo 2010-2013 la deforestación fue de 422.600 hectáreas; para el departamento del Putumayo en los mismos periodos la deforestación fue de 367.180 hectáreas y 45.414 hectáreas, respectivamente. (SINCHI, 2017)

El departamento del putumayo hace parte del arco de deforestación de la amazonia, junto con el departamento del Caquetá, meta y Guaviare, estos presentaron el 36 % de la deforestación total para el año 2016, dentro de esta la praderización es la principal forma de ejercer la tenencia de la tierra o especular con su valorización, deforestando grandes extensiones, así mismo la expansión de la frontera agrícola está vinculada a la siembra de cultivos de uso ilícito, que abre la frontera y fomenta el establecimiento de otras actividades productivas. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS, 2014)

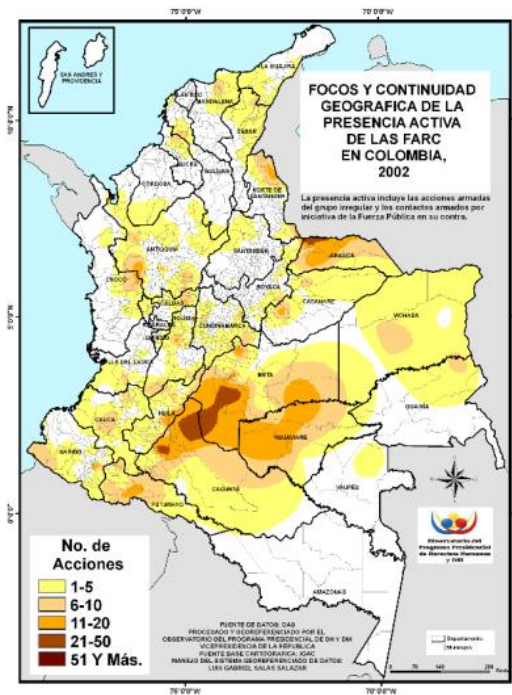
Si bien, algunos medios de comunicación, entidades estatales y no estatales muestran cifras desalentadoras en cuanto al ascenso de la deforestación después de la firma de los acuerdos de paz, en el presente trabajo, se busca una relación de la presencia de las FARC, con la deforestación en la zona del Putumayo, para ello, se aplica la metodología MapBiomass, que busca obtener datos base de cobertura y cambios de cobertura en el departamento, esta, tiene como insumo principal mosaicos de imágenes Landsat multianuales, que nos ayudan a explicar visualmente y estadísticamente el comportamiento de algunas variables como la presencia ausencia, contrastado con literatura.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1. PRESENCIA DE LAS FARC EN EL TERRITORIO.

Es bien sabido que las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia, se establecieron a lo largo del territorio colombiano; desde su nacimiento en 1964 (Sierra, 2020) este ha expandido sus fronteras cada vez más sobre el territorio, en especial en lugares con abandono estatal.

Gráfico 1: Mapa de la presencia activa de las FARC para el año 2002

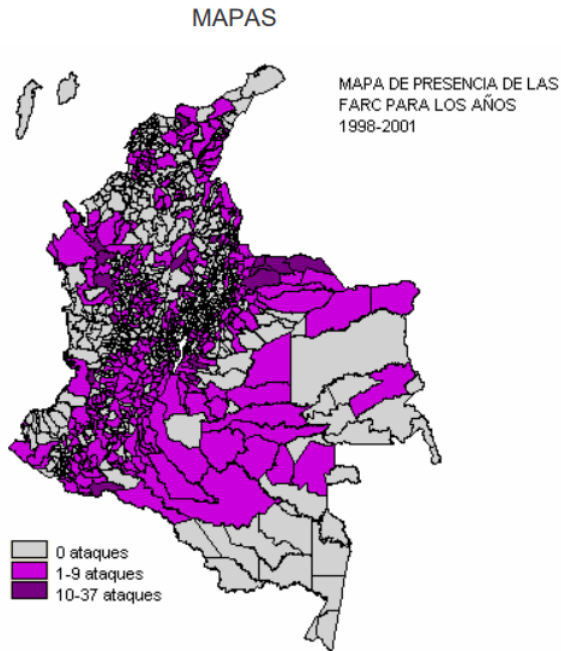


Tomado de: (Sierra, 2020)

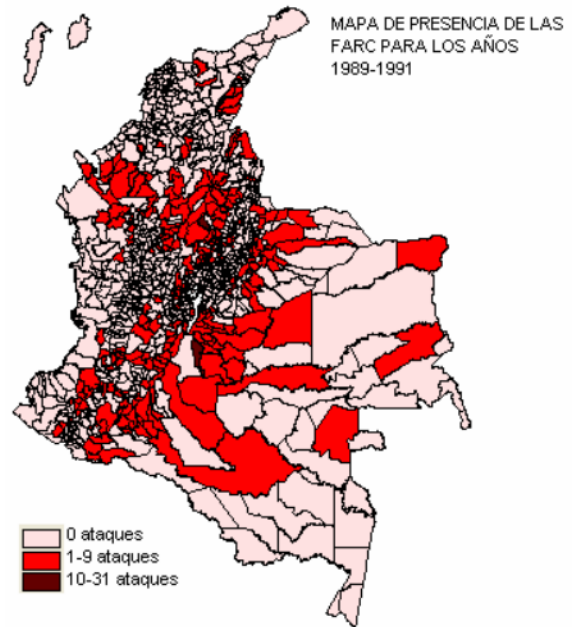
Del mismo modo, Bottía en el 2003, expone el mapa de presencia/ausencia de acuerdo a los ataques que este grupo armado ha realizado en los diferentes municipios de Colombia. (Noguera, 2003)

Gráfico 2: Mapa de presencia de las FARC por regiones desde 1998-2001

Gráfico 3: Mapa de presencia de las FARC por regiones desde 1989-1991



Fuente: (Noguera, 2003)

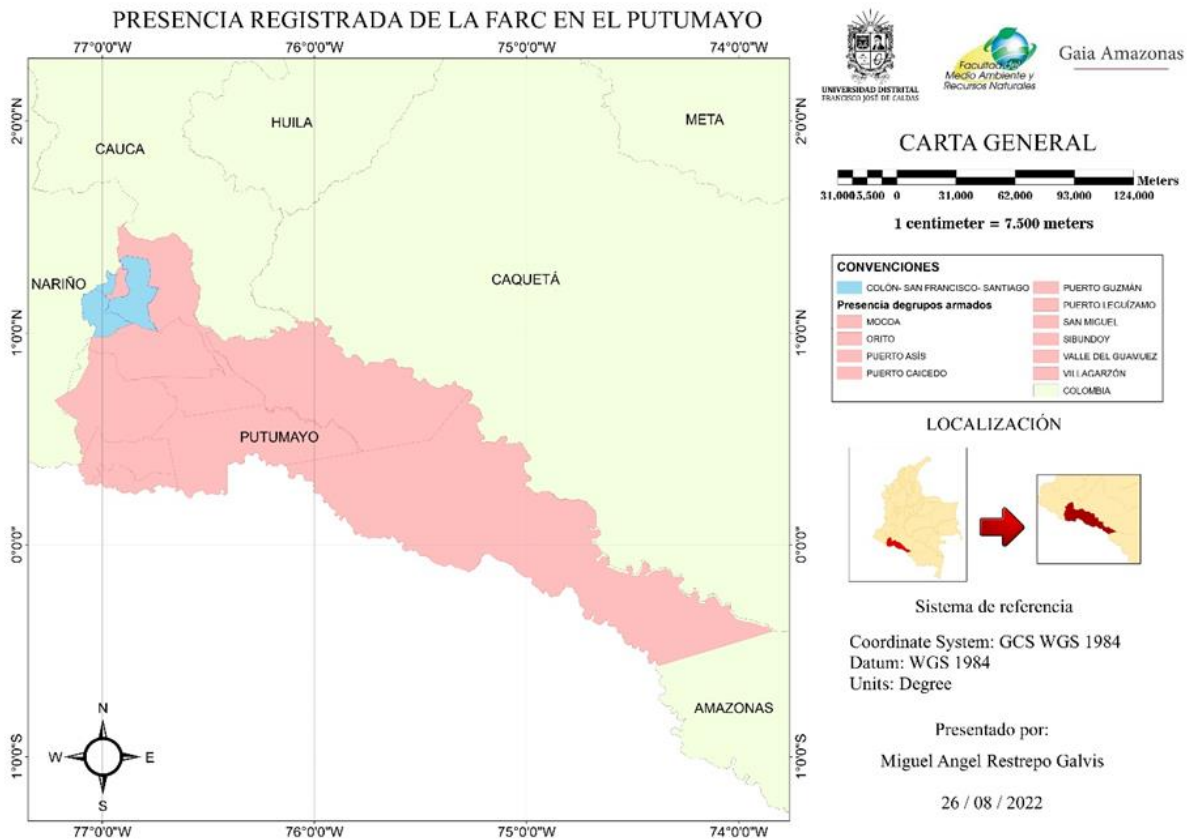


Fuente: (Noguera, 2003)

Los mapas anteriores, muestran el grado de influencia en el territorio colombiano, sin embargo, para el presente documento se trabajará una de las regiones claves por su conectividad estratégica, el departamento del Putumayo. (Sierra, 2020)

En este sentido, tras una revisión documental en textos de antropología, científicos técnicos, de conflicto armado e incluso artículos de revista informativa, se obtiene la información de presencia/ausencia en los diferentes municipios de Putumayo y ploteados a continuación.

Gráfico 4: Mapa de presencia ausencia de las FARC en el departamento del putumayo (Ausencia se marca como reporte de avistamiento, más no ataques ni establecimiento documentado)



Fuente: Elaboración Propia.

### 3.2. UNA BREVE HISTORIA DEL PUTUMAYO.

La región del Putumayo se ha conocido a lo largo de la historia por su gran importancia para narcotraficantes y guerrillas, su posición estratégica y gran porcentaje de cobertura boscosa la hace cuna de estos grupos al margen de la ley, sumado a ello el desamparo estatal en dichas lejanas tierras facilitan aún más su estadía.

Para comprender un poco más de las dinámicas de las poblaciones en el amazonas, estas comienzan con la colonización de tierras a principio del siglo XX entre los años 1900 y 1947 llegan personas del exterior con fines de extracción de quina y caucho (Ramírez, 2001) generando procesos de recomposición territorial y étnicos, dando inicio a la expansión de las fronteras agropecuarias en la zona (Ramírez, 2001), otro de los sucesos de importancia para el presente documento es la construcción de carreteras en el año 1906, que sirvió para abastecer a las tropas en la guerra colombo-peruana (Ramírez, 2001), estas carreteras facilitaron la colonización de la zona alta del putumayo.

Por otro lado, la actividad de explotación maderera, tráfico de pieles y animales con apogeo en el año 1960 fue la actividad comercial más importante de la zona. (Ramírez, 2001) & (CNMH, 2015), Luego continua hacia el 1963 y 1976 la fiebre petrolera, la *Texas Petroleum Company*, encuentran varios yacimientos dentro del departamento, en zonas como la Hormiga, Puerto Asís y San Miguel que se vuelven focos de deforestación. (Ramírez, 2001) & (CNMH, 2015) Otro punto álgido es según Díaz y Sánchez, (2014) en el tránsito entre las décadas de los 70 y 80 (entre los años 1977 y 1987, el auge comienza en 1981 hasta el 1987) , comienza la bonanza cocalera liderada principalmente por traficantes que paulatinamente se convirtieron en cárteles, esta actividad tuvo una rápida expansión debido a las ganancias que incluso permitió la

autofinanciación, convirtiéndose en productores importantes enfocando sus cultivos en regiones apartadas como Putumayo, Caquetá y Guaviare.

Con la desaparición paulatina de estos carteles debido al control estatal de los principales cabecillas estas actividades pasaron a ser controladas, una parte por las siguientes generaciones de narcotraficantes y la otra parte por grupos al margen de la ley como las FARC, se estimaba que para el año 1994 en Colombia hubo alrededor de 39.800 Ha de coca sembrada (Departamento Nacional de Planeación, 1995)



### 3.3. PUTUMAYO, SU MOTOR ECONÓMICO E INCIDENCIAS DE LOS GRUPOS AL MARGEN DE LA LEY

Como se mencionaba anteriormente la base económica se fue relegando e introduciendo nuevos modelos de comercialización, la entrada y salida constante de mercados de explotación se fue apaciguando, por su inestabilidad productiva y económica los campesinos, colonos e indígenas combinan los cultivos ilícitos con los de pancoger. (Departamento Nacional de Planeación, 1995) Estos cultivos familiares y comerciales se extendieron a lo largo del departamento en las zonas de colonización en el Amazonas convirtiéndose de esta forma en una economía campesina (Castaño Bernal Marín Ramirez, 2003)

Esta modalidad se convierte en el principal soporte económico de la región, incluso con la incursión de plantaciones industriales (hasta de trescientas hectáreas) (Museo Nacional de Colombia, 2014) Es así que se cultivaron en promedio entre los años 1999 y 2001 alrededor de 120 mil hectáreas de los cuales, en 1994, el departamento del Putumayo había aportado el 23,59% con 14.539 Ha de coca sembradas. Posteriormente Putumayo pasa a ser el principal productor entre la Orinoquía y el Amazonas con un aporte del 51% con 66.000 Ha. (DIAZ & SANCHEZ, 2004)

Esta economía con base en la coca es evidencia del abandono estatal y los fallidos intentos de implementar planes de desarrollo en la región de la Amazonía y su población, la cual lleva a la implantación del llamado “capitalismo salvaje”, del cual los cultivos tradicionales no subsidiados como el maíz son incapaces de competir económicamente con los precios de los mismos importados, (Museo Nacional de Colombia, 2014) Siendo este la salida económica para los pobladores.

En este mismo sentido, teniendo en cuenta la condición de ilegal, facilita la incursión de las FARC como autoridad en la regulación de producción, procesamiento y mercado de este (económico), incluso permitiendo la imposición de normas y leyes sobre el territorio, convirtiéndose en un instrumento de control (Social), y de esta forma también garantiza recursos estratégicos y económicos importantes para sus propósitos de carácter militar. (Museo Nacional de Colombia, 2014)

Es así que los municipios del Valle de Guamues en la Hormiga, Orito, Puerto Caicedo, San Miguel, Puerto Guzmán y Puerto Asís, (esta última conocida como capital comercial de la economía de la coca en el Bajo Putumayo), son denominados municipios cocaleros, de igual forma, estos son sede de los frentes 48 y 32 de las FARC.

Cabe resaltar que Puerto Asís, el Valle del Guamues (La Hormiga) y San Miguel (La Dorada), son municipios estigmatizados como violentos por la predominancia de la economía de la coca. Estos municipios aportan en cultivos para principios del año 2000, en Orito un total de 10.000 Ha superior a las 5.000 Ha de Puerto Asís. (Museo Nacional de Colombia, 2014)

### 3.4. PUTUMAYO DESDE EL CIELO

Según (Lastra, 2015) en Colombia, 37 parques nacionales naturales albergan grupos armados y en 17 hay cultivos ilícitos y por cada hectárea de marihuana sembrada se han deforestado 1,5 hectáreas de bosque, 2,5 en el caso de amapola y 4 en el caso de hoja de coca.

En este sentido, los cambios de cobertura han sido significativos al incursionar actividades como el cultivo de coca en el territorio, es tanto así que una relación de área estimada es de 1 a 2, es decir por cada hectárea coca sembrada se debe destruir 2 hectáreas de bosque para su establecimiento. (Departamento Nacional de Planeación, 1995)

La Oficina de las Naciones Unidas sobre Drogas y Crimen (UNODC) informó que para el año 2015 el área de cultivo de cocaína en el país aumentó en un 44%, según esta, las dinámicas de los cultivos de coca se dan en tres diferentes entornos, en espacios rurales con infraestructura, espacios en proceso de deforestación-praderización y en las puntas de colonización o márgenes hídricos (Rincon Ruiz, 2013)

Hacia el año 2020, los municipios de Puerto Guzmán, Puerto Leguizamo, Puerto Asís y Puerto Caicedo presentaron una deforestación de 11 mil hectáreas, que unificadas corresponden al 85 % del total de las zonas afectadas por esta problemática, la organización Corazón de la Amazonía (2022) señaló que hubo una disminución en la cobertura boscosa de 13.141 Ha en este periodo.

Para comprender un poco el impacto de los cultivos en el área se tienen los siguientes datos de hectáreas de cultivos ilícitos desde el año 1999 hasta el año 2020.



Tabla 1: Cultivos ilícitos en el Putumayo 1, valores en hectáreas

MUNICIPIO	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
MOCOA	274,43	510,56	112,00	122,00	91,00	27,04	69,00	145,00	142,00	97,00	37,00
ORITO	9.734,96	10.854,98	7.629,19	1.442,00	352,00	516,00	523,00	1.153,00	1.740,00	1.269,00	583,00
PUERTO ASÍS	11.340,48	13.018,72	8.679,57	2.898,00	1.527,00	543,00	1.414,00	2.509,00	4.531,00	2.627,00	1.225,00
PUERTO CAICEDO	3.454,66	4.146,60	2.340,00	709,00	210,00	141,00	330,00	547,00	929,00	449,00	326,00
PUERTO GUZMÁN	7.986,52	6.153,36	4.184,77	2.494,00	2.297,00	1.050,00	1.928,00	2.118,00	1.827,00	1.077,00	794,00
PUERTO LEGUIZAMO	2.622,11	5.368,41	3.831,27	3.187,00	1.454,00	1.275,00	2.546,00	2.562,00	1.530,00	1.653,00	1.150,00
SAN MIGUEL (La Dorada)	8.700,96	7.983,17	4.041,29	903,00	600,00	194,40	661,00	756,00	867,00	481,00	263,00
SANTIAGO			11,00	8,00			3,00	6,00		8,00	3,00
VALLE DEL GUAMUEZ (La Hormiga)	14.031,40	16.523,88	9.269,25	1.553,00	850,00	471,00	1.033,00	1.896,00	2.334,00	1.319,00	583,00
VILLAGARZÓN	151,49	1.462,69	952,06	410,00	178,00	169,00	456,00	561,00	913,00	678,00	353,00
<b>Totales</b>	<b>58.297,01</b>	<b>66.022,37</b>	<b>41.050,40</b>	<b>13.726,00</b>	<b>7.559,00</b>	<b>4.386,44</b>	<b>8.963,00</b>	<b>12.253,00</b>	<b>14.813,00</b>	<b>9.658,00</b>	<b>5.317,00</b>

Fuente: (UNODC, 2016)

Tabla 2: Cultivos ilícitos en el Putumayo 2, valores en hectáreas.

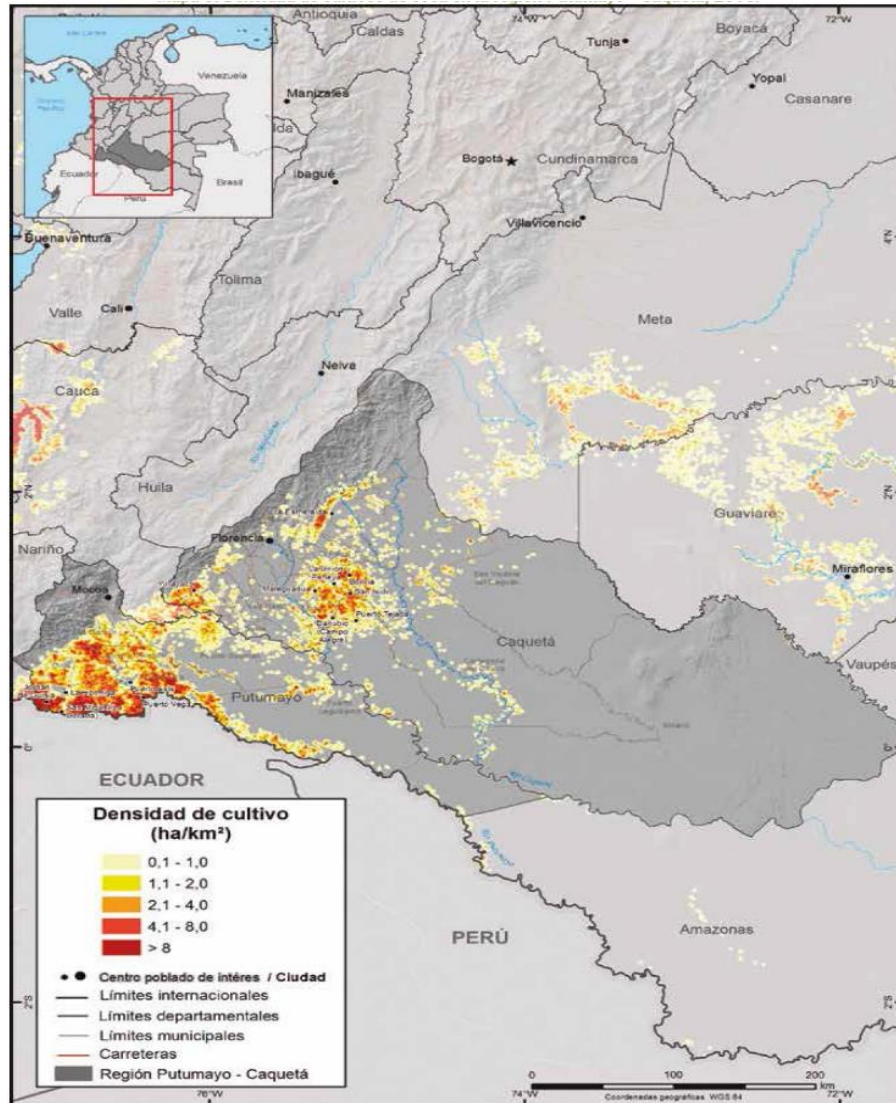
MUNICIPIO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
MOCOA	15,00	48,00	107,00	49,00	105,00	106,88	111,20	76,23	70,14	77,08	18,22
ORITO	556,00	1.086,00	428,00	784,00	1.639,00	2.189,80	2.987,87	3.969,91	3.949,26	3.073,30	2.212,62
PUERTO ASÍS	1.551,00	2.735,00	1.463,00	2.150,00	4.437,00	6.052,03	7.453,44	9.664,60	7.657,88	6.809,74	5.701,55
PUERTO CAICEDO	281,00	854,00	526,00	682,00	1.046,00	1.481,21	1.782,14	2.998,37	2.905,02	2.616,56	1.929,34
PUERTO GUZMÁN	623,00	1.413,00	656,00	624,00	915,00	1.298,66	1.584,84	2.029,90	2.014,05	1.749,87	1.063,81
PUERTO LEGUIZAMO	1.044,00	1.696,00	1.218,00	1.077,00	1.276,00	1.804,80	1.992,38	1.403,95	1.104,11	1.651,81	1.390,14
SAN MIGUEL (La Dorada)	136,00	499,00	416,00	659,00	1.094,00	2.338,17	3.128,40	3.553,66	3.329,07	3.752,43	3.603,69
SANTIAGO	3,00		2,00	4,00	6,00	4,64	5,28				
VALLE DEL GUAMUEZ (La Hormiga)	335,00	1.010,00	644,00	1.093,00	2.050,00	3.660,05	4.885,79	4.132,44	3.362,77	3.539,45	3.353,95
VILLAGARZÓN	241,00	611,00	688,00	545,00	1.041,00	1.131,39	1.231,07	1.759,91	2.015,26	1.702,67	712,86
<b>Totales</b>	<b>4.785,00</b>	<b>9.952,00</b>	<b>6.148,00</b>	<b>7.667,00</b>	<b>13.609,00</b>	<b>20.067,63</b>	<b>25.162,41</b>	<b>29.588,97</b>	<b>26.407,56</b>	<b>24.972,91</b>	<b>19.986,18</b>

Fuente: (UNODC, 2016)

Es así que se reportan aproximadamente 430.391,88 Ha de Coca sembradas en el departamento en 21 años, equivalente al 17,29% del área total del departamento.

Estos sitios se concentran en los municipios de Valle de Guamues en la Hormiga, Orito, Puerto Caicedo, San Miguel, Puerto Guzmán y Puerto Asís como se muestra en los siguientes reportes.

Gráfico 5: Densidad de cultivos de coca en la región Putumayo - Caquetá, 2016



Fuente: (UNODC, 2016)

## 4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La amazonia colombiana representa más de la mitad de la cobertura boscosa del país; sin embargo, la biodiversidad de esta zona se encuentra en decremento a causa de la deforestación (Andrade, 2011). Es poco lo que se sabe sobre la dinámica de esta vasta zona; además de que existen considerables diferencias en los estimativos anuales de tasas de deforestación y sucesión. Como posibles factores que han acelerado la deforestación en Colombia se debe resaltar la presencia de actores armados en este caso las FARC que acompañados por cultivos ilícitos han cambiado de uno u otra forma el uso del suelo.

Es por ello que es importante responder a la pregunta de si ¿la presencia de las FARC representa un factor incidente en la deforestación en el departamento del putumayo?

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. OBJETIVO GENERAL

- Analizar multi-temporalmente a través de la metodología MAPBIOMAS la relación entre la presencia de las FARC y la deforestación en el departamento del putumayo a partir de la firma de los acuerdos de paz en Colombia.

### 5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apoyar a la Fundación GAIA AMAZONAS con el análisis multitemporal de las coberturas en la región del Amazonas como actividades dentro de la pasantía.
- Identificar si hay relación alguna entre la presencia de las FARC en el departamento del putumayo y el cambio de cobertura (deforestación) visto como punto de quiebre la firma de los acuerdos de paz en Colombia
- Establecer los principales cambios de cobertura a través de la metodología MAPBIOMAS en el departamento de Putumayo.

## 6. MARCO TEÓRICO

### 6.1. REGIÓN DEL AMAZONAS

Colombia posee un área de 1.138.388 km<sup>2</sup> de territorio continental, de los cuales la región amazónica es el 37% de la superficie, con unos 423.473 km<sup>2</sup>, a su vez, es el 30% del área total del Amazonas establecido en el continente sur americano. Esta región cuenta con 3 departamentos en donde se encuentra el Amazonas, Vaupés, Guainía, Guaviare, Caquetá y Putumayo. (Museo Nacional de Colombia, 2014)

El área de la amazonia es un complejo de enorme diversidad, compuesto por un mosaico biogeográfico elaborado de componentes geológicos, hidrológicos y biológicos. Los afloramientos rocosos determinan la existencia de suelos extremadamente pobres y el alto nivel de endemismo de su vegetación crea un gran número de unidades biogeográficas compuestas básicamente por ecosistemas de selva higrofítica y subhigrofítica. (Camacho, 1992)



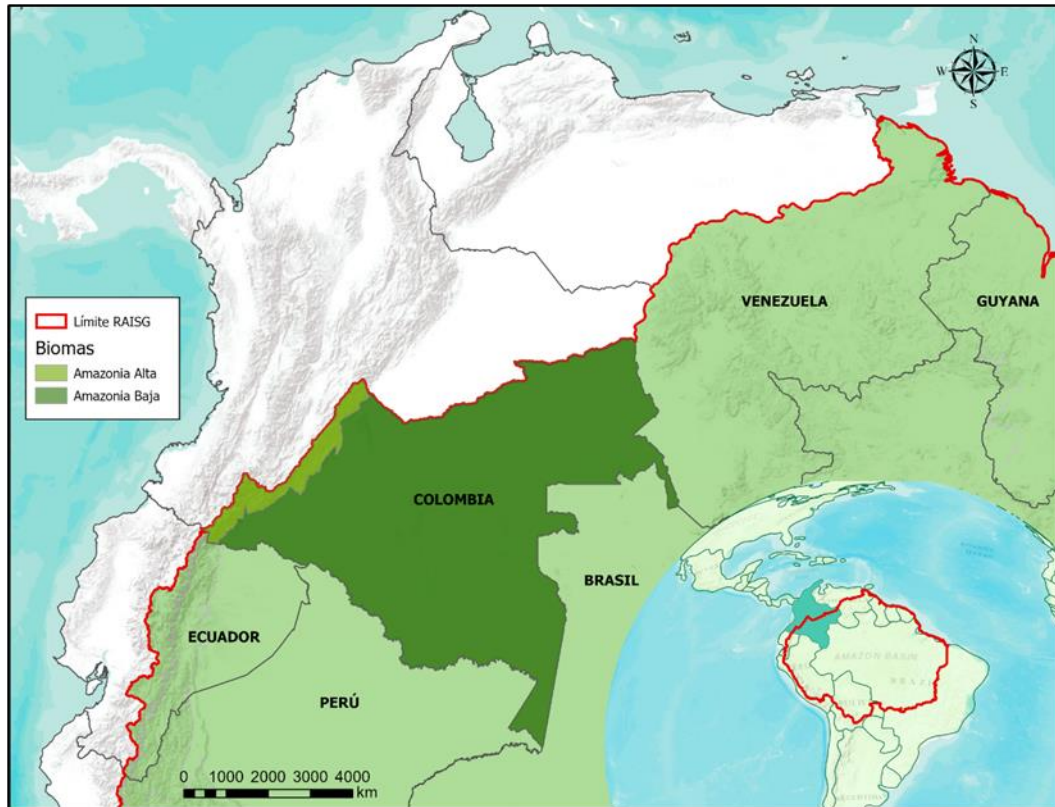
## 6.2. BIOMAS Y ECOSISTEMAS

Un conjunto de ecosistemas ligados por sus características estructurales y funcionales son lo que definen un bioma, término apropiado para agrupar unidades bióticas que abarcan grandes extensiones de área y representan distintos continentes; para Colombia según lo expuesto por (Camacho, 1992) se presentan 4 biomas zonales y 10 azonales de tierras bajas, 4 orobiomas o biomas de montaña y 3 orobiomas azonales.

Para el caso concreto de la amazonia y en base a su topografía se puede subdividir en dos grandes regiones; hacia el occidente la zona más alta y quebrada teniendo como altura máxima los 3600 msnm en el páramo de Sumapaz, esta región se caracteriza por tener pendientes de altas a moderadas, una alta dificultad de acceso y contener las cuencas altas de los grandes ríos Amazónicos. Contigua a ésta, una región conocida como piedemonte que se caracteriza por tener unas pendientes de moderadas a bajas, con una red de transporte terrestre amplia y que ha sido altamente ocupada principalmente por población colona procedente de la región andina la cual se conecta con la región conocida como planicie que cubre la mayor parte de la Amazonía colombiana y donde se encuentran los mayores remanentes de bosque natural y las culturas indígenas más ancestrales de Colombia.



Gráfico 6 Localización y biomas presentes en la Amazonía colombiana



. Tomado de: (RAISG, 2021)

### 6.3. BIOGEOGRÁFICA ANDES

La Amazonía alta colombiana posa sus coberturas sobre el flanco oriental de la cordillera oriental de los andes y una parte de la cordillera central sobre el flanco oriental compartida con Ecuador (Imagen 1), dicha región se define por cambios altitudinales propias de su topografía montañosa que cambia el régimen hídrico y forman cinturones o fajas de vegetación de acuerdo con su incremento en altitud y la respectiva disminución de la temperatura (Walter, 1977).

### 6.4. BIOGEOGRAFIA AMAZONAS

Esta región está compuesta por 5 biomas zonales y azonales, siendo el zonobioma de bosque húmedo tropical el que contiene mayor porcentaje de área entre ecosistemas naturales de clima cálido húmedo y que representan el 64,9% de la superficie; lo precede los litobiomas, que concentran el 14,5% en formaciones rocosas. También resalta el 12% del territorio que presenta una influencia acuática como las llanuras aluviales y que se conocen como helobiomas, finalmente encontramos los peinobiomas que ocupan un 3,4% de la superficie en áreas de altillanuras. (SINCHI, 2017) Cabe mencionar que dentro de estas unidades bióticas se concentra la mayor parte de los ecosistemas representativos de la región amazónica como, bosques de tierra firme, bosques inundables, sabanas naturales, afloramientos rocosos, catingas y arbustales. (Camacho, 1992)

## 6.5. PUTUMAYO

El departamento del putumayo se encuentra ubicado al sur del país en la región de la Amazonía, localizado entre  $0^{\circ} 26' 18''$  y  $0^{\circ} 27' 37''$  de latitud norte, y  $73^{\circ} 39''$  y  $77^{\circ} 4' 58''$  de longitud oeste, cuenta con una extensión de 24.885 km cuadrados y limita por el Norte con los departamentos de Nariño, Cauca y el río Caquetá que lo separa del departamento de Caquetá, por el Este con el Departamento del Caquetá, por el Sur con el departamento del Amazonas y los ríos Putumayo y San Miguel que lo separan de las repúblicas de Perú y Ecuador, y por el Oeste con el departamento de Nariño. (Gobernación del Putumayo, 2022)

Se encuentra dividido en 13 municipios, cuenta con 5 corregimientos, 62 inspecciones de policía y 917 veredas, para el año 2005 en el departamento vivían aproximadamente 299.286 personas, dentro del departamento se encuentran, 62 resguardos y 5 reservas indígenas, que cubren un total de 2743 km cuadrados, también se encuentra el parque nacional natural la paya (4420 km<sup>2</sup>) y la reserva forestal protectora de la cuenca alta del río Mocoa (346 km<sup>2</sup>), la reserva forestal de la ley 2 de 1959 (1040 km<sup>2</sup>), zonas de reserva para explotación petrolera (8500 km<sup>2</sup>) y un área bajo la jurisdicción del ministerio de defensa, a lo largo del río putumayo. (Martínez., 2022)

Según el sistema de clasificación de thornthwaite en el departamento del putumayo se presenta en la cordillera un clima mesotérmico/per húmedo, y en la llanura y piedemonte megatérmico per húmedo, con temperaturas multianuales de  $15.4^{\circ} C$ , en la cordillera y  $25.3^{\circ} c$  en el piedemonte y llanuras, con precipitaciones de 1740 mm y 3729 mm respectivamente, la principal arteria fluvial del departamento es el río Caquetá y el río putumayo con caudales de 4140 m<sup>3</sup> / s y 7000 m<sup>3</sup>/s respectivamente. (Martínez., 2022)

En el departamento se encuentran diferentes yacimientos y depósitos de minerales, como el oro, cadmio, cobalto, cobre, estaño, roca caliza, yeso, mármol y petróleo.

En el departamento se distinguen tres unidades geomorfológicas:

- Denudaciones: correspondientes a la planicie amazónica
- Depositionales: correspondientes a zonas de depósitos y abanicos aluviales
- Estructurales: serranías como la de los churumbelos.

Los suelos del departamento son pobres en minerales, en la región se presentan, depósitos aluviales, fluviotorrenciales, depósitos andinos asociados a los ríos Caquetá y putumayo, asociaciones de suelos debido a las aguas negras amazónicas, suelos con influencia coluvión aluvial, terrazas, abanicos, y algunos de origen metamórfico.

Las formaciones vegetales que se encuentran en el departamento están los bosques pluviales de tierra firme, caracterizado por la presencia de vegetación Arbórea abundante, con abundancia de familias como FABACEAE, BOMBACACEAE, MYRISTICACEAE, y una gran presencia de epifitas palmeras y herbáceas, encontramos bosques pluviales inundables, con presencia de FABACEAE, ARECACEAE, MELASTOMATAACEAE, abundancia de musgos y helechos, subiendo el gradiente altitudinal. Encontramos bosques sub-andinos, con presencia de helechos arbóreos, y familias como FAGACEAE Y FABACEAE, se presentan bosques andinos con presencia de géneros como *Weinmannia*, *clusia*, y *bejaria*; páramos y subpáramos con especies como *polylepis*, *espeletia* entre otras. (Martínez., 2022)

## 6.6. TELEDETECCIÓN Y SENSORES REMOTOS

La teledetección es definida como la observación de objetos a la distancia, lo que implica no estar en contacto directo con ellos, el objeto puede ser la superficie terrestre, marina o inclusive la atmósfera, el observador es un sensor el cual siempre se encuentra retirado del objeto a observar, ubicándose en el espacio o el aire, este sensor debe tener la capacidad de detectar y almacenar las imágenes captadas para su futuro procesamiento, con el fin de poder reconocer las características y fenómenos que se producen en un lapso de tiempo. (Di Bella, 2008)

Los sensores se distinguen en dos clases: de tipo pasivo, los cuales se caracterizan por capturar la energía electromagnética que refleja la tierra, proveniente del sol, esta puede variar en su longitud de onda, siendo visible (0,4-0,7  $\mu\text{m}$ ), y otras en varias gamas de infrarrojo las cuales no puede percibir el ojo humano (0,7-1,3  $\mu\text{m}$  a 8-14  $\mu\text{m}$ ), por otra parte encontramos los sensores activos, (RADAR) el cual no necesita la energía electromagnética del sol, ya que estos generan su propia energía, la cual es emitida, interactúa con el terreno y después es recibida de regreso por el sensor.

## 6.7. IMÁGENES DE SATÉLITE

Actualmente las imágenes de Landsat 8 son las últimas con las que se ha trabajado la metodología de MAPBIOMAS, el satélite Landsat 8 consta de dos instrumentos científicos: el Operational Land Imager (OLI) y el Thermal Infrared Sensor (TIRS). Estos dos sensores brindan cobertura estacional de la masa terrestre global con una resolución espacial de 30 metros (visible, NIR, SWIR); 100 metros (térmico); y 15 metros (pancromática).

OLI recopila datos para bandas espectrales visibles, casi infrarrojas e infrarrojas de onda corta, así como una banda pancromática, TIRS recopila datos para dos bandas espectrales más estrechas en la región térmica que anteriormente estaba cubierta por una banda espectral ancha en Landsats 4–7.

Tabla 3: Comparativa de las bandas disponibles en Landsat 7 y Landsat 8.

Landsat-7 ETM+ Bands ( $\mu\text{m}$ )			Landsat-8 OLI and TIRS Bands ( $\mu\text{m}$ )		
			30 m Coastal/Aerosol	0.435 - 0.451	Band 1
Band 1	30 m Blue	0.441 - 0.514	30 m Blue	0.452 - 0.512	Band 2
Band 2	30 m Green	0.519 - 0.601	30 m Green	0.533 - 0.590	Band 3
Band 3	30 m Red	0.631 - 0.692	30 m Red	0.636 - 0.673	Band 4
Band 4	30 m NIR	0.772 - 0.898	30 m NIR	0.851 - 0.879	Band 5
Band 5	30 m SWIR-1	1.547 - 1.749	30 m SWIR-1	1.566 - 1.651	Band 6
Band 6	60 m TIR	10.31 - 12.36	100 m TIR-1	10.60 - 11.19	Band 10
			100 m TIR-2	11.50 - 12.51	Band 11
Band 7	30 m SWIR-2	2.064 - 2.345	30 m SWIR-2	2.107 - 2.294	Band 7
Band 8	15 m Pan	0.515 - 0.896	15 m Pan	0.503 - 0.676	Band 8
			30 m Cirrus	1.363 - 1.384	Band 9

Tomado de: (Landsat Science, 2022)

## 6.8. CLASIFICACIÓN DE COBERTURA DE LA TIERRA (MAPBIOMAS)

A medida que pasa el tiempo las técnicas de interpretación van cambiando y se van sofisticando cada vez más, es así, como en un inicio, las imágenes satelitales se interpretaban a blanco y negro de la misma forma que se hacía con las imágenes ortogonales, con técnicas de foto interpretación. (Calvo A. J., 2009), del mismo modo como técnica actual se utilizan los valores registrados en cada imagen satelital desarrollando métodos de clasificación estadística por respuesta espectral de cobertura manifestado a través de la colorimetría del píxel individual y su comportamiento a través del tiempo (Macedo C., 2010)

El conocer la respuesta espectral de los diferentes tipos de coberturas a los cuales se tiene acceso por el uso de los sensores remotos, nos permite interpretar sus cualidades y dinámicas que alteran y modifican las coberturas, estas pueden ser eventos naturales como inundaciones, o eventos geológicos, así como de origen antrópicos, (deforestación, incendios forestales).

La vegetación tiene diferentes respuestas espectrales, los bosques conservados que se caracterizan por el vigor de su vegetación suelen reflejar poca energía electromagnética del espectro visible debido a que la gran mayoría de esta se utiliza en el proceso fotosintético, sin embargo, en el espectro infrarrojo su respuesta es mejor, esto debido a las características de los tejidos foliares.

debido a esta variación en la respuesta espectral se crearon índices como El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada NDVI, el cual combina información de las bandas correspondientes al infrarrojo cercano y rojo, y ha sido utilizado desde la década de los 70 hasta la actualidad, ya que permite trabajar grandes áreas, aporta datos exactos y actualizados.



el NDVI nos permite diferenciar la vegetación de otros tipos de cobertura no natural y a determinar su estado general, también permite definir y visualizar las áreas con vegetación, el cálculo de este índice se realiza de la siguiente manera:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red}).$$

donde NIR es la luz del infrarrojo cercano y Red es luz roja visible.

Este índice funciona comparando matemáticamente la cantidad de luz roja visible absorbida y la luz infrarroja cercana reflejada.

El NDVI tiene un rango de valores que van desde -1 a 1, los valores negativos corresponden a áreas con cuerpos de agua, estructuras antrópicas, rocas, zonas de nieves o cuerpos de nubes, el suelo desnudo se encuentra dentro del rango de 0,1 a 0,2, las plantas siempre presentan valores positivos que varían del 0,2 al 1. El dosel de la vegetación densa y saludable como los bosques naturales bien conservados están por encima de 0,5, otra vegetación dispersa se encuentra dentro del rango de 0,2 a 0,5.

## 6.9. BREVE INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA MAP BIOMAS

La iniciativa MapBiomás Amazonía de la RAISG comenzó en marzo de 2017 con el propósito de apoyar a entender la dinámica de la cobertura y uso de suelo (LULC, por sus siglas en inglés) en toda la Amazonía. El proyecto se desarrolla gracias a:

- avances tecnológicos que permiten el procesamiento en la nube de grandes cantidades de datos espaciales mediante algoritmos albergados en la plataforma Google Earth Engine.
- La implementación de métodos de procesamiento de imágenes enfocados en el monitoreo de LULC de MapBiomás.
- las organizaciones que forman parte de MapBiomás Amazonía, que con su experiencia llevan a cabo el mapeo de sus territorios.
- el apoyo de financiadores visionarios que respaldan el proyecto.

Los productos de MapBiomás Amazonía muestran un potencial en el monitoreo anual de áreas amenazadas por la conversión de la cobertura y con riesgo de deforestación. Asimismo, la serie temporal de mapas pueden ser de utilidad como complemento de estudios de estimación de emisión de gases de efecto invernadero por cambio de uso y cobertura del suelo.

Desde el año 2009, la RAISG ha venido trabajando en la elaboración de mapas de deforestación de la Amazonía a partir de imágenes de los satélites Landsat, IMGTools fue utilizado para la generación de los mapas de deforestación de la RAISG. La metodología consideró al año 2000 como la línea base y se analizaron los años 2005, 2010 y 2013 para detectar pérdida de bosque.

Posteriormente, la herramienta IMGTools migró a la plataforma Google Earth Engine (EE), donde se construyó el mapa de deforestación del periodo 2013 - 2015. Este trabajo le permitió

a la RAISG brindar al público mapas de deforestación de la Amazonía generados con una sola metodología estandarizada para toda la región, apoyada en la experticia local de los especialistas de cada país.

Los datos para mapeo utilizados por la iniciativa MapBiomás Amazonía para su colección 4 fueron obtenidos de las imágenes satelitales del periodo 1985 a 2020 de los sensores Landsat Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) y Operational Land Imager and Thermal Infrared Sensor (OLI-TIRS), a bordo de los satélites Landsat 5 (L5, para los años 1985-2012 de la serie), Landsat 7 (L7, año 2000 en adelante de la serie) y Landsat 8 (L8, 2013 en adelante).

Las colecciones de imágenes Landsat de 30 metros de resolución espacial fueron accedidas a través de la plataforma Google Earth Engine, provistas por la NASA y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

## 6.10. GOOGLE ENGINE COMO HERRAMIENTA DE PROCESAMIENTO

Google Earth Engine (EE) es una plataforma en la nube para el análisis científico de conjuntos de datos geospaciales a escala global, para usuarios académicos, sin fines de lucro, comerciales y gubernamentales, ("FAQ – Google Earth Engine", 2022), los principales componentes de EE son:

1. Catálogos de datos de sensores remotos públicamente disponibles.
2. Infraestructura de procesamiento computacional en la nube a escala petabyte.
3. APIs para JavaScript y Python para interactuar con los servidores del EE.
4. un ambiente de desarrollo integrado (IDE) en línea que permite el desenvolvimiento de aplicaciones mediante scripts denominado el Code Editor (editor de códigos).

Todas estas características hacen que Google earth engine sea la herramienta ideal para el procesamiento de los grandes paquetes de información que requiere la clasificación de las imágenes satelitales con fines de clasificación e interpretación de coberturas, así como el uso y dinámica de las mismas. (Documento Teórico base de algoritmos (ATBD), 2021)

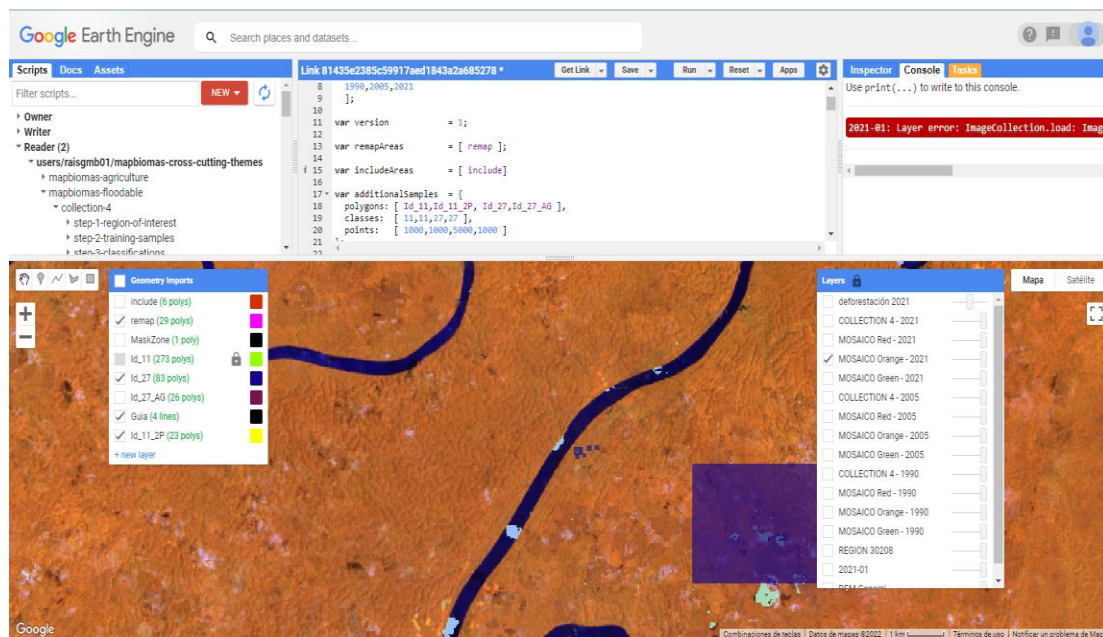
Cabe resaltar que Google earth engine brinda un ecosistema de desarrollo que facilita la colaboración interregional (como en el caso de la iniciativa RAISG) y la aplicación de metodologías compartidas a un mismo set de datos, facilita la replicación de procesos a terceros interesados en evaluar los conceptos o la metodología.

La cadena de procesamiento de MapBiomás está basada enteramente en tecnología de Google y, como tal se ha apoyado en Google earth engine para:

- Procesar imágenes satelitales en infraestructura computacional en la nube.
- Desarrollar códigos (scripts) en JavaScript y Python.

- Almacenar los datos generados usando almacenamiento en la nube.
- Desplegar los resultados (mosaicos, mapas anuales de uso del suelo, análisis de transición, estadísticas por clase y por transición, información metodológica, entre otros) a través de una plataforma web de consulta pública.

Gráfico 7: Interfaz de un código para clasificación de coberturas en Google EE.



Fuente: ( Google - GEE, 2022)

## 7. METODOLOGÍA

Para introducir a la metodología usada para llegar a los resultados expuestos en el presente documento se muestra el siguiente diagrama de flujo.

Gráfico 8 Diagrama de flujo del desarrollo metodológico



Fuente: Elaboración propia.

En el diagrama anterior se muestra las fases por las cuales se pasó para llegar a los resultados, estas están divididas en 4 fases, la primera que es el componente operativo en el cual se ejecutaron las actividades designadas en la pasantía relativas al procesamiento de imágenes Lansat para componer mosaicos, los cuales sirven de insumo a la etapa de clasificación, en esta se realiza una serie de procesos explicados en la gráfica de flujo iterativo para la clasificación de MapBiomias Colombia, encontrada más adelante.

Los siguientes pasos se van desarrollando a lo largo del documento.

### 7.1. ÁREA DE ESTUDIO

El presente documento se desarrolla en el departamento del putumayo, enfocado en la cobertura registrada desde 1985 con imágenes Lansat 4 y 5, hasta el año 2020, con imágenes Lansat 8 y



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



7 en los años intermedios, en él se aborda un análisis multitemporal de coberturas a través de toda la serie temporal y se analizará el cambio a través del tiempo en el periodo de 2013 hasta el 2016, año en el que se firman los acuerdos de paz, del mismo modo, se analiza desde el 2016 hasta el 2020, con el fin de identificar si hay alguna relación entre la deforestación y la presencia de los grupos armados.

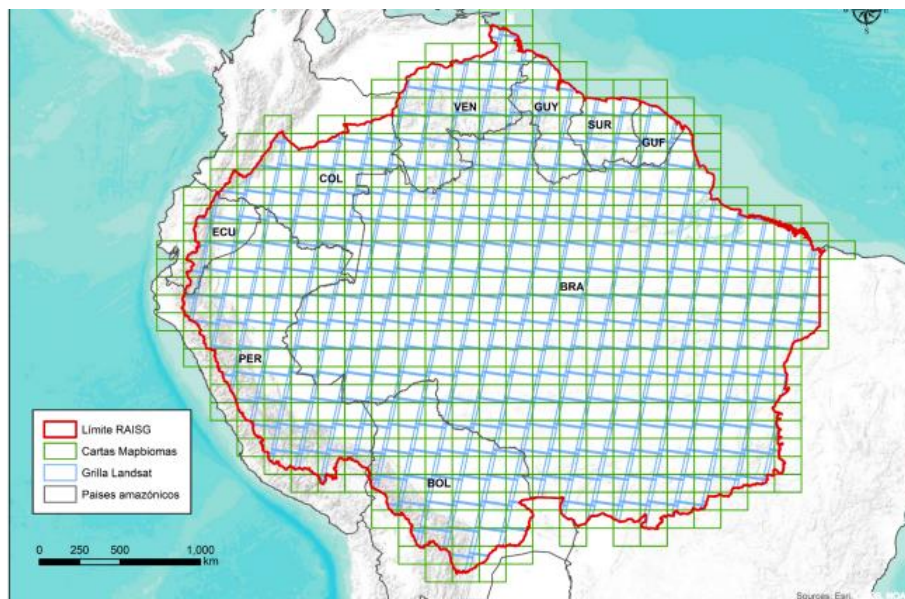


## 7.2. METODOLOGÍA MAPBIOMAS

Este proyecto tiene el propósito de contribuir al entendimiento de las dinámicas de uso del suelo en la Amazonía fundamentado con el desarrollo e implementación de una metodología rápida, confiable y de bajo costo para generar mapas anuales de cobertura y uso del suelo desde 1985 hasta la actualidad, difundiendo los resultados a través de la plataforma Web que facilita el acceso a los resultados.

La metodología de MapBiomias consiste en dividir el área de estudio en una grilla de cartas a escala 1:250.000, esta división regular requiere de una combinación entre las cartas internacionales de MapBiomias y las imágenes landsat de las zonas, obteniendo una combinación total de 653 cartas para toda la Amazonía de las cuales 53 corresponden a Colombia.

Gráfico 9: Grilla de cartas MapBiomias (verde), Grilla de imágenes Landsat (Azul) y límite área de estudio (Rojo).



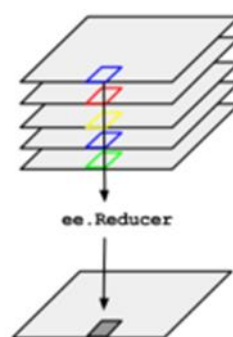
Fuente: (RAISG, 2021)



Para mejorar la calidad de las imágenes satelitales se llevó a cabo una construcción de mosaicos de píxeles anuales, los cuales fueron procesados de manera independiente utilizando las diferentes zonas fisiográficas y características climáticas predominantes de cada región; para el caso concreto de Colombia se obtuvieron 1908 mosaicos asociados a 36 años de análisis, que subdividen el área de estudio en dos regiones (Andes y Amazonía), estas correspondientes al gradiente altitudinal entre el piedemonte y la planicie amazónica.

La construcción de un mosaico anual, es un proceso de agregación de píxeles de varias imágenes landsat a una imagen individual; para esto se deben cumplir con ciertos parámetros de selección definidos principalmente por el intérprete, que están restringidos a los criterios disponibles de cada imagen. El objetivo principal de dicha parametrización es alcanzar valores de precisión mayores al contar la menor cantidad de ruidos asociados a nubes y sombras y a su vez aumentar la extensión de cobertura de datos landsat disponible dentro del periodo definido.

*Gráfico 10 Esquema de la construcción de un mosaico anual a partir de diversas imágenes Landsat.*

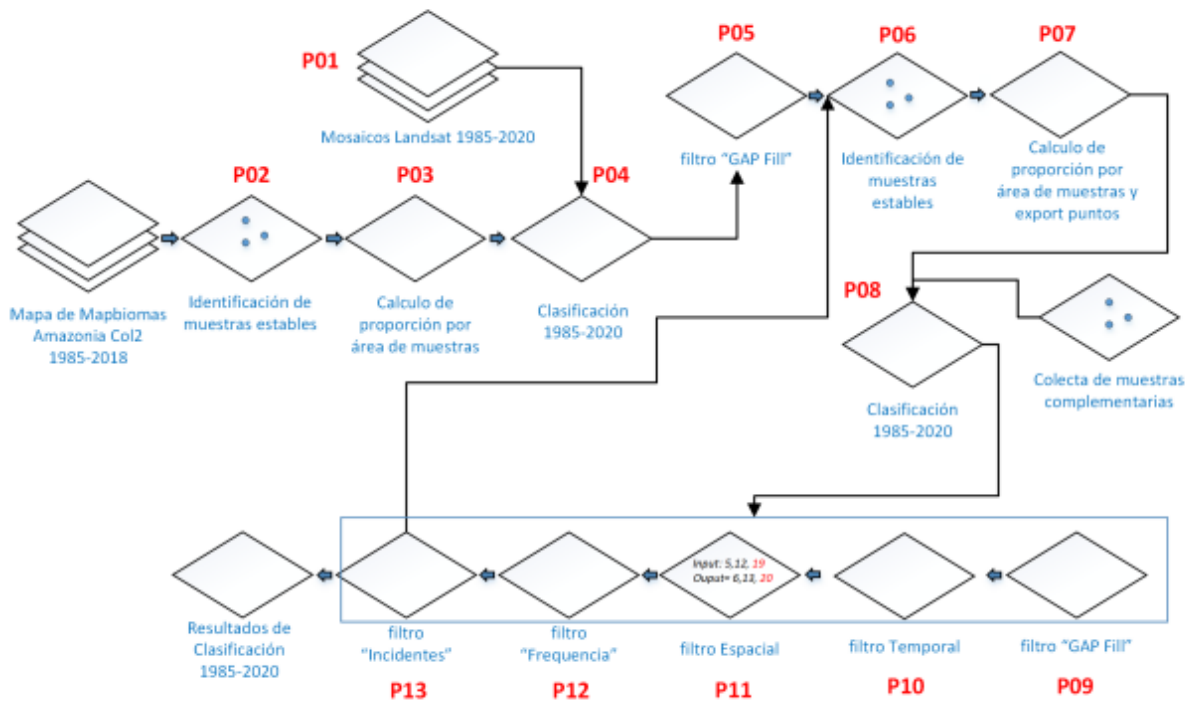


*Fuente: (RAISG, 2021)*

### 7.3. CLASIFICACIÓN Y LEYENDA

Dentro del proceso de clasificación por coberturas se resalta el uso del clasificador Random Forest (RF) fundamentado en algoritmos de inteligencia artificial; en general, el proceso de clasificación consiste en una selección aleatoria de muestras con la que se construye un árbol de decisión de cada clase a evaluar. Este clasificador sigue el flujo de 13 pasos iterativos aplicados posterior a la generación de mosaicos y que se describen en la siguiente figura:

Gráfico 11: Flujo iterativo para la clasificación MapBiomas Colombia.



Fuente: (RAISG, 2021)

Con el propósito de homogeneizar los resultados de clasificación, se genera una división por subregiones definidas por cuencas hidrográficas y diversidad ecosistémica, que para Colombia dieron como resultado 35 regiones; dichas clasificaciones se sometieron a una post clasificación que se ajusta a las necesidades de cada región y que tiene como objetivo reducir

ruidos temporales y llenar vacíos de información, cabe mencionar que este proceso no tiene un orden específico e incluso se permitió hacer uso repetido de los filtros. Todas estas herramientas fueron implementadas en la plataforma EE de Google.

Por su parte, la leyenda incluye coberturas y usos de la tierra seleccionadas de la información que se tenía como referencia nacional en la leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra con la metodología CORINE Land Cover a escala 1:100.000 (IDEAM, 2010) y clases de la FAO.

Las coberturas mapeadas corresponden a:

- **ID 3:** Bosque / Formación forestal
- **ID 6:** Bosque Inundable
- **ID 11:** Formación Natural No Forestal Inundable
- **ID 12:** Formación Campestre o Sábana
- **ID 13:** Otra Formación Natural No Forestal
- **ID 21:** Mosaico de Agricultura y/o Pastos
- **ID 24:** Infraestructura Urbana
- **ID 25:** Otra Área Sin Vegetación
- **ID 33:** Río, Lago u Océano

#### 7.4. ANÁLISIS MULTITEMPORAL

El análisis del cambio de cobertura escogido se basa en la metodología propuesta por Pontius y otros (2004), realizada a partir de una matriz de cambios que permite tener ganancia, pérdida y cambios netos por categoría entre 2 fechas.

En el siguiente gráfico se observa en la diagonal los datos de persistencia entre los dos momentos, los que no se encuentran allí, muestran los cambios ocurridos para cada categoría entre los dos momentos.

En la fila subrayada de amarillo se muestra el total ocupado por cada categoría en el T2 ( $P_{+j}$ ), mientras que en la fila subrayada de verde muestra la ganancia obtenida por categoría en el T1 y T2, por el contrario, En la columna subrayada de amarillo se muestra el total ocupado por cada categoría en el T2 ( $P_{+j}$ ), mientras que en la columna subrayada de verde muestra la ganancia obtenida por categoría en el T1 y T2 (Pontius ed Al., 2004; Plata ed Al., 2019)

Tabla 4: Matriz de tabulación cruzada para dos mapas en 2 fechas distintas

	Tiempo 2						
	1	2	3	4	5	6	7
1	Tiempo 1	Clase 1	Clase 2	.....	Clase n	Suma $T_1$	Perdidas
2	Clase 1	$P_{11}$	$P_{12}$	.....	$P_{1n}$	$P_{1+}$	$P_{1+} - P_{jj}$
3	Clase 2	$P_{21}$	$P_{22}$	.....	$P_{2n}$	$P_{2+}$	$P_{2+} - P_{jj}$
4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
5	Clase n	$P_{n1}$	$P_{n2}$	.....	$P_{nn}$	$P_{n+}$	$P_{n+} - P_{jj}$
6	Suma $T_2$	$P_{+1}$	$P_{+2}$	.....	$P_{+n}$	$P$	
7	Ganancias	$P_{+1} - P_{jj}$	$P_{+2} - P_{jj}$	.....	$P_{+n} - P_{jj}$		

Fuente. Pontius et al., 2004.

Fuente: (Plata ed AL, 2019)

A continuación, se describen las ecuaciones empleadas para la medición de cambios de cobertura.

$G_{ij} = P_{+j} - P_{jj}$ ; Ganancias ( $G_{ij}$ ): es la diferencia de la suma total de la fila 6 ( $P_{+j}$ ) y los valores de la diagonal principal ( $P_{jj}$ ).

$L_{ij} = P_{j+} - P_{jj}$ ; Pérdidas ( $L_{ij}$ ): es la diferencia de la suma total de la columna 6 ( $P_{j+}$ ) y los valores de la diagonal principal ( $P_{jj}$ ).

$D_j = |L_{ij} - G_{ij}|$ ; Cambio Neto ( $D_j$ ): es el valor absoluto de la diferencia de pérdidas ( $L_{ij}$ ) y ganancias ( $G_{ij}$ ) de cada categoría. El cambio neto indica un cambio definitivo de la categoría entre el tiempo 1 y el tiempo 2.

$S_j = 2 \times \text{MIN}(P_{j+} - P_{jj}, P_{j+} - P_{jj})$ ; Intercambio ( $S_j$ ): es el doble del valor mínimo de las ganancias ( $P_{j+} - P_{jj}$ ) o pérdidas ( $P_{j+} - P_{jj}$ ).

$DT_j = G_{ij} + L_{ij}$ ; Cambio Total ( $DT_j$ ): es la suma de las ganancias ( $G_{ij}$ ) y las pérdidas ( $L_{ij}$ ).

El cambio neto determina el cambio absoluto entre categorías, mientras que el intercambio es el cambio de posición de categoría.

Para dilucidar y comprender un poco más el comportamiento de la deforestación que se venía llevando antes de la firma de los acuerdos de paz, se toman los datos de áreas de los cuatro últimos años antes de la firma de los acuerdos de paz, esto, con el fin de que la comparación en la serie de tiempo sea equitativa y no presente ruido a la hora de generar una tendencia lineal en la deforestación.

Gráfico 12: Años tomados para la proyección o línea de tendencia del comportamiento de las áreas.

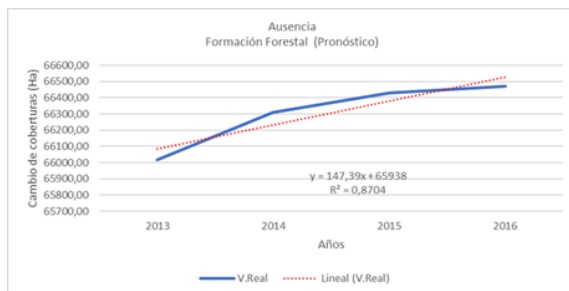
Años no tenidos en cuenta para la proyección																						Antes		Después											
1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020

Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, se realizan las comparaciones entre las regiones con presencia versus regiones sin presencia en sus datos.

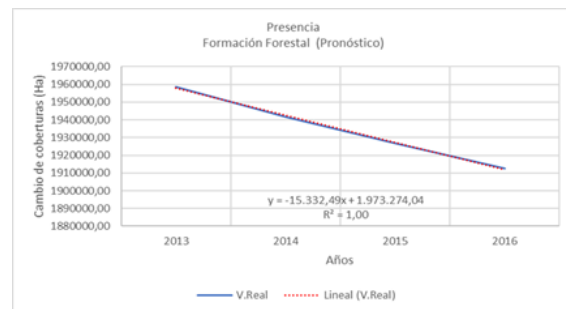
Es así que se toman los datos por cobertura año a año de las regiones con presencia y se sumaron, en otras palabras, se tomaron las formaciones boscosas de todos los municipios que registraron presencia de las FARC, se sumaron y sobre ellas se trabajó, posteriormente, se trataron estos datos de los 4 años anteriores a la firma de los acuerdos de paz y se realizó una regresión lineal para predecir el comportamiento después del 2016.

Gráfico 13: Regresión lineal de formación forestal en el departamento del Putumayo donde se registró ausencia de las FARC.



Fuente: Elaboración propia.

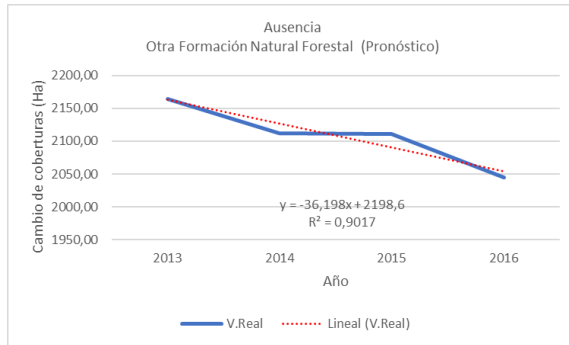
Gráfico 14: Regresión lineal de formación forestal en el departamento del Putumayo donde se registró presencia de las FARC.



Fuente: Elaboración propia.

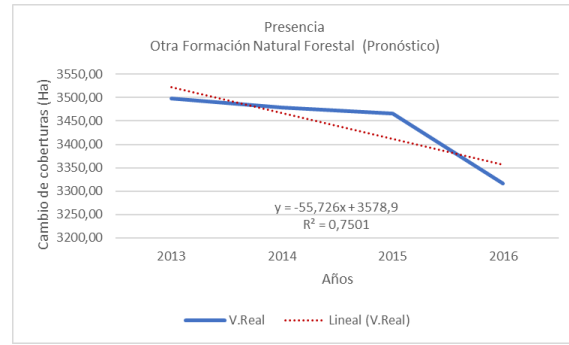
En la gráfica de anterior, se muestra el pronóstico, en color rojo realizado a partir de los datos reales que se presentan de color azul, este pronóstico se realiza para la cobertura denominada formación boscosa, la cual se explicará más adelante.

Gráfico 15: Regresión lineal de otra formación natural forestal en el departamento del Putumayo donde se registró ausencia de las FARC.



Fuente: Elaboración propia.

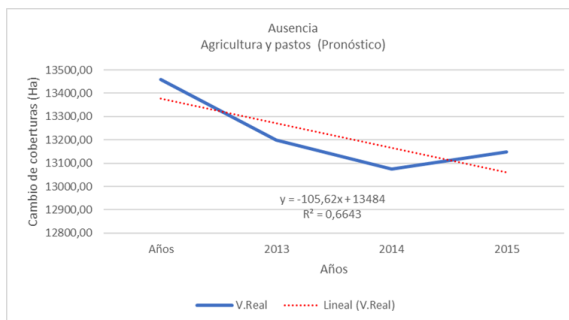
Gráfico 16: Regresión lineal de otra formación natural forestal en el departamento del Putumayo donde se registró presencia de las FARC.



Fuente: Elaboración propia.

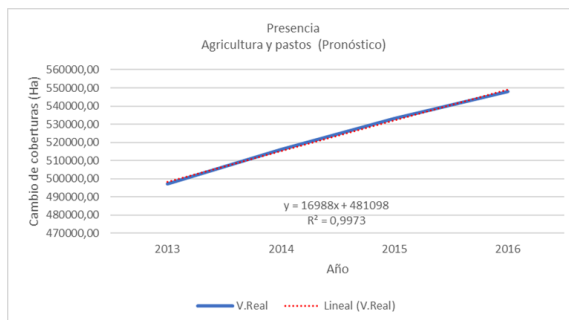
Para la otra formación natural forestal, se realiza como insumo la regresión lineal que pueda predecir el comportamiento de los datos si la tendencia siguiera como se venía dando.

Gráfico 17: Regresión lineal de la formación de agricultura y pastos en el departamento del Putumayo donde se registró ausencia de las FARC.



Fuente: Elaboración propia

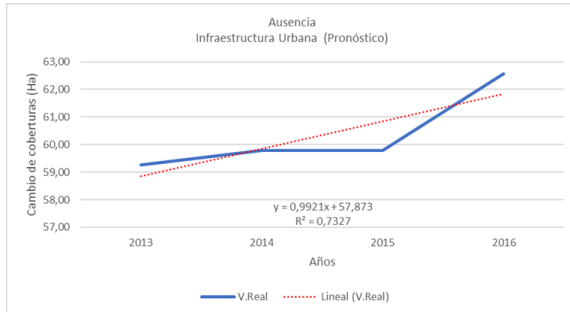
Gráfico 18: Regresión lineal de la formación de agricultura y pastos en el departamento del Putumayo donde se registró presencia de las FARC.



Fuente: Elaboración propia

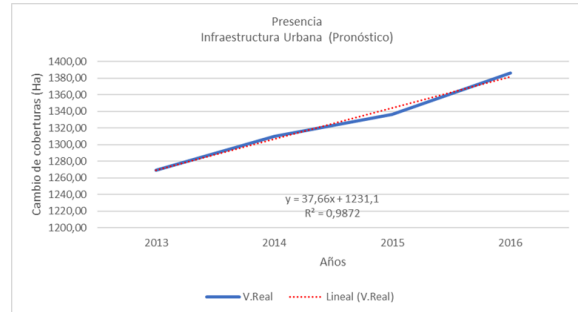
En las regresiones anteriores se ven marcadas las tendencias por el comportamiento de los datos, estos son usados más adelante para comparar el comportamiento de los datos antes y después para la cobertura de agricultura y pastos.

Gráfico 19: Regresión lineal de la formación de infraestructura urbana en el departamento del Putumayo donde se registró ausencia de las FARC.



Fuente: Elaboración propia

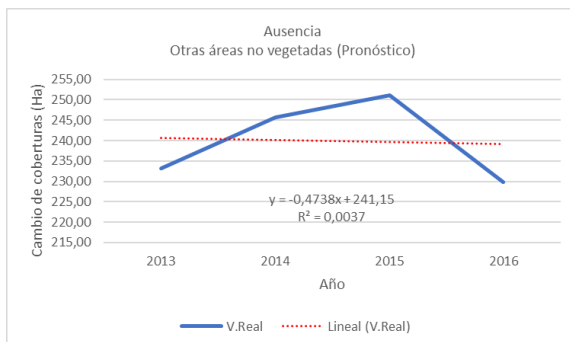
Gráfico 20: Regresión lineal de la formación de infraestructura urbana en el departamento del Putumayo donde se registró presencia de las FARC.



Fuente: Elaboración propia

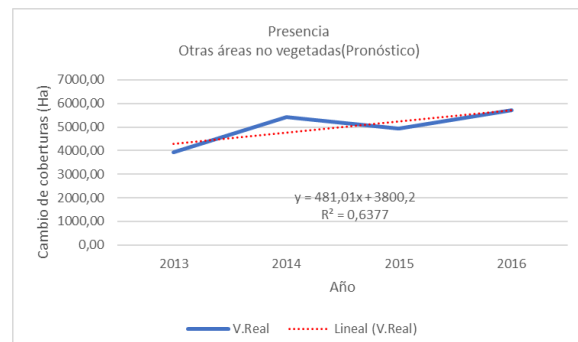
El comportamiento de los datos anteriores representa la tendencia de los datos para la infraestructura urbana.

Gráfico 21: Regresión lineal de la formación de otras áreas no vegetadas en el departamento del Putumayo donde se registró ausencia de las FARC.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 22: Regresión lineal de la formación de otras áreas no vegetadas en el departamento del Putumayo donde se registró presencia de las FARC.



Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, se procesan los datos estadísticos para verificar si hay alguna relación entre la presencia de las FARC y los cambios de cobertura en especial la deforestación.

Es por ello, que se aplica chi 2 que relaciona la independencia entre la presencia de las FARC que influye en el cambio de cobertura en relación al año.



## 8. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 8.1. FACTORES DE INCIDENCIA

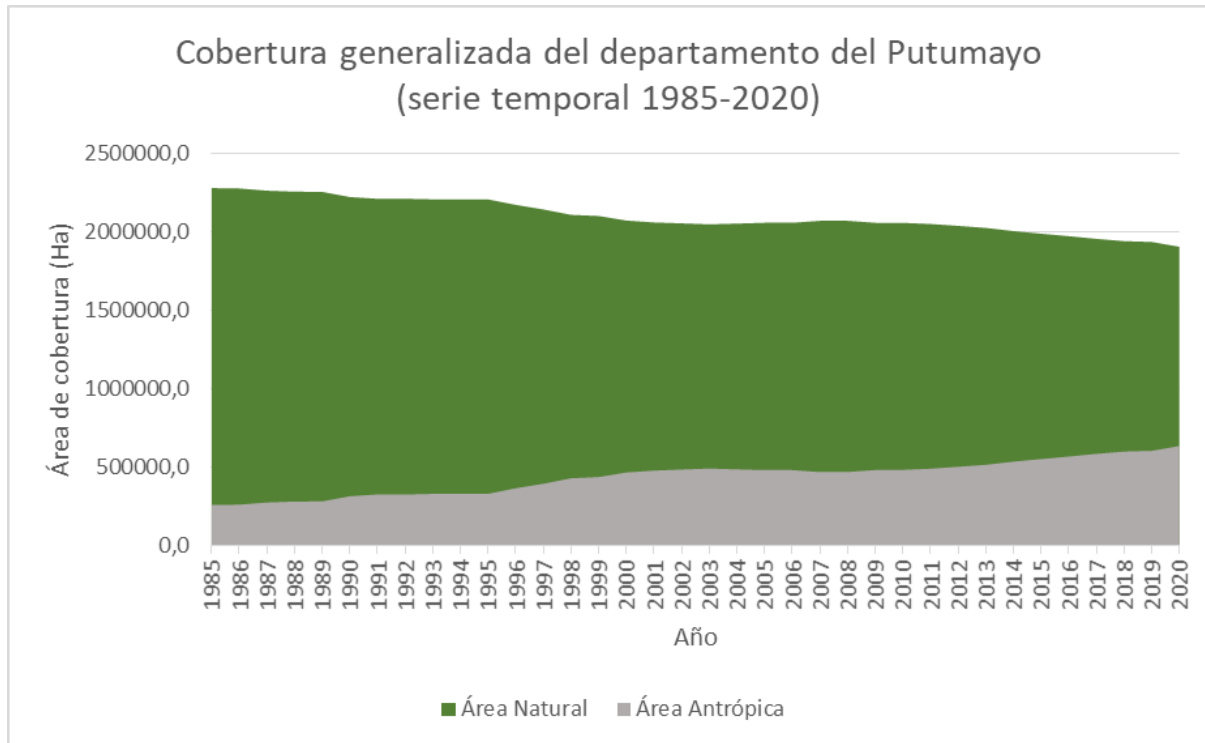
En la Amazonía en general, hay una presión de expansión de la frontera agrícola debido a su economía actual, los más altos índices de deforestación se dan a causa de la ganadería, pues esta representa aproximadamente el 80%, así mismo, las densidades pueden llegar a ser de una hectárea (Ha) por Cabeza de ganado (Rodríguez, 2022) del mismo modo, cuando la cobertura se cambia a agricultura por los colonos, estos dejan sus cultivos tradicionales responsables con los ecosistemas y pasan a monocultivos, (Ausdal, 2009) donde suelen implementar el uso de fertilizantes para aumentar la producción, así como pesticidas y otras actividades culturales como el mecanizado en algunas zonas, de este modo buscan ser competitivos en el mercado, dejando así daños difícilmente reparables (Giraldo, 2015) dado que los suelos en su mayoría son improductivos para esta actividad, la mayoría de productores fracasan y abandonan dichas actividades, (Da Silva et al 1996; Hecht, 1993) dejando así un daño por el cambio de uso del suelo, lo que intensifica el cambio de cobertura, del mismo modo, las vías son factores influyentes en estas actividades, ya que permite el exceso e incentiva el cambio de uso del suelo con pronósticos desalentadores para esta zona colombiana (Soares F., 2006)

Asimismo, las concesiones mineras en explotación para toda la Amazonia representan un factor de amenaza al cambio de cobertura, incluso afectando comunidades indígenas que allí habitan (RAISG, Amazonía bajo presión, 2020) cabe resaltar, que parte de las actividades realizadas que por efecto contribuyen al cambio de uso del suelo y por ende su cobertura, que, a su vez, influye en factores de cambio climático. (Nepstad D.C., 2008)

Parte de estos cambios se ven reflejados en el siguiente gráfico que muestra la relación de cambio entre las áreas naturales que comprenden la formación forestal o boscosa, otras áreas

naturales no forestales, y bosques inundables, versus las áreas antrópicas que corresponden a Agricultura y pastos, Infraestructura urbana y otras áreas sin vegetación.

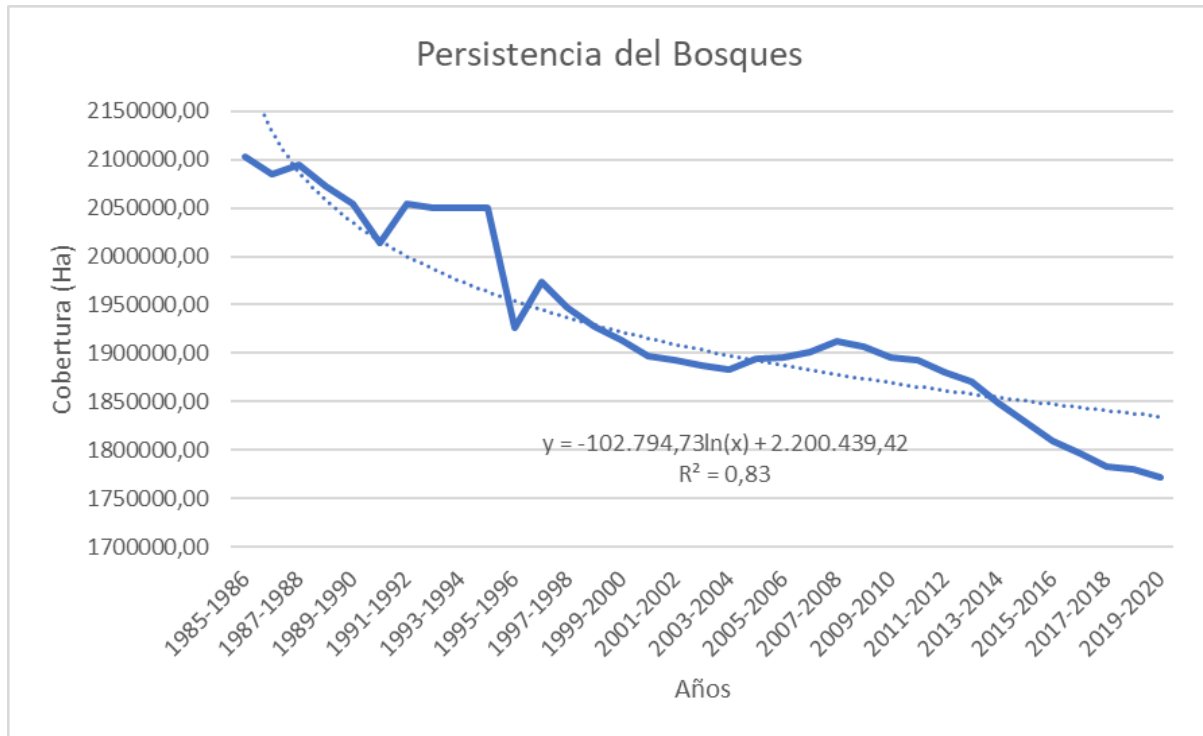
Gráfico 23: Relación de cobertura en el departamento del putumayo



Fuente: Elaboración Propia.

Del mismo modo se grafica la persistencia del bosque a lo largo de la serie del tiempo, lo que nos arroja como resultado el siguiente diagrama.

Gráfico 24: Persistencia del bosque a lo largo de la serie temporal.

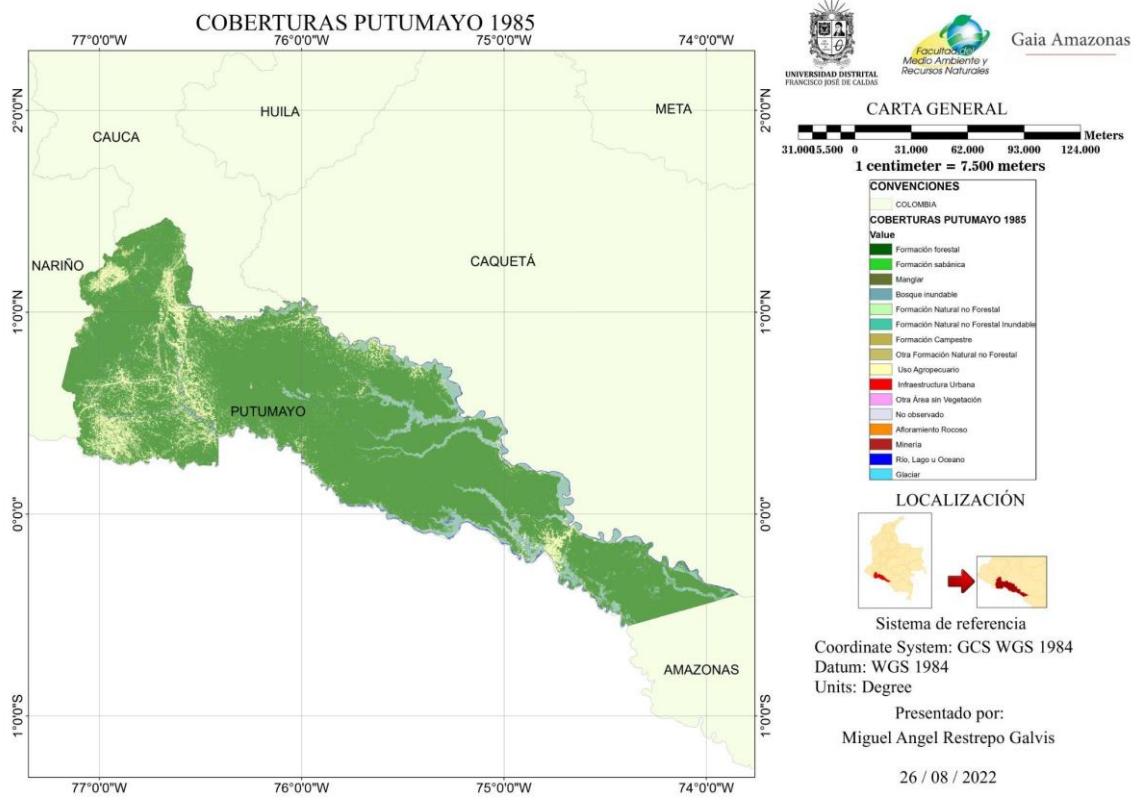


Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico 22 se puede observar la tendencia a la estabilización con el tiempo de los cambios en la cobertura.

Del mismo modo, se puede observar el cambio ocurrido desde el año 1985 hasta el 2016, fecha de la firma de los acuerdos de paz y el 2020, a continuación, se muestran las imágenes de cambio de cobertura respectiva a los años anteriormente mencionados.

Gráfico 25: Mapa de coberturas para el año 1985

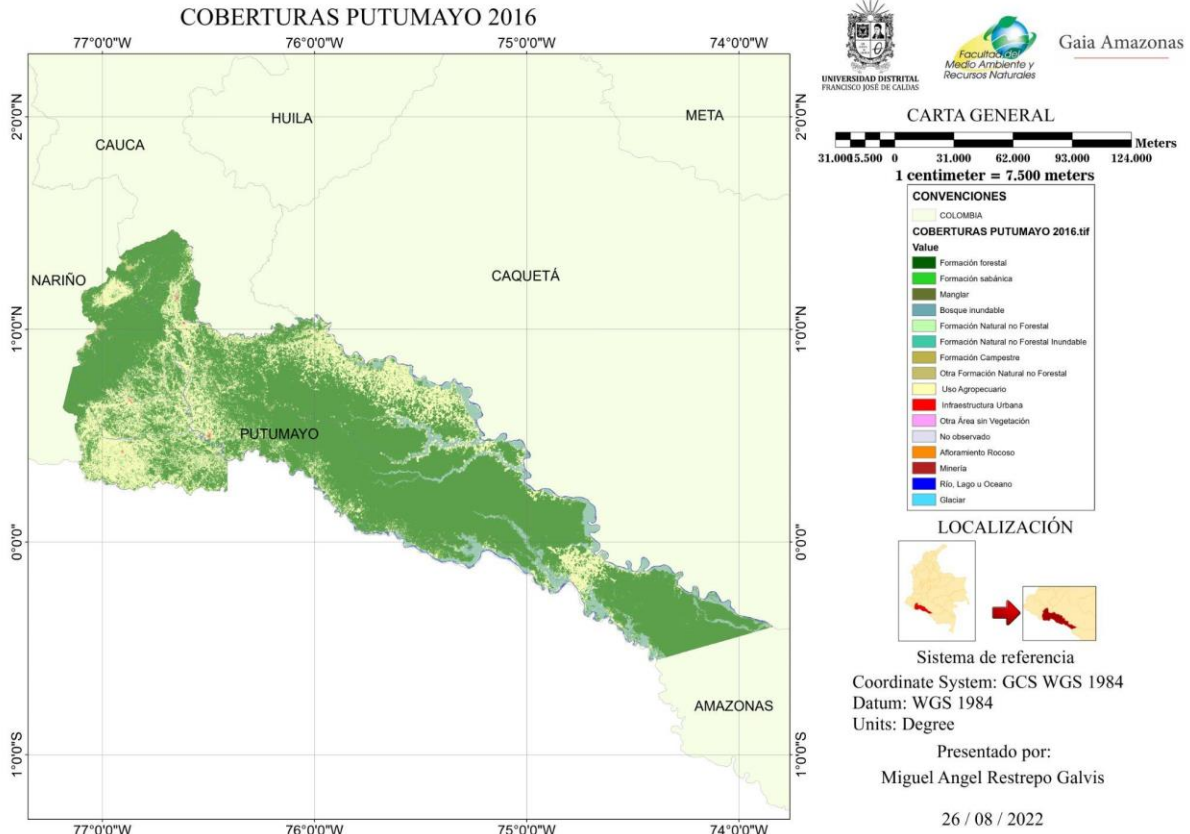


Fuente: Elaboración propia, con datos de Proyecto MapBiomias Amazonía- Colección 3 de la Serie Anual de Mapas de

Cobertura y Uso del Suelo de la Amazonía, adquirido en 20 de Julio del 2022 a través del enlace:

<https://plataforma.panamazonia.mapbiomas.org/>

Gráfico 26: Mapa de coberturas para el año 2016.

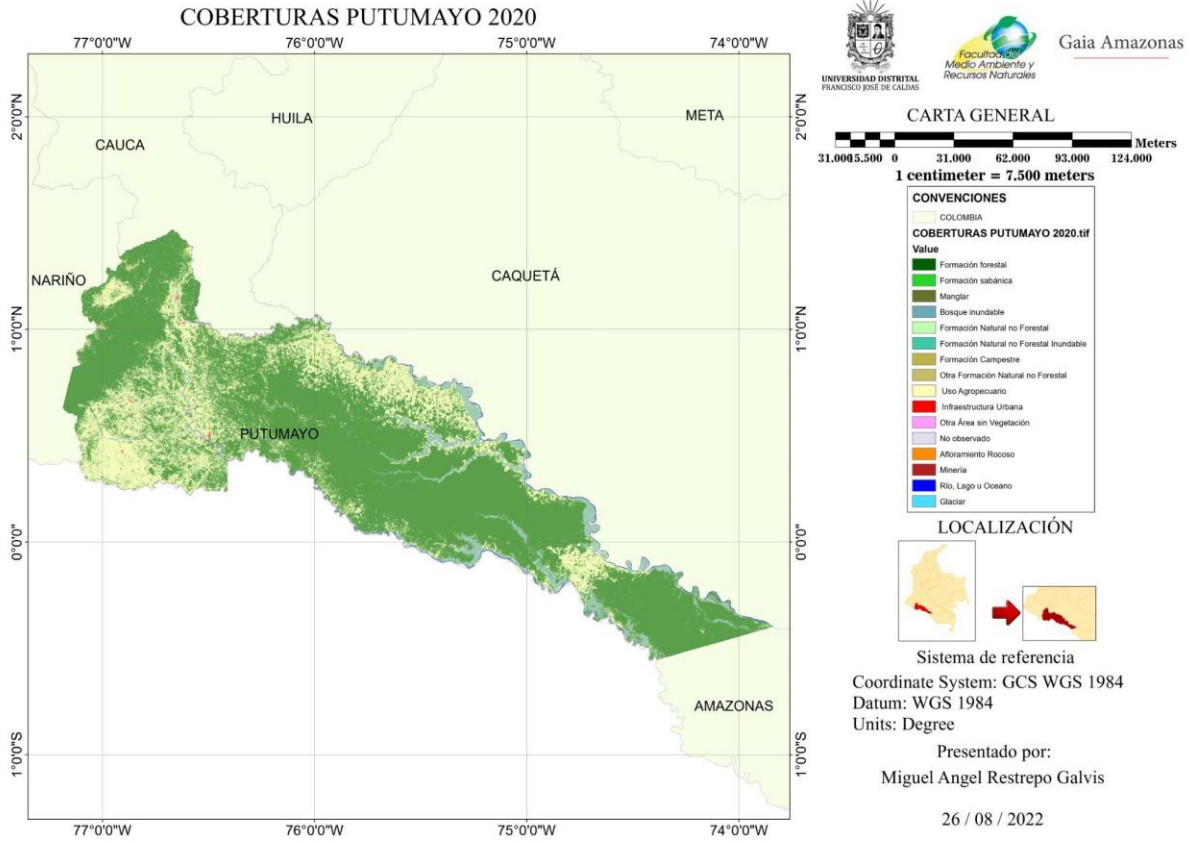


Fuente: Elaboración propia, con datos de Proyecto MapBiomias Amazonía- Colección 3 de la Serie Anual de Mapas de

Cobertura y Uso del Suelo de la Amazonía, adquirido en 20 de Julio del 2022 a través del enlace:

<https://plataforma.panamazonia.mapbiomas.org/>

Gráfico 27: Mapa de coberturas para el año 2020.



Fuente: Elaboración propia, con datos de Proyecto MapBiomias Amazonía- Colección 3 de la Serie Anual de Mapas de

Cobertura y Uso del Suelo de la Amazonía, adquirido en 20 de Julio del 2022 a través del enlace:

<https://plataforma.panamazonia.mapbiomas.org/>

## 8.2. FUERZAS ARMADAS REVOLUCIONARIAS DE COLOMBIA (FARC) Y SU INCIDENCIA EN EL CAMBIO DE COBERTURA

Para Global Forest Watch, el 2017 fue el año de más incidencia en la pérdida de la cobertura forestal, ocupando para ellos el séptimo puesto de los países tropicales con mayor hectáreas de pérdida, con 424.870 Ha, parte de esta pérdida es atribuida a los acuerdos de paz, dado que este grupo al margen de la ley se concentraba en varias zonas de Colombia, donde dejaron de tener dominio y un control estricto sobre el uso de la tierra y actividades como la tala para pastoreo de forma ilegal, la minería, la plantación de coca y la explotación forestal hacen parte de la estrategia de los colonos para posiblemente obtener estas áreas a título propio. (Global Forest Watch. , 2018)

Por otro lado, (Jiménez, 2010) denomina estos espacios territoriales como “estados paralelos” o “Paraestados”, en los cuales estos grupos al margen de la ley tienen el poder sobre el territorio, controlando aspectos como el político, económico y social. Este poder centralizado por el conflicto armado en conjunto con las economías ilegales como las del oro y la ganadería van disminuyendo paulatinamente la cobertura forestal (Jiménez, 2010).

Este poder surge a través del desacuerdo en el uso del control político sobre el territorio a raíz del desamparo estatal manifestado a través de factores como deficiencia en el uso de la tierra, fallas de justicia, impunidad, concentración de poder, entre otros (Pérez, 2003)

Para dilucidar el efecto que causa la presencia ausencia de este grupo armado en el departamento del putumayo, se realiza un análisis de tendencia en la deforestación antes y después del post acuerdo para los municipios en las que hay presencia documentada de las FARC en comparación a los que no hay registros de su presencia, tomando este último como regiones de control para comparar los cambios.

### 8.3. COMPARACIÓN DE TENDENCIAS

De este modo, al ver un cambio de cobertura específica, se procede a realizar un análisis por matriz de confusión de pérdidas, ganancias y cambios netos, para ello se emplea la ecuación propuesta por (Pontius Jr, 2004)

Estos datos serán evaluados en una serie temporal desde el año 1985 hasta el 2020 como producto del cambio total, para ver la comparación tendencial real, desde 1985 hasta el 2016, fecha de la firma de los acuerdos de paz y desde 2016 hasta 2020, fecha post acuerdo de paz.

*Tabla 5: Valores de cambios 1985-2020 por categorías expresado en porcentaje*

Cambios de cobertura (%)	1985	2020	Pérdida	Ganancia	Neto	Cambio total	Intercambio
Formación Forestal	80,96	70,96	20,12	2,35	17,77	4,70	22,47
Agricultura y pastos	9,57	22,02	19,95	169,73	149,78	39,90	189,68
Infraestructura Urbana	0,02	0,06	8,53	327,55	319,03	17,06	336,08
Otras áreas no vegetadas	0,26	0,23	80,58	80,75	0,16	161,17	161,33

Fuente: Elaboración propia

En este sentido, los porcentajes de pérdida son significativos en especial para la formación forestal, dado que según esta metodología la pérdida de la cobertura representa aproximadamente el 20% a lo largo de toda la serie temporal. En contraposición, las áreas de agricultura y pastos tienen una ganancia del 169% pasando de 238.194,48 Ha a 548.082,22 Ha



aproximadamente, lo que implica un cambio significativo para la cobertura en relación al área representada en el inicio de la serie temporal. Así mismo, para la infraestructura urbana, hay un cambio de 319,03% de ganancia de área, es decir que de la cobertura inicial de 404,57 Ha pasa a 1385,88 Ha a lo largo del departamento.

Estos resultados evidencian el cambio que hubo entre coberturas mostrando los aportes desde una cobertura a la otra y evidenciando que cobertura perdió más área y a donde esta llegó, es decir, las tasas de ganancia y pérdida en valores de áreas.

Para comprender un poco la distribución y áreas mencionadas, se debe recordar que putumayo cuenta con un área total de 2'488.500 Ha, del mismo modo los municipios que no tienen presencia documentada que son el municipio de Colón, San francisco y Santiago, con un área sumada de 144.038 Ha, que representa el 5,78% del departamento, por otro lado, las zona con presencia documentada representa el restante el 94,21% de la región con un área de 2.344.462 Ha. que comprende los municipios de Mocoa, Orito, Puerto Asís, Puerto Caicedo, Puerto Guzmán, Puerto Leguizamo, San Miguel, Sibundoy, Valle de Guamuez y Villa Garzón.

A continuación, se realizará el análisis de cambio multitemporal discriminado por la presencia documentada de las FARC en los municipios de Putumayo en comparación con los municipios donde no hay reporte documental de la presencia de este grupo.

Para ello se realizó una revisión documental de artículos y textos que mencionan los municipios o veredas del departamento del putumayo, al estar mencionado y relacionada la presencia este se catalogaba con 1, mientras que si no se encontraba este se le asignará un 0, comprendiendo lo anteriormente mencionado se obtiene la siguiente tabla.

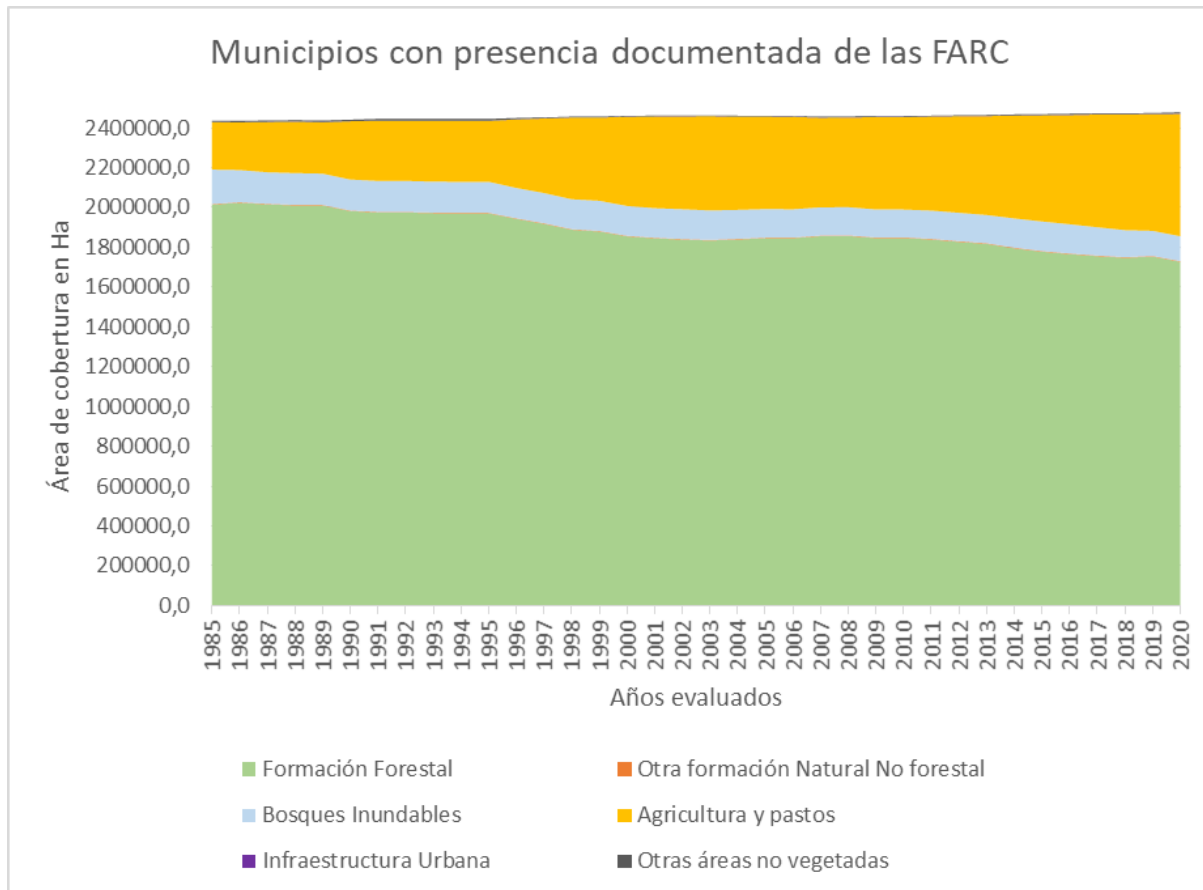
Tabla 6 Presencia/Ausencia de las FARC por Municipios de Putumayo.

Municipio	Presencia
Colón	0
Mocoa	1
Orito	1
Puerto Asís	1
Puerto Caicedo	1
Puerto Guzmán	1
Puerto Leguizamo	1
San Francisco	0
San Miguel	1
Santiago	0
Sibundoy	1
Valle de Guamuez	1
Villagarzón	1

Fuente: Elaboración propia

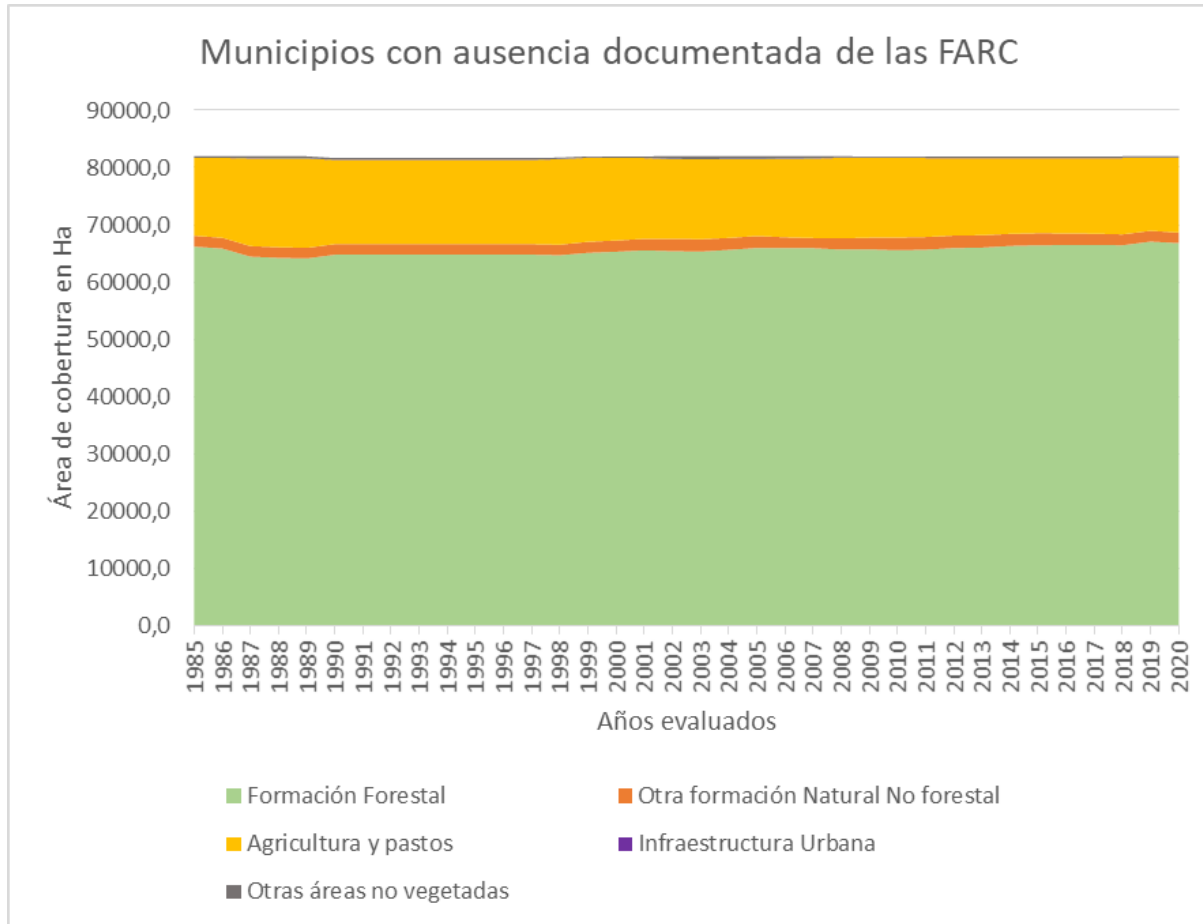
De este modo, se grafica la cobertura sumada de dichos municipios y se grafica de acuerdo a su presencia o ausencia, de este modo se obtuvieron los siguientes resultados.

Gráfico 28: Representación de la cobertura encontrada en los municipios del Putumayo donde hay presencia documentada de las FARC.



En el gráfico 26 se observa la disminución paulatina y significativa que ha tenido la formación forestal, y en contraposición la agricultura y pastos ocupa el espacio que corresponde a la disminución anteriormente mencionada.

Gráfico 29: Representación de la cobertura encontrada en los municipios del Putumayo donde hay ausencia documentada de las FARC.

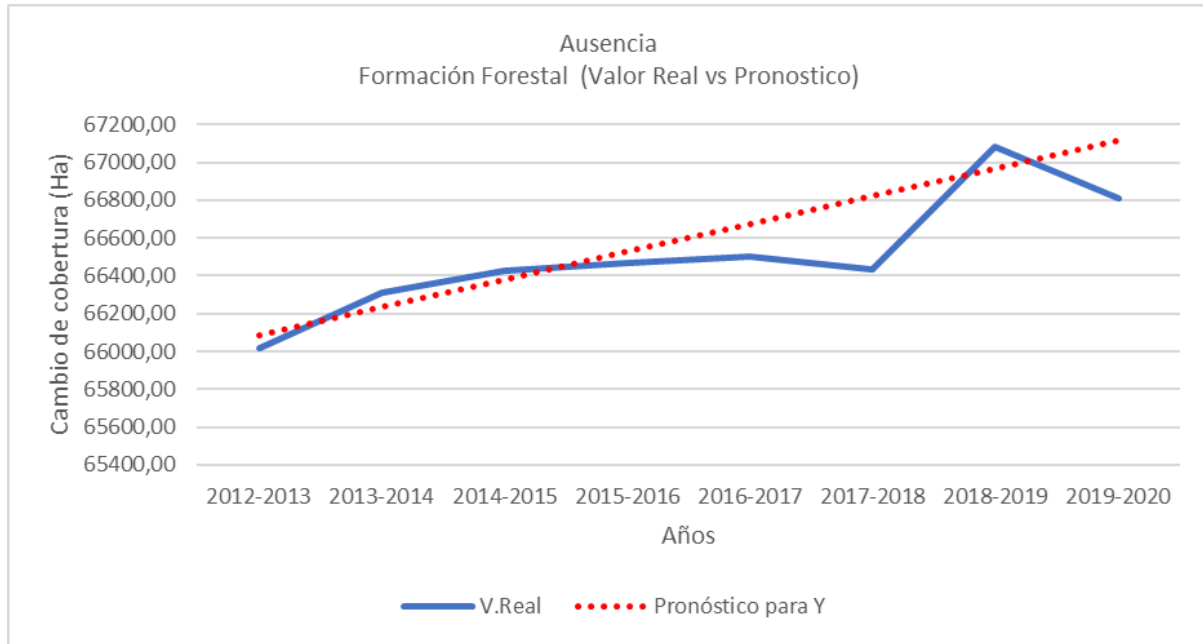


Fuente: Elaboración propia

Si bien en el gráfico 27 se observa una cantidad considerable en área de pastos y agricultura no tiene una disminución tan marcada como la gráfica anterior, por lo que a primera vista se observa una estabilidad marcada en las coberturas.

Para profundizar un poco más sobre los cambios en la cobertura se realiza un pronóstico con los datos reales y se compara con el comportamiento real de los datos versus tendencia sobre las zonas con presencia de las FARC y sobre las zonas con ausencia de las FARC, tomando como punto de quiebre el 2016, año en que fue firmado los acuerdos de paz lo cual nos lleva a los siguientes resultados.

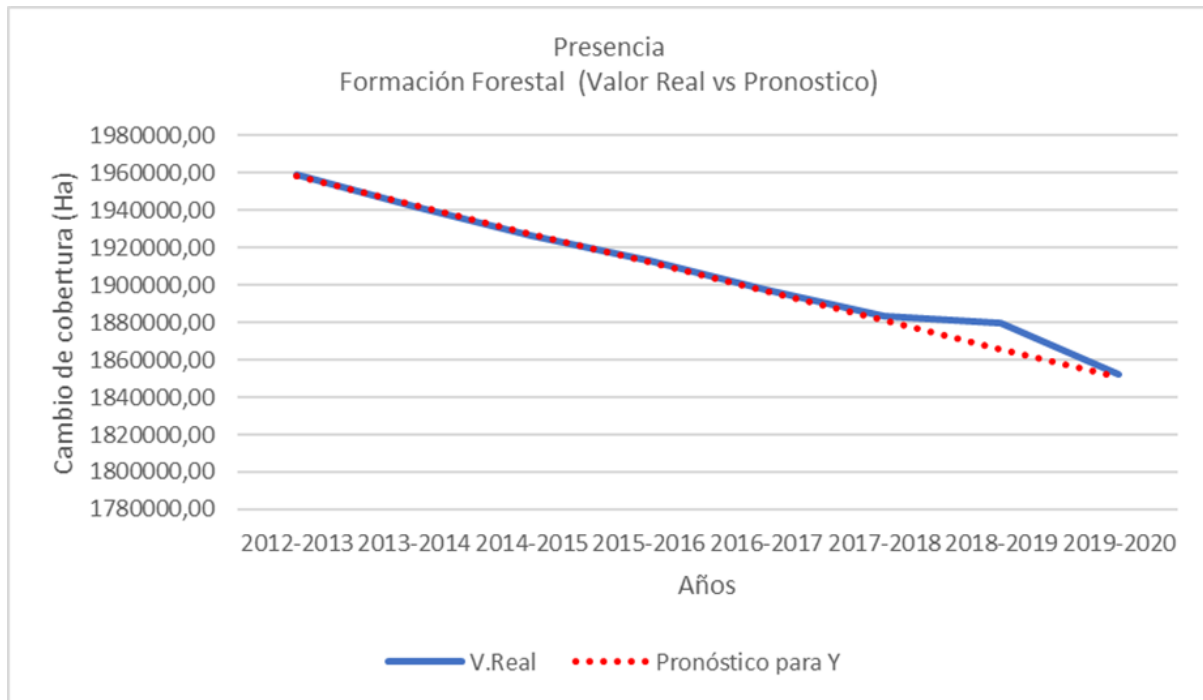
Gráfico 30: Comparación de los modelos predictivos lineales que tomaron como base los 4 años anteriores a la firma de los acuerdos de paz comparado con los datos reales en la región con ausencia de las FARC para la Formación Forestal



Fuente: Elaboración propia

En la imagen anterior observamos que al tomar la línea de tendencia hay un comportamiento en los datos que siguen la tendencia sin embargo es una tendencia de que aumentó, es decir, la pendiente de la línea de tendencia es mayor y es estadísticamente diferente una de la otra, por lo cual ha presentado una ganancia de área para la cobertura boscosa, sin embargo, dicha tendencia está marcado por un dato atípico, por otro lado, la tasa de cambio en porcentaje anual es de -0,23 en los años antes de la firma de paz, mientras que la tasa de cambio posterior a la firma de los acuerdos de paz es de -0,13, lo que quiere decir que se presenta una disminución.

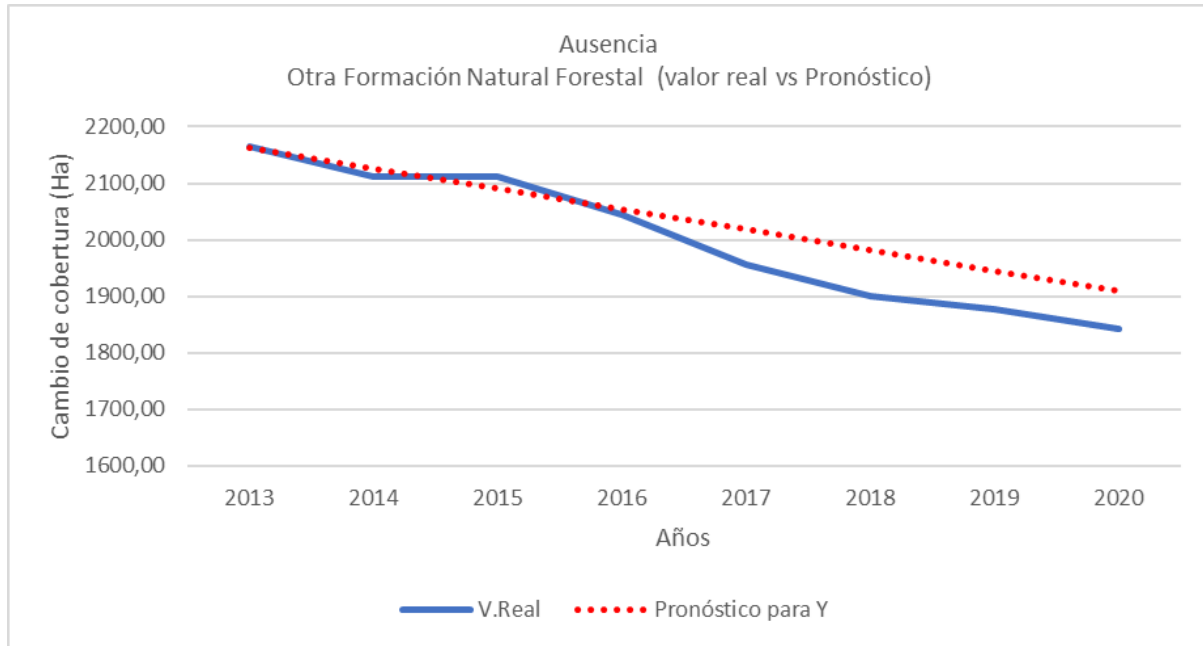
Gráfico 31: Comparación de los modelos predictivos lineales que tomaron como base los 4 años anteriores a la firma de los acuerdos de paz comparado con los datos reales en la región con presencia de las FARC para la Formación Forestal



Fuente: Elaboración propia

Para este caso, se obtiene que los datos de la tendencia a la disminución del cambio de cobertura tienden a la disminución, al comparar las líneas de tendencia evaluando los dos momentos del antes y después, se obtiene que estas pendientes si bien son similares, son estadísticamente diferentes, es así, que la tasa de cambio de es mayor en los años anteriores, por ende, después de los acuerdos de paz, la deforestación si bien ha tenido una disminución significativa para la formación forestal, esta tiene una tasa de cambio de 0,78% para antes de la firma de los acuerdos, por otro lado, la tasa de cambio después des de 0,79% que aporta en mayor medida a la ganancia de cobertura.

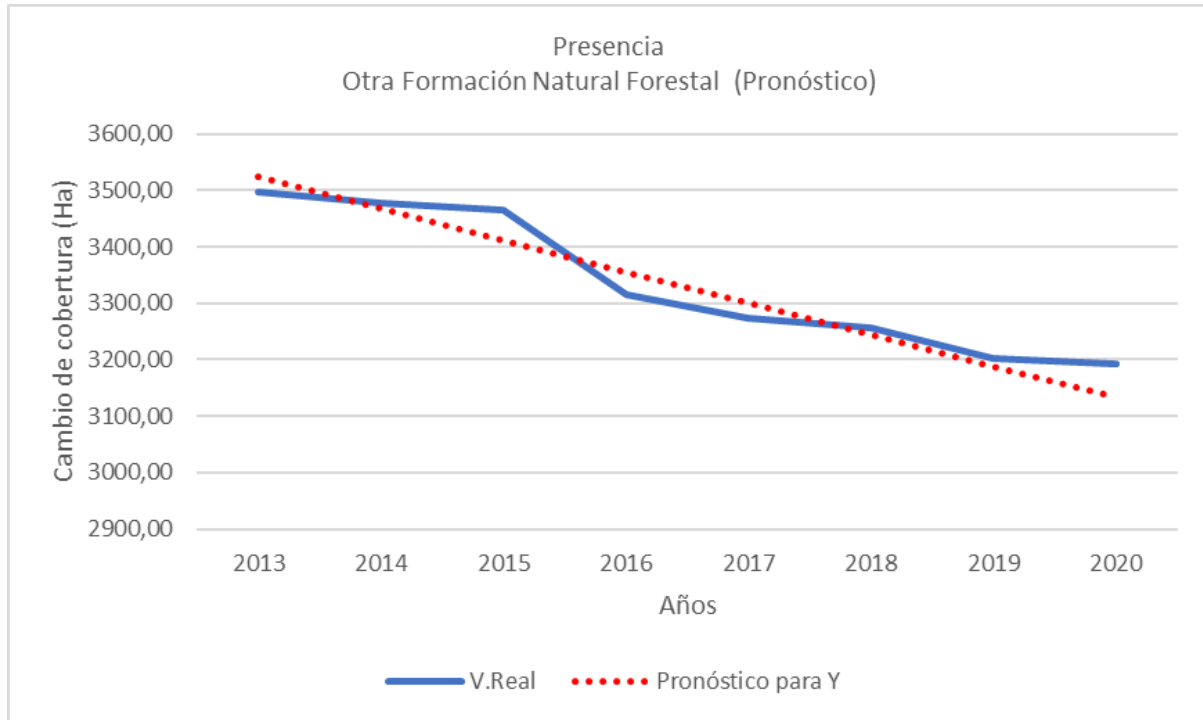
Gráfico 32: Comparación de los modelos predictivos lineales que tomaron como base los 4 años anteriores a la firma de los acuerdos de paz comparado con los datos reales en la región con ausencia de las FARC para la Otra Formación Natural Forestal.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se muestra la serie de datos de antes y después de la firma de acuerdos de paz, si bien los datos que marcan el después de la firma de los acuerdos de paz, presentan un sobre salto mostrando la disminución, esta conserva la misma pendiente, es decir, estadísticamente no es significativamente distinta, por ende, esta cobertura continua con la tendencia que ya ha venido teniendo. En este sentido, la tasa de cambio es de 0,78% en comparación a los datos del año después que su tasa de cambio anual es de 0,79%.

Gráfico 33: Comparación de los modelos predictivos lineales que tomaron como base los 4 años anteriores a la firma de los acuerdos de paz comparado con los datos reales en la región con presencia de las FARC para la Otra Formación Natural Forestal.

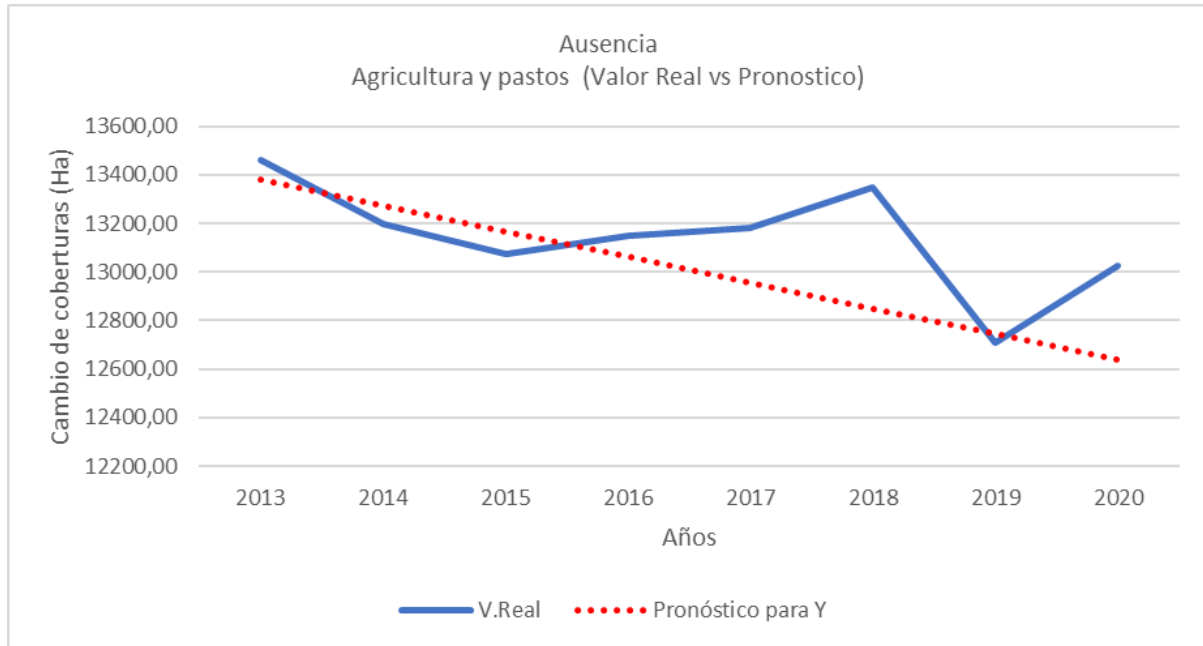


Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, las áreas de cobertura de otras formaciones naturales forestales se ven disminuidas, aunque muestran que estadísticamente son distintas las tendencias de los datos antes de la firma de los acuerdos de paz, en comparación a los datos obtenidos después de la firma. Sin embargo, la tasa de cambio del comportamiento de los datos después de la firma es menor en comparación al anterior con 1,73% en los datos anteriores en comparación con 0,93%.



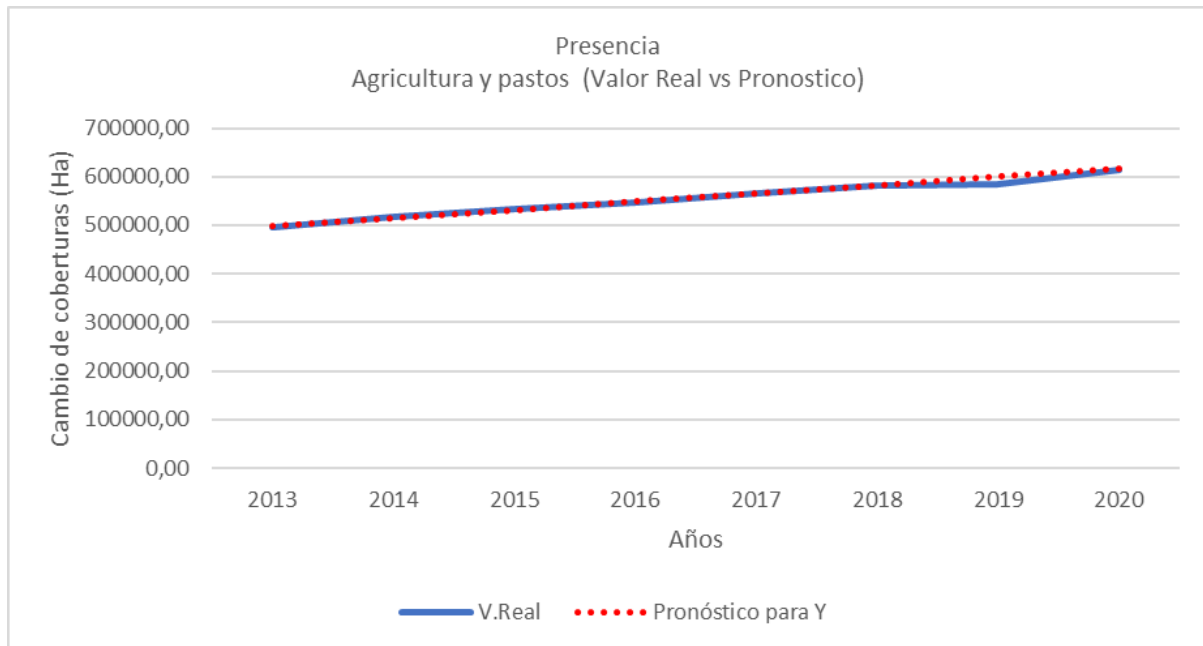
Gráfico 34: Comparación de los modelos predictivos lineales que tomaron como base los 4 años anteriores a la firma de los acuerdos de paz comparado con los datos reales en la región con ausencia de las FARC para la Agricultura y pasto



Fuente: Elaboración propia

La agricultura, es una de las coberturas que más influencia tiene en el cambio de coberturas, sin embargo, las en las zonas donde no hay presencia documentada de las FARC ha mostrado un descenso en las áreas de agricultura y pastos, en estos datos, se presenta una diferencia significativa en su línea de tendencia, aunque no muy marcada a simple vista, sin embargo, en comparación antes de la firma de los acuerdos se ha venido presentando una tasa de cambio promedio anual de 0,77%, por otro lado, después de la firma se redujo a un 0,23%.

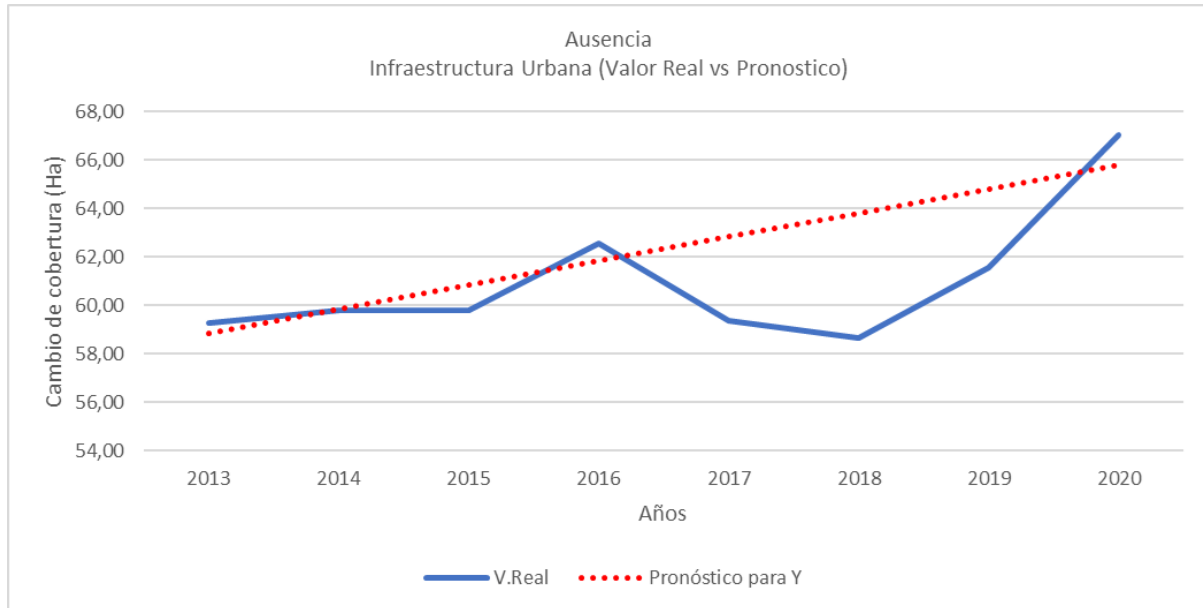
Gráfico 35: Comparación de los modelos predictivos lineales que tomaron como base los 4 años anteriores a la firma de los acuerdos de paz comparado con los datos reales en la región con presencia de las FARC para la Agricultura y pasto.



Fuente: Elaboración propia

Para la agricultura en zonas con presencia en de las FARC, en el cual estadísticamente sus pendientes son distintas, sin embargo, para esta temporalidad esta diferencia no está tan marcada. Del mismo sentido, el aumento en las áreas de agricultura y pastos para antes de los acuerdos de paz es de 3,42% por otro lado, para los lugares de ausencia, la tasa de cambio es menor con 3,02%, por lo cual estas áreas no crecerás al mismo ritmo.

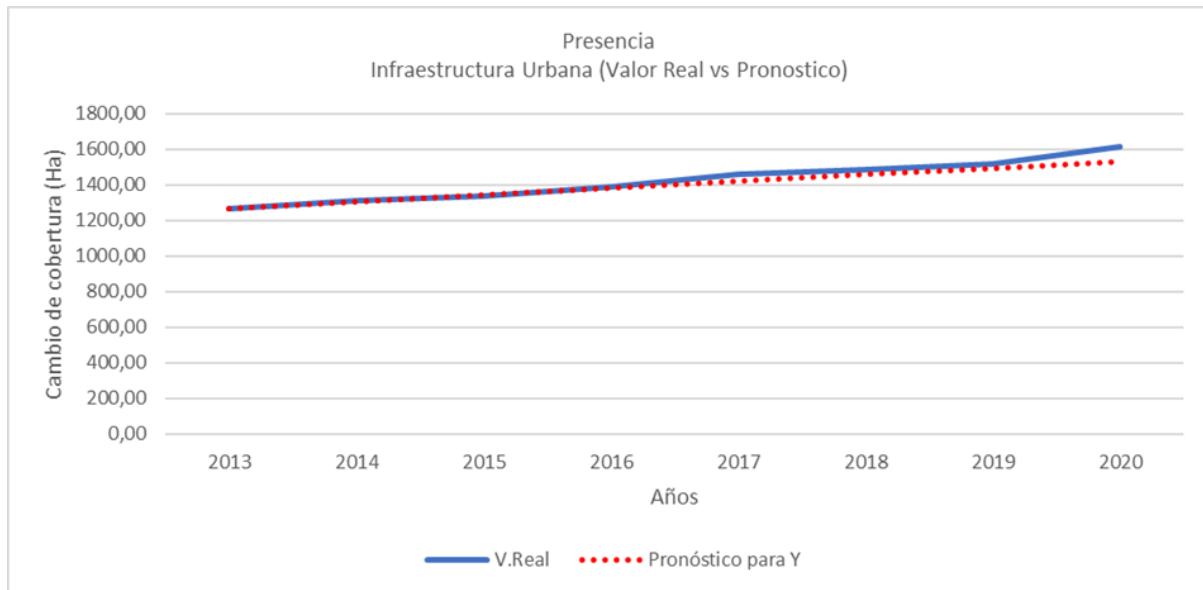
Gráfico 36: Comparación de los modelos predictivos lineales que tomaron como base los 4 años anteriores a la firma de los acuerdos de paz comparado con los datos reales en la región con ausencia de las FARC para la Infraestructura Urbana.



Fuente: Elaboración propia

En esta gráfica, el comportamiento de infraestructura urbana se ha tenido una tendencia al aumento, en los años anteriores a los acuerdos de paz, por otro lado, para los períodos después de la firma de acuerdos de paz, ha presentado un aumento significativo importante, incluso aportando un cambio significativo al cambio de cobertura boscosa. En este sentido, la tasa de cambio para infraestructura urbana la tasa de cambio para los años antes de la firma de los acuerdos de paz es de -1,86%, sin embargo, la tendencia aumenta en -1,79%, lo que representa un cambio significativo en la ganancia de esta cobertura.

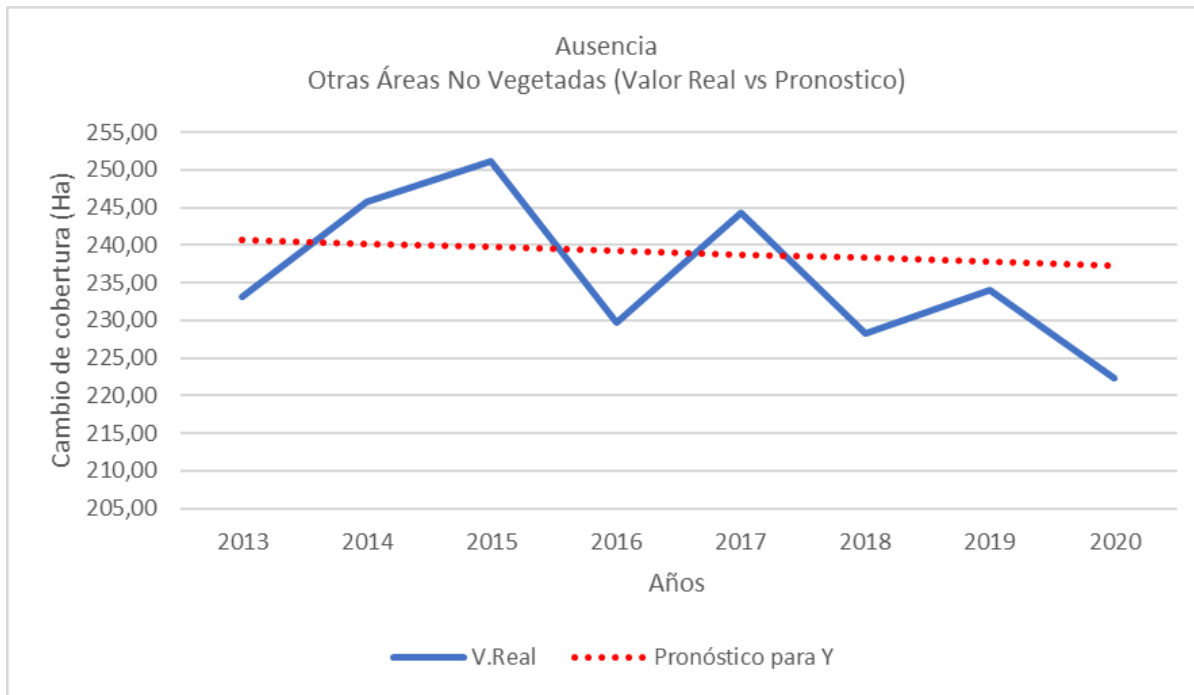
Gráfico 37: Comparación de los modelos predictivos lineales que tomaron como base los 4 años anteriores a la firma de los acuerdos de paz comparado con los datos reales en la región con presencia de las FARC para la Infraestructura Urbana.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior, se puede observar una variación significativa estadísticamente hablando, con un aumento importante para estas áreas, en este gráfico, concuerda el cambio de cobertura con el aumento en la tasa de cambio. Los porcentajes de la tasa de cambio de cobertura es de -3,07% para los años antes de la firma de los acuerdos de paz, después de ello, el porcentaje de tasa de cambio de -4,12% mostrando un aumento en el cambio de cobertura.

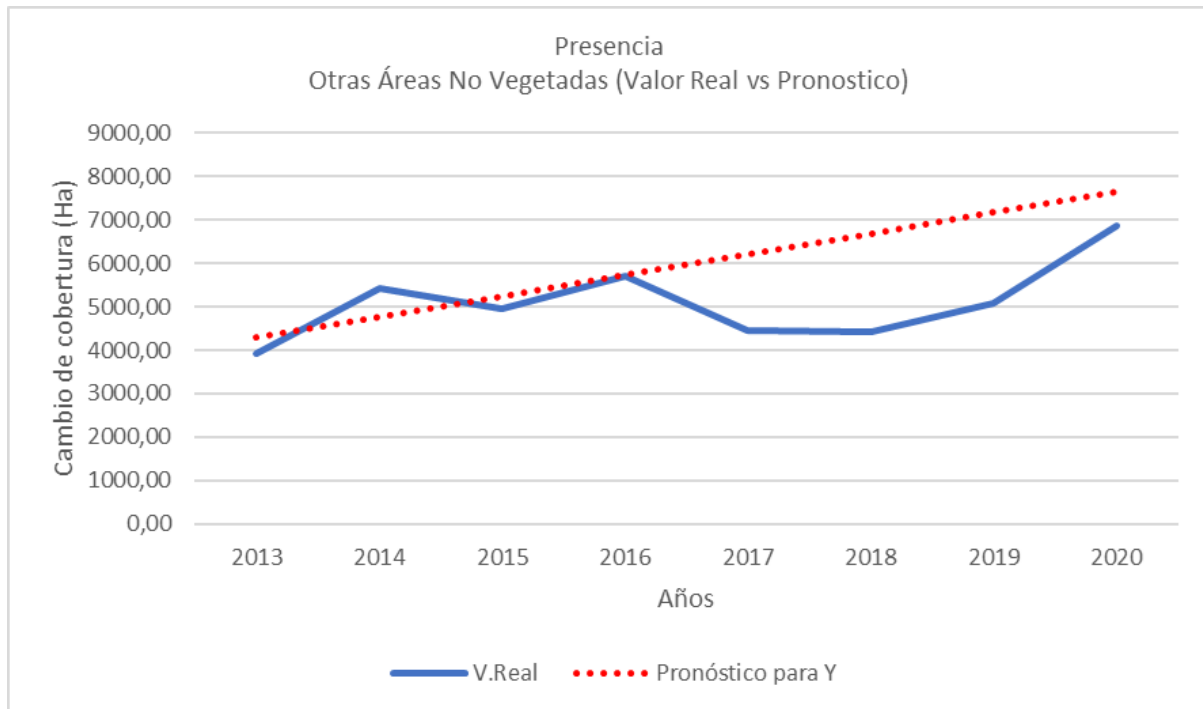
Gráfico 38: Comparación de los modelos predictivos lineales que tomaron como base los 4 años anteriores a la firma de los acuerdos de paz comparado con los datos reales en la región con ausencia de las FARC para Otras Áreas no Vegetadas.



Fuente: Elaboración propia

Para esta cobertura, los cambios año a año se presentan datos atípicos muy variables, sin embargo, siguiendo la metodología se observa que los datos a partir del 2017, presenta un descenso pronunciado, con una pendiente a razón de cambio de  $-0,47$  en los años anteriores a la firma de los acuerdos de paz, después de ellos, se observa una tasa de cambio en la ecuación lineal de  $-5,99$ , lo que representa un cambio significativo en la disminución de la cobertura. Estos datos representan un  $0,49\%$  para los años ante de la firma y un  $0,81\%$  para los años después de la firma, con una disminución en el cambio de cobertura significativo.

Gráfico 39: Comparación de los modelos predictivos lineales que tomaron como base los 4 años anteriores a la firma de los acuerdos de paz comparado con los datos reales en la región con presencia de las FARC para Otras Áreas no Vegetadas.



Fuente: Elaboración propia

Por último, las tasas de cambio para la cobertura de otras áreas no vegetadas, nos muestra la razón de cambio de los años antes de la firma de los acuerdos de paz, por otro lado, los datos después de este evento, nos muestra un cambio abrupto al aumento. Aumento en la cobertura de un -14,96% a un -5,13% lo que representa ganancia para las otras áreas sin vegetación y pérdida de otro tipo de coberturas como la boscosa.

Se evidenció una relación significativa entre el tiempo de estudio (2013-2020) y la presencia/ausencia de las FARC ( $X^2 = 228.51$ ;  $p < 0,001$ ). De manera, que la cobertura forestal en los bosques del Putumayo cambia en el tiempo y se ve influenciado por la presencia/ausencia de grupos armados. Adicionalmente, se presentó un efecto significativo del tiempo ( $p < 0,001$ ) y la presencia de las Farc ( $p < 0,001$ ) sobre la cobertura boscosa como se puede apreciar en la

siguiente tabla. La influencia de la presencia de las Farc sobre el cambio de cobertura se mantuvo para los otros tipos de cobertura (no forestal, agricultura y pastos, infraestructura urbana y áreas sin vegetación)

Tabla 7 Resultados de modelo lineal generalizado con enlace logarítmico, considerando como variables respuesta las coberturas (hectáreas) y como variables explicativas el tiempo de estudio (2013-2020) y la presencia/ausencia de las Farc

Variable respuesta	Modelo	Variable Predictora	P	R2
Bosques (hectáreas)	Bosques = 11.13 - 0.008 A2014 - 0.016 A2015 - 0.023 A2016 - 0.032 A2017 - 0.0039 A2018 - 0.041 A2019 - 0.05 A2020 + 3.35 Presencia FARC	Modelo Presencia FARC	<0.001 <0.001	0.99
Otra formación no forestal (hectáreas)	O.F = 7.67 - 0.010 A2014 - 0.014 A2015 - 0.054 A2016 - 0.075 A2017 - 0.086 A2018 - 0.10 A2019 - 0.11 A2020 + 0.51 Presencia FARC	Modelo Presencia FARC	<0.001 <0.001	0.99
Agricultura y pastos (hectáreas)	Agri. Pastos = 9.36 + 0.038 A2014 + 0.069 A2015 + 0.023 A2016 + 0.032 A2017 + 0.0039 A2018 + 0.041 A2019 + 0.05 A2020 + 3.35 Presencia FARC	Modelo Presencia FARC	<0.001 <0.001	0.99
Infraestructura urbana (hectáreas)	I.U = 3.99 + 0.031 A2014 + 0.051 A2015 + 0.087 A2016 + 0.14 A2017 + 0.15 A2018 + 0.17 A2019 + 0.24 A2020 + 3.15 Presencia Farc	Modelo Presencia FARC	<0.001 <0.001	0
Áreas sin vegetación (hectáreas)	Sin. Veg = 5.17 + 0.32 A2014 + 0.23 A2015 + 0.37 A2016 + 0.12 A2017 + 0.11 A2018 + 0.25 A2019 + 0.55 A2020 + 3.11 Presencia Farc	Modelo Presencia FARC	<0.001 <0.001	0.94

Fuente: Elaboración propia

De este modo, se verifica que existe una relación significativa entre la presencia y la ausencia de la presencia de las FARC en la región del Putumayo, el modelo predictor después de la



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



normalización de los datos, responden al cambio de coberturas con significancia estadística pequeña, que indica que es menos probable que sea causado por datos atípicos o por azar.



## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se evidencia un cambio significativo en de la cobertura, a lo largo de toda la serie temporal, estos cambios apuntan al descenso de la masa forestal natural y benefician las áreas antrópicas como las infraestructuras urbanas, (Centros poblados, Minas, entre otras).

Los descensos en la masa forestal son del 17,77% comparando las coberturas del año 1985 hasta el año 2020, esta reducción es significativa porque corresponde a una pérdida de 405.399,05 Ha de cobertura boscosa en este departamento.

Del mismo modo, la agricultura y pastos ha aumentado sus áreas en un 149% que corresponde a una ganancia para esta cobertura de 404.292,42 Ha. es decir el 99,72% de la pérdida total de la cobertura forestal, lo que quiere decir que el mayor impacto en la formación forestal corresponde al cambio de uso del suelo por agricultura y pastos.

Por otro lado, la infraestructura urbana, también muestra una ganancia significativa, este aumento en un 329% en relación al área inicial desde su serie temporal, esto, corresponde a una ganancia de 1325,20 Ha, esta relación es el 0,33% de la cobertura forestal inicial.

Estas cifras de ganancia y pérdida, se pueden observar en la siguiente tabla, la cual correlaciona las cantidades en Ha que cada cobertura de cierta forma apporto a la otra

Tabla 8 Áreas de ganancia y pérdida de cada cobertura elaborado a partir de la metodología de Pontius y colaboradores (2004).

2020

1985

Categoría	ID	3	14	24	25	Total	Perdida
Formación Forestal	3	1684827,97	401486,08	104,14	3808,82	2090227,02	405399,05
Agricultura y pastos	14	45108,35	192631,53	1027,08	1379,55	240146,51	47514,98
Infraestructura Urbana	24	0,00	27,71	403,14	6,79	437,65	34,50
Otras áreas no vegetadas	25	2212,12	2778,63	193,98	308,84	5493,56	5184,72
Total		1732148,45	596923,95	1728,34	5504,00		
Ganancia		47320,47	404292,42	1325,20	5195,16		

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, haciendo el análisis puntual de las áreas donde había presencia de las FARC documentada, se presenta que efectivamente hay una relación entre la presencia de este grupo armado y el cambio de cobertura, donde los lugares con presencia, se encuentra una disminución de la cobertura boscosa, significativa, en comparación a las áreas donde no hubo presencia registrada, como se muestran en la tabla 7 con los modelos de pronóstico lineales, apoyado por los gráficos que muestran las líneas de tendencias (Gráficos del 30 al 39).

Así mismo se analizaron las tendencia de las coberturas en las áreas donde hubo presencia registrada de las FARC, teniendo como factor común el descenso en las áreas de formaciones naturales (Formación boscosa y formación natural no forestal), sumado a ello, tenemos que

estas áreas siguen un patrón lineal de descenso donde para las formaciones forestales con presencia antes de la firma de los acuerdos de paz presentaba un descenso paulatino del 0,78% y después de los acuerdos de Paz, aumento el cambio a 0,79%, lo que quiere decir que de algún modo, hubo más control sobre el cambio de uso de la tierra, puede ser por factores de seguridad para los colonos e indígenas.

En contraste, las áreas de formación forestal donde no hubo presencia registrada de las FARC, tuvieron un aumento significativo en su cobertura, es decir presento una tasa de ganancia del 0,23% antes de la firma de los acuerdos de paz, en este sentido, evaluando la tasa de cambio en porcentaje este es de 0,13%, es decir, la tasa de ganancia disminuyó considerablemente después de que se firmaron los acuerdos de Paz.

De lo anteriormente mencionado, podemos concluir que, de cierta forma, la presencia de Las FARC represento para las coberturas forestales un control en sus áreas, que, si bien presentaba cambios negativos en los lugares donde hubo presencia, los descensos en las áreas eran menores que después de su retirada.

Del mismo modo, las coberturas correspondientes a la agricultura y pastos, es un común denominador a lo largo del territorio nacional, en este caso, el departamento del Putumayo, no es la excepción, las tasas de ganancia son considerables.

Ahora bien, es importante destacar que se deben evaluar más afondo, el cambio de coberturas en estas zonas, incluyendo variables como Población, (cantidad de colonos que ingresan y salen al territorio, Tasas poblacionales de las comunidades indígenas), Áreas de cultivos ilícitos, Vías de acceso, Cantidad de minas legales e ilegales, Profundizaren la economía de la zona, ya que hay actividades que requieren el cambio de uso de suelo de forma más significativa como la inserción de ganadería en la zona, que implica praderización, presencia estatal, tenedores de



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



tierras formales e informales, entre otros factores multivariantes que puedan responder mejor a este cambio de coberturas.

Para la revisión de los datos de otras áreas no vegetadas se recomienda un estudio alterno que pueda describir mejor el comportamiento de los datos, o la revisión de estos mismos.

## 10. Bibliografía

(s.f.). Recuperado el 10 de August de 2022, de Uso Sostenible | Corazón de la Amazonía | Bogotá: <https://www.corazondelaamazonia.org/>

(s.f.).

Google - GEE. (25 de 09 de 2022). *Engine, Google Earth*. Obtenido de <https://earthengine.google.com/faq/>

Andrade, M. G. (2011). Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción ciencia-política. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(137). Obtenido de <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA292087358&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=03703908&p=IFME&sw=w&userGroupName=anon%7Ecad896d>

Ausdal, V. (2009). Pasture, profit, and power: An environmental history of cattle ranching in Colombia, 1850 - 1950. *Geoforum*, 40(5), 707-719. .

Calvo A. J., M. B. (2009). Deforestation and forest restoration in Guanacaste. *Putting conservation policies in context. Forest Ecology and Management*, 258. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.10.035>

Camacho, J. H. (1992). Biomasa terrestres de Colombia. (A. Instituto de Ecología, Ed.) *La Diversidad Biológica de Iberoamérica*, 105-153.

Castaño Bernal Marín Ramirez, E. R. (2003). *Análisis económico del cultivo de la coca Erythroxylum coca Al en Colombia*. Manizales. Obtenido de [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/5946-Texto%20del%20art%C3%ADculo-10395-1-10-20211028%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/5946-Texto%20del%20art%C3%ADculo-10395-1-10-20211028%20(2).pdf)

Cepal y Patrimonio Natural. (2013). *Amazonia posible y sostenible*. Bogotá. Obtenido de [https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/amazonia\\_posible\\_y\\_sostenible.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/amazonia_posible_y_sostenible.pdf)

CNMH, C. C. (2015). *Petróleo, coca, despojo territorial y organización social en Putumayo*. Bogotá: Bogotá, CNMH.

Departamento Nacional de Planeación. (1995). *Documento CONPES, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Justicia y del Derecho, Dirección Nacional de Estupefacientes, DNP: UDA - UJS - DECTI*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/2799.pdf>

Di Bella, C. P. (2008). La teledetección como herramienta para la prevención, seguimiento y evaluación de incendos e inundaciones: ecosistemas,. Obtenido de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/85>

DIAZ & SANCHEZ, A. M. (2004). GEOGRAFÍA DE LOS CULTIVOS ILÍCITOS Y CONFLICTO ARMADO EN COLOMBIA. *DOCUMENTO CEDE 2004-18 ISSN 1657-7191 (Edición Electrónica)*. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/7865/dcede2004-18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Diaz, A. M., & Sanchez, F. (Marzo de 2004). Geografía de los cultivos ilícitos y conflicto armado en Colombia. *CEDE Universidad de los Andes*. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/7865/dcede2004-18.pdf>

Documento Teórico base de algoritmos (ATBD). (2021). Obtenido de [https://s3.amazonaws.com/amazonia.mapbiomas.org/atbd/atbd%20general/ATBD\\_General\\_MapBiomias\\_Amazonia\\_3.0.en\\_proceso\\_de\\_elaboraci%C3%B3n.pdf](https://s3.amazonaws.com/amazonia.mapbiomas.org/atbd/atbd%20general/ATBD_General_MapBiomias_Amazonia_3.0.en_proceso_de_elaboraci%C3%B3n.pdf)

- FUNDACIÓN CIDOB. (2014). *Barcelona centre for international affairs*. Obtenido de Conflicto en Colombia: antecedentes históricos y actores: [https://www.cidob.org/publicaciones/documentacion/dossiers/dossier\\_proceso\\_de\\_paz\\_en\\_colombia/dossier\\_proceso\\_de\\_paz\\_en\\_colombia/conflicto\\_en\\_colombia\\_antecedentes\\_historicos\\_y\\_actores](https://www.cidob.org/publicaciones/documentacion/dossiers/dossier_proceso_de_paz_en_colombia/dossier_proceso_de_paz_en_colombia/conflicto_en_colombia_antecedentes_historicos_y_actores)
- Giraldo, O. (2015). Agroextractivismo y acaparamiento de tierras en América Latina: una lectura desde la ecología política. *Revista Mexicana de Sociología* 77 , 637-662.
- Global Forest Watch. . (2018). “El 2017 fue el segundo peor año en relación a la pérdida de cobertura arbórea en los trópicos”. Obtenido de <https://www.globalforestwatch.org/blog/es/data-and-research/el-2017-fue-el-segundo-peor-ano-en-r>
- Gobernación del Putumayo. (25 de 09 de 2022). Obtenido de <https://www.putumayo.gov.co/index.php/mi-departamento/presentacion>
- Jiménez, W. O. (2010). Los paraestados en Colombia. A propósito de una investigación culminada. . *Ratio Juris*, 5(10), 79-99.
- Landsat Science. (2022). *NASA Landsat 8*. Obtenido de Landsat Science: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>
- Lastra, M. R. (2015). Degradación Medioambiental como Consecuencia del Conflicto Armado en Colombia.
- Macedo C., A. P. (2010). Clasificación no supervisada con imágenes a color de cobertura terrestre. *Agrociencia* , 44:711-722.

Martínez., G. (2022). Construyendo agenda 21 par el departamento de Putumayo: una construcción colectiva para el desarrollo sostenible de la amazonia colombiana. (C. S. Marín, Ed.) 19.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS. (2014). *V Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el convenio de diversidad Biológica*. Bogotá D.C. Obtenido de <https://www.cbd.int/doc/world/co/co-nr-05-es.pdf>

Museo Nacional de Colombia. (2014). *Análisis histórico del narcotráfico en Colombia*. Bogotá. Obtenido de <https://www.museonacional.gov.co/imagenes/publicaciones/analisis-historico-del-narcotrafico-en-colombia.pdf>

Nepstad D.C., S. C. (2008). Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.*; *363(1498):1737-46*. Obtenido de <https://doi:10.1098/rstb.2007.003>

Noguera, M. B. (02 de 2003). LA PRESENCIA Y EXPANSIÓN MUNICIPAL DE LAS FARC:ES AVARICIA Y CONTAGIO, MAS QUE AUSENCIA ESTATAL. *DOCUMENTO CEDE 2003-03 ISSN 1657-7191 (Edición electrónica)*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/6517011.pdf>

Peréz, E. M. (2003). La conformación territorial en Colombia: entre el conflicto, el desarrollo y el destierro. *Cuadernos de desarrollo rural*, (51).

Plata ed AL. (2019).

Pontius Jr, R. G. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. . *Agriculture, ecosystems & environment*, *101(2-3)*, 251-268. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008>



RAISG. (2020). Amazonía bajo presión. *Amazonía bajo presión*, 68 págs. Obtenido de [www.amazoniasocioambiental.org](http://www.amazoniasocioambiental.org)

RAISG. (2021). Obtenido de <https://www.raisg.org/es/>

Ramírez, M. C. (2001). *Entre el estado y la guerrilla: identidad y ciudadanía en el movimiento de los campesinos cocaleros del Putumayo*. Bogotá: Bogotá: Instituto Colombiano de Antropología e Historia -ICANH-. Obtenido de <https://babel.banrepcultural.org/digital/collection/p17054coll10/id/2898/>

Rincon Ruiz, A. (2013). An exploratory spatial analysis of illegal coca cultivation in Colombia using local indicators of spatial association and socioecological variables. *ELSERVIER*, 34, 103-112. Obtenido de [sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X13001702](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X13001702)

Ríos, J. (2017). El Acuerdo de paz entre el Gobierno colombiano y las FARC: o cuando una paz imperfecta es mejor que una guerra perfecta. *Revista Iberoamericana de Filosofía, Política y Humanidades*, 19(38). Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/282/28253016027/html/index.html>

Rodríguez, J. C. (2022). Degradación de pasturas y carga animal, una analogía del analfabetismo ganadero. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC*, 14(1), 124-133.

Sierra, J. R. (2020). *La(s) geografía(s) de la violencia guerrillera en Colombia 2012-2020*. Real Instituto Elcano. Obtenido de <https://media.realinstitutoelcano.org/wp-content/uploads/2021/10/dt11-2020-rios-geografias-de-la-violencia-guerrillera-en-colombia-2012-2020.pdf>

- SINCHI, I. A. (2017). *PROYECTO “IDENTIFICACIÓN DE LOS MOTORES, AGENTES Y CAUSAS SUBYACENTES DE LA DEFORESTACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO: VALLE DEL SIBUNDOY, MUNICIPIOS DE VILLAGARZÓN Y PUERTO LEGUÍZAMO”*. Obtenido de <https://sinchi.org.co/files/SUBDIRECCION%20CIENTIFICA/MODELOS/FINALIZADOS/Resumen%20ejecutivo-motores%20WWF.pdf>
- Soares F., B. N. (2006). Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature* 440, 520–523. Obtenido de <https://doi.org/10.1038/nature04389>
- UNODC. (2016). Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2016 - Colombia. Obtenido de <https://www.derechos.org/nizkor/corru/doc/colcoca4.html>
- Walter, H. (1977). Zonas de vegetación y clima: breve exposicion desde el punto de vista causal y global. 245.