

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAF113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 1 de 8</b>

16.

<b>FECHA</b>	01/12/2020
--------------	------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Girardot

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Seccional Girardot
------------------------	--------------------

<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Trabajo de Grado
--------------------------	------------------

<b>FACULTAD</b>	Ciencias Agropecuarias
-----------------	------------------------

<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
---	----------

<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Ingeniería Ambiental
---------------------------	----------------------

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
FARFAN ROMERO	YEISON ENRIQUE	1075629756

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
MORALES GARZÓN	DRIGELIO

<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>
Identificación Y Priorización De Áreas Para Reforestación Protectora En El Municipio De Agua De Dios - Colombia, Por Medio De Sistemas De Información Geográfica.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAF113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b> <b>PAGINA: 2 de 8</b>

<b>SUBTÍTULO</b> (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

<b>TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:</b> Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía <b>INGENIERO AMBIENTAL</b>
--

<b>AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO</b>	<b>NÚMERO DE PÁGINAS</b>
. 2020	23

<b>DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS</b> (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
<b>ESPAÑOL</b>	<b>INGLÉS</b>
1. Identificación	Identification
2. Reforestación	Reforestation
3. Sentencia	Judgment
4. Sistemas De Información Geográfica	Geographic Information Systems
5. Cobertura Vegetal	Vegetable Coverage
6. Índice De Vegetación Normalizada	Normalized Vegetation Index

<b>RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS</b> (Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):
--

**Resumen:**  
El presente proyecto se realizó con el fin de brindar información significativa, al proceso que ha venido realizando la Alcaldía Municipal de Agua de Dios en cuanto al cumplimiento de la Sentencia del Río Bogotá, específicamente a la obligación 4.24 la cual requiere una “Identificación Y Priorización De Las Áreas Para Reforestación Protectora Sobre La Cuenca Del Río Bogotá”. Para esto, se realizó una búsqueda bibliográfica y de bases de datos geográficos del municipio. Seguidamente, se procesó una imagen satelital Sentinel en formato ráster captada en el mes de enero del presente año, con el fin de obtener el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) el cual muestra el estado de la vegetación del municipio, evidenciando suelos agrícolas y ganaderos. Dentro de esta identificación, se priorizaron las zonas sin vegetación y de muy baja vegetación con un área mayor a 0,5 ha en suelos potrerezados y con 0,2 ha en rondas hídricas. Teniendo esta información, se generó un mapa de zonas

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAF113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b> <b>PAGINA: 3 de 8</b>

priorizadas con el cual se procedió a realizar verificación en campo para comprobar el estado de estos sitios. Con los datos obtenidos, se corrigió el mapa de zonas priorizadas y se procedió a formular estrategias tales como cercas vivas y árboles dispersos para realizar una posterior reforestación de estas zonas.

**Abstract:**

This project was carried out in order to provide significant information to the process that the Municipal Mayor's Office of Agua de Dios has been carrying out regarding compliance with the Rio Bogotá Judgment, specifically obligation 4.24 which requires an "Identification and Prioritization Of the Areas for Protective Reforestation on the Bogotá River Basin ". For this, a bibliographic search and geographic databases of the municipality was carried out. Next, a Sentinel satellite image was processed in raster format captured in January of this year, in order to obtain the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) which shows the state of the municipality's vegetation, showing agricultural soils and ranchers. Within this identification, areas without vegetation and with very low vegetation with an area greater than 0.5 ha in potrerized soils and with 0.2 ha in water rounds were prioritized. Having this information, a map of prioritized areas was generated with which a field verification was carried out to check the status of these sites. With the data obtained, the map of prioritized areas was corrected and strategies such as living fences and scattered trees were formulated to carry out a subsequent reforestation of these areas.

**AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN**

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

<b>AUTORIZO (AUTORIZAMOS)</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAF113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 4 de 8</b>

3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	<b>X</b>	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	<b>X</b>	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún

caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, *“Los derechos morales sobre el trabajo son*

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAF113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b> <b>PÁGINA: 5 de 8</b>

*propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.*

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI \_\_\_ NO X .** En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

**LICENCIA DE PUBLICACIÓN**

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAF113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 6 de 8</b>

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAF113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 7 de 8</b>

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. Trabajo de grado - Diplomado en SIG.pdf	Texto
2. Trabajo de grado - Diplomado en SIG.docx	Texto
3. Análisis NDVI.jpg	Imagen
4. Ubicación.jpg	Imagen
5. Áreas priorizadas.jpg	Imagen
6. Presentación.pptx	Texto

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
FARFAN ROMERO YEISON ENRIQUE	

21.1-51.20

**FORMATO DOCUMENTO FINAL TRABAJO DE GRADO – OPCIÓN DIPLOMADO**

<b>AUTOR</b>	<b>TUTOR</b>
<b>Yeison Enrique Farfan Romero</b>	<b>Drigelio Morales Garzón</b>
<b>1. TÍTULO</b>	

Identificación y priorización de áreas para reforestación protectora en el municipio de Agua de Dios - Colombia, por medio de sistemas de información geográfica.

**2. INTRODUCCIÓN**

El presente proyecto se realizó con el fin de brindar información significativa, al proceso que ha venido realizando la Alcaldía Municipal de Agua de Dios en cuanto al cumplimiento de la Sentencia del Río Bogotá, específicamente a la obligación 4.24 la cual requiere una *“Identificación Y Priorización De Las Áreas Para Reforestación Protectora Sobre La Cuenca Del Río Bogotá”*. Para esto, se realizó una búsqueda bibliográfica y de bases de datos geográficos del municipio. Seguidamente, se procesó una imagen satelital Sentinel en formato ráster captada en el mes de enero del presente año, con el fin de obtener el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) el cual muestra el estado de la vegetación del municipio, evidenciando suelos agrícolas y ganaderos. Dentro de esta identificación, se priorizaron las zonas sin vegetación y de muy baja vegetación con un área mayor a 0,5 ha en suelos potrerizados y con 0,2 ha en rondas hídricas. Teniendo esta información, se generó un mapa de zonas priorizadas con el cual se procedió a realizar verificación en campo para comprobar el estado de estos sitios. Con los datos obtenidos, se corrigió el mapa de zonas priorizadas y se procedió a formular estrategias tales como cercas vivas y árboles dispersos para realizar una posterior reforestación de estas zonas.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, la alcaldía del municipio de Agua de Dios necesita identificar y priorizar las áreas degradadas o potrerizadas dentro de su jurisdicción, para realizar procesos de reforestación protectora mediante la siembra de especies nativas colombianas, con el fin de dar cumplimiento a la obligación 4.24 de la Sentencia sobre la descontaminación del río Bogotá “*ORDÉNASE a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, al Departamento de Cundinamarca, al Distrito Capital y a todos y cada uno de los entes territoriales que hacen parte de la cuenca hidrográfica del Río Bogotá, que en el término perentorio e improrrogable de dieciocho (18) meses contados a partir de la ejecutoria de esta sentencia, identifiquen e inventaríen las zonas donde se necesita iniciar procesos de reforestación protectora mediante la siembra de especies nativas colombianas y el cuidado de éstas. Prelucido este plazo y en el término máximo de tres (3) meses prioricen las áreas degradadas o potrerizadas que necesitan con urgencia intervención para reforestación, la cual deberá iniciarse inmediatamente logrando progresivamente la recuperación y mantenimiento de todas ellas.*” (Consejo de Estado, 2014); a la fecha, la organización no ha ejecutado ninguna actividad y no tiene dato alguno, con la realización de este proyecto se busca presentar un avance en dicha obligación.

### 4. OBJETIVOS

Objetivo General:

Identificar áreas para reforestación protectora dando cumplimiento de la obligación 4.24 de la Sentencia sobre la descontaminación del río Bogotá.

Objetivos Específicos:

- Reconocer in situ el estado de la cobertura vegetal en las áreas priorizadas a través del análisis geográfico.

- Establecer los aspectos y estrategias a tener en cuenta para una posterior reforestación en las zonas priorizadas.

## **5. MARCO NORMATIVO**

Este proyecto se basó en la ordenanza número 4.24, referente a la identificación y priorización de zonas degradadas, del Decreto No. 0340 del 29 de septiembre de 2015 en el cual se establecen las competencia y actividades encaminadas a la recuperación integral y descontaminación del Río Bogotá. Igualmente se implementó el Documento Técnico Identificación Y Priorización De Las Áreas Para Reforestación Protectora Sobre La Cuenca Del Río Bogotá creado mediante el Convenio de asociación No 002 y 279 CAR de 2015.

También se tomó en cuenta el Artículo 2.2.3.3A.2. del Decreto 1076 de 2015 (Sector ambiente y desarrollo) y el Artículo 83 del Decreto 2811 de 1974 (Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente), concernientes a las rondas hídricas.

## **6. DISEÑO METODOLÓGICO**

La presente investigación se realizó a partir de bases de datos geográficas de la Alcaldía Municipal de Agua de Dios y de imágenes ráster del satélite Sentinel 2A, capturas en enero del presente año, con el fin de tener información reciente del municipio.

El proyecto se dividió en 4 fases de la siguiente manera:

### **FASE 1**

En primera instancia, se hizo una revisión bibliográfica de estudios (afines a la temática), hechos en diferentes lugares; también se indagó en información relacionada con la utilización del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para el estudio de la vegetación. Luego se eligió y descargó una imagen ráster del municipio con menos del 10% de nubosidad, tomada el 14 de enero de 2020 de la plataforma Copernicus Open Access Hub capturadas por el satélite

Sentinel 2B de la Agencia Espacial Europea. En la plataforma se encontraban imágenes más recientes que se descartaron debido a la alta nubosidad que tenían sobre el polígono del municipio. Asimismo se recopilaron las bases de datos geográficos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y de la Alcaldía Municipal de Agua de Dios.

## FASE 2

Para esta fase, se realizó todo lo relacionado con el procesamiento de la imagen satelital del municipio y la generación de los respectivos mapas temáticos utilizando el programa ArcGIS; para ello, se contó con una imagen ráster Sentinel de Nivel 2A con baja nubosidad (menor al 10%), lo que se traduce en una imagen con corrección atmosférica (Müller et al., 2013); que cuenta con 12 bandas espectrales de diferente resolución espacial (Tabla 1), y con bases de datos geográficos del municipio.

Tabla 1: *Listado de bandas de SENTINEL 2*

	SENTINEL 2	
	Longitud de onda (µm)	Resolución (m)
Banda 1 - Aerosol	0,43 - 0,45	60
Banda 2 - Blue	0,45 - 0,52	10
Banda 3 - Green	0,54 - 0,57	10
Banda 4 - Red	0,65 - 0,68	10
Banda 5 - Red edge 1	0,69 - 0,71	20
Banda 6 - Red edge 2	0,73 - 0,74	20
Banda 7 - Red edge 3	0,77 - 0,79	20
Banda 8 - Near Infrared (NIR) 1	0,78 - 0,90	10
Banda 8A - Near Infrared (NIR) 2	0,85 - 0,87	20
Banda 9 - Water vapour	0,93 - 0,95	60
Banda 10 - Cirrus	1,36 - 1,39	60
Banda 11 - SWIR 1	1,56 - 1,65	20
Banda 12 - SWIR 2	2,10 - 2,28	20

Fuente: (Sentinel 2A, 2016)

Utilizando la calculadora ráster, se calculó el NDVI siguiendo la siguiente fórmula (Rouse et al., 1973):

$$NDVI = \frac{(NIR - ROJO)}{(NIR + ROJO)}$$

Donde:

NIR: Es la banda de Espectro de Infrarrojo Cercano (Banda 8)

Rojo: Es la banda Roja (Banda 4)

Una vez obtenida la capa ráster del NDVI se usó la herramienta Reclassify, haciendo una reclasificación de los rangos en 7 valores (Tabla 2) para luego proceder a convertirla a polígono utilizando la herramienta Raster to Polygon. Por último se modificó la tabla de atributos, dándole un clasificación a cada valor (Tabla 2) y así darle la correspondiente simbología.

Tabla 2: *Clasificación de los valores NDVI*

Rango	Valor	Clasificación
<b>-1 – 0,01</b>	<b>1</b>	Nubes y Agua
<b>0,01 – 0,1</b>	<b>2</b>	Sin Vegetación
<b>0,1 – 0,13</b>	<b>3</b>	Vegetación Muy Baja
<b>0,13 – 0,16</b>	<b>4</b>	Vegetación Baja
<b>0,16 – 0,2</b>	<b>5</b>	Vegetación Media Baja
<b>0,2 – 0,4</b>	<b>6</b>	Vegetación Media
<b>0,4 – 1</b>	<b>7</b>	Vegetación Alta

Fuente: (López et al., 2015)

Por otro lado, se cargó la capa de cuerpos hídricos de la GDB del municipio y se escogieron los ríos y quebradas permanentes para realizar un buffer de 30m representando la ronda hídrica (Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, 2017); esta se usó para recortar la capa de NDVI y así identificar las zonas degradadas cercanas a los cuerpos de agua.

Para la priorización, se seleccionaron las suelos con vegetación muy baja y sin vegetación con un área mayor a 0,2 ha dentro de rondas hídricas y de 0,5 ha en potreros. Estos valores se establecieron con el fin de encontrar los sitios con mayor degradación. Por último, se cargaron las capas de las superficies priorizadas para realizar una identificación no supervisada,

descartando polígonos herrados pertenecientes a Nubes y Agua y así obtener un mapa más fiable (Análisis Espacial - ArcMap, 2016).

Cabe resaltar que en la elaboración del mapa, se adicionaron las capas de vías y de predios rurales obtenidas del IGAC, para conocer la información de los predios y de las rutas de acceso a ellos.

### FASE 3

En esta fase se realizó la comprobación de los sitios priorizados, con el fin de corroborar el estado del suelo y la vegetación, así como la viabilidad para realizar posteriores estudios y determinar si son actos o no a iniciar procesos de reforestación. Para ello se elaboró un formato en el cual se recopiló la información (Tabla 3). Una vez hecha la visita, se procedió a corregir el mapa.

Tabla 3: *Formato información zonas priorizadas*

ZONAS PRIORIZADAS PARA REALIZAR PROCESOS DE REFORESTACIÓN PROTECTORA							
SUELOS DEGRADADOS							
Polígono	Área (ha)	Nombre del predio	Actividad	Vereda	Coordenadas	Estado de la zona	Viabilidad
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
RONDA HÍDRICA							
Polígono	Área (ha)	Nombre del predio	Actividad	Vereda	Coordenadas	Estado de la zona	Viabilidad
9							
10							
11							
12							
13							
14							

Fuente: Autor

### FASE 4

Con la información recopilada se establecieron los parámetros y estrategias que se deben analizar y tener en cuenta para realizar una posterior reforestación, apoyada en una revisión bibliográfica

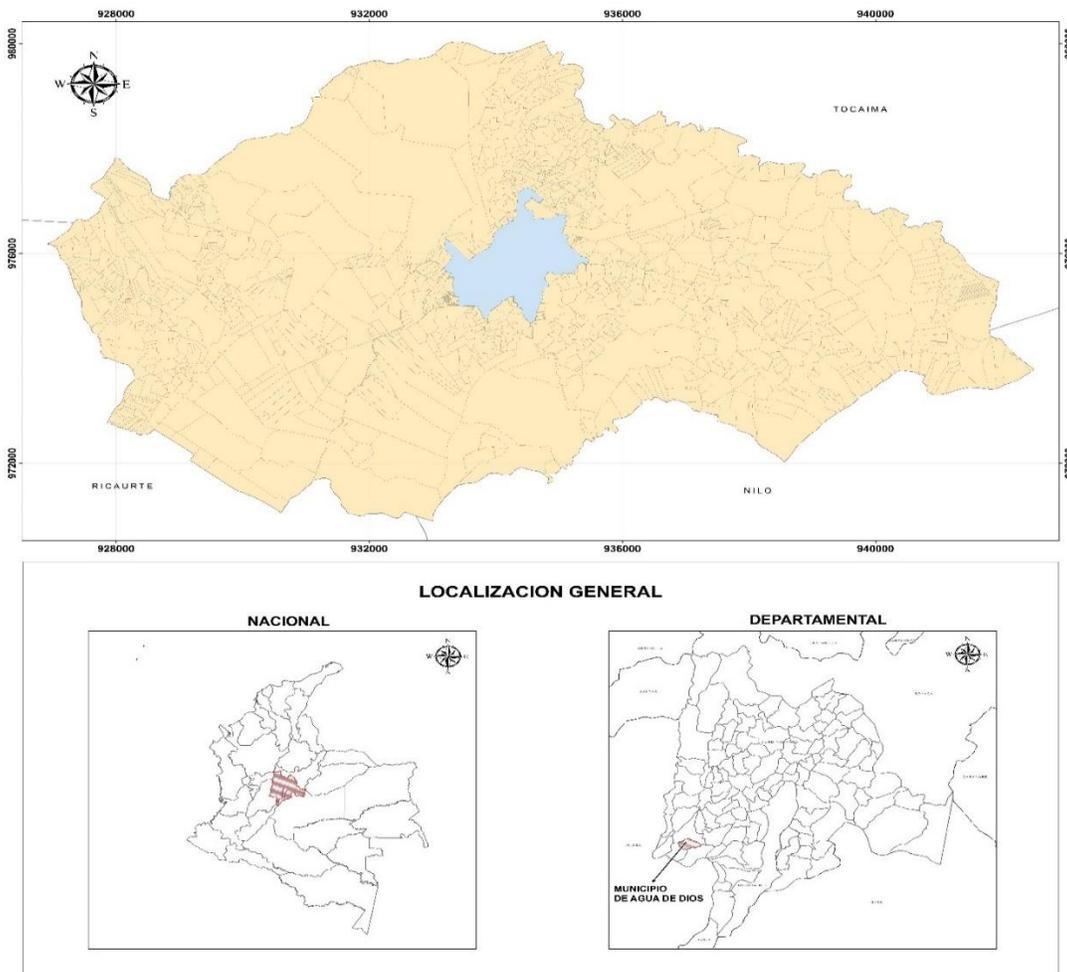
de diferentes autores y en el Documento Técnico “*Identificación Y Priorización De Las Áreas Para Reforestación Protectora Sobre La Cuenca Del Río Bogotá*” realizado por la Secretaría De Ambiente de la Gobernación De Cundinamarca, la Corporación Autónoma Regional De Cundinamarca (CAR) y la Fundación Natura.

## 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### ÁREA DE ESTUDIO:

La zona escogida para la realización del proyecto es el área rural del municipio de Agua de Dios, la cual cuenta con una superficie total de 8233,7 ha (Mapa 1).

Mapa 1: *Ubicación Municipio de Agua de Dios*

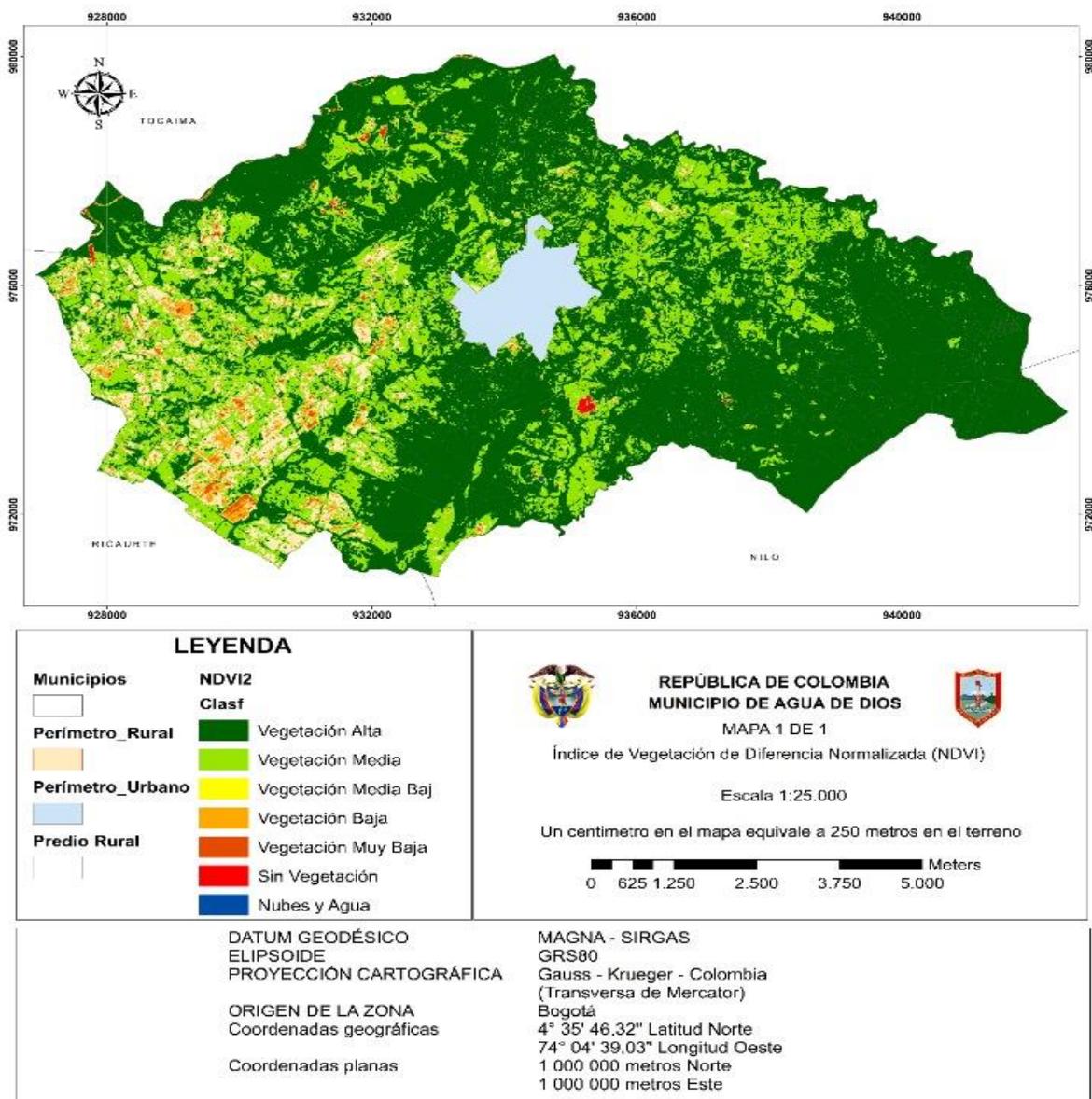


Fuente: Autor

### Análisis NDVI:

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) mide la relación entre la energía que absorben y emiten los objetos terrestres; lo que se traduce en la medición de la intensidad del verdor de las plantas, a mayor verdor, más elevada es la densidad de la vegetación sobre la superficie y mejor estado de salud de las plantas (Meneses, 2011).

Mapa 2: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)



Fuente: Autor

Como se puede observar en el Mapa 2, se realizó el análisis NDVI de la zona de estudio, dando como resultado la identificación de 7 clasificaciones como se ven en la Tabla 4:

Tabla 4: Área correspondiente a cada clasificación NDVI

Clasificación	Área (ha)
<b>Nubes y Agua</b>	2,07
<b>Sin Vegetación</b>	12,51
<b>Vegetación Muy Baja</b>	45,22
<b>Vegetación Baja</b>	121,23
<b>Vegetación Media Baja</b>	482,82
<b>Vegetación Media</b>	2387,12
<b>Vegetación Alta</b>	5182,70

Fuente: Autor

Las zonas de Vegetación Media Baja, Baja, Muy Baja y Sin Vegetación en su mayoría corresponden a suelos utilizados para ganadería y agricultura (EOT, 2015), por ese motivo no poseen una densidad de vegetación significativa como en los lugares de Vegetación Media y Alta.

### **Priorización Y Verificación:**

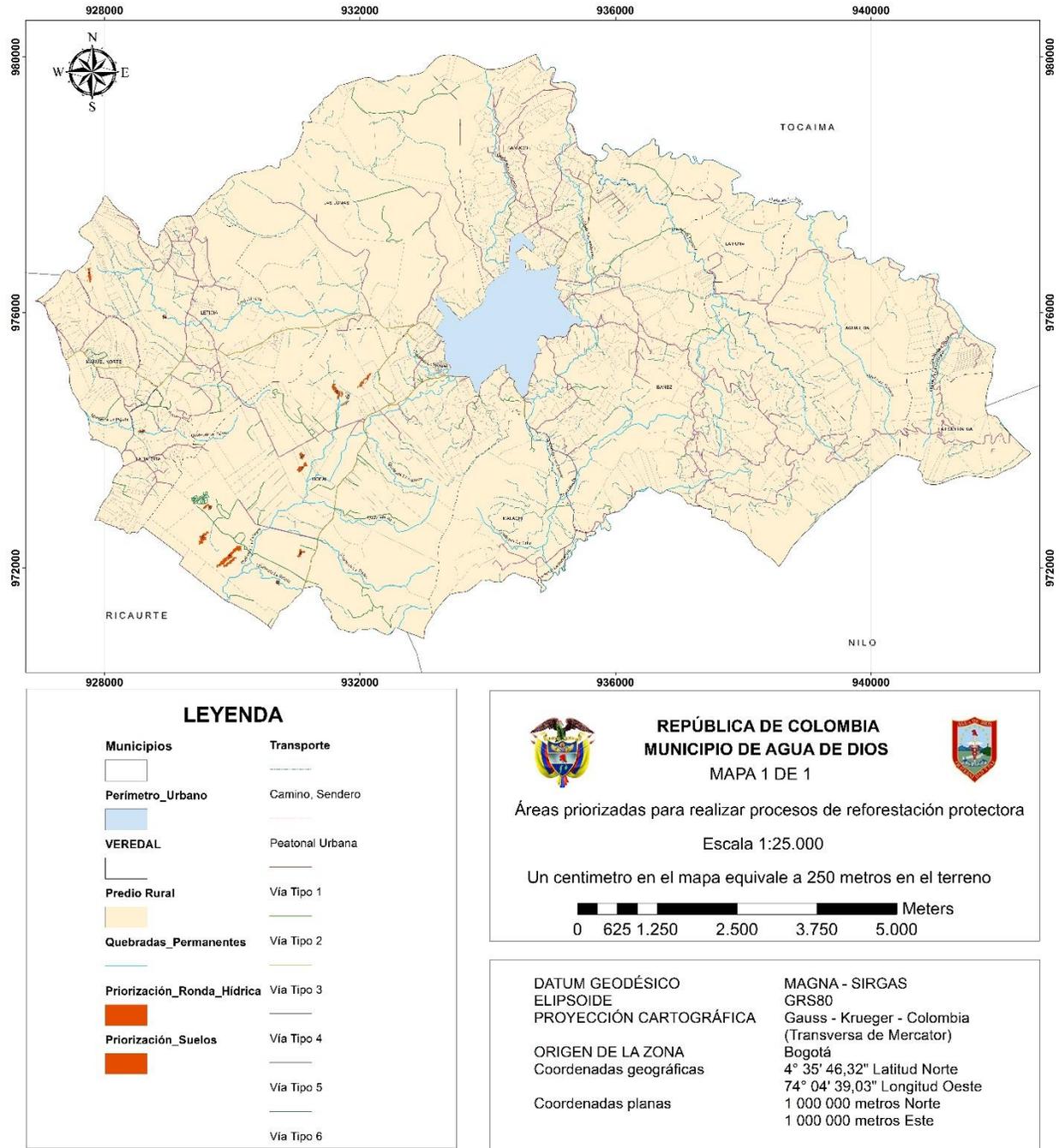
Con base en el Mapa 2, se seleccionaron las zonas con mayor degradación (Tabla 5 y Mapa 3) las cuales se visitaron en campo como se puede evidenciar de la imagen 1 a la 13; para el polígono 14 no se permitió el acceso por parte del propietario.

Tabla 5: Sitios verificados

ZONAS PRIORIZADAS PARA REALIZAR PROCESOS DE REFORESTACIÓN PROTECTORA							
SUELOS DEGRADADOS							
Polígono	Área (ha)	Nombre del predio	Actividad	Vereda	Coordenadas	Estado de la zona	Viabilidad
1	0,901094	LAS CHONTAS	Ganadería	EL HOBAL	-74,689520 4,369361	Vegetación Muy Baja y Sin Vegetación	SI
2	0,530926	LA PONDEROSA	Ganadería	EL HOBAL	-74,698022 4,358633	Vegetación Muy Baja y Sin Vegetación	SI
3	0,886344	LA PONDEROSA	Ganadería	EL HOBAL	-74,698732 4,356662	Vegetación Muy Baja y Sin Vegetación	SI
4	0,540496	EL CARMEN	Ganadería	EL HOBAL	-74,698420 4,344753	Vegetación Muy Baja y Sin Vegetación	SI
5	0,57643	HACIENDA BELINDA	Ganadería	EL HOBAL	-74,711333 4,351378	Vegetación Muy Baja y Sin Vegetación	SI
6	1,322578	HACIENDA BELINDA	Ganadería	EL HOBAL	-74,712210 4,347055	Vegetación Muy Baja y Sin Vegetación	SI
7	3,319617	HACIENDA BELINDA	Agricultura	EL HOBAL	-74,708382 4,344458	Suelo arado para cultivo de maíz	NO
8	0,826874	PUERTA DEL ALTO	Proyecto Urbanización	LETICIA	-74,728218 4,384135	Explanación para construir	NO
RONDA HÍDRICA							
Polígono	Área (ha)	Nombre del predio	Actividad	Vereda	Coordenadas	Estado de la zona	Viabilidad
9	1,381835	LAS CHONTAS	Agricultura	EL HOBAL	-74,693141 4,367373	Suelo arado para cultivo de sorgo	SI
10	0,173651	LAS CHONTAS	Agricultura	EL HOBAL	-74,691798 4,367209	Suelo arado para cultivo de sorgo	SI
11	0,223603	LAS CHONTAS	Agricultura	EL HOBAL	-74,691874 4,366214	Suelo arado para cultivo de sorgo	SI
12	0,183766	ANDALUCIA	Ganadería	EL HOBAL	-74,701704 4,340659	Vegetación Muy Baja y Sin Vegetación	SI
13	0,248331	ABEJA BRAVA	Ganadería	LA BALSITA	-74,720943 4,362060	Vegetación Muy Baja y Sin Vegetación	SI
14	0,181285	EL CAUCHO	Ganadería	LETICIA	-74,717746 4,378269	No se permitio el acceso	NO

Fuente: Autor

Mapa 3: Áreas escogidas para verificación en campo



Fuente: Autor.

A continuación se muestran las imágenes capturadas en cada polígono:

Imagen 1: *Polígono 1*



Fuente: Autor

Imagen 2: *Polígono 2*



Fuente: Autor

Imagen 3: *Polígono 3*



Fuente: Autor

Imagen 4: *Polígono 4*



Fuente: Autor

Imagen 5: *Polígono 5*



Fuente: Autor

Imagen 6: *Polígono 6*



Fuente: Autor

Imagen 7: *Polígono 7*



Fuente: Autor

Imagen 8: *Polígono 8*



Fuente: Autor

Imagen 9: *Polígono 9*



Fuente: Autor

Imagen 10: *Polígono 10*



Fuente: Autor

Imagen 11: *Polígono 11*



Fuente: Autor

Imagen 12: *Polígono 12*



Fuente: Autor

Imagen 13: *Polígono 13*

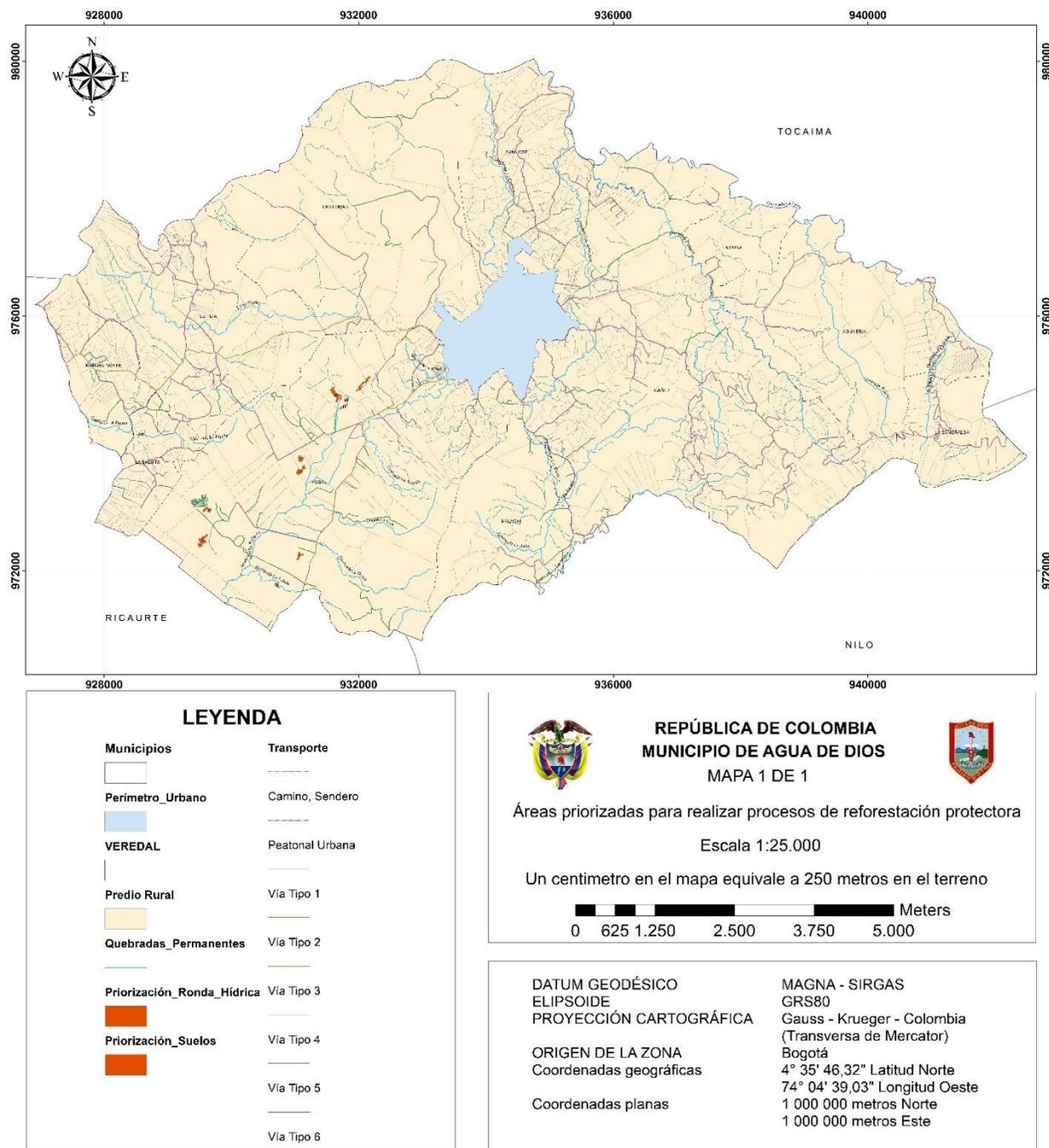


Fuente: Autor

En las visitas se pudo evidenciar que todos los polígonos se ubican en predios privados, de los cuales, los polígonos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12 y 13, corresponden a zonas ganaderas, las cuales presentan un suelo con muy poca vegetación o sin ella, lo que los vuelve viables para realizar posteriores estudios de factibilidad de reforestación. Por otra parte, los polígonos 7, 9, 10 y 11 son suelos utilizados para la agricultura, siendo zonas con poca viabilidad para ejecutar estos estudios, aunque en los polígonos 9, 10 y 11 se debe hacer, debido a que corresponden a la ronda hídrica. El polígono 8 al ser una zona destinada a la construcción, no es viable.

Teniendo en cuenta la información recolectada en campo, se realizó un nuevo mapa con las áreas priorizadas viables a realizar posteriores estudios y determinar si son o no aptos a reforestar:

Mapa 4: Áreas Priorizadas



Fuente: Autor

Obtenido este mapa se deben tener en cuenta los siguientes aspectos (Somarriba, 2009) en un posterior estudio para definir en cuales de los polígonos priorizados se pueden llevar a cabo estrategias de reforestación protectora:

- **Biofísico:** Es necesario realizar un diagnóstico de las características biológicas y físicas del predio, así como del tipo y uso del suelo, identificando las oportunidades que ofrecen para mejorarlos agroforestalmente.
- **Agroforestal:** Si los predios cuentan con sistemas agroforestales, se debe describir su composición botánica, abundancia, bienes y servicios que proveen al productor, ubicación, etc.
- **Social:** Se debe conocer la composición familiar, ciclo de vida de herencias, visión al futuro, limitaciones y oportunidades.
- **Económico y Financiero:** Es necesario calcular la mano de obra, los precios de los insumos, del material vegetal, de la asistencia técnica, del capital financiero, etc.

### **Estrategias De Reforestación:**

Zonas a realizar estudios para reforestación: 11

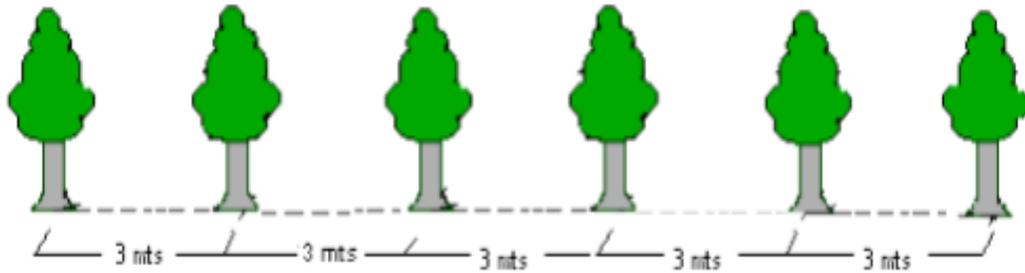
Área total: 6,97 ha

Para las zonas que se establezcan para reforestar, el documento técnico de la CAR establece las siguientes estrategias de reforestación con el fin de asegurar una producción agropecuaria sostenible, utilizando especies niñeras que permitan el desarrollo de otras especies, incrementando la biodiversidad y mejorando la fertilidad del suelo (Samper, 2000):

### **Cercas Vivas.**

- Descripción: Consiste en sembrar especies leñosas en la cerca divisoria de la propiedad.
- Distancia de siembra: Se recomienda sembrar los árboles con una distancia de separación de 2 a 3 metros, con el fin de que al crecer sirvan como soporte para el alambre de la cerca (Imagen 14).

Imagen 14: *Diseño de cercas vivas simples*

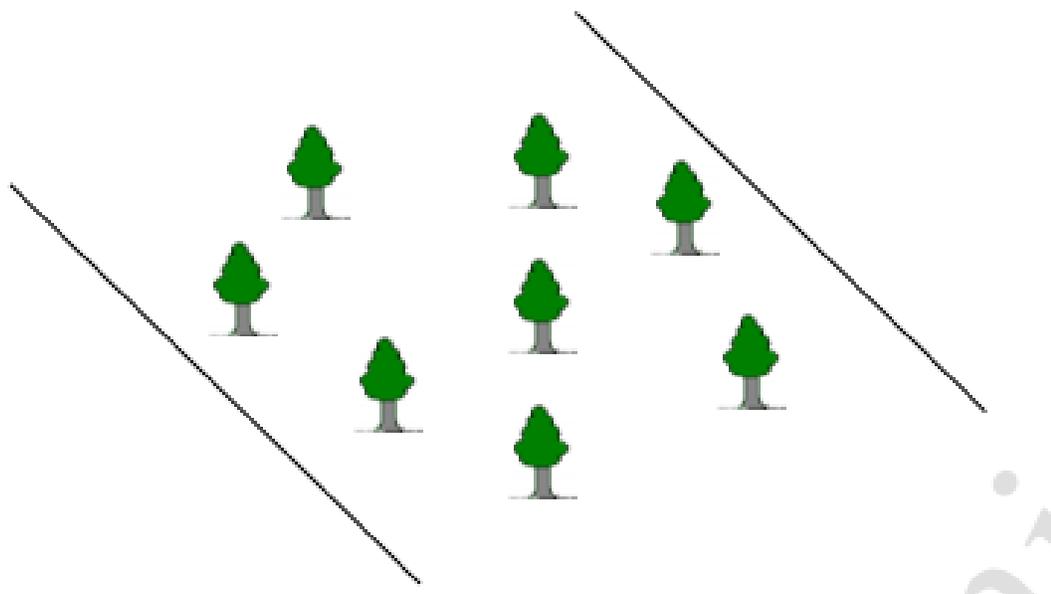


Fuente: (CAR, 2015)

### **Árboles dispersos en potreros:**

- Descripción: Es un sistema silvopastoril que consiste en la siembra de árboles en potreros para brindar sombra o alimento al ganado, aprovechamiento forestal o generación de servicios ambientales .
- Distancia de siembra: Se recomienda sembrar 30 árboles por ha de terreno, distribuidos de manera sistemática tratando de cubrir todo el área (Imagen 15).

Imagen 15: *Distribución de árboles en potrero*



Autor: (CAR, 2015)

Para la etapa de siembra, las plantas deben tener un tamaño entre 20 y 40 cm y una buena condición física y fisiológica. Por otro lado, se debe limpiar la zona donde se va a realizar el ahoyado, este último debe hacerse con una dimensión de 30x30cm a cada lado y de 30cm de profundidad. Se recomienda aplicar un poco de abono en el interior del agujero antes de introducir la planta y 20 días después de la siembra, revisar el estado y aplicar fertilizante (CAR, 2015).

**Especies recomendadas:**

Tabla 6: *Especies recomendadas*

Selección de especies			Lugar de observación		
Especie	Nombre común	Estrato	Cerca viva	Arboles dispersos en proterros	Sistema agrícola
Especies observadas en cercas vivas y dentro de sistemas productivos	<i>Bursera simaruba</i>	Indiodesnudo, caratero	Arbóreo superior	x	
	<i>Annona cherimola</i>	Chirimoya, chirimoyo	Arbolito		x
	<i>Annona muricata</i>	Guanábano, guanábana	Arbolito		x
	<i>Annona rensoniana</i>	Anón	Arbolito		x
	<i>Annona squamosa</i>	Anón	Arbolito		x
	<i>Cordia alliodora</i>	Nogal, moho, mo	Arbóreo superior		x
	<i>Anacardium excelsum</i>	Caracolí	Arbóreo superior	x	
	<i>Brosimum alicastrum</i>	Negro en cuero, guácimo	Arbóreo inferior	X	
	<i>Gliricidia sepium</i>	Matarratón	Arbolito	X	
	<i>Leucaena leucocephala</i> *	Peladera, huaje, guaje	Arbustivo	X	
	<i>Zanthoxylum caribaeum</i>	Tachuelo	Arbolito	X	
	<i>Brownea ariza</i>	Arizá, palo de cruz, palo de la cruz, flor de la cruz	Arbolito	X	
	<i>Brownea rosa-de-monte</i>	Palo de cruz	Arbolito	X	
	<i>Albizia carbonaria</i>	Muche, carbonero, dormilón	Arbóreo inferior	X	
	<i>Albizia guachapele</i>	Iguá, naumo o tabaca	Arbóreo inferior	X	
	<i>Jacaranda caucana</i>	Gualanday	Arbóreo superior		x
<i>Attalea butyracea</i>	Palma real, palma rial, palma de cuesco	Arbóreo inferior		x	
<i>Bauhinia picta</i>	Pata de vaca, patevaca	Arbolito	X		

Selección de especies			Lugar de observación		
Especie	Nombre común	Estrato	Cerca viva	Arboles dispersos en proterros	Sistema agrícola
<i>Prosopis juliflora</i>	Algarrobo	Arbolito		x	
<i>Samanea saman</i>	Samán, sámamo	Arbóreo superior	X	x	
<i>Senna occidentalis</i>	Bicho, ahitera, chilinchil, chilinchile, alcaparro, café chilinchil, furusca	Arbolito	X		
<i>Senna reticulata</i>	Dorancé, francés, frentín	Arbolito	X		
<i>Senna siamea</i>	Alcaparro	Arbolito	X		
<i>Senna spectabilis</i>	Velero, vainillo, cañafistolo, cañafistolo macho, beleño, toral	Arbolito	X		
<i>Aspidosperma polyneuro</i> *	Palo rosa, perobá	Arbóreo superior		x	x
<i>Aegiphila grandis</i>	Totumo	Arbóreo inferior		x	x
<i>Quadrella odoratissima</i>	Naranjuelo	Arbolito	X		
<i>Bambusa guadua</i>	Guadua	Arbóreo inferior	x (en cañada)		

Autor: (CAR, 2015)

## 8. CONCLUSIONES

Se reconoció in situ el estado de la cobertura vegetal de las áreas priorizadas, donde se evidenció que los polígonos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12 y 13 presentan vegetación muy baja o nula siendo predios privados en los cuales se realizaban prácticas ganaderas, por otro lado, en los polígonos 7, 9, 10 y 11 se encontraron suelos arados para agricultura y por último, en el polígono 8 se halló una explanación en el terreno para la construcción de una urbanización.

Se estableció que los aspectos Biofísicos, Agroforestales, Sociales, Económicos y Financieros, se deben tener en cuenta al momento de realizar un futuro estudio para la determinación de las zonas en las que se puedan llevar a cabo procesos de reforestación. También se establecieron las cercas vivas y los árboles dispersos en potreros como estrategias de reforestación, dando las recomendaciones de las especies a sembrar y el procedimiento de siembra.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Consejo de Estado (Ed.). (2014). *Sentencia sobre la descontaminación del río Bogotá*. Bogotá.

Disponible en:

[http://legal.legis.com.co/document/Index?obra=jurcol&document=jurcol\\_f614e04df9460180e0430a0101510180](http://legal.legis.com.co/document/Index?obra=jurcol&document=jurcol_f614e04df9460180e0430a0101510180)

Corporación Autónoma Regional (CAR), 2015. *Identificación Y Priorización De Las Áreas Para Reforestación Protectora Sobre La Cuenca Del Río Bogotá*. Bogotá. Disponible en:

<http://orarbo.gov.co/es/el-observatorio-y-los-municipios/identificacion-y-priorizacion-de-las-areas-para-reforestacion-protectora-sobre-la-cuenca-del-rio-bogota>

Desktop.arcgis.com. 2016. *Análisis Espacial - Arcmap*. Disponible en:

<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/analyze/main/what-is-geoprocessing.htm>

Esquema De Ordenamiento Territorial Municipio De Agua De Dios, 2015. *Acuerdo No 011 De Diciembre 28 De 2015*. Agua de Dios. Disponible en:

[https://aguadedioscundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/aguadedioscundinamarca/content/files/000480/23973\\_acuerdo-no-011-de-28-de-diciembre-de-2015-eot.pdf](https://aguadedioscundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/aguadedioscundinamarca/content/files/000480/23973_acuerdo-no-011-de-28-de-diciembre-de-2015-eot.pdf)

Geodim.es. 2016. *SENTINEL 2A*. España. Disponible en:

<http://www.geodim.es/pdf/Geodim%20SENTINEL-2A.pdf>

López, A., Martínez, M. and Fernández, D., 2015. *Priorización De Áreas De Intervención Mediante Análisis Morfométrico E Índice De Vegetación*. 1st ed. Texcoco - México: Colegio de Postgraduados. Disponible en:

<http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v6n1/v6n1a7.pdf>

Meneses, C., 2011. *El Índice Normalizado Diferencial De La Vegetación Como Indicador De La Degradación Del Bosque*. México: Unasyuva. Disponible en:

<http://www.fao.org/3/i2560s/i2560s07.pdf>

Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, 2017. *DECRETO No.2245*. Bogotá D.C. Disponible en:

[https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/Decreto\\_2245\\_29-12-2017-Ronda\\_Hidrica-a1.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/Decreto_2245_29-12-2017-Ronda_Hidrica-a1.pdf)

Müller, U., Louis, J., Richter, R., Gascon, F. & Niezette, M., 2013. *SENTINEL-2 LEVEL 2A PROTOTYPE PROCESSOR: ARCHITECTURE, ALGORITHMS AND FIRST RESULTS*.

Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/273002025\\_Sentinel-2\\_Level-2A\\_Prototype\\_Processor\\_Architecture\\_Algorithms\\_and\\_First\\_Results](https://www.researchgate.net/publication/273002025_Sentinel-2_Level-2A_Prototype_Processor_Architecture_Algorithms_and_First_Results)

Rico, G., 2017. Colombia: la ganadería extensiva está acabando con los bosques. *Mongabay*

*LATAM*, Disponible en: <https://es.mongabay.com/2017/01/colombia-ganaderia-deforestacion/>

Rodríguez, M., 2001. *Los Sistemas De Información Geográfica: Una Herramienta De Análisis*

*En Los Estudios De Impacto Ambiental (EIA)*. España. Disponible en:

<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/2725/10/cap10.pdf>

Rouse, J., Haas, R., Schell, J. & Deering, D., 1973. *MONITORING THE VERNAL*

*ADVANCEMENT AND RETROGRADATION (GREEN WAVE EFFECT) OF NATURAL VEGETATION*. Texas: Texas A&M University. Disponible en:

<https://ntrs.nasa.gov/citations/19730017588>

Samper, C., 2000. *Ecosistemas naturales, restauración ecológica e investigación*. Bogotá D.C.:

Fundación Alejandro Angel Escobar. Fundación Friederich Ebert de Colombia. Foro Nacional Ambiental, ITZ. Disponible en: <https://catalogo.unillanos.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=145>

Somarriba, Eduardo., 2009. *Planificación agroforestal de fincas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/324263337\\_Planificacion\\_agroforestal\\_de\\_fincas](https://www.researchgate.net/publication/324263337_Planificacion_agroforestal_de_fincas)

## 10. ANEXOS

En la carpeta ANEXOS se podrá encontrar:

### a. Salidas gráficas

- Mapa de ubicación.
- Mapa de NDVI

- Mapa de zonas priorizadas