

Propuesta de reforestación como alternativa para la conservación de áreas de interés estratégico en la vereda Cuatro Esquinas del municipio de Facatativá, Cundinamarca

Trabajo de investigación modalidad práctica empresarial presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Código: **1901-001**

Línea de Investigación: Gestión para el desarrollo rural y urbano y mejoramiento de la calidad de vida

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2019

Tabla de contenido

1. Introducción	5
2. Planteamiento del problema	6
3. Justificación	7
4. Pregunta de Investigación	8
5. Objetivos	8
5.1 Objetivo General.....	8
Objetivos Específicos.....	8
6. Marco de referencia	9
Estado del arte.....	9
Marco Teórico-Conceptual.....	12
Marco Normativo.....	14
Marco Geográfico.....	17
Marco Institucional.....	25
7. Metodología	26
8. Plan de trabajo	29
9. Resultados	31
La importancia y los beneficios de la reforestación.....	31
Planteamiento del diseño de la propuesta.....	33
Relación entre el costo de inversión y el beneficio ambiental.....	42
10. Discusión	48
11. Conclusiones	50
12. Recomendaciones	51
13. Bibliografía	52
14. Anexos	57

Listado de Tablas

<i>Tabla 1. Marco Normativo referente a la propuesta de reforestación para la conservación de áreas de interés estratégico</i>	14
<i>Tabla 2. Cuencas Facatativá</i>	21
<i>Tabla 3 Precipitación media mensual multianual en cada una de las subcuencas</i>	21
<i>Tabla 4. Tipos de roca en Facatativá</i>	23
<i>Tabla 5 Las características del suelo de Facatativá</i>	24
<i>Tabla 6. Técnicas e instrumentos utilizados en la metodología</i>	28
<i>Tabla 7. Plan de trabajo</i>	29
<i>Tabla 8. Costos del proceso de reforestación</i>	30
<i>Tabla 9. Especies seleccionadas para la propuesta de reforestación</i>	35
<i>Tabla 10. Algunos beneficios ambientales</i>	43
<i>Tabla 11 Valores de los servicios ecosistémicos</i>	44

Listado de Ilustraciones

<i>Ilustración 1. Ubicación geográfica del municipio de Facatativá</i>	18
<i>Ilustración 2. Localización de la vereda Cuatro Esquinas (Vereda N°10)</i>	19
<i>Ilustración 3. Localización de los predios (Área de Influencia)</i>	20
<i>Ilustración 4. Precipitación media mensual multianual en cada una de las subcuencas</i>	22
<i>Ilustración 5. Clases Geomorfológicas Del Territorio</i>	24
<i>Ilustración 6. Actores involucrados</i>	25
<i>Ilustración 7. Módulo de distribución espacial de las especies</i>	38
<i>Ilustración 8. Relación beneficio ambiental vs Costo de Inversión</i>	44
<i>Ilustración 9. Fases de valoración económica ambiental</i>	46

Resumen

Esta propuesta de reforestación pretende aprovechar dos (2) predios llamados Las Lomas y el Triángulo de aproximadamente 45,3 hectáreas (ha) ubicados en la Vereda Cuatro Esquinas y pertenecientes al municipio de Facatativá, Cundinamarca, dichos predios han sido catalogados como áreas de interés estratégico debido a la capacidad potencial que poseen para la conservación de agua. Con el fin de buscar estrategias que contribuyan a la conservación y protección de los ecosistemas se formuló una propuesta de reforestación en base a una metodología llamada "*Acciones prioritarias para la revegetalización y restauración ecológica*" la cual se modificó conforme a la necesidad del proyecto, esta metodología puede llegar a obtener buenos resultados de adaptación, gracias a las actividades planteadas en la fase de adaptación de las especies y la fase de monitoreo y control. Como resultado se obtuvo una metodología de reforestación acorde al área de interés, en donde se encuentran planteadas una serie de actividades orientadas a su conservación teniendo cuenta las características de los suelos y las especies de flora y fauna nativas. Como conclusión principal se formuló el plan de reforestación en donde se encuentra establecido el módulo que define la distribución espacial de las especies, permitiendo el cuidado y el desarrollo de estas, a su vez se obtuvo un consolidado de los principales beneficios ecológicos, económicos y sociales que se adquieren del cuidado y conservación de los ecosistemas.

Palabras clave: Reforestación, Recurso hídrico, Beneficio ambiental.

Summary

This reforestation proposal intends to use two (2) properties called Las Lomas and the Triangle of approximately 45.3 hectares (ha) to be found in the Cuatro Esquinas District and in the municipality of Facatativá, Cundinamarca, said properties have been classified as protected areas. interest Thanks to the potential capacity that we have shared for water conservation. In order to find strategies that contribute to the conservation and protection of the systems, a reforestation proposal is formulated on the basis of a correct response "*Priority actions for the re-vegetation and ecological restoration*". To obtain good adaptation results, thanks to the activities proposed in the adaptation phase of the species and the monitoring and control phase. As a result, a reforestation methodology was obtained according to the area of interest, where a series of activities aimed at the use of these areas are considered, taking into account the characteristics of the soils and the species of native flora and fauna.

Key words: Reforestation, Water resource, Environmental benefit

1. Introducción

Hace poco más de medio siglo, surge el concepto de reforestación, como una salida a la paulatina destrucción del medio ambiente y al cambio climático existente. Y se define como la actividad de plantar árboles donde una vez existía bosque, con el objetivo primordial de incrementar el número de especies, para conservar el medio ambiente, preservar las zonas verdes y por consiguiente aumentar las especies nativas de flora y fauna, considerando tener un espacio limpio que beneficie a la comunidad (Vargas, 2012).

Este tipo de ecosistemas juegan un papel fundamental en el sostenimiento de procesos naturales, sociales, económicos, ecológicos o de otra índole; por ejemplo, las fuentes de agua o de alimentos. Estos procesos mencionados anteriormente son de soporte vital para la sociedad a través de la prestación de bienes y servicios ecológicos fundamentales, estos incluyen, por ejemplo, la regulación del clima y la humedad, la provisión de agua para el abastecimiento de la población, la generación de energía o el riego, el mantenimiento de climas y suelos adecuados para la producción de alimentos y materias primas. (Calle, 2003)

En la actualidad el gobierno colombiano, cuenta con una serie de programas forestales con el objetivo de recuperar las áreas de especial interés estratégico para la regulación de fuentes hídricas, recuperación de suelos y biodiversidad, para lo cual se identifican y seleccionan áreas que cumplan con requisitos mínimos, como el uso potencial del suelo para reforestación y fuentes abastecedoras de agua (Corrales, 2014).

Teniendo la acelerada expansión infraestructural e industrial en Facatativá, el municipio se planteó el objetivo de garantizar la conectividad ecológica y la disponibilidad de servicios ambientales por medio de la implementación de actividades, acciones y estrategias orientadas al cuidado de ecosistemas clave, como por ejemplo la adquisición de predios para la conservación del agua que surte los acueductos veredales del municipio (Alcaldía Municipal Facatativá, 2016).

En este orden de ideas, la propuesta que tiene el presente trabajo consiste en implementar una metodología para reforestar este tipo de áreas, con el fin de protegerlas y conservarlas para el

beneficio de las comunidades, del mismo modo, se quiere destacar los beneficios ambientales y socioeconómicos que se obtienen una vez reforestadas estas áreas y que puedan verse como una opción para potencializar el desarrollo rural.

2. Planteamiento del problema

Cuatro esquinas es una de las 14 veredas que conforman la división político-administrativa del municipio de Facatativá (Cundinamarca, Colombia), posee un área total de 1.022ha de las 15.245ha con las que cuenta el área rural del municipio (SDAMA, 2016). Durante los últimos 30 años en esta vereda se han realizado actividades pecuarias como la ganadería extensiva, específicamente la cría de ganado bovino para la producción de cárnicos, lácteos y sus derivados. (Gobernación de Cundinamarca, 2010)

La actividad ganadera contribuye a la contaminación de agua, los principales contaminantes son los nutrientes nitrógeno (N) y fósforo (P) debido a que su alta presencia puede causar eutrofización lo que provoca un crecimiento acelerado de las algas o las plantas macrófitas, causando trastornos negativos en el equilibrio de las poblaciones biológicas presentes en el medio acuático, alterando el ciclo del agua y la propia calidad del agua. Por otra parte, la materia orgánica, las bacterias y patógenos, los residuos de medicamentos y los metales pesados que son evacuados por el ganado en sus excretas que pueden llegar al agua por rutas puntuales y por rutas difusas, causando los mismos efectos negativos (Bonet, 2004).

Cerca del 80% de las cabeceras municipales del país se abastecen de cursos de agua de quebradas y pequeños ríos. La pérdida de la cobertura vegetal boscosa trae asociada cambios severos en la regulación hídrica y la erosión, esta es especialmente acelerada en la región andina, dada su geomorfología y los rangos de precipitación que tienden a ser elevados (Murgueitio, 2003).

Según la caracterización y diagnóstico de las cuencas hídricas del municipio de Facatativá la vereda de Cuatro Esquinas tiene áreas con conflictos por sobreutilización severa, debido a la presencia de actividades pecuarias, sin embargo dichas áreas cuentan con potencial para la conservación de las fuentes hídricas que son de interés para el acueducto del municipio o para la conformación de bosques de protección (Alcaldía Municipal de Facatativá, 2014)

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente el municipio de Facatativá basado en su plan de desarrollo 2016-2019 ha adquirido este tipo de áreas con la finalidad de conservarlas debido a su gran potencial hídrico y que en la actualidad no se cuenta con un plan específico de conservación de estas áreas. Por esta razón, se hace latente la necesidad de formular una propuesta en pro del mejoramiento de los ecosistemas estratégicos presentes en el lugar de estudio. (Alcaldía Municipal Facatativá, 2016).

3. Justificación

La recuperación y el cuidado de las áreas de importancia ambiental estratégica para la protección del recurso hídrico, incluyendo los bosques, las zonas de recarga de acuíferos, los páramos, los humedales, los nacimientos, fuentes abastecedoras de agua y otros ecosistemas protectores de la biodiversidad y del agua que consumimos son una tarea esencial de todos los actores involucrados en el mejoramiento de la calidad de vida de una comunidad (WCS, 2017).

Según el artículo 111 de la ley 99 de 1993 son de interés público las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua los acueductos municipales, distritales y regionales. Los departamentos y municipios dedicarán un porcentaje no inferior al 1% de sus ingresos corrientes para la adquisición y mantenimiento de dichas zonas o para financiar esquemas de pago por servicios ambientales. Los recursos, se destinarán prioritariamente a la adquisición y mantenimiento de dichas zonas (Constitución Política, 1991).

A pesar de la existencia de la norma, en la práctica, no se ha aplicado de manera rigurosa y es tarea prioritaria lograr que se apliquen con efectividad y eficiencia, pues hacerlo, es esencial para la calidad de vida de la población y para avanzar en la consolidación de territorios sostenibles y resilientes frente al cambio climático, la variabilidad climática y el cambio global (WCS, 2017).

El municipio de Facatativá Cundinamarca haciendo cumplimiento del artículo 111 de la Ley 99 de 1993 ha identificado y comprado predios en la vereda Cuatro Esquinas que gozan de gran potencial para la conservación del recurso hídrico, según los estudios adelantados por la CAR de Cundinamarca, en el pasado los predios pertenecían a particulares y en estos se desarrollaban actividades de carácter pecuario por lo que la propuesta de reforestación tiene como finalidad la conservación y preservación del recurso hídrico que se encuentra en estos predios para el beneficio de la comunidad (Alcaldía Municipal de Facatativá, 2014).

4. Pregunta de Investigación

¿Cómo la reforestación en los predios adquiridos por el municipio de Facatativá en la vereda Cuatro Esquinas puede ser una alternativa para la conservación de áreas de interés estratégico?

5. Objetivos

5.1 Objetivo General

Formular una propuesta de reforestación para la conservación de áreas de interés estratégico en la zona rural del municipio de Facatativá, Cundinamarca.

5.2 Objetivos Específicos

- Determinar la importancia y los beneficios de la reforestación como una alternativa de conservación natural
- Diseñar una propuesta para la conservación del área de interés estratégico
- Calcular la relación entre el costo de inversión y el beneficio ambiental

6. Marco de referencia

6.1 Estado del arte

La reforestación es una operación que aporta una serie de beneficios y servicios ambientales. Al establecer la cobertura arbórea en los terrenos desnudos o deteriorados, ayuda a reducir el flujo rápido de las aguas lluvias, regulando, de esta manera, el caudal de los ríos, mejorando la calidad del agua, y reduciendo la entrada de sedimento a las aguas superficiales. En ese orden de ideas la reforestación ha sido una alternativa para la conservación de ecosistemas que en algún momento fueron intervenidos por el hombre (Medina, 2012)

La construcción de este estado del arte se realizó de lo general a lo particular empezando por los casos de estudio e investigaciones realizados a nivel internacional y finalizando los casos de estudio e investigaciones a nivel Colombia.

Estudios del orden internacional

El primer artículo a resaltar en este estado del arte se titula “*Ventajas del proceso de reforestación sobre la atenuación de la erosión y propuesta de protección y desarrollo de un área de recarga en el valle central de Costa Rica*” En donde se resaltan las ventajas de la reforestación para evitar la erosión y los eventos de escorrentía en las subcuencas del Río Durazno y la parte alta del Río Virilla, consideradas áreas de recarga para acuíferos profundos del Valle Central de Costa Rica. Por otra parte, este artículo resalta la importancia de la reforestación en la protección de los cauces y captaciones superficiales que son fundamentales para mantener una buena calidad del agua, evitando la erosión y disposición de materiales terrígenos, así como la entrada de animales al curso de agua, asegurando un suministro de agua en buen estado (Sanabria, A. V, 1997).

El segundo es un proyecto de investigación, tiene origen en México y se titula “*¿Es la reforestación una estrategia para la rehabilitación de bosques de pino? Una experiencia en el centro de México*” En donde el objetivo fue evaluar el efecto de la introducción de El Palo Prieto (*Pinus greggii*) un pino nativo mexicano en la estructura, biomasa aérea y diversidad de especies en el sotobosque, bosque que había sido intervenido por la agricultura de autoconsumo, la presencia de ganado, uso de madera con fines energéticos y la utilización de madera para construcción y comercialización (esta última en baja escala). Estas fueron las principales actividades de la zona que provocaron la pérdida de la

cubierta vegetal y como consecuencia provocaron erosión, pérdida de la fertilidad del suelo y la biodiversidad. Ante dicha problemática los pobladores del lugar decidieron establecer reforestaciones como una estrategia de rehabilitación de la zona con el fin de recuperar parcialmente la estructura y/o función del ecosistema (Ventura, 2017)

El tercero es un estudio realizado en Costa Rica titulado “*Impacto socioeconómico del Programa Pago por Servicios Ambientales, modalidad reforestación, en el noroeste de Costa Rica*” que tuvo como objetivo evaluar el impacto socioeconómico del Programa Pago por Servicios Ambientales (PPSA) en beneficiarios que gestionaron contratos bajo la modalidad reforestación entre 1998 y el 2013, mediante dos organizaciones de base forestal (OBF) en el noroeste de Costa Rica.

En primer lugar, se identificaron las características socioeconómicas de los beneficiarios y luego se estableció, validó y aplicó un set de principios, criterios e indicadores para evaluar el impacto del PPSA en las dimensiones social y económica. En general, los resultados indican que el programa ha fortalecido las capacidades locales para el desarrollo forestal de la zona, principalmente por medio de la participación de las OBF y los beneficiarios, aunque la percepción de dichos beneficios pareciera disminuir en el tiempo (Salas, 2019)

El cuarto es un artículo desarrollado en Ecuador titulado “*Reforestación de las cuencas hídricas del sitio Mosquito*” donde la desaparición de las zonas verdes y el desequilibrio en la biodiversidad del país ha afectado terriblemente desde el punto de vista social, económico y ambiental. También han hecho que disminuya la sostenibilidad de los recursos naturales de todo el país y concretamente de la provincia. En este artículo, una vez aplicada la metodología que se basó en seleccionar una determinada área, se procedió a levantar información a través de un diagnóstico comunitario; con el objetivo de saber cuáles son las condiciones de vida, la organización, economía, ecología y el nivel técnico de producción del área, en una segunda etapa se realizó la capacitación de los habitantes para el manejo de la reforestación, y en los resultados se destacaron; la recuperación de la cobertura vegetal, y el incremento generado en la calidad y cantidad de los recursos naturales (suelos, vertientes de agua, flora y fauna y otros beneficios ecológicos y ambientales), a partir del establecimiento de la nueva plantación con especies nativas en el sector determinado por la comunidad (Aroca, 2019)

Estudios del orden nacional

En la actualidad los programas de reforestación rural son herramientas muy útiles en la mejora de la calidad de vida de la población de las diferentes partes del mundo. Cabe destacar que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) declaró en el 2011, año de los bosques con el fin de mitigar la deforestación de árboles originada por la creciente e inevitable explotación ganadera, agrícola, minera que se practican sin tener en cuenta un desarrollo sostenible (FAO, 2011)

El primer artículo de estudio a nivel nacional que se toma en cuenta, en este segundo apartado del estado del arte se titula “*Caracterización de la especie Chrysobalanus Icaco como alternativa de reforestación para mitigar procesos de erosión costera. Estudio de caso sostenibilidad ambiental de la especie en el departamento de Bolívar-Colombia*” en donde se estudia la especie *Chrysobalanus Icaco* como alternativa de reforestación para manejo de erosión, y se concluye que esta especie cuenta el potencial para la conservación y protección de suelos, sin embargo, el autor recomendando que las

condiciones ambientales deben adecuarse con fertilizantes ricos en oligoelementos para la reforestación con fines de aprovechamiento agroindustrial, manejo de erosión y conservación de la especie (Mendoza, 2019)

El segundo es un artículo titulado “*La madera colombiana, oportunidad de regeneración del flujo de los ríos mediante una producción sostenible y competitiva*” en donde el autor resalta el potencial que podría llegar a tener Colombia si, mediante políticas propias del gobierno se decide establecer programas para reforestación con la finalidad de recuperar especies maderables colombianas ya que algunos de los beneficios que podrían traer estos programas de reforestación serían el de proveer hábitat para especies y el de enfriar las capas subterráneas cercanas al río, esto último con el fin de que el agua del río se mueva subterráneamente por diferencia de temperaturas, recargando el manto freático de la rivera del río en la época lluviosa, ya que el movimiento de agua subterránea se da del calor al frío, en consecuencia del río al manto freático cuando existe un bosque maduro en la reservera del río. (Buitrago, 2016)

El tercero es un estudio de caso titulado “*Análisis del pago por servicios ambientales. estudio de caso quebrada la guagua en el municipio de Palermo -Huila*” En donde el autor afirma que el municipio de Palermo presenta un desabastecimiento de agua debido a actividades asociadas a la ganadería intensiva, tala de bosques, cultivos en zonas de protección y quemas a cielo abierto, generado una reducción en el caudal de la quebrada hasta del 50%, por lo que el autor plantea realizar un programa de reforestación con especies forestales nativas que permitan aportar a la sostenibilidad de la biodiversidad, la captura de carbono, el control de erosión, la retención de la humedad, y a la vez contribuir con el manejo sostenible, calculando la capacidad de estas especies para sugerir la aplicación de un diseño de pago por servicios ecosistemas tomando como base experiencias exitosas ejecutadas en zonas de similar afectación (López, 2018)

El cuarto es un libro titulado “*La experiencia colombiana en esquemas de pagos por servicios ambientales*” en donde se realiza una recopilación y análisis de casos con características de pago por servicios ambientales en diseño u operación en Colombia. El principal objetivo de este documento es mostrar este análisis para brindar recomendaciones a Conservación Internacional para la utilización de esquemas de pago por servicios ambientales en cuencas hidrográficas como instrumento de conservación de la biodiversidad, en este libro se destacan casos que han tenido un buen impacto en sus zonas de influencia, como casos en los que es posible mejorar el esquema de pago (Blanco, 2008)

El quinto es artículo titulado “*Crecimiento de Baccharis macrantha y Viburnum triphyllum, dos especies nativas útiles en restauración ecológica, plantadas en un pastizal andino (Boyacá, Colombia)*” En donde evaluó el efecto que tienen esas dos especies para rehabilitar, recuperar y restaurar los sistemas ecológicos degradados por uso excesivo del ecosistema en actividades agrícolas y pecuarias. En este artículo se propuso una metodología de siembra a partir de un diseño experimental factorial en bloques completos al azar (DBCA), luego se construyeron zanjas para evitar la contaminación entre parcelas (debido a la aplicación de nutrientes diferentes en cada bloque), y se implementaron los tratamientos de forma aleatoria. En este artículo se concluyó que la recuperación de bosques a partir de estos sistemas de reforestación es generalmente lenta y limitada, pues los

pastos, hierbas exóticas y las nuevas condiciones de estas áreas resultantes de las actividades económicas desarrolladas en estas, pueden retrasar el restablecimiento de especies (Hernández, 2015)

El último artículo que se toma a consideración para la finalización del estado de arte, en el apartado de estudios de orden nacional es titulado “*Factibilidad de preservación de la microcuenca hidrográfica río chiquito a través de reforestación en la finca las manitas, de la vereda río chiquito, del municipio de Aguazul-Casanare*” donde el autor pone en evidencia la problemática que se presenta en una microcuenca hidrográfica ubicada en el municipio de Aguazul-Casanare donde en época de invierno se presenta algunos fenómenos esporádicos de erosión alrededor de su ronda y en verano se dificulta la recolección de agua para el desarrollo de actividades económicas y para el consumo de los habitantes que residen en las fincas aledañas. Para solucionar esta problemática el autor plantea la realización de un proceso de restauración y conservación mediante el diseño de un plan de reforestación con especies nativas utilizando el método cuadrangular con unas medidas de 3x3 donde se esperan como resultados la adaptación de las es de las especies con el fin de ayudar a reducir el flujo rápido de las aguas lluvias, regulando, de esta manera, el caudal de los ríos, y mejorando la calidad del agua, y reduciendo la entrada de sedimento a las aguas superficiales (Hernández, C. A, 2014)

6.2 Marco Teórico-Conceptual

A continuación, se presentan las teorías y conceptos más relevantes que tiene la propuesta de reforestación con el fin de contextualizar y permitir una buena comprensión del trabajo de investigación.

Acueducto Veredal

Para Reyes (2018) se conoce por acueducto a aquellas construcciones que tienen por objetivo principal la conducción del agua desde un punto hasta otro, para permitir que personas o comunidades tengan acceso al preciado líquido, por otra parte, Giraldo (2009) destaca la importancia de integrar la comunidad a la gestión del recurso hídrico para fortalecer la capacidad de gestión y promover el uso del agua propia de una cuenca.

Área de interés ambiental

Según el Centro de Documentación e Información Municipal-CDIM-(2015) un área de interés ambiental hace parte esencial del ordenamiento rural, la conservación y protección de los recursos naturales, para ello es menester su identificación, cuantificación y cualificación, por otra parte, el Sistema de Información de Ambiental de Colombia (SIAC) define como un área ambiental a aquellos ecosistemas que poseen un gran importancia ecológica para el mantenimiento de biodiversidad y la oferta de servicios ecosistémicos.

Área de importancia estratégica

La Constitución Política de Colombia (1991) en el artículo 111 de 1993 define un área de importancia estratégica a toda aquella área apta para la conservación de recursos hídricos que surten de agua los acueductos municipales y distritales. Por otra parte, Márquez (2005) da un concepto muy cercano a lo que se plantea en el art. 111, en donde afirma que los ecosistemas estratégicos son aquellos que

ayudan a cumplir con necesidades básicas sociales, tales como el abastecimiento de agua, aire, alimentos y energía.

Conservación

Según la Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre con sus siglas en inglés W.C.S se entiende como conservación de la naturaleza, el conjunto de acciones y estrategias que contribuyen a mantener las condiciones ambientales necesarias para asegurar la continuidad de los procesos ecológicos naturales y evolutivos que requiere la diversidad biológica, por otra parte, Toledo (2005) afirma que la conservación no se limita a las áreas aisladas o separadas de la acción humana y de sus procesos productivos, sino que también se ocupa de la preservación de áreas agrícolas, pecuarias, silvopastoriles, entre otras, con hábitats en diferentes estados de la regeneración ecológica, esto implica la búsqueda de sinergias entre los diversos paisajes de una determinada región que permitan alcanzar las dinámicas y equilibrios territoriales.

Cuenca hidrográfica

Para Núñez (2011) la cuenca hidrográfica es el espacio del territorio en el cual naturalmente discurren todas las aguas (aguas provenientes de precipitaciones, de deshielos, de acuíferos, etc. que discurren por cursos superficiales o ríos) hacia un único lugar o punto de descarga, que usualmente es un cuerpo de agua importante, como un río, un lago o un océano, este concepto coincide a rasgos generales con lo que plantea Sperling (2007) que define la cuenca hidrográfica como área de captación natural del agua de precipitación de la lluvia que hace converger los escurrimientos hacia un único punto de salida.

Ecosistema de recuperación intensiva:

Según el Centro de Documentación e Información Municipal-CDIM-(2015) un ecosistema de recuperación intensiva es todo aquel ecosistema que ha sufrido deterioro por la actividad antrópica pero que se puede recuperar aplicando manejo ambiental, de esta misma forma Vargas et al (2012) afirma que la restauración de los ecosistemas implica, que, con ayuda humana, se asista o ayude al ecosistema para garantizar el desarrollo de los procesos de recuperación y superar los tensionantes que impiden la regeneración.

Pagos por Servicios Ambientales asociados al recurso hídrico

El Artículo 3, Decreto 953 de 2013 define el pago por servicio ambiental asociado al recurso hídrico como el incentivo, en dinero o en especie, que las entidades territoriales podrán reconocer contractualmente a los propietarios y poseedores regulares de predios ubicados en las áreas de importancia estratégica, en forma transitoria, por un uso del suelo que permita la conservación o recuperación de los ecosistemas naturales y en consecuencia la provisión y/o mejoramiento de los servicios ambientales asociados al recurso hídrico.

Reforestación

Según Ceccon (2014) la reforestación es un método activo de restauración que busca recuperar la cobertura de bosque en un sitio deforestado mediante la introducción de semillas o plántulas por otra parte el Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (PNUMA) define la reforestación como la conversión de un área que estuvo forestada, pero fue deforestada por algún tipo de actividad

antrópica y puede ser recuperada a través de la plantación, semillado o promoción inducida por el hombre de la regeneración natural (PNUMA, 2016)

Relación Costo de la Inversión vs Beneficio Ambiental (RBC):

Para Mejía (2016) la Relación Costo de la Inversión vs Beneficio Ambiental consiste en comparar los costos de la inversión realizada en la adquisición de los bienes correspondientes a las áreas de importancia ambiental estratégica para la provisión permanente del agua de las comunidades y poblaciones y los beneficios que se obtienen cuando estas áreas tienen un buen estado de salud y conservación, cabe agregar que para Ruiz Soto (2007) es muy rentable invertir en la conservación y recuperación de los ecosistemas, especialmente en áreas críticas de cuencas aportantes a acueductos y sistemas de riego que generan un servicio ambiental de alto valor económico.

Servicio Ambiental

Para Pagiola (2002) los ecosistemas naturales, además de otras funciones, brindan servicios hidrológicos como la filtración de aguas y la regulación de flujos hídricos. Sin embargo, estos servicios hidrológicos son raramente valorados, hasta que los efectos de la deforestación se hacen palpables en forma de inundaciones y pérdida de la calidad del agua de igual forma Ibanes (2008) resalta la capacidad que tiene la naturaleza de proporcionar la calidad de vida y las comodidades necesarias, o sea garantizar que la vida, como la conocemos, exista para todos y con calidad (aire puro, agua limpia y accesible, suelos fértiles, selvas ricas en biodiversidad, alimentos nutritivos y abundantes, etc.)

6.3 Marco Normativo

A continuación, se presenta la normatividad vigente en el territorio colombiano bajo la injerencia de la constitución Política Colombiana que, enmarca legalmente la propuesta de reforestación.

Tabla 1. Marco Normativo referente a la propuesta de reforestación para la conservación de áreas de interés estratégico

Normatividad	Nombre	Descripción
Constitución Política 1991	Artículo 8	Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.
	Artículo 79	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial

	Artículo 80	<p>importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.</p> <p>El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.</p>
Decreto-Ley 2811 de 1974	Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables	<p>El ambiente es patrimonio común. El Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social.</p> <p>La preservación y manejo de los recursos naturales renovables también son de utilidad pública e interés social</p>
Ley 99 de 1993	Ley General Ambiental de Colombia	<p>Será el planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración, o sustitución, y en general, asegurar el encargo constitucional hecho al Estado de garantizar el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y a participar en las decisiones que puedan afectarlo.</p>
Ley 142 De 1994	Ley de régimen de los servicios públicos domiciliarios	<p>Garantizar la calidad del bien objeto del servicio público y su disposición final para asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios.</p>
Ley 388 de 1997	Ley ordenamiento del territorio municipal	<p>El establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el</p>

		uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes.
CONPES No. 2834	Política de Bosques	Incentivar la reforestación, recuperación y conservación de los bosques para rehabilitar las cuencas hidrográficas, restaurar ecosistemas forestales degradados y recuperar suelos
Decreto 0953 de 2013	Reglamentación del Art. 111 de la ley 99 de 1993	Busca la conservación de áreas estratégicas para el suministro de agua a los acueductos municipales, distritales y regionales a través de la adquisición de predios ubicados en estas áreas o la financiación de esquemas de Pago por Servicios ambientales - PSA.
Plan Nacional de Desarrollo (2018-2022)	Artículo. 8	Las entidades públicas, en el marco de sus funciones podrán celebrar acuerdos con población campesina que habite, ocupe, o realice usos tradicionales en áreas de especial importancia ecológica con el objeto de regularizar las actividades que en ellas se desarrollan, contribuir a la solución de conflictos de uso, ocupación y tenencia en las mencionadas áreas, y mejorar el estado de conservación de las mismas y de las condiciones de vida de las comunidades campesinas que habiten, ocupen o usen dichas áreas.

6.4 Marco Geográfico

Este marco geográfico se presenta en tres apartados el primero donde se realiza una descripción general de la localización del municipio, el segundo donde se identifica la ubicación el área de interés para la propuesta de reforestación y el tercer apartado está conformado por las características físicas del territorio.

6.4.1 Descripción general del municipio de Facatativá

El Municipio de Facatativá se encuentra localizado en el extremo occidental de la Sabana de Bogotá a una distancia aproximada de 36 kilómetros de la capital del país. Se localiza en las coordenadas geográficas 4°48'46" latitud norte y 74°21'00" longitud oeste; planimétricamente se ubica en las coordenadas rectangulares 1'033.250N hasta 1'018.400N y entre 979.750E hasta 961.750E3

Presenta una extensión total de 15.960 hectáreas, de las que 15.375,25 hectáreas pertenecen a la zona rural y 584,75 hectáreas a la zona urbana. Conforme a lo establecido en la Ordenanza número 36 del 31 de Julio de 1945, el Municipio presenta los siguientes límites geodésicos:

Norte: Con los Municipios de San Francisco, La Vega y Sasaima

Sur: Con los Municipios de Anolaima, Zipacón y Bojacá

Oriente: Con los Municipios de Subachoque (hoy el Rosal), Madrid y Bojacá

Occidente: Con los Municipios de Sasaima y Albán

Adicional a la correlación que ejerce sobre los 10 Municipios con los que colinda, el municipio tiene gran importancia a nivel regional al contar con 344 Municipios dentro de su área influencia. A partir de esto se enmarca a Facatativá como un centro de servicio regional, un sitio de producción y suministro de alimentos para la capital y las provincias, además de ser un lugar estratégico para la localización de industria (Alcaldía Municipal de Facatativá, 2014)

El Municipio se encuentra dividido político administrativamente en 14 veredas: La Tribuna, Mancilla, Tierra Grata, Moyano, Pueblo Viejo, La Selva, El Prado, Cuatro Esquinas de Bermeo, Los Manzanos, San Rafael, Tierra Morada, Paso Ancho, El Corzo y Corito. De las Cuales la Vereda Mancilla es la más extensa en Hectáreas (16,8%) y Tierra Grata la menor (1%).



Ilustración 1. Ubicación geográfica del municipio de Facatativá

6.4.2 Vereda Cuatro Esquinas de Bermeo

Cuatro Esquinas de Bermeo es una de las 14 veredas que conforman el municipio de Facatativá, posee una extensión de 1.022 ha que representan aproximadamente el 6,57% del área rural del municipio siendo la 7 vereda con mayor extensión. Esta vereda cuenta con un centro poblado llamado el Paraíso con una extensión de aproximadamente 0.54 ha. Las principales actividades que económicas que se llevan a cabo en esta vereda son de carácter agropecuario, en donde resaltan los cultivos de papa, arveja, fresa y el pastoreo de ganado bovino (SDAMA, 2016)

Con respecto a la estructura ecológica de principal, en la vereda se encuentra ubicado el cerro negro catalogado como un área de reserva forestal, por otro lado, sobre la vereda tienen injerencia dos quebradas una por el sur (Quebrada Colombia) y otra por el oriente (Quebrada Bermeo) (Alcaldía Municipal de Facatativá, 2014)

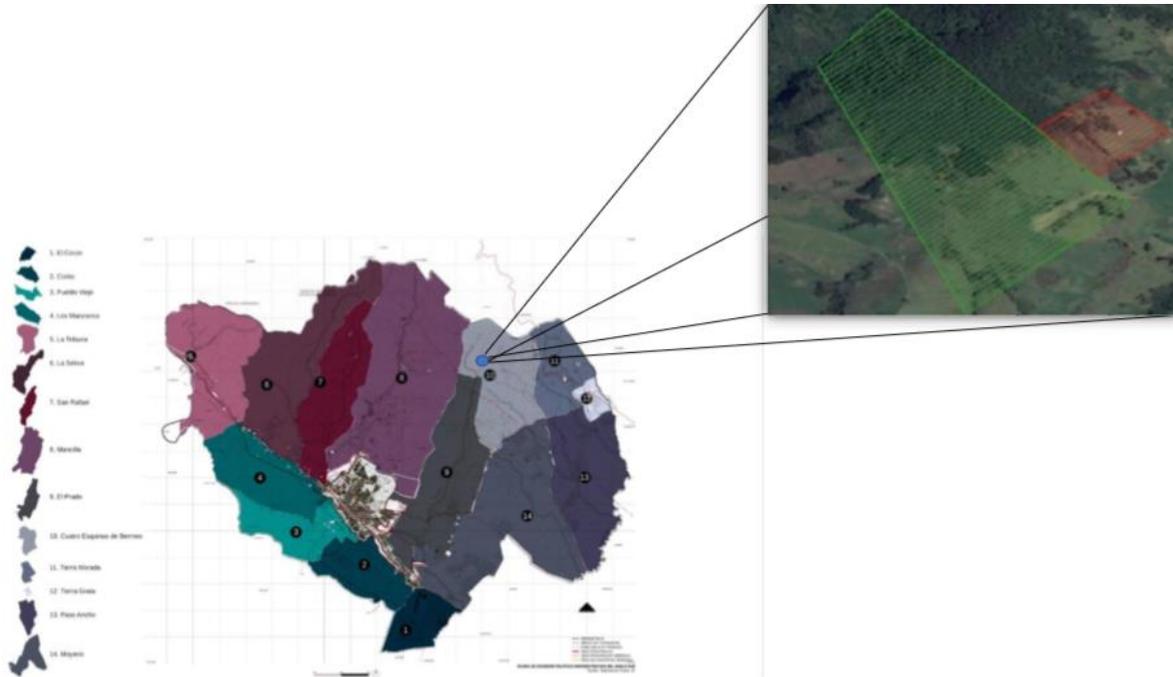
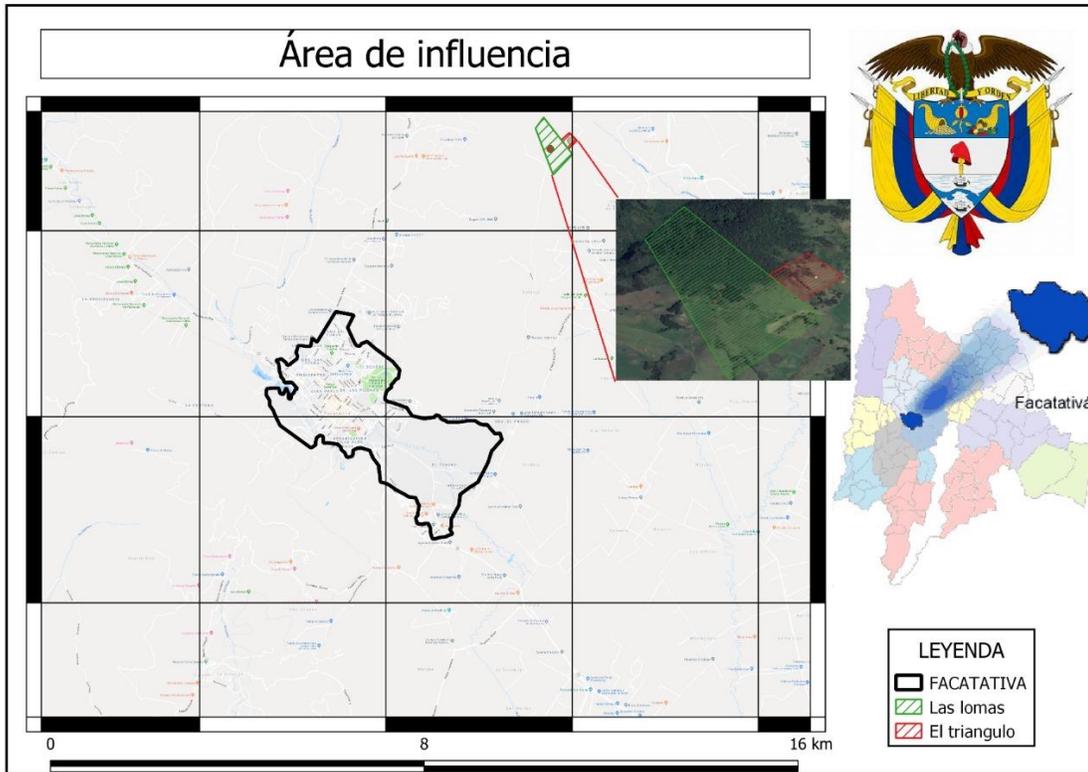


Ilustración 2. Localización de la vereda Cuatro Esquinas (Vereda N°10)

6.4.3 Área de Influencia

Los predios en donde se pretende realizar la propuesta de reforestación tienen el nombre de Las Lomas y el Triángulo, se encuentran ubicados a oriente del municipio de Facatativá con una extensión de 41 ha y 4,3 ha respectivamente a aproximadamente 15 minutos desde centro del municipio, se puede acceder a ellos por la vía llamada Facatativá- El Vino.



*Ilustración 3. Localización de los predios (Área de Influencia)
(Para más detalle ver anexo 2)*

6.4.4 Características Físicas

Temperatura

Por su altitud, Facatativá presenta un clima frío que tiene como temperatura media anual los 14 °C. Sin embargo, presenta dos épocas de "heladas", la primera desde diciembre hasta marzo y la segunda en julio y agosto; en estos dos periodos, se presenta durante el día una temperatura de hasta 22 °C, pero en la noche una temperatura media de 0°C, a excepción de los meses de diciembre y enero, cuando la temperatura nocturna promedio es de -9 °C (SDAMA, 2016)

Relieve

El Municipio de Facatativá, se encuentra ubicado geográficamente en el extremo occidental de la Sabana de Bogotá D.C. a 36 Km de la ciudad capital, cerrándose en dos ramificaciones de la cordillera Oriental, constituidas por los cerros de "Aserraderos" y "Santa Elena", de los cuales uno sigue la dirección de Occidente Sur, formando el cerro de Manjuy y el otro de Occidente-Oriente formando los cerros de Churrasi , Piedrecitas y Mancilla, para terminar en el punto de la vuelta del cerro, en el camino que

conduce a Subachoque. Dentro de su geografía se destacan el alto de La Tribuna con una altura aproximada de 3.000 metros, ubicado al occidente de la Vía Albán; el alto de Las Cruces con 2800 metros, ubicado al sur de la Vía Anolaima por el Camino Real; el cerro Manjuy con 3150 metros; los caminos reales de Zipacón, Anolaima al Gualivá (Sasaima): sendero vereda Mancilla la Selva San Rafael, Camino Antiguo Ferrocarril Mancilla El Dintel: reservas naturales Vereda la Selva entre otros. Actualmente a Facatativá, se llega desde Bogotá por la ruta de la autopista Medellín y por la salida a Honda, también se llega por los caminos Reales los cuales son vestigios de lo que fue la antigua ciudad por donde pasó gran parte del desarrollo e historia del país. (SDAMA, 2016)

Precipitación

La precipitación corresponde al total de lluvia ocurrida durante determinado período de tiempo. Esta medición se determina en milímetros de precipitación: 1mm de precipitación corresponde a un litro de agua precipitada por cada metro cuadrado de terreno (1 lt/m²). El estudio de precipitación en Facatativá se realizó teniendo en cuenta los datos suministrados por las estaciones presentes en sus 3 (tres) principales cuencas y subcuencas hídricas (SDAMA, 2016)

Tabla 2. Cuencas Facatativá

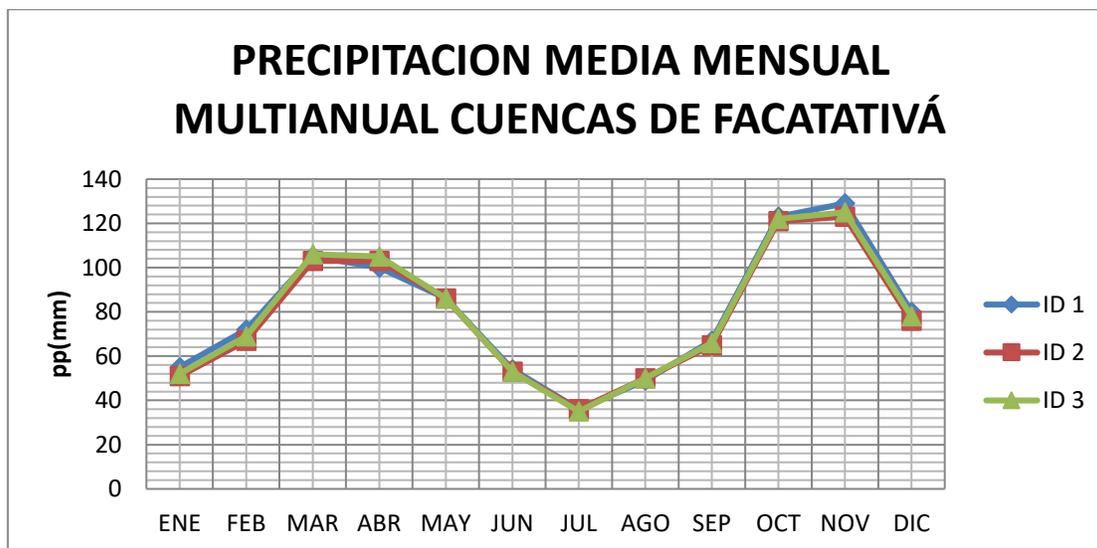
Id	Subcuenca/Cuenca
1	Subcuenca Qda Mancilla hasta confluencia con río Botello
2	Subcuenca Río Botello hasta confluencia con Qda Mancilla
3	Cuenca Río Botello hasta reservorio Santa Marta

Tabla 3 Precipitación media mensual multianual en cada una de las subcuencas

ID	EN E	FE B	MA R	AB R	MA Y	JU N	JU L	AG O	SE P	OC T	NO V	DI C	TOTA L	Pro m
1	55	72	105	100	86	54	36	49	67	123	129	80	955	80
2	51	67	103	103	86	53	36	50	65	121	123	76	936	78
3	52	69	106	105	86	53	35	50	66	122	125	78	946	79

Fuente: (Ingeniería y Recursos Hídricos IRH Ltda, 2010)

Ilustración 4. Precipitación media mensual multianual en cada una de las subcuencas



Fuente: (Ingeniería y Recursos Hídricos IRH Ltda, 2010)

El régimen mensual de precipitación de esta provincia presenta un régimen bimodal (dos épocas lluviosas y dos épocas secas). El primer periodo lluvioso dura de marzo a abril y el segundo corresponde a los meses de octubre a noviembre. El mes de noviembre es el más lluvioso del año con cerca de 129 mm de precipitación. La primera época seca dura de enero a febrero y la segunda está comprendida de julio a septiembre. En el año 2012, septiembre fue el mes más seco con 35 mm de precipitaciones (CAR, 2012).

Hidrografía

Según la Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente, el municipio se encuentra regado por una red hidrográfica de la que sobresale la principal arteria fluvial determinada por el Río Los Andes o Río Botello (Tenequene) cuyo nacimiento se halla al suroccidente de la cabecera municipal, y desemboca en el Río Bojacá. Entre sus afluentes están el Río Pava y la Quebrada El Vino. Cuenta con otras corrientes de menor tamaño que han sido sometidas a campañas de limpieza en los últimos años (SDAMA, 2016). Además, cuenta con más de diez humedales; entre los cuales destacan

- Las Tinguas.
- La Guapucha Villa Nueva.
- El Desecho y Piedras del Tunjo
- La Fleishman.
- Los Micos.
- San Rafael
- Las Cuevas y Cañadas.

Covarachía.
Manantial
Gatillo (Humedal Artificial)
Corito
El Vino.

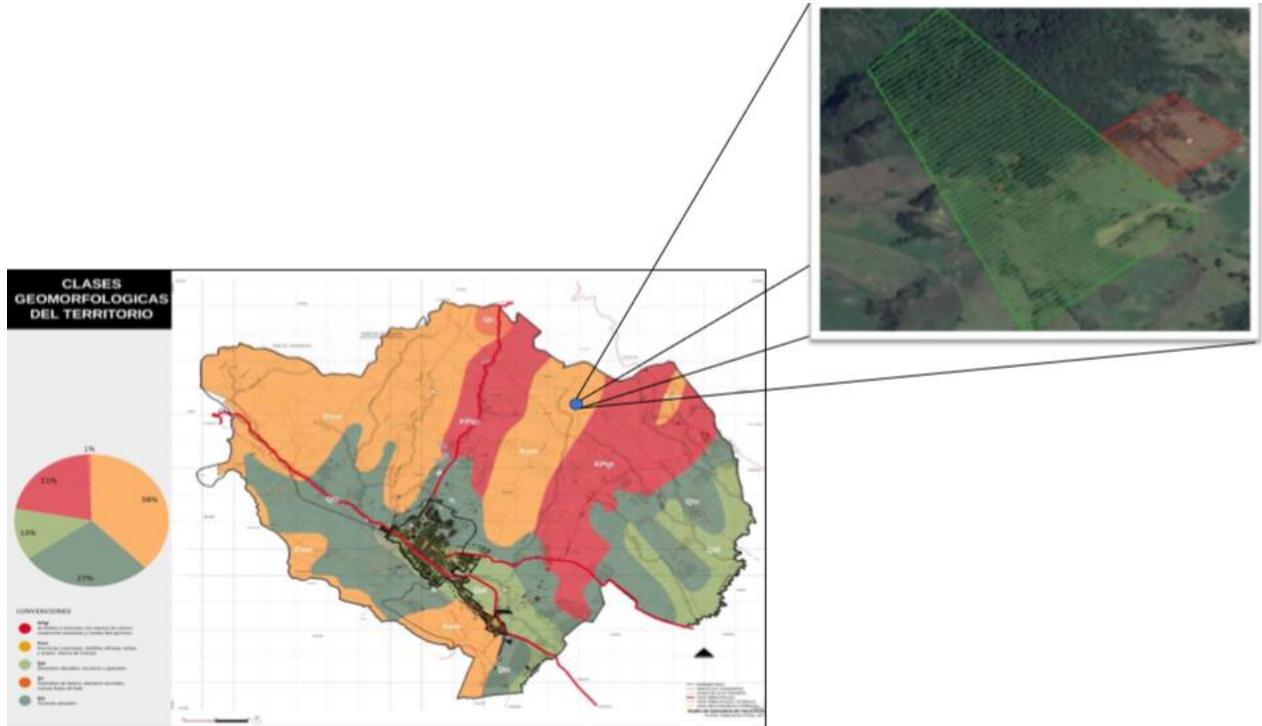
Geología

Según él (IGAC, 2011), el municipio de Facatativá perteneciente a la sabana de occidente fue originado en su mayor parte por la acumulación de sedimentos fluviales y lacustres que colmataron la cuenca de la Sabana de Bogotá durante el Cuaternario.

Tabla 4. Tipos de roca en Facatativá

CONVENCIÓN	TIPO DE ROCA
KPgt	Arcillo litas y limonitas con mantos de carbón, localmente areniscas y niveles ferruginosos.
Ksm	Areniscas cuarzosas, lodolitas silíceas, lutitas y shales. Bancos de calizas.
Qal	Depósitos aluviales, lacustres y glaciales.
Qc	Depósitos de ladera, abanicos aluviales que incluyen flujos de lodo.
Qtz	Terrazas aluviales

Ilustración 5. Clases Geomorfológicas Del Territorio



Fuente: Estudio técnicos para la revisión estructural del Plan de Ordenamiento Territorial de Facatativá (2014)

Suelos

Los suelos en Facatativá se caracterizan por haber evolucionado a partir de cenizas volcánicas; son profundos, bien drenados, de texturas medias, con baja retención de humedad; reacción neutra y fertilidad muy alta (IGAC, 2011) De lo anterior es importante concluir que la vocación de los suelos de Facatativá es agrícola y cumple un papel fundamental en la seguridad alimentaria de sus habitantes y de los municipios aledaños, por lo cual; las estrategias de producción agropecuarias deben ser sostenibles.

Tabla 5 Las características del suelo de Facatativá

Características Químicas	Características Físicas	Taxonomía
PH'S ligeramente ácidos, moderada saturación de	Texturas moderadamente finas, estructuras moderadas,	Dominancia equilibrada de los

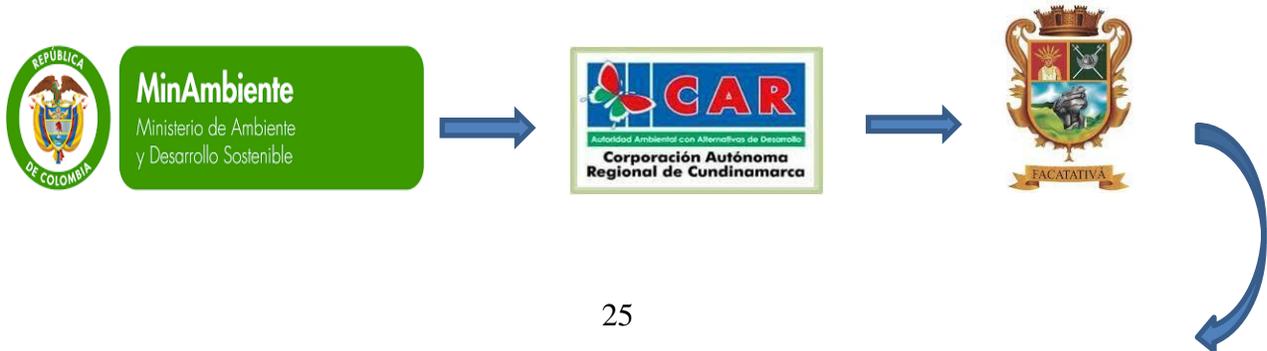
aluminio, moderada a alta saturación de bases, moderados contenidos de carbón orgánico, moderados contenidos de fósforo, potasio y calcio. En general, suelos son de fertilidad moderada a alta.	densidades aparentes en suelos originados a partir de rocas y bajas en aquellos que son producto de la evolución de cenizas volcánicas y un alta susceptibilidad a la erosión hídrica cuando son desprovistos de vegetación	suelos de los órdenes Andisol e Inceptisol.
--	---	---

7. Marco Institucional

En los últimos años, el sector forestal ha sufrido una transformación fundamental, en gran medida como consecuencia de reestructuraciones institucionales, la reducción de tamaño, modificaciones de la propiedad y un mayor reconocimiento de los múltiples beneficios que proporcionan los bosques (FAO, 2003)

Para esta propuesta de reforestación bajo el artículo 111 de la ley 99 de 1993 existen autores involucrados tanto gubernamentales como sociales, el primero de ellos es el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible que tiene como fin definir la política Nacional Ambiental y promover la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables este fin lo cumple por medio de las Corporaciones Autónomas regionales, en este caso CAR Cundinamarca, encargada de realizar el diagnóstico del estado actual de la zona de interés, otro actor es la Alcaldía Municipal de Facatativá que por medio de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente tiene como responsabilidad determinar la política, ordenamiento, manejo y gestión de los recursos naturales y del Medio Ambiente del municipio, por último se encuentra la comunidad representada por la Junta de Acción Comunal de la Vereda y los propietarios de los terrenos en disponibilidad de venta que cumplen con los requisitos mencionados en el artículo 111 de la ley 99 de 1993.

Ilustración 6. Actores involucrados





8. Metodología

Alcance: Para este trabajo de investigación, se seleccionan dos tipos de alcance, el primero es el descriptivo que según Sampieri (2010) los estudios de carácter descriptivo son útiles para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación, en este caso se quieren resaltar los beneficios que puede traer la reforestación en la protección de áreas estratégicas asociadas al recurso hídrico.

El segundo alcance es correlacional al que Sampieri (2010) destaca como un alcance en donde se intenta predecir el valor aproximado que tendrá un grupo de individuos o casos en una variable, a partir del valor que poseen en las variables relacionadas, en este caso la estimación del beneficio ambiental que puede traer la propuesta de reforestación para la población dentro del área de influencia.

Enfoque: Para Sampieri (2010) existen tres tipos de enfoques; cuantitativo, cualitativo y mixto. En este trabajo de investigación se optará por aplicar el enfoque mixto ya que este permite una percepción más integral, completa y holística debido a sus aproximaciones cuantitativas y cualitativas a los objetos de estudio mediante números y lenguaje intentando recabar un rango amplio de evidencia para robustecer y expandir entendimiento de las teorías, conceptos y modelos analíticos presentes en el trabajo de investigación.

Con la finalidad de realizar una propuesta de reforestación acorde con las características de los suelos del municipio se ha optado por implementar la metodología propuesta en el estudio *“Primera etapa de la revegetalización y restauración ecológica del parque arqueológico de Facatativá”* realizada por Bocanegra (2016), sin embargo se tendrá en cuenta los lineamientos para la protección del recurso hídrico en una subcuenca planteados en el estudio *“Ventajas del proceso de reforestación sobre la atenuación de la erosión y propuesta de protección y desarrollo de un área de recarga en el valle central de Costa Rica”* en donde se recomienda que es importante tener en cuenta que la reforestación en áreas de interés estratégico se deben realizar bordeando al o los cuerpos hídricos de interés los del estudio en donde que las zonas declaras áreas protectoras

En la metodología se plantearon los siguientes pasos:

Paso 1. Revisar la información secundaria disponible de la historia natural de la Sabana de Bogotá, historia de la ocupación del territorio y su relación con el entorno natural, las condiciones biofísicas del Municipio de Facatativá con énfasis en la vegetación.

-Se adelanta la revisión de la información secundaria disponible de la historia natural de la Sabana de Bogotá, historia de la ocupación del territorio y su relación con el entorno natural, las condiciones biofísicas del Municipio de Facatativá con énfasis en la vegetación

Paso 2. Realizar los cateos de vegetación en zonas del entorno cercano, la Sabana de Bogotá y la región.

-Se adelantan los cateos de vegetación del entorno cercano, la Sabana de Bogotá y la región, con el fin de identificar las especies más representativas de estos ecosistemas

Paso 3. Identificar áreas vecinas con vegetación en buen estado de conservación que puedan ser utilizadas para el reconocimiento de las especies propias del Municipio de Facatativá.

- Se identifican áreas vecinas con vegetación en buen estado de conservación que pueden ser utilizadas para el reconocimiento de las especies propias del Municipio de Facatativá, aunque se encuentran alta mente intervenidas estas zonas aún conservan lagunas especies nativas que pueden ser utilizadas como banco o fuente semillera para adelantar procesos de propagación.

Paso 4. Realizar la georreferenciación y demarcación de los sitios para la revegetalización.

- Se realiza la georreferenciación y la marcación de los sitios para la revegetalización.

Paso 5. Ubicar espacialmente y demarcar aquellas áreas que serán objeto de intervención para la plantación del material vegetal

-Se identifican y demarcan las zonas objeto de intervención para la plantación de las especies.

Paso 6. Seleccionar las especies vegetales teniendo en cuenta la oferta natural y la disponibilidad comercial del material vegetal

-Se realiza la selección de las especies vegetales de acuerdo con la oferta y disponibilidad de estas

Paso 7. Definir la estrategia de adaptación y establecimiento del material vegetal

-La estrategia tiene como base la ubicación de los individuos de acuerdo con sus características en diferentes posiciones estratégicas, es así como se parte en definir el individuo vegetal central, la cual debe corresponder una especie arbórea propia del dosel del ecosistema maduro de lento crecimiento y se encuentra rodeado por anillos de protección de especies arbóreas y arbustivas de rápido crecimiento

Paso 8. Definir las estrategias y plan de seguimiento de la revegetalización, manejo de los residuos vegetales y de recuperación de suelos.

-Realizar evaluaciones y seguimientos periódicos mensuales con el fin de observar el desarrollo y adaptación de las especies.

Tabla 6. Técnicas e instrumentos utilizados en la metodología

METODOLOGIA	TECNICA	INSTRUMENTO
Determinar la importancia de reforestación en procesos de conservación	Revisión Bibliográfica	Bases de datos, trabajos de grado, estudios de entidades gubernamentales
Determinar los beneficios post reforestación	Revisión Bibliográfica	Bases de datos, trabajos de grado, estudios de entidades gubernamentales
Calcular la relación costo-beneficio ambiental	Revisión Bibliográfica, Recolección de datos	(RBC)-Instrumento ambiental y financiero
Selección de especies para reforestación	Revisión Bibliográfica, Observación	Bases de datos, trabajos de grado, estudios de entidades gubernamentales - Diario de Campo
Cuantificar la participación comunitaria	Entrevista	Encuestas, censo
Diseñar la propuesta de conservación	Revisión Bibliográfica	Bases de datos, trabajos de grado, estudios de entidades gubernamentales
Seguimiento posreforestación	Visitas a campo	Formatos de Campo

9. Plan de trabajo

A continuación, se presenta el plan de trabajo por el cual se desarrollan los objetivos planteados, cada objetivo específico tiene las actividades y los resultados esperados.

Tabla 7. Plan de trabajo

Objetivo general		
Formular una propuesta de reforestación para la conservación de áreas de interés estratégico en la zona rural del municipio de Facatativá, Cundinamarca.		
Objetivos específicos	Actividad	Resultado
Determinar la importancia y los beneficios de la reforestación como una alternativa de conservación.	-Revisión bibliográfica a partir de fuentes secundarias acerca de la importancia y los beneficios de la reforestación.	-El resumen de la consulta de más de 35 documentos que destacan la importancia y los beneficios que traen los procesos de reforestación.
Calcular la relación entre el costo de inversión y el beneficio ambiental	-Aplicación del Instrumento ambiental y financiero con la finalidad (RBC)	-Obtener la relación aproximada entre el costo de la inversión y el beneficio ambiental.
Diseñar una propuesta para la conservación del área de interés estratégico	-Selección de la metodología con la cual se propone la conservación de las áreas de interés estratégico asociadas al recurso hídrico.	-Planteamiento del diseño de la propuesta y las actividades orientadas a la conservación de los recursos
	-Selección las especies adecuadas para la reforestación.	-Listado de las especies arbóreas propicias para procesos de reforestación
	-Monitorear el proceso de reforestación	-Consolidado de estrategias y actividades encaminadas al seguimiento y monitoreo del proceso de reforestación

Fuente: Autor

9.1 Inversión de la propuesta

El siguiente apartado contiene la información de los costos que se tienen en cuenta para la implementación de la propuesta de reforestación, cabe aclarar que los costos fijados aquí son aproximaciones y pueden variar de acuerdo con el año y periodo donde se implemente la reforestación, sin embargo, no está lejos del costo que pueden tener los procesos de reforestación habitual.

Tabla 8. Costos del proceso de reforestación

Presupuesto				
Concepto	Unidad/Día	Valor Unit	Cantidad	Total
Estrato	Árbol	\$1.200	6.230	\$7.476.000
Estrato	Árbol medio	\$1.000	4.154	\$4.154.000
Estrato	Arbusto	\$900	3.461	\$3.114.900
Total Material Vegetal			13.845	\$14.744.900
Transporte del Material				\$800.000
Mano de Obra				
Ahoyado	Jornal	\$40.000	30	\$1.200.000
Fertilización	Jornal	\$35.000	5	\$175.000
Siembra	Jornal	\$35.000	8	\$280.000
Plateo	Jornal	\$35.000	8	\$280.000
Encargado	Profesional	\$180.000	3	\$540.000
Materiales e Insumos				
Abono orgánico	Bulto	\$25.000	100	\$2.500.000
Transporte	-	-		\$300.000
Maquinaria y Equipos	-	-		\$1.800.000
Programas				
Capacitación a programas				\$1.200.000
Programa de adaptación de especies	-	-		\$850.000
Programa de monitoreo y control	-	-		\$850.000
Total				\$ 25.519.900.

10. Resultados

10.1 La importancia y los beneficios de la reforestación

Luego de realizada la consulta bibliográfica de más de 40 documentos en donde se destacan revistas indexadas, artículos y publicaciones académicas, se realizará una síntesis de la importancia y los beneficios que según varios autores pueden traer los procesos de reforestación.

Beneficios Ecológicos

Los procesos de reforestación cerca de cuerpos hídricos traen consigo la protección de los cauces y las captaciones superficiales de agua, por lo que estos procesos son fundamentales para mantener la buena calidad del agua, evitar la erosión y la disposición de materiales terrígenos, por otra parte, una vez plantados, los árboles funcionan como cercas vivas impidiendo la entrada de animales al curso de agua, asegurando un suministro de agua en buen estado. La protección de cuerpos de agua y áreas de recarga se basa fundamentalmente en la reforestación. Sin embargo, en la realidad la ejecución de procesos de reforestación está siendo sometido a presiones económicas muy fuertes. Por lo tanto, la participación de entes gubernamentales en el diseño de planes para el cuidado de áreas estratégicas asociadas al recurso hídrico es necesaria para el desarrollo de zonas rurales de los municipios (Sanabria, A. V, 1997).

Los árboles son parte fundamental de los ecosistemas, por el sinnúmero de beneficios ecológicos que estos generan. Según Reyes y Gutiérrez (2010) Los árboles protegen de los rayos solares, tamizan la luz intensa y embellecen el espacio, pero, sobre todo, tienen una función de regulación bioclimática que favorece la humedad del aire al absorber el agua por sus raíces y restituirla por evapotranspiración. Reyes y Gutiérrez (2010) afirman que dentro de las ventajas y beneficios que pueden traer los procesos de reforestación se encuentran la disminución de la radiación solar, siendo opacada con la sombra, la absorción de calor, y la regulación de la temperatura.

Las reforestaciones realizadas cerca de las rondas de quebradas tienen tres tiempos; el primero a corto plazo en donde se reducen los niveles de contaminación orgánica, producto de la reconversión de los sistemas pecuarios desarrollados sobre la ronda de la quebrada, el segundo a mediano plazo en donde se ayuda a la reducción de los niveles de turbiedad y sedimentación, producto de la revegetalización y disminución de la erosión hídrica originada por prácticas agropecuarias inadecuadas en áreas con vocación forestal o de conservación y a largo plazo, una mayor regulación del caudal, por el mejoramiento de los niveles de infiltración de agua en los suelos producto de la descompactación. (Almanza, 2010)

Otro de los beneficios ecológicos y más esenciales que ofrecen los ecosistemas son los hidrológicos que se pueden obtener y mantener mediante estrategias de conservación como la reforestación, ya que el aumento de la cobertura vegetal influye en la regulación del ciclo hidrológico. La generación de agua es un servicio ecosistémico indispensable para las zonas con alta densidad demográfica, actividades industriales y terciarias, incluidas las actividades asociadas al sustento de los habitantes por lo que la falta de este recurso puede afectar directamente todo tipo de actividades. (Villavicencio, 2009)

Para finalizar, otro de los beneficios lo resalta Ventura (2017) que afirma que las reforestaciones son una estrategia de restauración ecológica, y las considera herramientas importantes para revertir las condiciones de degradación que presentan diversos ecosistemas a nivel mundial, ya que el propósito que tienen los procesos de reforestación es el de recuperar las funciones y estructura de los ecosistemas. Como meta final, estos procesos buscan que todos aquellos ecosistemas que sean recuperados por medio de la reforestación sean autosuficientes y resilientes ante nuevas perturbaciones, manteniéndose estructural y funcionalmente, e interactuando con ecosistemas aledaños en términos de flujos bióticos y abióticos.

Beneficios Socioeconómicos

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2011) sostiene que los procesos de reforestación en bosques representan una alternativa para los países tropicales donde la pobreza rural está relacionada con aislamiento geográfico, degradación ambiental, uso irracional de la tierra, debilidad institucional y acceso limitado a los recursos.

Los bosques que son seleccionados para realizar procesos de restauración ecológica mediante reforestación, además de poder ofrecer regulación hídrica y albergue de biodiversidad ofrecen otros servicios como el senderismo y el ecoturismo. De modo que los países tropicales cuentan con ventajas comparativas para generar riqueza y crecimiento económico, siempre y cuando se haga un aprovechamiento con criterios de racionalidad, eficiencia y sostenibilidad. (Garcés, 2013).

En Colombia, el sector forestal está poco desarrollado, y, por ende, esta actividad no ha mejorado las condiciones de vida de la población rural. El Gobierno nacional y el local, conscientes de ello, han establecido metas de reforestación e incentivos económicos para alcanzarlas. En el ámbito nacional, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) se propuso alcanzar 450.703 hectáreas (ha) plantadas en el año 2010, y 1.208.910 ha en 2020; para ello ofrece el Certificado de Incentivo Forestal, el Incentivo a la Capitalización Rural y algunas líneas de crédito con la finalidad de involucrar y a las comunidades a ayudar en los procesos de reforestación realizando una simbiosis entre los habitantes de sectores rurales y los entes gubernamentales (Garcés, 2013).

Los incentivos económicos mencionados por Garcés (2013) son herramientas con las que cuenta el estado colombiano para motivar a personas naturales y/o jurídicas que cuentan con terrenos en los cuales se han realizado algún tipo de actividad económica, pero que cuentan características propicias para realizar procesos de reforestación, por otra parte también se tienen en cuenta terrenos que

cuentan con algún tipo de bosque y que por voluntad de sus propietarios se desea seguir conservando y estableciendo nuevas especies para su propio desarrollo. Estos incentivos son un aporte directo en dinero, por parte del Estado a las externalidades positivas de la reforestación, otorgándoles a sus beneficiarios una bonificación en efectivo de los costos de siembra de plantaciones forestales con fines protectores-productores en terrenos de aptitud forestal.

Por último, según Almanza (2010) los ingresos básicos de los pobladores de algunas zonas rurales del país provienen de los trabajos por jornales, de la venta de cultivos y animales, sin embargo el cuidado de los ecosistemas puede ser otra fuente de ingresos para los pobladores de las áreas rurales ya que el establecimiento de corredores biológicos, prácticas de manejo forestal, manejo de la regeneración natural, revegetalización, restauración y reforestación de áreas degradadas por parte de los habitantes pueden hacer parte de lo que sería la implementación de un Pago por Servicios Ambientales (PSA) generando incentivos económicos monetarios para el desarrollo de estas zonas del país.

10.2 Planteamiento del diseño de la propuesta

Selección de la metodología

En esta propuesta de reforestación se tuvieron en cuenta las metodologías desarrolladas en los trabajos de investigación como el de (Sanabria, A. V, 1997) titulado “Ventajas del proceso de reforestación sobre la atenuación de la erosión y propuesta de protección y desarrollo de un área de recarga en el valle central de Costa Rica”. La otra metodología que se tuvo en cuenta fue la propuesta en el trabajo de (Mendoza, 2019) titulado “Caracterización de la especie *Chrysobalanus Icaco* como alternativa de reforestación para mitigar procesos de erosión costera”. Cabe resaltar que en cada una de estas metodologías existen lineamientos y pautas para la recuperación de ecosistemas que han sido afectados por algún tipo de actividad económica desarrollada por el hombre, sin embargo, se optó por escoger la metodología de siembra propuesta por Bocanegra (2016) ya que se desarrolla en el municipio y propone una metodología acorde a las especies arbóreas que se pueden encontrar en el área de estudio.

Listado de las especies propicias para el proceso de reforestación en el área de estudio

A continuación, se realizó un listado de las especies nativas que, según lo consultado, en términos generales cuentan con las características propicias para la propuesta de reforestación, teniendo en cuenta las condiciones climáticas del área de estudio, el tipo de suelo y el potencial de adaptación de las especies para favorecer su óptimo desarrollo.

Tabla 9. Especies seleccionadas para la propuesta de reforestación

Nombre Común	Especie	Estrato	Uso	Imagen
Alcaparro Gigante	<i>Cassia Velutina</i>	Árbol	Reforestación ornamental, como cercas vivas; sombrío; en medicina sus hojas son usadas contra el tifo y la disentería.	
Aliso	<i>Alnus Jorullensis</i>	Árbol	Reforestación proteccionista en hoyas hidrográficas y nacimientos de agua; cercas vivas, madera	
Angelito	<i>Monochoetum Myrtoideum</i>	Arbusto	Reforestación ornamental o cultural en conservación de suelos y cuencas hidrográficas	
Arboloco	<i>Polymnia Pyramidalis</i>	Árbol	Protección de manantiales, medicinal, hojas contra dolores reumáticos y neurálgicos.	

Cajeto	<i>Drimys Granadensis</i>	Árbol mediano	En antejardines, culinaria (preparación de carnes y comidas), medicinal, estimulante, especie conservacionista.	
Caucho Sabanero	<i>Soatensis</i>	Árbol	Ornamental y como protectora de cuencas hidrográficas	
Chite	<i>Chusquea Sp</i>	Arbusto	Conservación de nacimientos de agua, cañadas y microcuencas.	
Corono	<i>Xylosma spiculifera</i>	Árbol	Especie adecuada para formar setos y cercas vivas. Resistente y adecuado para la conservación de suelos y el control de la erosión.	
Dividivi	<i>Caesalpinia spinosa</i>	Árbol	Apropiado para restaurar y proteger suelos erosionados y secos	

Guaque	<i>Clusia Spp</i>	Arbusto	Protección y conservación de cuencas hidrográficas.	
Roble	<i>Quercus humboldti</i>	Árbol	Industrial, madera dura y pesada, protección y conservación de cuencas hidrográficas	
Sauco	<i>Sambucus peruviana</i>	Arbusto	Ornamental, conservación de suelos y microcuencas de agua. Medicinal	
Siete Cueros	<i>Tibouchina lepidota</i>	Árbol mediano	Protector de fuentes hídricas y como inductor de restauración de bosques secundarios, además tiene uso ornamental sembrado usualmente en parques	
Tibar	<i>Escallonia paniculata</i>	Árbusto	Conservación de las cuencas hidrográficas	

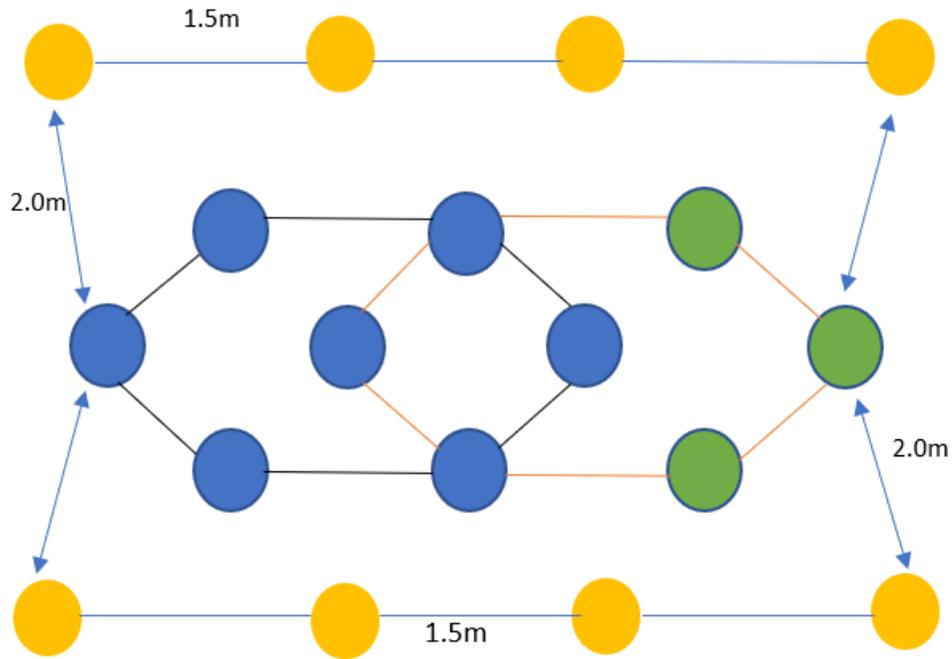
Adaptación y establecimiento del material vegetal

Como estrategia de adaptación y establecimiento del material se propone un modelo de restauración, el cual tiene la distribución de las especies acorde a la estructura y regeneración natural de estas, por lo que se puede lograr un mayor desarrollo y aumentar el éxito en la conservación y restauración del área de estudio. El diseño del módulo de restauración permite definir la organización espacial de las especies vegetales seleccionadas respecto de las demás, este diseño consiste en la conformación de núcleos densos, variables en forma y estructura, teniendo en cuenta la condición del porte fisiológico de la especie (porte arbóreo, arbustivo y herbáceo), de igual manera es importante identificar el nivel luz y sombra que definen el tiempo de crecimiento de las especies y la interacción entre ellas y las demás existentes.

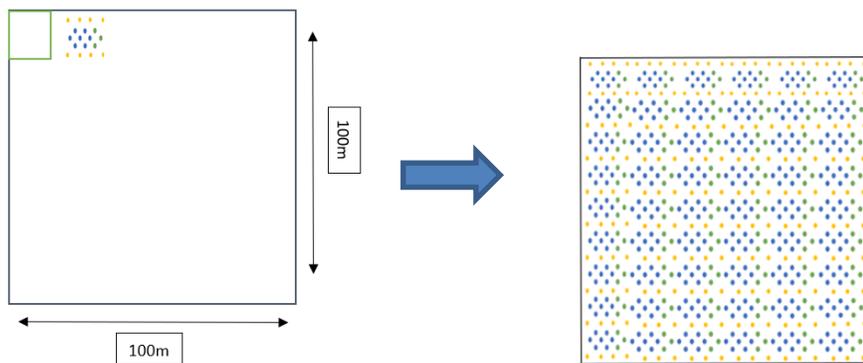
La conformación del módulo tiene como base la ubicación de los individuos de acuerdo con sus características en diferentes posiciones estratégicas, es así como se parte en definir el individuo vegetal central, la cual debe corresponder una especie arbórea propia del dosel del ecosistema maduro de lento crecimiento y se encuentra rodeado por anillos de protección de especies arbóreas y arbustivas de rápido crecimiento. El primer anillo debe realizarse con especies de tipo arbustivo (anillo de protección), estas generan condiciones de biomasa y microclima, nutrientes a través de interacciones suelo-planta microorganismos etc., propias para la adaptación y desarrollo del individuo central, el anillo externo lo componen principalmente especies arbustivas que cumplen la función de barreras de protección contra los daños antrópicos que se puedan presentar como ramoneo del ganado, luego del anillo externo se pueden implementar especies que realicen la función de cercas vivas, con el fin de mantener aún más protegido el módulo y combinar las técnicas más habituales en reforestación que son el método tresbolillo y el rectangular.

El siguiente módulo tiene como objetivo ilustrar la distribución espacial de las especies para el proceso de reforestación, las especies están representadas por los colores azul, verde y amarillo, las especies de color azul y verde son las que conforman el primer y segundo anillo creando una dos figuras en forma de hexágonos que se conectan entre si y las especies de color amarillo forman verticalmente rectángulos con el fin de obtener los beneficios que se mencionan anteriormente.

Ilustración 7. Módulo de distribución espacial de las especies



Fuente: Autor



El objetivo del módulo anterior es apreciar la forma en la cual serían distribuidas las especies aptas para conservar las áreas de interés. En este caso se debe tener en cuenta que, en el primer núcleo deben ir dos especies vegetales de estrato árbol con el fin de tener dos individuos centrales de gran crecimiento y alrededor de ellos, en el segundo anillo pueden ir sembrados especies de estrato arbusto o arboles medianos (sin sembrar una especie similar al lado de otra) con el fin de proteger los dos individuos centrales por último, alrededor de ellos pueden sembrarse especies vegetales de cualquier

estrato, esto con el fin de crear un bosque heterogéneo, ayudar a la recuperación del suelo y a la restauración ecológica.

Lineamientos que promueven la buena adaptación de las especies

Como medida de sostenibilidad se propone realizar actividades de mantenimiento a partir de cumplido un mes de la plantación y de ahí en adelante cada dos meses, el mantenimiento debe realizarse durante tres años con el fin de garantizar el establecimiento y arraigo de los árboles establecidos en los módulos propuestos.

Con el fin de mantener en buenas condiciones de hidratación el suelo de los árboles plantados, es necesario adelantar las siguientes acciones:

Riego

1- El riego deberá orientarse o realizarse siempre que no se cumpla las condiciones de humedad necesarias para que se garantice el desarrollo del árbol. En este caso es necesario que se identifiquen las condiciones del tiempo, si es una temporada seca se debe aumentar la frecuencia de riego.

2- La característica del agua a utilizar debe ser libre de detergente, cloro o algún tipo de tratamiento. Si el riego se realiza por medio de baldes, canecas u otro tipo de recipiente, este debe estar libre de residuos de pinturas, combustibles, fungicidas, aceites etc., de esta manera se evita posibles afectaciones a la planta y contaminación del suelo.

3- Para garantizar el adecuado desarrollo de los árboles, se recomienda suministrar veinte (20) litros de agua por árbol cada dos o tres días, o día de por medio durante las dos primeras semanas de plantación.

4- La aplicación debe ser a la base del tronco del árbol de una manera lenta, garantizando que el agua se filtre y evitando pérdidas o escurrimientos.

5- Es necesario aplicar riego en horas de la mañana antes de las 9:00 am o en horas de la tarde después de las 5: 00 pm, no se recomienda regar a medio día o con plena exposición de sol

Replateo

El plateo consiste en el retiro de plantas invasoras (arvenses) y la remoción de materiales extraños en un área de un (0.5-1) metro a la redonda de la base de los árboles. Esta actividad se hará de forma manual, y la remoción del suelo se hará de manera superficial, sin ocasionar daños al sistema radicular del árbol. Se realizarán seis (6) ciclos de plateos al año en total.

Poda

No es recomendable realizar podas de formación, sin embargo, es necesario el seguimiento por si se presentan daños estructurales al árbol que ameriten adelantar dicha actividad, del mismo modo en ocasiones por la presencia de plagas se recomienda realizar podas sanitarias o fitosanitarias.

Fertilización

Es importante realizar dos ciclos de fertilización, esta actividad se realizará de forma manual y con riego posterior para facilitar la absorción de los elementos nutritivos por parte del árbol. Esta actividad se debe adelantar cada seis (6) meses completando un total de dos (2) ciclos de fertilización en el año.

Replante

Se realizará el replante de los árboles muertos de acuerdo con lo observado durante la ejecución del mantenimiento. Esta actividad se realizará cuando sea necesario durante el desarrollo de la etapa de mantenimiento. Se estima un replante equivalente al 10% del material vegetal plantado, sin embargo, esta cifra puede ser mayor o menor dependiendo de la capacidad de adaptación de las especies, factores de deterioro por daño antrópico, ataques de plagas entre otros. En el mismo sentido es importante que en épocas de verano o en épocas de heladas se adelante la evaluación y el seguimiento con el fin de realizar las acciones pertinentes respecto a la protección de los arboles por presencia de heladas.

Por lo anterior al tener conocimiento de que existe alta probabilidad de presentarse heladas, se debe realizar riego en horas de la noche con el fin de permitir que la temperatura del agua desciende y permite mantener un equilibrio de la temperatura, el riego debe ser homogéneo y debe realizarse de manera abundante sobre el follaje.

Estrategias de monitoreo y control

En todo proceso de reforestación se hace presente la necesidad de realizar una serie de estrategias de control con la finalidad de hacer un seguimiento a las condiciones en las que se encuentran los módulos de restauración, y así asegurar que el proceso se desarrolle de la mejor forma posible. Una vez revisada la literatura, se identificaron los problemas más frecuentes en los procesos de reforestación y se realizó una selección de ellos conforme a las necesidades del área de estudio.

- 1- Factores limitantes y tensionantes
- 2- Rebrotos de especies invasoras
- 3- Pérdida o muerte de los individuos vegetales plantados
- 4- Ataque de plagas, herbívora, hongos, marchitamiento, o descompensación fisiológica.
- 5- Seguimiento a los procesos de erosión cárcavas y perdidas de suelo por arrastre

-Estrategias de control

1- limitantes y tensionantes: Dentro de las limitantes frecuentes y que se puede prever en el proceso de restauración, se encuentra el acceso de ganado a las zonas en las que se encuentran ubicados los módulos, en tal sentido es necesario que en los primeros meses se realice una demarcación y señalización de estos con el fin de que se restrinja el ingreso de cualquier animal ajeno diferente a los presentes en este ecosistema que pueda afectar los árboles en proceso de desarrollo.

2- Rebrotos de especies invasoras: Una vez identificada la presencia de rebrotos de especies invasoras se debe proceder al retiro manual de dichos rebrotos, sin embargo, se recomienda que los residuos de estos deshierbes, se dejen dentro del área con el fin de que esta materia orgánica suelta sirva en primera medida como cubierta protectora del suelo disminuyendo la fuerza de la escorrentía superficial o laminar y evitando arrastres y pérdidas de sedimentos necesarios para la recuperación de los suelos; permite la regulación de la temperatura y humedad, del mismo modo durante un periodo de tiempo, estos residuos se descomponen progresivamente aportando de forma natural nutrientes y protección a los arboles incorporados en los módulos.

3- Pérdida o muerte de los individuos vegetales plantados: Como en todo ciclo natural existen pérdidas y muertes prematuras de individuos biológicos, por lo que es importante identificar qué condiciones se relacionan directamente con la muerte o deterioro de los árboles, una vez identificada dicha circunstancia, condición o situación generadora, se debe plantear acciones orientadas a corregir, de tal forma que se pueda reponer el árbol y disminuyendo el riesgo de pérdida nuevamente.

4- Ataque de plagas, herbívora, hongos, marchitamiento, o descompensación fisiológica: Una vez se identifican ataques de plagas o insectos o cualquier otra enfermedad, es necesario adelantar un Plan de Manejo Integrado de Plagas y enfermedades con el fin de orientar las acciones de remoción, fumigación u otra que se requiero en función de la condición encontrada.

5- Seguimiento a los procesos de erosión cárcavas y pérdidas de suelo por arrastre: Una vez identificados procesos de carcavamiento, pérdida de suelo o procesados de remoción en masa, se recomienda adelantar acciones de estabilización estructural del talud que este comprometido o de la cárcava que se esté presentando. La estabilización debe realizarse mediante terraceo con materiales orgánicos troncos, leños etc, de esta forma se logra el control y la corrección de las cárcavas, así como el control del escurrimiento subsuperficial.

10.3 Relación entre el costo de inversión y el beneficio ambiental

Los recursos naturales proporcionan a la sociedad una gran cantidad de flujos de bienes y servicios los cuales contribuyen al bienestar social. Además, estos flujos representan el soporte de la vida en la tierra, razón suficiente para que la sociedad desee conservar los activos ambientales. Sin embargo,

al compartir éstos las características propias de los bienes públicos y de los recursos de libre acceso, como lo son la no exclusión y la no rivalidad en el consumo, carecen de un mercado donde intercambiarse y, en consecuencia, se desconoce su precio (Osorio et al, 2004)

Según Osorio et al (2004) para hallar el costo beneficio ambiental, primero se debe identificar claramente el atributo ambiental a valorar y luego se requiere de observaciones directas de las medidas de mitigación reales que enfrentan las personas, empresas o instituciones para protegerse de los efectos ambientales negativos o riesgos asociados a éstos.

Tabla 10. Algunos beneficios ambientales

Servicio del ecosistema	Función del ecosistema	Ejemplos
Regulación de gas	La regulación de composición química atmosférica	El balance CO ₂ /O ₂ , de O ₃ para protección de UVB, y niveles de SO _x
Regulación del clima	La regulación de temperatura global, la precipitación, y otros procesos climáticos locales o globales	La regulación de gases de efectos invernaderos, producción de DMS que afecta la formación de nubes
Regulación de disturbios	Capacidad del ecosistema de dar respuesta y adaptarse a fluctuaciones ambientales	Protección a tormentas, control de inundaciones, recuperación de sequedad y otros aspectos de respuesta del hábitat a la variabilidad ambiental principalmente controlada por la estructura de vegetación.
Regulación de agua	La regulación de flujos hidrológicos	Aprovisionamiento de agua para la agricultura (como la irrigación) o procesos industriales (molinos) o el transporte
Suministro de agua	El almacenamiento y retención de agua	Aprovisionamiento de agua por las cuencas hídricas, reservorios y acuífero
Control de erosión y retención del sedimento	La retención de suelo dentro de un ecosistema	La prevención de pérdida de suelo por el viento, escorrentías, u otros procesos de remoción, almacenamiento de troncos en los lagos y humedales.

Formación de suelos	Los procesos de formación de suelos	Desgaste de rocas y la acumulación de material orgánico
Reciclado de nutrientes	El almacenamiento, reciclado interno, proceso y adquisición de nutrientes	La fijación de nitrógeno, fósforo, potasio, etc.

El cambio climático global es una realidad cuyos efectos se comienzan a percibir alrededor del mundo. En Colombia, ya se han evidenciado posibles costos y beneficios en diferentes sectores de la economía. Para disminuir los impactos o aprovechar las oportunidades generadas por el cambio climático, se han identificado medidas y políticas de adaptación de acuerdo con las necesidades de cada sector. En general estas medidas buscan un manejo eficiente de los recursos naturales, la preservación de los servicios ecosistémicos, la reducción de gases de efecto invernadero y la implementación de buenas practicas en los sectores productivos (Corrales, 2014)

Ilustración 8. Relación beneficio ambiental vs Costo de Inversión

$$RBC = \frac{BBSA}{IPA} = \begin{cases} \text{Ineficiente, } RBC < 1 \\ \text{Eficiente, } RBC > 1 \end{cases} \quad (1)$$

RBC: Relación Beneficio Ambiental vs Costo de Inversión [adimensional]
 BBSA: Beneficio de los Bienes y Servicios Ambientales [\$]
 IPA: Inversión en Protección Ambiental [\$]

Fuente: Mejía (2016)

Para el cálculo de este beneficio se tuvieron en cuenta los valores propuestos en el estudio “*Impactos Económicos Del Cambio Climático En Colombia*” realizado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y el gobierno colombiano en el año 2016 (Ver anexo 1). Por otra parte, se debe tener en cuenta que el BBSA expresado en la *fórmula N 1* hace referencia al valor de la suma de todos los bienes y servicios ambientales que otorgan los ecosistemas.

Tabla 11 Valores de los servicios ecosistémicos

Servicio Ecosistémico	Unidad
-----------------------	--------

Agua	443.000 COP/ha/año
Influencia en la calidad del aire	713.000 COP/ha/año
Prevención de erosión	2.151.400 COP/ha/año
Regulación hídrica	4.216.000 COP/ha/año
Recursos genéticos	1.497.300 COP/ha/año
Tratamiento de residuos/purificación del agua	548.700 COP/ha/año
Total	5.775.000 COP/ha/año

Los predios el Triángulo y Las Lomas suman aproximadamente 45.3 ha (Ver Anexo 2) sin embargo el espacio para reforestar es de 24.7 ha por lo que el beneficio de los bienes y servicios ambientales es alrededor de 29.175.000 COP en el año.

$$\text{RBC} = \frac{142.642.500 \text{ COP}}{25.519.900 \text{ COP}}$$

$$\text{RBC} = 5.6$$

Si bien el valor (5.6) obtenido en el cálculo de la relación costo-benéfico afirma que la inversión en protección de las áreas de provisión de agua de consumo humano es costo eficiente, no se tuvieron en cuenta muchos de los otros beneficios ambientales (algunos de ellos mencionados en la *tabla N°10*) y esto es a causa de la falta de valoración que poseen la gran mayoría de los servicios ambientales, debido a que carecen de un mercado en donde se intercambien de acuerdo a las características de los ecosistemas, por lo que no es posible fijar un precio (Osorio et al, 2004)

Como se menciona anteriormente, muchos de los servicios ambientales generados por los ecosistemas no están cuantificados o cualificados, y esto se debe a los grados de organización y complejidad propios de cada uno de ellos, factores como el lugar de ubicación, temperatura, disponibilidad de agua etc. los hacen particulares (Armenteras et al, 2016). Es por eso por lo que El Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible (MADS) formuló unas fases para la evaluación ecosistemas de los ecosistemas con la finalidad de obtener una mayor información en la recolección de los datos que refuercen el valor económico que pueden tener los servicios ambientales.

Fases para la evaluación económica ambiental

Las fases fueron propuestas en su totalidad por Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible (MADS) sin embargo en este trabajo de investigación quiere resaltar la importancia de esta

metodología para la valoración de los servicios y la posible implementación para valorar los servicios en la zona de estudio.

Ilustración 9. Fases de valoración económica ambiental



Fase 1. Identificación y Caracterización

-**Caracterizar el problema de interés:** Se establece de manera concreta, cual sería el beneficio ambiental para valorar, ya que, si no es claro, la valoración podría quedar mal diseñada. En este caso se podría valorar cual es la capacidad de regeneración natural que tienen las especies árboles que se encuentran en lugar.

- **Identificar el objetivo:** Es necesarios tener en cuenta, el fin con el que se hace la valoración, en este caso se podría hablar de un esquema de pagos por servicios ecosistémicos, ya que, para cada caso, el diseño y la forma de utilizar las metodologías de valoración serán diferentes.

- **Definir el ámbito de aplicación:** Esto significa identificar geográficamente el territorio, la zona o el lugar donde se quiere aplicar la metodología, en este caso, la zona de interés son los predios las lomas y el triángulo, ubicados en el municipio de Facatativá.

-**Identificar y priorizar los servicios ecosistémicos:** En este ítem se destacarían los servicios ecosistémicos de la tabla número 10, ya que varios autores los mencionan como los principales a tener en cuenta en un esquema de pago por servicios ecosistemas

- **Identificar y caracterizar la población involucrada:** Es necesario la identificación y la caracterización de la población involucrada, ya que es ella quien se va a ver afectada o beneficiada por algún cambio en los servicios ecosistémicos. En esta zona de estudio estarían involucrados directamente, los habitantes de la vereda cuatro esquinas, la alcaldía de Facatativá y otras entidades públicas o privadas que deseen el vinculamiento al proyecto.

-**Encontrar la relación más idónea entre los servicios ecosistémicos y los cambios en bienestar de la población:** Con la población delimitada y caracterizada, es esencial en cuenta que un posible cambio o alteración en los servicios ecosistémicos pueden llegar a afectar varios niveles en su calidad de vida. En este caso la mayoría de la población de la vereda Cuatro Esquinas, pertenece a la comunidad campesina y esta tiene fuerte dependencia de los servicios ecosistémicos por lo que, si llegara a ocurrir una degradación o pérdida de estos, se debe contar un plan de contingencia para su debido respaldo.

Fase 2. Selección de la metodología de valoración

-**Establecer la necesidad de estimar valores de uso o valores de no uso:** En este paso se deben estimar los valores que dan cuenta del tipo de relacionamiento que las personas tienen con su entorno natural y con los servicios ecosistémicos, así que en el área de estudio el relacionamiento de las personas y los servicios ecosistémicos sería alto, ya que como se menciona en la justificación de esta propuesta la gran mayoría de la población de la vereda es campesina y su sostenimiento se basa en jornales, algunos cultivos y de productos derivados de la cría del ganado.

- **Seleccionar la metodología de valoración más adecuada:** En este paso es necesaria la selección de la metodología de valoración a implementar en la zona, (ver anexo 3). La metodología seleccionada es llamada *Costos de productividad*, ya que la aplicación de un esquema de pago por servicios ecosistémicos a corta o mediana escala, podría afectar la economía del lugar.

- **Conseguir la mejor información disponible y evaluar su calidad:** En este paso es importante realizar un consolidado de toda la información disponible a cerca del área de estudio y la realización de muestreos que diagnostiquen el estado de los ecosistemas, como la toma de muestras de vegetación, agua, suelos y entomofauna, logrando una información de calidad para la obtención de estimaciones útiles que diagnostiquen el estado actual de los ecosistemas y, finalmente, útiles para el objetivo de la aplicación de la Valoración Económica Ambiental.

Fase 3 Aplicación de la metodología de valoración y estimación del valor

Revisar las mejores prácticas: En general, cada metodología de valoración tiene una recomendación para su adecuado desarrollo, así que en este ítem se recomienda escoger las mejores prácticas que existan para el desarrollo adecuado de la valoración.

- **Seleccionar la muestra:** En el caso de ejercicios que requieren la utilización de una encuesta, como la valoración contingente, los experimentos de elección y el costo de viaje, se deberá considerar una muestra estadísticamente significativa, es decir, que su tamaño, nivel de confianza estadística y la técnica de muestreo aplicada resulten pertinentes frente al objetivo planteado para la aplicación de la Valoración Económica Ambiental.

- **Minimizar los sesgos y las posibles fuentes de errores:** Es importante que en el desarrollo de las actividades las muestras sean tomadas con el menor margen de error posible, para que los procedimientos estadísticos y econométricos garanticen un correcto desempeño del modelo final de la metodología seleccionada.

- **Definir las especificaciones del modelo econométrico o estadístico:** Para los métodos de valoración que lo requieren, esto implica identificar todas las variables independientes necesarias para estimar adecuadamente la variable dependiente de interés, así como asegurarse de que los datos contenidos en las variables son de buena calidad, la serie utilizada o los datos sean lo más completos y extensos posibles, identificar la distribución de las variables para evaluar, si se aplica un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) o se requiere otro estimado; entre otras reglas estadísticas y econométricas.

- **Interpretar los resultados:** Una vez se ha desarrollado la valoración y aplicado la metodología, es muy importante analizar el valor final obtenido, ver su calidad y su confiabilidad. Así mismo, es importante recordar que dependiendo del método seleccionado se obtendrán diferentes resultados, de manera que la interpretación de estos debe ser acorde con lo que ofrece cada método. Esto para ser incorporado en la toma de decisiones de la mejor manera posible.

11. Discusión

En este apartado se propone interpretar los resultados del proceso de investigación que permitan una aproximación explicativa a los objetivos que se plantearon en el inicio del trabajo. Para efectos de lo anterior se abordarán los tres componentes.

Beneficios Ambientales y Socioeconómicos

En la obtención de los resultados se observó que los beneficios ambientales y socioeconómicos pueden llegar a ser percibidos una vez se establezcan los procesos de reforestación, y pueden ser aprovechados desde ambas perspectivas, empezando por los que se relacionan directamente con los ecosistemas, como lo son los efectos positivos en los suelos y en los cuerpos de agua, hasta aquellos

que pueden aumentar los ingresos económicos, como los son los pagos por servicios ambientales y la generación de empleo por las labores asociadas al cuidado y protección de los ecosistemas en conservación.

Si bien los procesos de reforestación pueden traer consigo un sinnúmero de beneficios, es necesario el conocimiento de estos por parte de todos los actores involucrados con el fin de identificar y potencializar al máximo las características de los ecosistemas. Por otra parte es importante la presencia de las instituciones oficiales como apoyo a los procesos de aumentos de coberturas vegetales en el territorio y no solo en temas estrictamente económicos sino con acompañamiento de programas en educación ambiental ya que como lo menciona Corrales (2014) algunos usuarios de programas forestales no ven la reforestación como un cultivo que requiere de los cuidados mínimos y necesarios como cuando se siembran productos agrícolas tradicionales, como el café, el plátano, la yuca, el maíz, etc. no los perciben o valoran de manera satisfactoria, por lo que se considera que también existe falta de conocimientos básicos que permitan ver las bondades de este tipo de proyectos.

Metodología adoptada

La metodología adoptada para esta propuesta de reforestación pretende atender las características y necesidades que tienen los ecosistemas en el área de estudio, debido a que esta ya fue implementada satisfactoriamente en un proceso de restauración ecológica en el municipio de Facatativá. La metodología cuenta con la fase de adaptación y establecimiento de la cobertura vegetal y la fase de monitoreo y control con sus respectivas actividades. Otra de las características de metodología es que en su modulo incluye posibilidad de proteger ambos anillos con la implementación de cercas vivas a final de cada núcleo para el proceso de reforestación, lo que permite organizar posicionalmente a las especies de acuerdo con sus capacidades naturales

En ese orden de ideas esta metodología se posiciona como la primera opción en que caso de hacerse efectiva esta propuesta por alguna entidad gubernamental, permitiendo que en el área de estudio se adelanten los procesos de conservación y propagación de especies para el cuidado de los cursos de agua cercanos a esta área, para que una vez consolidados estos dos procesos se pueda analizar una implementación del pago por los servicios ecosistémicos generados.

Relación costo beneficio ambiental

Según Mejía (2016) el costo beneficio ambiental es una herramienta que permite comparar los costos de la inversión realizada en adquisición, mantenimiento o conservación correspondientes a las áreas de importancia ambiental estratégica para la provisión permanente del agua de las comunidades y poblaciones y los beneficios ecosistémicos que se obtienen cuando estas áreas tienen un bien estado de salud y conservación. En esta propuesta de reforestación se pudo ver que la relación costo beneficio ambiental es positiva, debido a que el valor de los beneficios es superior al de la inversión, en base a esto se puede afirmar que una posible implementación de esquemas de pago por servicios

ecosistémicos sería rentable económicamente para estos predios, ya que se estima que con el pasar de los años las relaciones Beneficio – Inversión alcanzarán valores que son decenas de veces superiores a los valores actuales, es decir que los beneficios de la protección ambiental son crecientes con el tiempo; que generan riqueza y que producen beneficios de gran importancia para la promoción de un desarrollo sostenible (Mejía, 2016)

12. Conclusiones

- Lo beneficios ambientales resultan ser una relación simbiótica entre el hombre y la naturaleza, ya que con la implementación de actividades orientadas a la protección y conservación de los ecosistemas se generan beneficios importantes para el desarrollo de comunidades locales ubicadas en la zona de influencia, por otra parte los beneficios socioeconómicos resultan de la existencia de procesos como la reforestación, no obstante, debido a que muchos de estos servicios ecosistémicos no poseen un valor monetario en el mercado es necesario la creación de programas por parte del estado que cuantifiquen y regulen este tipo de beneficios.
- La metodología adoptada para este proceso de reforestación no es una metodología única para implementar en áreas de interés estratégico, por el contrario, para lograr su mayor efectividad se necesitarán llevar a cabo procesos de investigación más arduos, por ejemplo una vez adelantado el proceso de reforestación para la conservación de áreas de interés estratégico se hace latente la necesidad de contar con un plan de monitoreo y control de las especies reforestadas con el fin de realizar un seguimiento al desarrollo de la especie a corto, mediano y a largo plazo.

- Para realizar las relaciones costo-beneficio ambiental es necesario contar con información actualizada y confiable ya que de esta manera se reduce el margen de error y se puede realizar un cálculo más real y acertado de los beneficios ambientales y económicos que pueden generar los ecosistemas, es necesario resaltar que la inclusión de la relación análisis costo-beneficio ambiental en procesos de reforestación para la conservación de áreas de interés estratégica es una herramienta valiosa ya que permite hacer una aproximación de la viabilidad de este tipo de proyectos, lo que la convirtiéndose en un ítem fundamental para la toma de decisiones a nivel nacional, regional y local.
- Finalmente, este trabajo de investigación tuvo como resultado la elaboración de una propuesta metodológica orientada a la conservación de áreas de interés estratégico, generando así un consolidado de algunos de los servicios ecológicos, económicos y sociales que resultan de la implementación de los procesos de conservación natural, en este caso la reforestación en los predios Las Lomas y El triángulo. Por otra parte, se tuvo en cuenta la relación costo-beneficio de la propuesta, cumpliendo con los objetivos planteados al inicio de esta, lo que contribuye al beneficio de las comunidades pertenecientes al área de influencia en una futura implementación del programa.

13. Recomendaciones

- Debido al deterioro en el que están inmersos los recursos naturales en la actualidad, es necesario un trabajo conjunto entre las comunidades y los entes territoriales con el fin de que se implementación propuestas y/o planes de reforestación que permitan mejorar el estado de los ecosistemas trayendo consigo un sinnúmero de beneficios de carácter ecológico, social y económico.
- Se recomienda a las Corporaciones Autónomas Regionales, a las gobernaciones, alcaldías y a todos los demás entes gubernamentales consolidar métodos de reforestación en áreas de interés estratégico para facilitar los procesos de sucesión vegetal en estos ecosistemas de reserva hídrica.
- Se recomienda al municipio de Facatativá y a sus dependencias que para el establecimiento de procesos de reforestación se tengan en cuenta las fases de monitoreo y control con el fin de tomar

acciones preventivas ante posibles eventualidades que afecten el desarrollo adecuado de las especies utilizadas dichos procesos

14. Bibliografía

- Alcaldía Municipal de Facatativá (2014). PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. [en línea] obtenido de: https://notinet.com.co/verdes_impuesto.php?taxesdep=4051 [acceso 19 Feb. 2019].
- Almanza, C. A. B., Sánchez, R. D. P. M., & Wunder, S. (2010). Pagos por Servicios Ambientales en Marcha: la experiencia en la Microcuenta de Chaina, departamento de Boyacá, Colombia. CIFOR.
-
- Alves, B. H. (2015). Resiliencia ambiental: el uso de la infraestructura verde en la cuenca de Itacorubi, municipio de Florianópolis, Brasil. *Territorios en formación*, (9), 5-22.
- Arbeláez, D. M. L., & Sagre, J. D. Q. (2015). Compensaciones de biodiversidad: experiencias en Latinoamérica y aplicación en el contexto colombiano. *Gestión y Ambiente*, 18(1), 159-177.
- Armenteras, D., González, T. M., Vergara, L. K., Luque, F. J., Rodríguez, N., & Bonilla, M. A. (2016). Revisión del concepto de ecosistema como “unidad de la naturaleza” 80 años después de su formulación. *Revista Ecosistemas*, 25(1), 83-89.
- Aroca, I. A. A., Intriago, D. L. M., Moreira, G. N. M., & Párraga, J. P. M. (2019). Reforestación de las cuencas hídricas del sitio Mosquito. *Revista San Gregorio*, (28).
- Blanco, J. T., Wunder, S., & Navarrete, F. (2008). La experiencia colombiana en esquemas de pagos por servicios ambientales. *RECURSOS NATURALES EN COLOMBIA*, 109
- Bocanegra, P. F. (2016) Primera etapa de la revegetalización y restauración ecológica del parque arqueológico de Facatativá. Ministerio de Cultura, dirección de patrimonio-grupo intervención bienes de interés cultural
- Buitrago, G. A. F. (2016). La madera colombiana, oportunidad de regeneración del flujo de los ríos mediante una producción sostenible y competitiva. *Revista de Tecnología*, 15(2), 103-114.
- Camargo, E. S. C., Carreño, J. A. F., & Barón, E. M. P. (2015). Los servicios ecosistémicos de regulación: tendencias e impacto en el bienestar humano. *Revista de Investigación Agraria y*

Ambiental (RIAA), 3(1), 77-83.

- CAR. (2012). Boletín estadístico de Hidrología y Climatología . En u. t. DARE-EPAM. Bogotá: artesanos imagen creativa.
- Cárdenas, M. F. (2013). LA GESTIÓN DE ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS PROVEEDORES DE AGUA El caso de las cuencas que abastecen a Medellín y Bogotá en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 16(1), 109-122.
- Ceccon, E. (2014). Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales. Ediciones Díaz de Santos.
- Centro de Documentación E Información Documental. (2015). Áreas de interés ambiental y ecosistemas estratégicos. *Banco Medios*, 20(7), 1-16
- Corrales Gómez, J., Diosa Ramírez, E., & Domínguez Rodríguez, P. C. (2014). Análisis de los programas forestales implementados en la cuenca hidrográfica del río Riofrio, departamento del Valle del Cauca.
- Correa Restrepo, F. (2005). Valoración económica de ecosistemas estratégicos asociados a fuentes hídricas que abastecen acueductos veredales. *Semestre Económico*, 8(16).
- Coma, J., Bonet, J., & Companys, G. V. (2004). Producción ganadera y contaminación ambiental. XX Curso de Especialización FEDNA: Avances en nutrición y alimentación animal. Fira de Barcelona, España, 237-272.
- Delgadillo Vivas, R. A. (2007). Protección y reforestación de la Zona de recarga hídrica en la Comarca Ocotol parte alta microcuenca San José Guayabo, para su orientación a pago por servicio ambiental hídrico en el Municipio de El Sauce (Doctoral dissertation).
- Fondo acción, Fundepúblico y WCS. 2017. artículo 111, ley 99 de 1993. Bogotá, D.C. 15 páginas
- FAO. (2011). Año Internacional de los Bosques. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/013/i2019s/i2019s.pdf>.
- Garcés Marín, R. (2013). Determinantes de la reforestación comercial en los municipios de Antioquia.
- Giraldo, N. C. (2009). Acueductos comunitarios: Patrimonio social y ambiental del Valle de Aburrá. *Avances en recursos hidráulicos*, (20).

- Gobernación de Cundinamarca. (30 de 06 de 2010). Gobernación de Cundinamarca. Obtenido de <http://www.cundinamarca.gov.co/Home/SecretariasEntidades.gc/Secretariadeagricultura>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la investigación (Vol. 3). México: McGraw-Hill.
- Hernández-Pineda, L. L., Roa-Casas, O. M., & Cortés-Pérez, F. (2015). Crecimiento de *Baccharis macrantha* y *Viburnum triphyllum*, dos especies nativas útiles en restauración ecológica, plantadas en un pastizal andino (Boyacá, Colombia). *Biota Colombiana*, 15(Supl. 2).
- Hernandez Sanchez, C. A. (2014). Factibilidad de preservación de la microcuenca hidrográfica río chiquito a través de reforestación en la finca las manitas, de la vereda río chiquito, del municipio de Aguazul-Casanare.
- Ibanes, H. P. (2008). Servicios ambientales. Pueblos indígenas en Brasil.
- IGAC. (2011). Levantamiento Detallado de Suelos en las Áreas Planas de 14 municipios de la Sabana de Bogotá.
- Ingeniería y Recursos Hídricos IRH Ltda. (2010). ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL EMBALSE SANTA MARTA DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE FACATATIVA
- Instituto Geográfico " Agustín Codazzi." Subdirección Agrológica, & Colombia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2000). Estudio general de suelos y zonificación de *tierras del Departamento de Cundinamarca* (Vol. 2). Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección de Agrología.
- Márquez, G. (2005). Ecosistemas estratégicos para la sociedad: Bases conceptuales y metodológicas. Región, ciudad y áreas protegidas: manejo ambiental participativo. Cárdenas, F., Correa, Hernán Darío y Mesa, Claudia (compiladores). FESCOL, Ecofondo, Acción Ambiental y CEREC. Bogotá, 31.
- Manson, R. H. (2004). Los servicios hidrológicos y la conservación de los bosques de México. *Madera y Bosques*, 10(1), 3-20.
- Mejía, O. 2016. Análisis Piloto del Beneficio ambiental de las inversiones en áreas estratégicas para la protección del agua en el Área de intervención del Fondo del Agua “Corporación CuencaVerde”. República de Colombia
- Mollinedo García, M. S., Herrera Machuca, M. Á., & Muñoz Sáez, F. (2016). Caracterización del crecimiento de plantaciones jóvenes de teca (*Tectona grandis* Linn f.) y estimación de curvas de índice de sitio en el área septentrional de la República de Guatemala. *Madera y bosques*, 22(2), 89-103.

- Murgueitio, E. (2003). Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución. *Livestock Research for Rural Development*, 15(10), 1-16.
- Ledesma, L. M., Gallego, L. A., & Peláez, F. J. (2002). Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15(2), 213-225.
- López, J. O. (2004). *Constitución política de Colombia*. Plaza y Janes Editores Colombia
- Lopez, C. F. V., & Puentes, A. F. C. (2018). ANÁLISIS DEL PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES. ESTUDIO DE CASO QUEBRADA LA GUAGUA EN EL MUNICIPIO DE PALERMO-HUILA. *Agricolae & Habitat*, 1(2).
- Medina, U. M. I. (2012) Reforestación: Su importancia y aplicación en las instituciones rurales. *Universidad Del Tolima*
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2016). Guía De Aplicación De La Valoración Económica Ambiental. *Oficina de Negocios Verdes y Sostenibles*
- Mendoza, C. P. D., Mendoza, L. P. A., González, Y. A. M., Gómez, I. D., & Burgos, Y. (2019). Caracterización de la especie *Chrysobalanus Icaco* como alternativa de reforestación para mitigar procesos de erosión costera. Estudio de caso sostenibilidad ambiental de la especie en el departamento de Bolívar-Colombia. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 7(1).
- Márquez, G. (2005). Ecosistemas estratégicos para la sociedad: Bases conceptuales y metodológicas. Región, ciudad y áreas protegidas: manejo ambiental participativo. Cárdenas, F., Correa, Hernán Darío y Mesa, Claudia (compiladores). FESCOL, Ecofondo, Acción Ambiental y CEREC. Bogotá, 31
- Núñez, M. A. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista Virtual*, 5, 1.
- Osorio Múnera, J. D., & Correa Restrepo, F. (2004). Valoración económica de costos ambientales: Marco conceptual y métodos de estimación. *Semestre económico*, 7(13).
- Pagiola, S., & Platais, G. (2002). Pagos por servicios ambientales. *Environment Strategy Notes*, 3.
- Porras, I. (2003). Valorando los servicios ambientales de protección de cuencas: consideraciones metodológicas. *Foro Regional Sistemas de Pago por Servicios Ambientales en Cuencas Hidrográficas*, 9.
- Reyes, A. & Gutiérrez, J. (2010). Los servicios ambientales de la arborización urbana: Retos y aportes para la sustentabilidad de la Ciudad de Toluca. *Quivera*, 12(1). 96-102

- Reyes, G., & Yisela, R. (2018). Apoyo técnico, revisión, control y análisis del mantenimiento de la red de alcantarillado de la ciudad de Villavicencio (eaav esp).
- Ruiz, B. I. (2002). Manual de reforestación para América Tropical. Gen. Tech. Rep. IITF-18. San Juan, PR: Departamento de Agricultura, Servicio Forestal, Instituto Internacional de Silvicultura Tropical de los Estados Unidos, 2002: 206 pag, 18.
- Ruiz Soto, J. P. (2007). Servicios ambientales, agua y economía. Revista de ingeniería, (26).
- SDAMA, (2016). Agenda Ambiental del Municipio de Facatativá. Alcaldía Municipal De Facatativá
- Salas, C. P., & Murillo, S. A. M. (2017). Impacto socioeconómico del Programa Pago por Servicios Ambientales, modalidad reforestación, en el noroeste de Costa Rica. *Ambiente y Desarrollo*, 21(40), 73-91.
- Sanabria, A. V. (1997). Ventajas del proceso de reforestación sobre la atenuación de la erosión y propuesta de protección y desarrollo de un área de recarga en el Valle Central de Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*.
- Sistema de Información de Ambiental de Colombia (2019). Registro único de Ecosistemas y Áreas Ambientales –REAA. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
- Sperling, M. V. Estudio y modelado de la calidad del agua de ríos: principios del tratamiento biológico de aguas residuales. 1.ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007
- Toledo, V. M. (2005). Repensar la conservación: Areas naturales protegidas o estrategia bioregional. *Gaceta ecológica*, (77), 67-83.
- Ucros, J. (2008). Breve historia y situación actual del patrimonio forestal colombiano. Estudio para la FAO, pág, 15.
- Vargas, W. (2012). Los bosques secos del Valle del Cauca, Colombia: una aproximación a su flora actual. *Biota Colombiana*, 13(2).
- Vargas-Ríos, O., Diaz, T. J., Reyes, B., & Gómez-Ruiz, P. (2012). Guías Técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

- Ventura-Ríos, A., Plascencia-Escalante, F. O., Hernández de la Rosa, P., Ángeles-Pérez, G., & Aldrete, A. (2017). ¿ Es la reforestación una estrategia para la rehabilitación de bosques de pino?: Una experiencia en el centro de México. *Bosque (Valdivia)*, 38(1), 55-66.
- Villavicencio, Á. A. (2009). Propuesta metodológica para un sistema de pago por servicios ambientales en el Estado de México. *Cuadernos Geográficos*, 44, 29-49.

15. Anexos

Anexo 1. Valor de algunos servicios ecosistémicos