

CUANTIFICACION DE LA DEFORESTACION EN EL MUNICIPIO DE GUAYABAL DE SIQUIMA, CUNDINAMARCA.

Galeano. P. Natalia – Garzón. M. Anamaría

1. INTRODUCCION

La deforestación, puede ser definida como la destrucción de la vegetación a gran escala por diferentes actividades antrópicas (minería, incremento en el casco urbano, extracción de madera, entre otros) o por las diferentes variaciones que hay en el clima, haciendo que esta vegetación se vea afectada a nivel local, nacional y mundial (MAGBMA y FAO, 2018). Para evaluar la problemática de la deforestación se eligió el municipio de Guayabal de Siquima- Cundinamarca.

Para analizar el cambio que ha tenido el municipio de Guayabal de Siquima, en este estudio se utilizó el programa Arcgis siendo este uno de los sistemas más completos permitiendo la recopilación, organización y administración de la diferente información geográfica (ESRI, 2020). En este municipio se realizó una identificación de la cobertura vegetal que se encuentra actualmente en el lugar de estudio, junto con una evaluación de las áreas que en el transcurso del tiempo y hasta el año presente se han visto perjudicadas, además de identificar cuáles zonas son las más propensas a las diferentes actividades que conllevan a la deforestación y así poder dar una posible solución al problema de deforestación en la zona.

Es importante reconocer el daño que ha sufrido el municipio de Guayabal de Siquima en la pérdida de cobertura vegetal para implementar diferentes medidas donde estas ayuden a una recuperación y restauración de las zonas afectadas o las zonas más propensas a esta pérdida

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente en Colombia la deforestación se ha convertido en una de las principales problemáticas a discutir, este tema está vinculado con la degradación, explotación y destrucción de cada uno de los ecosistemas que abarca este país. Las principales actividades asociadas a la deforestación son: la expansión del casco urbano, seguida de las diferentes actividades que son generadas por los sectores agrícolas; también podemos encontrar otras actividades como la explotación de la madera, proyectos de infraestructura o de minería, donde todo este tipo de acciones generan un aumento en la contaminación y contribuyen al calentamiento global, conllevado a la desaparición de hábitat. Muchas de las especies que se encuentran allí, se ven beneficiadas por la diversa cobertura vegetal que hace parte de Colombia, pero gracias a la dinámica de la desaparición de los bosques, esto sigue avanzando y continua con un paso arrasador agotando los recursos naturales y generando una pérdida tanto en la flora como en la fauna. Según el IDEAM, los puntos calientes de la deforestación están en siete departamentos del país y siempre muy cerca de Parques Naturales y zonas de alta importancia ambiental (Semana Sostenible, 2017).

Por lo tanto, es fundamental considerar que la distribución espacial de la cobertura vegetal (bosques) en el municipio de Guayabal de Siquima- Cundinamarca, no es totalmente uniforme gracias a las diversas actividades que son generadas en el municipio, como el posible

uso del suelo y/o políticas vinculadas al aprovechamiento de los recursos naturales a disposición de la población (Cárdenas Álvarez, 2016), por eso es importante brindar herramientas al municipio para que evalúen el comportamiento de la deforestación y puedan hacer frente a esta problemática generando conciencia sobre el potencial eco turístico del municipio, y desarrollarlo de una manera sostenible. Por lo cual surge la siguiente pregunta: ¿Cuál es la condición actual del municipio Guayabal de Siquima- Cundinamarca frente a la cuantificación de su deforestación, como contribución para el manejo y conservación de suelos en su territorio?

3. OBJETIVOS

3.1. General.

Realizar la cuantificación de la tasa de deforestación que ha sufrido el municipio de Guayabal de Siquima - Cundinamarca entre los años 2015 y 2020, por medio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), para identificar las zonas críticas en las que se debe implementar planes de manejo del suelo, mejorando la calidad de los mismos y aportando al fortalecimiento del ecoturismo.

3.2. Específicos.

- Recolectar los insumos necesarios: metadatos, vectorial, raster e información básica, económica y ambiental del municipio.
- Procesar la información recolectada por medio de las diferentes herramientas del software GIS. (Arcmap y Qgis)
- Calcular la tasa de deforestación que ha sufrido el municipio en el periodo comprendido entre 2015 – 2020).

- Identificar las zonas más afectadas y proponer estrategias de mejora para estas.

4. METODOLOGIA

Este trabajo fue realizado a nivel local, manejando una escala numérica: (1:25.000) y las principales técnicas usadas fueron: la teledetección y el análisis multi temporal. El procedimiento se realizó usando las siguientes etapas:

a. Selección y descarga de imágenes

La fuente de las imágenes fue el satélite Sentinel 2A S2MSL1C Y S2AMSL2A, y fueron descargadas de la plataforma open acces hub, perteneciente a la unión europea. Este sensor tuvo su primera misión en el año 2014 y cuenta con una resolución espacial de 10 metros. La imagen del 2015 tiene fecha de toma del 13 de abril y la imagen del 2020 tiene fecha de captura de febrero 20 del presente año.

b. Calibración radiométrica y corrección atmosférica

Este proceso convirtió la información de la imagen original (bruta) de cada pixel, de Niveles Digitales -ND- a Niveles de Reflectancia captada por el sensor, sin la intervención de la atmosfera. Como resultado de esta corrección de neblina y nubes, se obtuvo una imagen en valores de reflectancia. Solo se realizó esta corrección a la imagen S2MSL1C del 2015, ya que la S2AMSL2A del 2020 contiene esta corrección por defecto.

c. Clasificación inicial de coberturas

En esta fase, se procesó la imagen raster del año 2020 previamente corregida, para la identificación de las coberturas actualmente presentes en el municipio. Para ello se realizó las combinaciones de bandas 4, 3, 2 con la herramienta composity band, en el toolbox raster procesing con el fin de obtener el color natural de la imagen, luego se llevó a cabo una clasificación no supervisada con la herramienta de arcgis (eso clúster unsupervised clasification). De esta manera se identificó diferentes tipos de polígonos, los cuales fueron agrupados según la metodología de corine land cover, con una precisión de nivel 1, en: mosaico de pastos, mosaico de cultivos, bosque, tejido urbano discontinuo y suelo desnudo.

d. Clasificación de bosque y no bosque

Se creó un algoritmo de generalización cartográfica, para ello se utilizó una combinación de bandas 8, 4,3 (RGB) que detecta el infrarrojo que emite la cobertura vegetal para resaltar los tipos de vegetación y diferenciarlos del resto de coberturas que no son de interés para este proyecto, por ejemplo: cuerpos de agua, tejido urbano, suelo desnudo, nubes etc. De esta manera se tuvo un primer acercamiento del contenido de bosque denso presente en el municipio.

f. Cuantificación de la deforestación

En esta fase, se extrajeron y clasificaron las coberturas vegetales anteriormente identificadas, de acuerdo a su densidad o área que ocupa en el suelo, y al estado de salud o cantidad de clorofila que contiene. Esto se logró a partir del cálculo del índice NDVI para cada

imagen (2015 y 2020) y también para cada una de las 12 veredas que pertenecen al municipio en los respectivos años. El cálculo del NDVI se llevó a cabo en los siguientes subprocesos:

- Se cortó la banda 8 y banda 4 con el municipio a través de la herramienta extracción by mask y se nombró como B8M y B4M.
- Se recortó las bandas B8M y B4M. con cada una de las 12 veredas para el año 2015 y para el año 2020 respectivamente.
- Por medio de la calculadora raster se aplicó la fórmula de NDVI: $(b8-b4)/(b8+b4)$ con las bandas recortadas anteriormente para cada vereda. El resultado obtenido, Varió de -1 a 1 siendo los valores negativos las áreas con vegetación enferma y suelos desnudos y los valores más cercanos a 1 la vegetación vigorosa y saludable. Este índice NDVI fue calculado para cada una de las 12 veredas, en ambos años de estudio. (2015 – 2020). Finalmente, como resultado de este subproceso se obtuvieron 24 archivos en formato raster.
- Se reclasifico cada uno de los 24 raster, por medio de la herramienta Reclassify, en Arcgis, en 4 rangos: 0, 0,33, 0,66 y 1. El rango de -1 a 0 indica objetos inanimados y suelo desnudo, entre 0 y 0,33 se encuentra la vegetación enferma, entre 0,33 y 0,66 la vegetación medianamente saludable y entre 0,66 y 1 la vegetación sana y densa.
- Extraer de la tabla de atributos, los valores de (*value*), es decir, el número de pixeles asociado a cada rango, con el fin de llevar estos valores a Excel y calcular el área en hectáreas que le corresponde a cada rango, teniendo en cuenta la resolución espacial, o el tamaño de cada pixel (10*10).

- Asignar a cada uno de los 4 rangos un color o una simbología.

g. calculo de la tasa de deforestación

Este proceso se realizó por medio de la fórmula 1 que corresponde al cálculo de la tasa utilizada por la FAO, donde se mide el cambio en la cobertura de los bosques teniendo un significado matemático y biológico (Carnevale, Nueva Jersey y Alzugaray, C. y Di Leo, N., 2007)

$$q = \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^{1/(t_2 - t_1)} - 1$$

Donde:

A1: superficie de bosque al inicio del período A2: superficie de bosque al final del período t1: año de inicio del período t2: año final del período

e. Identificación de áreas donde se sugiere priorizar los planes de manejo de la deforestación.

- ✓ Creación del mapa de pendientes

Se utilizó como insumo el modelo digital de elevación DEM, descargado de la página Earth data, en la sección Aster GDEM V3. Luego se recortó este DEM con el polígono del municipio por medio de la herramienta Extract by Mask y se re-proyectó a coordenadas 3116 (Magna Colombia Bogotá). Posteriormente, se calcularon las pendientes en porcentaje por medio de la herramienta Slope y se reclasificaron en 3 clases: de 0 a 12 % (pendiente baja), de 12 a 25% (moderada), de 25 a 75% (alta) y mayores a 75% (muy alta).

✓ Selección de las principales redes hídricas del municipio

Se descargó una file geodata base (GDB) de la página de datos abiertos de Cundinamarca, la cual contenía información de la red hídrica municipal en formato vector. De allí se extrajeron las lagunas y los drenajes dobles. Luego, a estos cauces se les aplicó un buffer de 30 metros para establecer el área de protección para la ronda hidráulica según lo establecido en el artículo 83 del decreto ley 2811.

Las áreas de prioridad se obtuvieron al transponer las zonas con escasa cobertura vegetal y a su vez pendiente mayor al 75%. Adicionalmente, se tuvieron en cuenta las áreas que comprenden las franjas de protección de las rondas hidráulicas, mencionadas anteriormente.

f. Evaluación de calidad temática

Puesto que se dificulta trabajar con información primaria corroborada en campo, Se debe comparar la información del mapa obtenido con los registros e información del municipio y otros procesos asociados a este fenómeno en la bibliografía.

Por último se elaboró algunas sugerencias para dar manejo a la deforestación, y mejorar las condiciones del suelo en el municipio.

5. MARCO NORMATIVO

Para la realización de cualquier tipo de proyectos o investigaciones, se debe de tener en cuenta la parte normativa, ya que este puede avalar lo que se está realizando en la estructura del documento, en este caso la normativa que permite identificar a fondo las características del estudio realizado es el **Decreto 1257 del 2017** "Por el cual se crea la Comisión Intersectorial para el Control de la Deforestación y la Gestión Integral para la Protección de Bosques Naturales y se toman otras determinaciones" por medio de este decreto se puede lograr la identificación, orientación y coordinación que se debe de tener en cuenta en los programas, políticas o proyectos estratégicos que se encuentren en el ámbito de dichas competencias o en las entidades para tener un control en la deforestación y gestión de los bosques naturales en el país, en este caso en el municipio de Guayabal de Siquima.

Otra normativa importante que se tuvo en cuenta en el estudio es el **Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) de Guayabal de Siquima del 2020 avalado por la Ley 388 de 1997** el cual permite identificar los diferentes usos del suelo para las diferentes zonas o sectores (rurales- urbanos) con el que cuenta el municipio, generando reglamentaciones urbanísticas y así plantear los diferentes planes complementarios para el futuro desarrollo territorial que se genere en el municipio.

6. ANALISIS Y RESULTADOS

La pérdida de cobertura vegetal en el municipio de Guayabal de Siquima no ha cambiado significativamente en los últimos cinco años. Sin embargo, si se ha visto la transformación de algunas coberturas boscosas en cubiertas vegetales menos densas. En la imagen 1 se observa con una resolución espacial de 10 metros, el estado de la vegetación, el cual fue calculado con el índice NDVI.

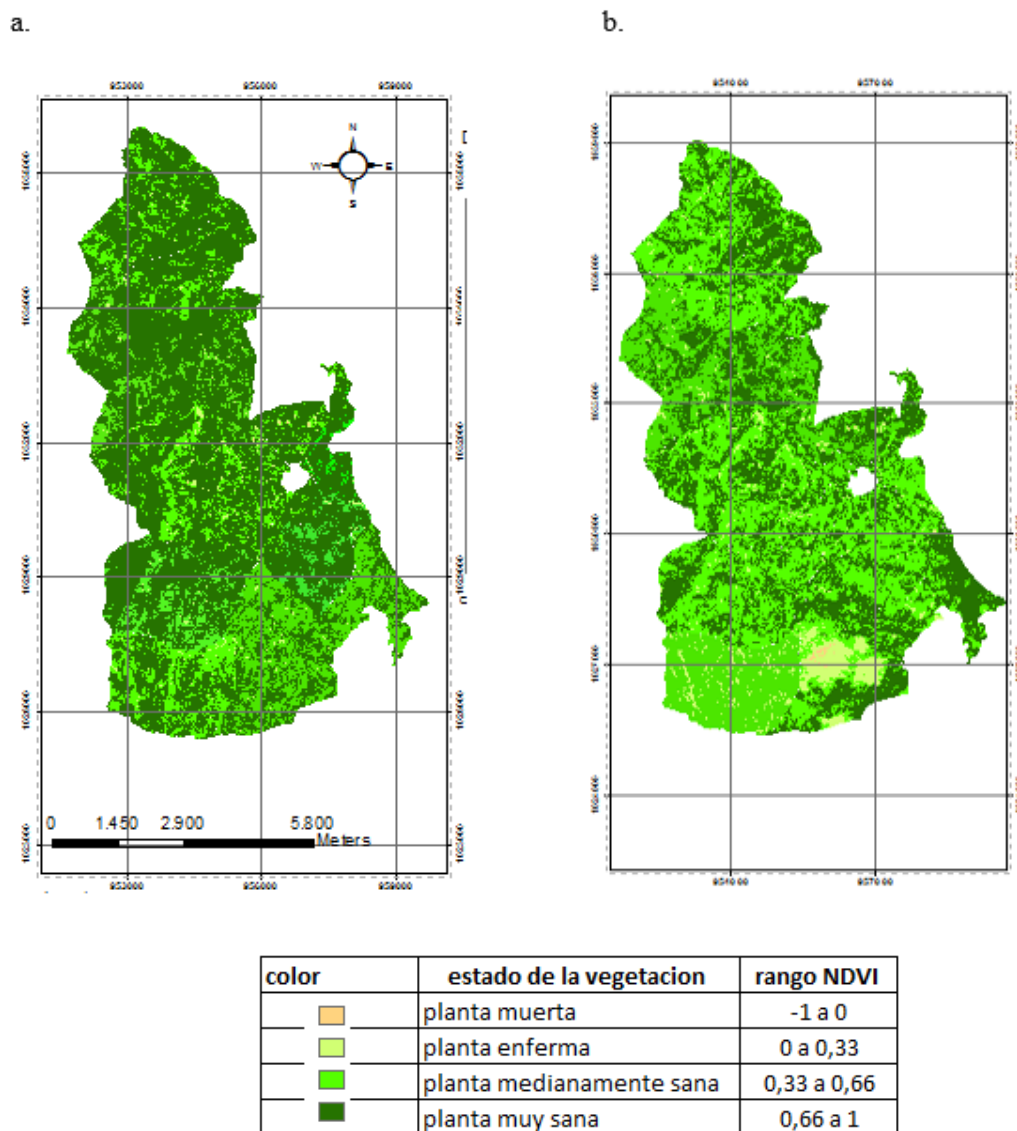


Imagen 1. Estado de la vegetación del municipio de Guayabal de Siquima. (a. año 2015) (b. año 2020).

Fuente: Propia, 2020.

En vista de que los valores de NDVI menores a 0,33 indican generalmente la presencia de objetos inanimados y suelo desnudo, solo se tomaron en cuenta los valores mayores a 0,33 para formar una sola clase denominada área boscosa dada en Hectáreas, con base en esta se calculó la dinámica de la deforestación. Para observar este evento de una manera más detallada, en la tabla N° 1 se muestran las zonas boscosas por cada vereda y la tasa de deforestación para el periodo 2015-2020.

VEREDAS	AREA BOSCOSA 2015	AREA BOSCOSA 2020	AREA DEFORESTADA	TASA DE DEFORESTACION
El Trigo	949,89	807,00	142,89	-0,032
Torres	600,19	594	6,18	-0,002
Picacho	370,17	369,02	1,15	-0,001
Resguardo	99,52	98,06	1,46	-0,003
Mesitas	185,97	183,94	2,03	-0,002
Pueblo Viejo	827,08	818,38	8,70	-0,002
Robledal	128,34	127,88	0,46	-0,001
Trinidad	481,35	477,53	3,82	-0,002
Chiniata	526,18	480,71	45,47	-0,018
Pajonal	641,70	636,10	5,60	-0,002
Manoa	962,54	949,46	13,08	-0,003
Centro	122,37	121,95	0,42	-0,001
total	5895,30	5664,04	231,26	-0,008

Tabla 1. Áreas boscosas por veredas y cálculo de la tasa de deforestación. Las áreas están calculadas en Hectáreas.

Fuente: Propia, 2020.

En el año 2015 para el municipio incluyendo las 12 veredas se tenía un área boscosa total de 5895,30 hectáreas (98,92%) y para el año 2020 esa área boscosa disminuyó a 5664,04 hectáreas (95,1%), lo que quiere decir que 230,37 hectáreas (3,92%) de bosque se han transformado a otro tipo de cobertura que irradia menos cantidad de ondas en la banda infrarrojo, en otras palabras, menos densa, identificada como vegetación enferma o que pueden ser

mosaicos de pastos y cultivos. Cabe mencionar que para la vereda Centro no se tomó en cuenta el área que ocupa el casco urbano, ya que el proyecto solo se enfoca en las coberturas vegetales.

Las veredas que presentan una mayor disminución de su área boscosa fueron el Trigo y Chiniata, con pérdidas de área boscosa de 142,89 y 45,47 hectáreas respectivamente. Otras veredas que sufrieron reducción significativa de bosques fueron Manoa y Pueblo viejo, posiblemente debido a incendios forestales que ocurrieron en junio de 2016 (Desinventar, 2020).

Las imágenes 2 y 3 muestran la cobertura boscosa de las veredas Trigo y Chiniata para cada año respectivamente.

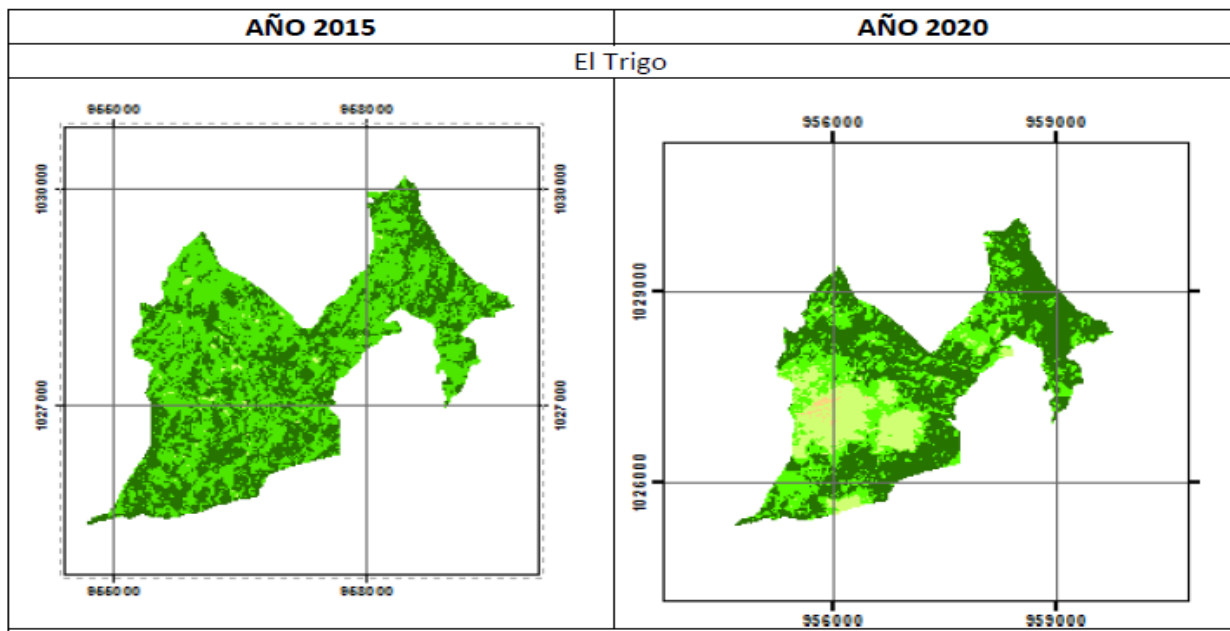


Imagen 2. Cobertura boscosa para la vereda El Trigo en los años (2015 y 2020).

Fuente: Propia, 2020.

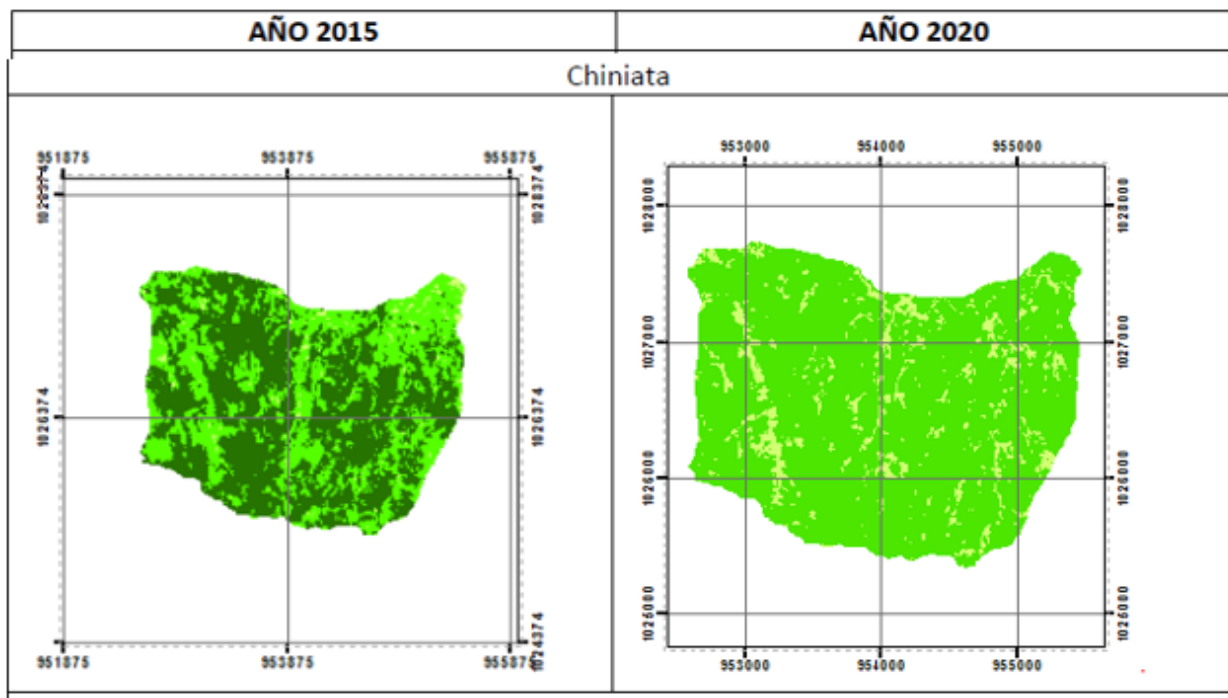


Imagen 3. Cobertura boscosa para la vereda Chiniata en los años (2015 y 2020).

Fuente: Propia, 2020.

La vereda El Trigo redujo su área boscosa al sur oeste principalmente (imagen 2), Actualmente en esta zona se encuentran, entre otras, las siguientes coberturas: pasto tradicional (32%), pastos mejorados y de corte (20 %), hortalizas y frutales (14 %), café tradicional (5 %) y bosque maderable (4 %). El EOT, tenía proyectadas estas zonas donde se redujo el área boscosa como zonas aptas para el desarrollo agrícola. (EOT Guayabal de Siquima 2002).

En la vereda Chiniata (imagen 3), se observa que los polígonos de color verde oscuro pasaron a color verde claro, lo que indica que aún hay presencia de vegetación, pero esta emite menor radiancia, es decir es menos saludable. También surge una nueva gama de color amarillo claro, que refleja las áreas donde antes había vegetación vigorosa y ahora hay estructuras más simples como pastos y cultivos. Hoy en día el 18% del suelo de esta vereda corresponde a pastos tradicionales, el 16 % a cultivos de café, un 15 % a hortalizas y frutales y 1,7 % a instalaciones agropecuarias, entre otros usos.

Por otra parte, la tasa de deforestación (q) calculada con la fórmula de la FAO, tuvo una variación muy mínima, teniendo una varianza de 0,0001. Las veredas que tienen una mayor tasa son el Trigo y Chiniata con -0,032 y -0,018 respectivamente. La tasa anual total de deforestación para el periodo de estudio 2015 – 2020 fue de -0,008, expresando este valor en porcentaje, se tiene que la tasa fue menor al 1% (0,80).

La grafica 1 contiene la distribución de las tasas de deforestación de las 12 veredas.

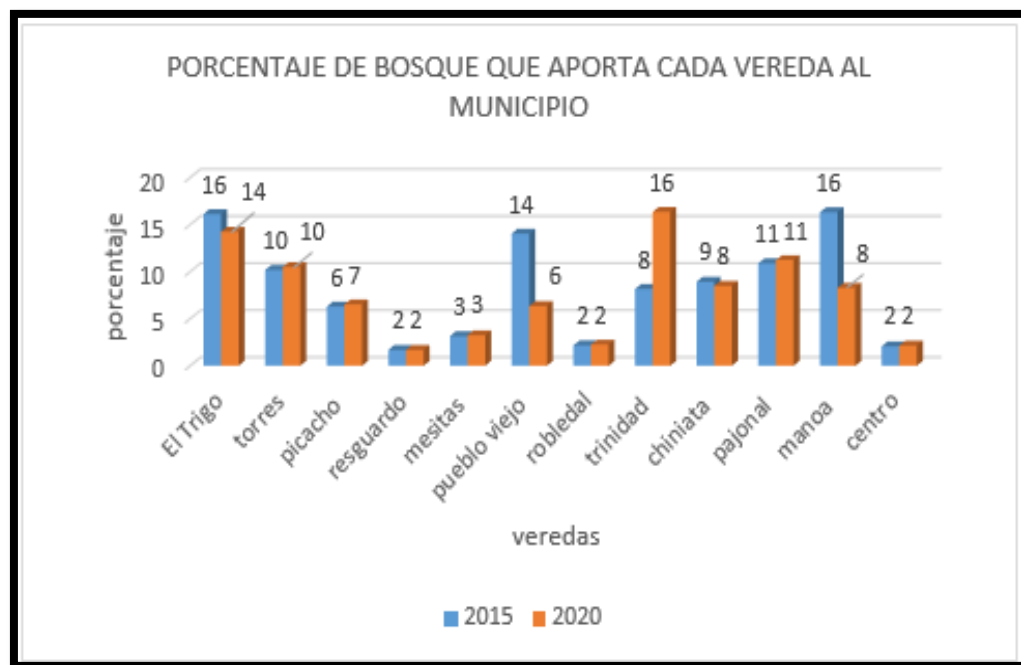
Aunque en el municipio de Guayabal de síquima sus actividades económicas son principalmente agropecuarias, su frontera agrícola y urbana tienden a crecer, dentro del EOT (2002) se estipulan también las fronteras que enmarcan las zonas de interés ambiental, en las cuales la administración hace esfuerzos por conservar, ya que el municipio cuenta con un alto potencial ecológico lo que despierta un alto sentido de pertenencia en sus habitantes. (Morales R. 2009). En el año 2018 la secretaria de ambiente de Cundinamarca junto con la alcaldía de Guayabal de Síquima invirtieron cerca de 95 millones para reforestar 11 hectáreas de importancia hídrica pertenecientes a las veredas el Trigo y Picacho.



Gráfica 1. Varianza de las tasas de deforestación entre veredas.

Fuente: Propia, 2020.

La grafica 2 contiene el porcentaje de área boscosa que ha aportado cada vereda al municipio en los respectivos años de estudio. Las veredas que más aportaban cobertura boscosa en el año 2015 eran: el Trigo, Pueblo Viejo y Manoa, no obstante, algunas de estas han presentado una disminución notable de vegetación y actualmente las veredas que mayor aporte tienen son: El Trigo, Torres, Trinidad y Pajonal. También se identificó, que algunas áreas sufrieron fragmentación, puesto que la cobertura que presentan actualmente es menos densa y saludable que la que se detectó para el 2015.



Gráfica 2. Porcentaje de área boscosa por vereda en los años 2015-2020.
Fuente: Propia, 2020.

Una de las mayores causas de deforestación en el municipio es la expansión de la frontera agrícola y las construcciones urbanas, aunque estas se presentan en menor medida y comúnmente

están representadas por tejido urbano discontinuo. (Informe de cumplimiento plan de desarrollo 2016 2019).

Para que exista el desarrollo sostenible, el crecimiento urbano y agropecuario deben ir de la mano con planes de manejo ambiental, entre estos se encuentran los planes de reforestación. (IDEAM, 2017).

El control de la deforestación es uno de los objetivos ambientales plasmados en el plan de desarrollo 2020, sin embargo antes se debe identificar las áreas que serán intervenidas con planes de reforestación. (FAO, 2015).

La imagen 4 muestra los polígonos que se identificaron como áreas críticas, es decir donde la pendiente fue mayor a 75%, y a su vez la cobertura vegetal presento un índice NDVI entre 0,2 y 0,33 (presencia de vegetación enferma y poco densa). Otras áreas críticas son las franjas de conservación de las rondas hídricas, de los principales cauces de drenaje doble: Q. Caralota, R. Siquima, Q. El Piñal y Q. Chiniata, Asi como de 6 lagunas presentes en el municipio. Esta franja se establecio de 30 a la redonda del cuerpo de agua. El mapa muestra que las veredas donde se encuentran estas zonas son Chiniata, Manoa, Trinidad, El Trigo y Pueblo viejo.

ZONAS SUSCEPTIBLES A REFORESTAR.

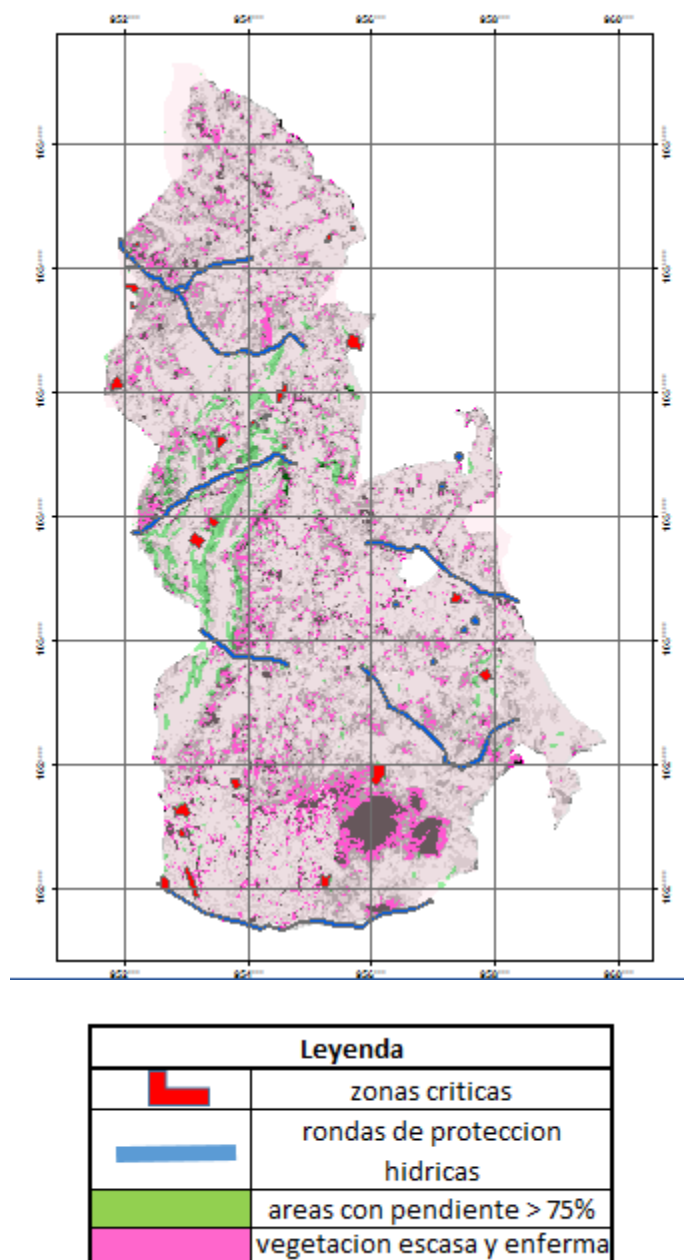


Imagen 4. Mapa de la identificación de las zonas susceptibles a reforestar.
Fuente: Propia, 2020.

La suma de las áreas de cada uno de los polígonos en rojo corresponde a 48 hectáreas. (Ver tabla 4. Anexo Excel). Por otra parte la suma del área de cada franja de protección hídrica, es de 135 hectáreas. (Ver tabla 5. Anexo Excel).

En el mapa se observa que la mayoría de zonas con pendientes mayores al 75 % cuentan con una capa densa de bosque. En cuanto a los cuerpos de agua, se observan algunas zonas donde hay eventos de fragmentación de bosques en áreas cercanas a la franja de protección hídrica. El plano N° 12 del EOT (estructura ecológica principal) muestra que estas áreas solo son compatibles con actividades de recreación pasiva y conservación.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se sugiere la siguiente práctica de Reforestación para la recuperación de antiguos terrenos forestales teniendo como base el **Manual Básico de Prácticas de reforestación** de CONAFOR. Para poder realizar una adecuada practica en las zonas más críticas del municipio de Guayabal de Siquima, es importante mencionar que la restauración que se va realizar debe de estar bajo un enfoque de cuenca, ya que la mayor parte de las zonas del municipio cuentan con pendientes y se encuentran cerca a fuentes hídricas.

Teniendo en cuenta las características de las zonas del municipio de Guayabal de Siquima se sugiere trabajar en los aspectos de **protección y restauración**, donde este tipo de reforestación tiene el propósito de proteger y contribuir a la estabilización y restauración de terrenos donde existen fuertes problemas de pérdida de vegetación y erosión de suelo (CONAFOR, 2010). Ya teniendo claro la actividad que se realizara se procede a la siguiente metodología:

PROCESO DE PLANEACION

- **Selección de especies:** en esta sección se deben elegir las especies de la región o del departamento que se puedan adaptar con mayor facilidad a las condiciones actuales (suelo, clima, topografía, disponibilidad de agua, vegetación natural y los objetivos de la plantación, entre otras (CONAFOR, 2010)) en las que se encuentran los

ecosistemas que en este caso son los Bosques Naturales. Se seleccionan preferiblemente las especies que sean nativas para que en el transcurso del tiempo se pueda realizar un cubrimiento rápidamente de las zonas desprovistas de vegetación. Con base al EOT del municipio, se pueden identificar cuáles son las especies nativas el cual están conformados el bosque natural secundario y de galería y el bosque natural secundario con cultivos, las siguientes especies son:

Bosque Natural Secundario y de Galería: Acacia (*Acacia sp.*, *A decurrens*), Arrayan (*Mycianthes leucoxila*), Ocobo (*Tabebuina rosea*), Sangregado (*Croton sp.*), Yarumo (*Cecropia sp.*), Cucho (*Ficus soatensis*), Nacedero (*Trichanthera gigantea*), Guadua (*Guadua angustifolia*) entre otros, es importante mencionar que este bosque limita con el Rio Síquima y la Quebrada del Piñal.

Bosque Natural secundario con cultivos: Nacedero (*Trichanthera gigantea*), Ocobo (*Tabebuina rosea*), Cucho (*Ficus soatensis*), Cucharó (*Mysine coriácea*), Moho (*Cordia alliodora*) entre otros, este bosque limita con las fuentes hídricas del la Quebrada Caratole, Rio Siquima, Quebrada del Piñal, Quebrada Chiniata.

Las especies anteriormente mencionadas son especies nativas del municipio el cual estas tienen las condiciones adecuadas para adaptarse al clima, topografía y demás características que se mencionan anteriormente.

- **Preparación del terreno:** inicialmente se debe realizar una actividad destinada a la remoción o eliminación de maleza existente en el lugar donde se realizara la siembra teniendo en cuenta que donde sean sembradas no se genere una competencia por luz agua y nutrientes (CONAFOR, 2010). Se recomienda que para la preparación del terreno por las condiciones topográficas de las zonas a intervenir sea manual, este

procedimiento por lo general se realiza por medio de herramientas básicas como azadón, pala, talacho, barreta, pico, coa, hacha o machete, entre otras. Este método solo es trabajado en las áreas donde se va a realizar la siembra para así evitar alteraciones innecesarias y una pérdida de suelo por remoción no requerida (CONAFOR, 2010).

- **Diseño de la plantación:** Identificar cuáles serán los puntos del terreno donde se realizara la siembra, teniendo en cuenta las condiciones topográficas del mismo terreno a trabajar. Para este proceso es importante evaluar la distancia que debe de llevar entre planta y planta y tener en cuenta el espacio que requiera cada especie como se observa en la imagen 4, ya que al llegar la especie al estado adulto requerirá de mayor área

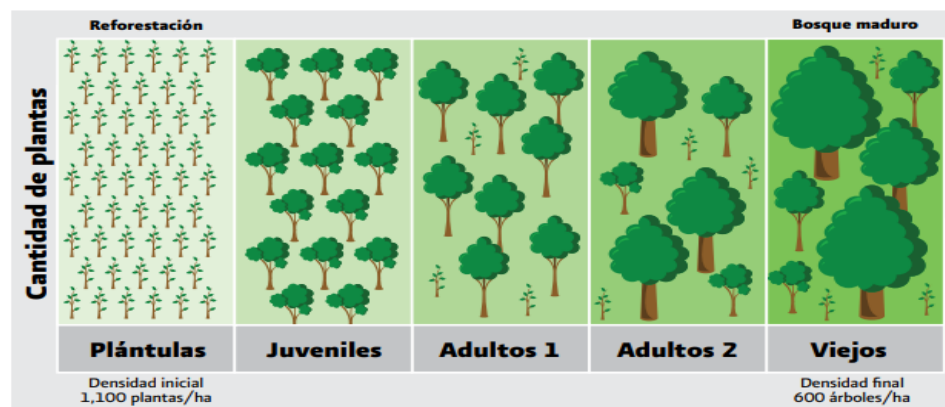


Imagen 5. Sucesión de una reforestación hasta la formación de un bosque maduro
Fuente: (CONAFOR, 2010)

Teniendo en cuenta lo anterior se recomienda realizar la plantación de tipo **Tres Bolillo**, este diseño las plantas son ubicadas formando un triángulo equilátero, considerando que todos los lados deben de estar iguales.

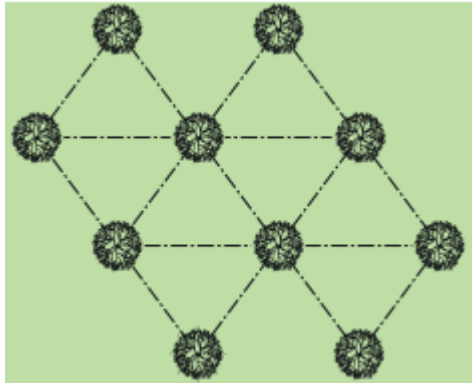


Imagen 6. Esquema de plantación a tres bolillos
Fuente: (CONAFOR, 2010)

Esta técnica es recomendable para terrenos que cuenten con pendiente superiores al 20% lo cual aplicaría para el municipio ya que se trabajó con un criterio de pendientes al 70%, las líneas de plantación de esta técnica se deberán regir mediante las curvas de nivel. Por medio de este diseño se logra minimizar el arrastre de suelo y a su vez también un aprovechamiento en los escurrimientos

- **Protección:** Esta es la última etapa de la práctica de reforestación, es importante y recomendable realizar una protección y mantenimiento de todas las áreas, esencialmente a las áreas superiores a 10 hectáreas, para generar una protección a menor costo. Se debe de identificar cual va ser el tipo de protección que se implementara en el área de reforestación ya que no en todas las zonas tienes las mismas actividades, a continuación se hará mención de las que se consideran más eficientes para su protección:
 - * Cerco de piedra: Superficies menores a 15 hectáreas y se realizara por medio de piedras que se encuentren en el área.

*Protección contra animales: se puede realizar un control por medio de tres líneas de alambre, teniendo en cuenta que son animales de porte mayor (vacuno, equino, entre otros)

*Cerco vivo para regiones tropicales: Consiste en utilizar postes vivos plantados directamente en la tierra con la intención de que produzcan raíces y se conviertan en árboles (CONAFOR, 2010). Es una de las alternativas que ayuda a reducir costos, mano de obra e insumos año a año.

7. CONCLUSIONES

- Para el año 2015 la cobertura de bosque era de 5895,30 hectáreas (98,92%) del área municipal y para el año 2020 se cuenta con 5664,04 hectáreas (95%) del área total, es decir hubo una reducción del 3,92% del área boscosa total, que corresponden a 231,2 hectáreas.
- Las veredas que mayor tasa de deforestación registraron fueron el Trigo, Chiniata y Manoa.
- En las veredas donde hay mayor densidad de bosque como en: Mesitas, Trinidad, Robledal y Pajonal se deben implementar estrategias de manejo y conservación para detener la fragmentación y que no se transformen áreas de bosque a otro tipo de vegetación como arbustos y pastos.
- El software Qgis permite realizar la corrección atmosférica de imágenes satelitales a través de su herramienta puglin SCP, lo que es una ventaja sobre arcmap, ya que en

este se debe aplicar la fórmula de reflectancia de manera manual por medio de la herramienta algebra de mapas.

- Las salidas graficas que ofrece Arcmap, tienen mejor apariencia visual respecto a las que se obtienen en Qgis.
- Las zonas donde se requiere implementar planes de manejo para controlar la deforestación, corresponden a las rondas hidráulicas de los cauces: Q. Caralote, R. Síquima, Q. El Piñal, Q Chiniata, las 6 lagunas del municipio y los 28 polígonos identificados, para un total de 183 hectáreas.
- La deforestación es uno de los principales problemas en la actualidad por eso es importante implementar las soluciones lo más pronto posible para que las zonas más críticas no se sigan viendo afectadas o que lleguen al punto de no poder restaurarlas.
- Mediante este estudio se logró elaborar una propuesta que se pueda implementar para la restauración de la zona de estudio y potencializar los recursos naturales presentes en el municipio, mejorando las condiciones medioambientales del lugar y darle un control junto con una compensación a la deforestación que está ocurriendo en este lugar, generando un aumento en la calidad de vida a las comunidades del sector rural del municipio de Guayabal de Síquima.

9. BIBLIOGRAFÍA

Cardenas Alvarez, J. P. (2016). *Aplicabilidad del software InVEST para el mapeo de servicios ecosistémicos: Caso cuenca alta del río Claro. Trabajo de pregrado. Envigado, Antioquia, Colombia: Universidad EIA. Envigado.*

- CONAFOR. (2010). *CONAFOR*. Obtenido de El manual básico de Prácticas de reforestación fue elaborado por la Gerencia de Reforestación de la Coordinación General de Conservación y Restauración de la Comisión Nacional Forestal. :
https://www.conafor.gob.mx/BIBLIOTECA/MANUAL_PRACTICAS_DE_REFORESTACION.PDF
- ESRI. (2020). *ArcGIS Resources*. Obtenido de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- Galindo G., E. O. (2014). *IDEAM. Bogotá D.C., Colombia*. Obtenido de Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestación en Colombia. V 2.0. Instituto de Hidrología:
http://www.ideam.gov.co/documents/11769/44688974/Protocolo+de+PDI+para+la+cuantificacion+de+la+deforestacion+en+colombia+v2_1_.pdf/00b95004-53dd-49f9-ab09-16d8803ccd92?version=1.0
- GeoSpatial. (2013). *Alos Palsar*. Obtenido de <http://www.geospatial.com.co/imagenes-de-satelite/alos-palsar.html>
- IDEAM, U.D.C.A. (Diciembre de 2015). *Observatorio Epa Cartagena*. Obtenido de Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión. IDEAM - MADS -U.D.C.A: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/ftp-uploads/pub-protocolo-degradacion-de-suelos-por-erosion.pdf>
- MAGBMA y FAO. (2018). *Organizaciones de las Naciones unidas para la Alimentacion y Agricultura*. Obtenido de Estudio de las causas de la deforestación y degradación forestal en Guinea Ecuatorial 2004-2014.: <http://www.fao.org/3/CA0399ES/ca0399es.pdf>

Semana Sostenible . (2017). Las regiones más deforestadas en lo que va del 2017. *Semana Sostenible-Medio Ambiente* .

Carnevale, Nueva Jersey y Alzugaray, C. y Di Leo, N. (2007). Estudio de la deforestación en la Cuña Boscosa santafesina mediante teledetección espacial. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, (14), 47-56. [Fecha de Consulta 13 de Octubre de 2020]. ISSN: 0328-0543. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481/48101405>