

**Propuesta para recuperación de nacimientos de agua en la finca las Mercedes, municipio de
Pacho Cundinamarca**

Linda Mayerly Barón González

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Programa de Ingeniería Ambiental

Madrid Cundinamarca

2022

**Propuesta para recuperación de nacimientos de agua en la finca las Mercedes, municipio de
Pacho Cundinamarca**

Linda Mayerly Barón González

Trabajo para optar al título de Ingeniera Ambiental

Directora:

Luisa Fernanda Uribe Laverde

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Programa de Ingeniería Ambiental

Madrid Cundinamarca

2022

Dedicatoria

Al Dios de los cielos, para quien vivo y existo, a mis padres Nubia Janeth González y William Armando Barón que me heredaron el amor por la naturaleza, a mis hermanos por su apoyo y amor incondicional, a mis sobrinos para que nunca dejen de perseguir sus sueños, a la comunidad de Pacho Cundinamarca que me ayudaron en el desarrollo de la investigación y a todos y cada uno de los que brindaron su apoyo técnico y emocional en el sueño de ser Ingeniera Ambiental, especialmente al Pbro. Said Hernando Rodríguez Navarro.

Amado Dios, contigo esta la Sabiduría, que conoce tus obras, que te asistió al hacer el mundo, y sabe lo que es recto según tus mandamientos. Envíala desde los santos cielos y desde el trono de tu gloria mándala, para que asistiéndome en mis trabajos conozca lo que a ti te agrada. Sabiduría

9, 9-10

Agradecimientos

Admiración y gratitud a mi directora de tesis, la maestra Luisa Fernanda Uribe, por su sabiduría y la motivación en cada etapa de trabajo, a la comunidad de la finca Las Mercedes, especialmente a los ancestros que generosamente me brindaron su valioso conocimiento, a mis colegas ingenieros ambientales, especialmente a Jonathan Bartolo y Fabio González por su asesoría en temas de cartografía.

Agradecimiento de corazón a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD por los espacios de aprendizaje que brindan a tantos jóvenes soñadores de nuestro país, a los maestros que semestre a semestre tuve la oportunidad de conocer, a todo el personal administrativo y operativo que con amabilidad me prestaron su apoyo durante mi paso por la universidad.

¡Dios les bendiga!

Resumen

La presente investigación consiste en la proyección de un diagnóstico ambiental en la finca Las Mercedes, ubicada en la vereda Compera del Municipio de Pacho Cundinamarca, con el fin de elaborar una estrategia de recuperación y conservación de nacimientos de agua que han existido por años en la zona.

Lo anterior, se debe al estado de deterioro de riquezas hídricas que se ha evidenciado en los últimos años en la región por la implementación de diferentes estrategias económicas, que a su vez se han convertido en actividades antrópicas de gran impacto medioambiental como lo son la ganadería y la deforestación. El enfoque metodológico está orientado hacia la recolección de información primaria y secundaria mediante trabajo realizado con la comunidad, análisis bibliográfico y cartográfico con enfoque en análisis multitemporal del cambio del paisaje.

Palabras claves: Nacimientos de agua, ancestros, balance hídrico, acuíferos, actividad antrópica

Abstract

The present research consists in the projection of a diagnosis of social and cartographic approach in the farm Las Mercedes, located in the Compera sidewalk of the Municipality of Pacho Cundinamarca, in order to develop a strategy for the recovery and conservation of water sources that have existed for years in the area.

This is due to the state of deterioration of water resources that has been evidenced in recent years in the region by the implementation of different economic strategies that in turn have become anthropic activities of great environmental impact such as the cattle ranching and deforestation. The methodological approach is oriented towards the collection of primary and secondary information through community work, bibliographic and cartographic analysis with a focus on multi-temporal analysis of landscape change.

Keywords: Water births, ancestors, water balance, aquifers, anthropic activity

Tabla de contenido

Lista de Tablas.....	9
Lista de Figuras.....	10
Lista de Apendices.....	11
Introducción.....	12
Problema.....	14
Descripción del Problema.....	14
Planteamiento del Problema.....	15
Sistematización del Problema.....	15
Justificación.....	16
Objetivos.....	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos.....	17
Marco Teórico.....	18
Antecedentes de la Investigación.....	18
Marco Conceptual.....	21
Marco Normativo.....	24
Metodología.....	27
Enfoque.....	27
Diseño.....	27
Información Cuantitativa.....	27
Información Cualitativa.....	29
Resultados y Análisis.....	33
Fase 1 Características Hidrológicas, Geológicas y de Cobertura Vegetal.....	33

Fase 2 Talleres con Grupos Focales.....	49
Fase 3 Factores Antrópicos o Naturales que han Influido en la Desaparición de Nacimientos de Agua (Análisis Cartográfico).....	58
Propuesta de Recuperación de Nacimientos de Agua, Caso Finca las Mercedes.....	63
Conclusiones.....	67
Recomendaciones.....	69
Referencias Bibliográficas.....	70
Apéndices.....	74

Lista de tablas

Tabla 1. Talleres A y B Grupos Focales	31
Tabla 2. Valores Totales Mensuales de Evapotranspiracion Potencial (mm) Estacion Escuela Vocacional Pacho.	42
Tabla 3. Balance Hidrológico.	45
Tabla 4. Clasificacion Climatica de Caldas-Lang	46

Lista de figuras

Figura 1. Poligono finca Las Mercedes, Pacho Cundinamarca	34
Figura 2. Media mensual de precipitación	36
Figura 3. Precipitación anual (Años 1998-2017)	36
Figura 4. Promedio de evaporación mensual	37
Figura 5. Evaporacion anual (Años 1998-2017)	37
Figura 6. Comparativo precipitación y evaporación anual	38
Figura 7. Temperatura media mensual	38
Figura 8. Evapotranspiración mensual cuenca Alta Rio Negro	40
Figura 9. Balance hidrológico	41
Figura 10. Cobertura vegetal finca Las Mercedes año 1998	45
Figura 11. Bosque nativo 01	46
Figura 12. Bosque de galería 01	46
Figura 13. Bosque de galería 02	47
Figura 14. Bosque nativo limitante	47
Figura 15. Trabajo focal población joven y adulta	49
Figura 16. Elaboración mapa cartografía social	50
Figura 17. Mapa cartografía social finca Las Mercedes	51
Figura 18. Mapa cartografía social-actividades antrópicas	53
Figura 19. Planta de Bijao (Calathea Lutea)	55
Figura 20. Planta de nacedero ((Trichanthera gigantea)	56
Figura 21. Ubicación de cuerpos de agua	58
Figura 22. Analisis Multitemporal	59

Lista de Apéndices

Apendice A. Cálculo balance hidrológico

74

Introducción

Por su localización geográfica, su orografía y una gran variedad de regímenes climáticos, Colombia se ubica entre los países con mayor riqueza en recursos hídricos en el mundo por su favorable condición de almacenamiento superficial, representada por la existencia de cuerpos de agua lenticos, distribuidos en buena parte de la superficie total y por la presencia de enormes extensiones de ecosistemas de humedales. Según MINAMBIENTE (2010):

Esta oferta es heterogénea, pues la mayor parte del recurso hídrico se encuentra en lugares con bajos niveles poblacionales como la Amazonía, Orinoquía y Chocó, mientras que en la zona Andina, donde se encuentra el grueso de la población, cuenta con tan solo el 15% de la oferta hídrica total. (P. 81)

En la región Magdalena – Cauca se caracteriza por presentar valores de escurrimiento medio de 1000 mm, donde se destaca hidrográficamente la Sabana de Bogotá con una baja oferta hídrica entre 400 y 700 mm al año, sin embargo, es la zona del país que tiene mayor presión antrópica. (P. 25)

“La cuenca hidrográfica del Río Negro hace parte de la hoya hidrográfica del Río Magdalena, se ubica al norte del Departamento de Cundinamarca, cubre una extensión de 4235,24 km^2 ” CAR (2009), “Las coberturas identificadas corresponden a Bosque Secundario, Matorrales y las áreas con dedicación agropecuaria en pastos naturales, manejados y cultivados. Los relictos boscosos se encuentran con gran presión antrópica y muy intervenidos y las áreas dedicadas a los cultivos se observan bajo malas prácticas de manejo” Alcaldía de Pacho (2000).

La finca Las Mercedes se ubica en la subcuenta “Río Alto negro “a una altura de 1705 msnm aproximadamente y su temperatura media anual se encuentra entre los 16,7 °C, según la clasificación climática de Caldas-Lang, su clima es semihúmedo y se encuentra ubicada en el bioma del bosque húmedo premontano (bh-P). Dicho bioma se caracteriza por la modificación

vegetal que ha sufrido durante años en forma intensiva para dar paso a la agricultura, fruticultura y ganadería, propiciando la desaparición o el estado vulnerable de ecosistemas hídricos como los nacimientos de agua.

La presente investigación parte de la necesidad de buscar una estrategia de recarga de acuíferos para recuperación de los nacimientos de agua en la finca Las Mercedes del municipio de Pacho Cundinamarca mediante diagnóstico técnico desarrollado en tres fases complementarias u objetivos de trabajo. En la fase 1 “características hidrológicas, geológicas y de cobertura vegetal” se realiza un análisis de datos mediante información suministrada por la estación hidrometeorológica 2306507 que conllevan al cálculo de balance hídrico de la zona, así como una investigación bibliográfica las características vegetales y geológicas. En la fase 2 “talleres con grupos focales” se realizan dos talleres de trabajo comunitario enfocados a jóvenes, adultos y ancestros habitantes de la finca mediante técnicas de cartografía social y entrevista para el reconocimiento del área, identificación de ecosistemas, entre otros. Finalmente en la fase 3 “factores antrópicos o naturales que han influido en la desaparición de nacimientos de agua (análisis cartográfico)” un diagnóstico visual mediante la técnica de análisis multitemporal de fotografías aéreas e imágenes satelitales en un periodo de 20 años para la validación de los cambios sufridos por el paisaje.

Problema

Descripción del Problema

Si bien, Colombia es un país que por su geografía proporciona a sus habitantes una gran cantidad de ecosistemas que se caracterizan por su producción de agua para consumo humano, muchas razones de ámbito socioeconómico no han permitido la conservación y consumo responsable del recurso vital, muestra de ello son las fincas y pequeñas parcelas privadas donde pareciera que las autoridades ambientales y la normatividad ambiental vigente no tuvieran alcance en programas de vigilancia y control, capacitación comunitaria y actividades de conservación de ecosistemas de protección especial como los nacimientos de agua, permitiendo que sus propietarios modifiquen ecosistemas con la entronización de proyectos productivos de alto impacto ambiental como la ganadería y el parcelamiento de tierras sin planificación ambiental.

Planteamiento del Problema

El municipio de Pacho, ubicado al norte del departamento de Cundinamarca, dentro de su área total alberga diferentes biomas que van desde los bosques alto andinos hasta límites con bosque húmedo tropical, lo que significa que es un territorio muy rico en producción de agua para consumo humano según la Corporación Autónoma Regional – CAR (CAR. 2009). Sin embargo, terrenos como la finca “Las Mercedes”, ubicada en la vereda Compera, de un área aproximada de $10.000 m^2$, han sufrido un significativo deterioro de fuentes hídricas de protección especial como lo son los nacimientos de agua en los últimos años, por lo que la comunidad requiere de manera urgente la puesta en marcha de un proyecto que aporte a la recuperación y reaparición de tan preciados ecosistemas que sirven no solo de sustento a la población en épocas de sequía, sino

que alimentan las vertientes que surten la cuenca hidrográfica del Rio Negro y además permiten la conservación de especies de flora y fauna en la zona.

¿Qué estrategia de recarga de acuíferos se puede implementar para reestablecer los nacimientos de agua en la finca “Las Mercedes” del municipio de Pacho Cundinamarca?

Sistematización del Problema

Para idear una estrategia de recuperación de ecosistemas es preciso realizar un diagnóstico ambiental que involucre a la comunidad que habita la zona, y una investigación bibliográfica o experimental que permita el reconocimiento del terreno objeto de estudio, sus riquezas ecosistemicas, y también todas aquellas actividades antrópicas que han propiciado tal deterioro.

Justificación

El agua potable es un recurso vital para los seres humanos, la Constitución Política de Colombia en su artículo 79 establece que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano y que es deber del Estado y de los particulares el de proteger las riquezas naturales, la diversidad e integridad del ambiente y conservar las áreas de especial importancia ecológica de la Nación”. La Ley 99 de 1993 describe entre sus principios generales que “Las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial”.

Previendo un inminente deterioro de ecosistemas naturales de especial protección, como estudiante de Ingeniería ambiental veo la necesidad de identificar una estrategia que permita la conservación y recuperación de nacimientos de agua en la finca Las Mercedes mediante técnicas de recarga de acuíferos que permitan satisfacer en parte las necesidades de la población y sirva de aporte a la conservación del ecosistema y la biodiversidad de la cuenca hidrográfica a la que hace parte el terreno de estudio.

Varios proyectos de recuperación de nacimientos de agua o recargas de acuíferos han sido exitosos en el país, ejemplo de esto es el trabajo de Herrera y Posada (2020) realizado en la cuenca hidrográfica a la que pertenece el terreno en cuestión. Los métodos utilizados fueron exitosos y dan pie a la implementación de otros proyectos que fortalezcan la conservación del recurso hídrico.

Objetivos

Objetivo General

Proponer una estrategia desde el punto de vista técnico que permita la recuperación de nacimientos de agua mediante la alimentación de acuíferos en la finca “Las Mercedes” del municipio de Pacho Cundinamarca.

Objetivos Específicos

Identificar las características hidrológicas, geológicas y de cobertura vegetal del área con ayuda de información cartográfica de fuentes oficiales y el uso de Sistemas de Información Geográfica.

Indagar sobre el conocimiento de ancestros y líderes comunitarios de la zona sobre las áreas de interés ambiental mediante la aplicación de métodos de recolección de información primaria.

Diagnosticar los factores antrópicos o naturales que han influido en la desaparición de nacimientos de agua en la Finca Las Mercedes mediante información cartográfica y bibliográfica.

Marco Teórico

Antecedentes de la Investigación

En Colombia se ha hecho común la preocupación por proteger ecosistemas especiales, como los relacionados al recurso hídrico, Herrera y Posada (2020) vieron la necesidad de idear una estrategia de recuperación de acuíferos en una finca de Yacopí Cundinamarca, que afectados por la tala de árboles para extensión de pastizales utilizados en ganadería, idearon un método de recarga de acuíferos mediante técnicas de reforestación con plantas de gran aporte sombrío e implantación de surcos para aprovechamiento de agua en laderas, apoyados en el análisis de datos meteorológicos e hidrológicos suministrados por entidades del estado, demostrando ser una estrategia exitosa. (Ruiz et al. (2012), con el objeto de identificar zonas con déficit o exceso de agua en su pueblo, realizaron en su investigación un balance hídrico identificando satisfactoriamente la humedad disponible en el suelo mediante la aplicación del método de Thornthwaite que según ellos, se basa en un método empírico al cual denominaron Método Directo. A este tipo de balances se les suele conocer o llamar Balances Hídricos Climáticos (BHC) por el hecho de basarse en variables climatológicas para su estimación, además, el balance utiliza la capacidad de almacenamiento de agua del suelo o también conocido como capacidad de campo, como una referencia de la reserva de agua que puede retener en un cierto tipo de suelo y con una cierta cubierta vegetal.

Importancia del Componente Social en un Diagnóstico Ambiental

Méndez y Mestizo (2020) y Delgado, Trujillo y Torres (2013), en su investigación diseñaron estrategias de recuperación de nacimientos y gestión del recurso hídrico, destacando

como elemento clave el conocimiento ancestral para entender las dinámicas socio-culturales y de cuidado del medio ambiente en el territorio, además, utilizaron un método de trabajo cualitativo mediante recolección de información primaria enfocado a la comunidad con instrumentos como entrevistas, grupos focales y encuestas virtuales que les permitió abordar las perspectivas del pueblo como mecanismo para construir un plan de manejo ambiental en los nacimientos de agua. Delgado, Trujillo y Torres (2013), en su estrategia de educación ambiental enfocada a la gestión del recurso hídrico, implementaron un trabajo de campo de enfoque cualitativo con dinámicas participativas de la comunidad, consiguiendo con ello que los líderes se apropiaran del uso adecuado del agua y de la responsabilidad de comunicar las experiencias alcanzadas, como herramienta de gestión ambiental.

Los conocimientos ancestrales de habitantes en una comunidad que han sido testigos por años de los cambios en su ecosistema son riqueza para una investigación cualitativa que pretenda idear métodos de recuperación ambiental o gestión ambiental, porque de aquí parten las ideas claves de lo que le hace bien al entorno, lo que ha funcionado y lo que no en otras épocas. Por esto, Méndez y Mestizo (2020) resaltan que es importante “Conocer y comprender el enfoque que sobre el territorio y la naturaleza tienen los pueblos y comunidades desde su cosmovisión cultural y visión del mundo, en la perspectiva de lograr puntos en común para la gestión ambiental intercultural” (p. 14).

Para la recolección de información primaria mediante cualquier método de trabajo, se hace necesario capacitar previamente a la comunidad, así como lo ratifican Delgado, Trujillo & Torres (2013) “brindar educación previa a la comunidad posibilita identificar problemáticas, proponer alternativas de acción y construir o reconstruir propuestas factibles de solución” (p. 72).

Como caso exitoso de la participación comunitaria en estrategias de recuperación de ecosistemas, Recaman (2012), describe la estrategia de planificación ambiental participativa que se realizó con la comunidad que habita la cuenca del río Piedras en el municipio de Popayán con el fin de conservar esta fuente de abastecimiento de agua, como punto de partida se concientizó a la comunidad de que para “la recuperación de las condiciones ambientales de la cuenca se debe empezar por el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes que dependen en gran parte del estado y manejo de los recursos naturales de las reservas o parcelas”(p. 52), para posteriormente implementar una serie de sub - estrategias de trabajo que resultaron ser exitosas, destacando entre estas: la priorización de áreas de protección especial (nacimientos de agua, bosques de galería, riberas de cauce expuestas a la ganadería y áreas de alta pendiente), los canjes ecológicos (liberación de áreas de protección a cambio de la implementación de sistemas productivos), sistemas agrarios sostenibles con actividades de producción más limpia y reforestación con especies nativas.

Sistemas de Información Geográfica (SIG) en Investigaciones Ambientales

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son muy utilizados en la actualidad como apoyo a trabajos de análisis espacial que fundamentan trabajos ambientales en su mayoría y permiten saber el comportamiento de los diferentes ecosistemas. El análisis cartográfico en un intervalo de tiempo ha sido un enfoque cuantitativo de mucha importancia por su veracidad en el análisis de cambios de paisaje por impactos antrópicos como la deforestación, Álvarez y Agredo (2013) realizaron en su investigación un análisis multitemporal, en una de las cuencas urbanas de la ciudad de Manizales, la cuenca de San Luis que les facilitó una discusión más amplia y precisa sobre factores de evolución de la construcción y pérdida de bosque, así como una mejor planificación a la hora de proponer soluciones y nuevas estrategias de urbanización.

Herrera y Posada (2020); Rodríguez, Mora y Briñez (2016) y Álvarez y Agredo (2013), resaltan que para los estudios ambientales realizados fue fundamental el análisis cartográfico con ayuda de fotografías aéreas e imágenes satelitales en espacios de tiempo cortos porque les permitió, además de evaluar cambios en los ecosistemas con el paso del tiempo, dar veracidad a información recolectada bibliográficamente y con la comunidad.

Actividades Antrópicas que Afectan Directa o Indirectamente los Acuíferos

“El agua es uno de los recursos naturales más degradados; debido principalmente a la reducción de cobertura forestal, las practicas agronómicas inadecuadas y cambios en el uso del suelo que reducen la capacidad de capación y almacenamiento de agua en los acuíferos” (Gallup et al, 2019, p. 106). La ganadería extensiva que demanda la desmesurada tala de árboles, que genera además de las afectaciones ya mencionadas, un suelo en descubierto, que al poseer una radiación directa, aumenta rápidamente su temperatura, lo que reduce la capacidad que tiene este de infiltrar el recurso hídrico, por consiguiente, perjudica en gran medida a los nacimientos de agua, principalmente en las épocas secas, ya que limita la recarga de agua subterránea a la que estos pueden recurrir.

Marco Conceptual

Ancestro: Hace referencia a un individuo anterior en nuestra familia, aquel del cual descendemos, es decir, aquel que ha vivido en un tiempo anterior al nuestro.

Nacimiento de Agua: Flujos naturales de agua que surgen del interior de la tierra.

Acuífero: Conjunto de rocas que permiten la permeabilidad del agua y la pueden acumular en sus poros o grietas. A esta agua retenida en las estructuras rocosas se la conoce como agua subterránea.

Cuenca Hidrográfica: Área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor y a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente al mar.

Ecosistema: Sistema natural resultante de la reunión de elementos de mutua interacción, compuesto por organismos vivos y el ambiente físico en que se desarrollan.

Precipitación: Agua líquida o sólida formada en la atmósfera que regresa a la superficie terrestre en forma de lluvia, aguanieve, nieve, etc.

Evapotranspiración Potencial: Es la cantidad máxima de agua que puede evaporarse en un clima dado por una cubierta vegetal continua bien dotada de agua. Es un proceso combinado que comprende la evaporación de todos los tipos de superficie (agua-vegetación-suelo) y la transpiración de las plantas en un intervalo de tiempo dado y en una región determinada. Se expresa en altura de agua (mm).

Balance Hídrico: Se denomina balance hídrico o hidrológico a la evaluación de los aportes y descargas de agua de un sistema, normalmente un acuífero o una cuenca hidrográfica, para un período de tiempo determinado.

Asentamiento Humano: Sitio específico donde se establecen varias viviendas o refugios habitados. Generalmente se compone de una comunidad.

Antrópico: Designa todo lo que es relativo al ser humano, aplica a todas las modificaciones que sufre lo natural a causa de la acción de los seres humanos.

Deforestación: Ocurre cuando hay una disminución en la superficie cubierta de bosque.

Método CALDAS – LANG: La clasificación establecida por Caldas y aplicada al trópico americano, se basó sólo en la temperatura pero con respecto a su variación altitudinal y no latitudinal. Lang fijó los límites de su clasificación teniendo en cuenta una sencilla relación entre la precipitación y la temperatura. En 1962 Schaufelber unificó e implementó el sistema Caldas-Lang, el cual utiliza la variación altitudinal de la temperatura, que indica los pisos térmicos, y la efectividad de la precipitación, que muestra la humedad.

Cartografía: Área de trabajo basado en reunir informaciones precisas-científicas conforme la planificación, y el diseño de modelos a escala capaces de representar aspectos territoriales de la tierra en mapas, en cuanto organización política (países, continentes, regiones), económica, social, de comparación histórica, así como estructural, referido a relieves, ríos y océanos, entre otras características en función de la perspectiva de análisis.

Cartografía Social: Método participativo de investigación colectiva. Proceso de planificación urbana participativa en el que los propios actores repiensen el territorio desde el mapa, poniendo en el centro el saber y la memoria de las personas que viven en él y buscando soluciones colectivas desde la participación ciudadana y el dialogo entre diferentes actores.

Estudio Multitemporal: Es un análisis de tipo espacial realizado mediante la comparación de coberturas interpretadas en imágenes de satélite, fotografías aéreas o mapas de una misma zona para diferentes periodos de tiempo.

POMCA - Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas: Se orienta a garantizar las condiciones y la oferta de bienes y servicios ambientales adecuada para el desarrollo económico y el bienestar social en su área de influencia.

Marco Normativo

Constitución Política de Colombia

Art. 79 - Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano y que es deber del Estado y de los particulares el de proteger las riquezas naturales, la diversidad e integridad del ambiente y conservar las áreas de especial importancia ecológica de la Nación.

Art 80 - El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Ley 9 de 1993

Por la cual se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental — SINA— y se dictan otras disposiciones.

Decreto 2811 de 1974

Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente

Decreto 1076 de 2015

Art 1.2.5.1 Naturaleza Jurídica. Las corporaciones autónomas regionales y las de desarrollo sostenible son entes corporativos de carácter público, creados por la ley, integrados por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, dotados de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargados por la

ley de administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Art 1.2.5.1 Naturaleza Jurídica. Las corporaciones autónomas regionales y las de desarrollo sostenible son entes corporativos de carácter público, creados por la ley, integrados por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, dotados de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargados por la ley de administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Art 2.1.1.1.1.2. Ámbito Aplicación. El presente decreto rige en todo el territorio nacional y aplica a las personas naturales y jurídicas y a las entidades del sector ambiente, a las Corporaciones Autónomas Regionales, a los grandes centros urbanos de que trata el artículo 66 de la Ley 99 de 1993, a las autoridades ambientales de que trata el artículo 13 de la Ley 768 de 2002 en el ámbito de sus competencias.

Art 2.2.1.1.18.2. Protección y conservación de los bosques. En relación con la protección y conservación de los bosques, los propietarios de predios están obligados a:

1. Mantener en cobertura boscosa dentro del predio las áreas forestales protectoras.

Se entiende por áreas forestales protectoras:

a) Los nacimientos de fuentes de aguas en una extensión por lo menos de 100 metros a la redonda, medidos a partir de su periferia.

b) Una faja no inferior a 30 metros de ancha, paralela a las líneas de mareas máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no, y alrededor de los lagos o depósitos de agua;

c) Los terrenos con pendientes superiores al 100% (45).

. Proteger los ejemplares de especies de la flora silvestre vedadas que existan dentro del predio.

3. Cumplir las disposiciones relacionadas con la prevención de incendios, de plagas forestales y con el control de quemas.

Art 2.2.1.1.18.7. Obligaciones generales. En todo caso los propietarios están obligados a:

a) Facilitar y cooperar en la práctica de diligencias que la autoridad ambiental competente considere convenientes para supervisar el cumplimiento de las obligaciones a que se refiere este Decreto, y suministrar los datos y documentos que le sean requeridos.

b) Informar a la autoridad ambiental competente en forma inmediata si dentro de sus predios o predios vecinos, o en aguas riberanas, se producen deterioros en los recursos naturales renovables por causas naturales o por el hecho de terceros, o existe el peligro de que se produzcan, y a cooperar en las labores de prevención o corrección que adelante el autoridad ambiental competente.

Metodología

Enfoque

El enfoque de la investigación será mixto, es decir, cualitativo y cuantitativo, mediante recolección de información primaria en trabajo comunitario por técnica de grupos focales y secundaria con enfoque cuantitativo al evaluar los cambios en el paisaje por medio de análisis de datos bibliográficos e información cartográfica.

Diseño

Etnográfico e investigación no experimental

Información Cuantitativa

Se realizó una revisión bibliográfica de datos suministrados por entidades del Sistema Nacional Ambiental – SINA que ejercen como autoridades ambientales y de apoyo técnico y científico, para el cálculo y análisis de variables climatológicas e hidrológicas propias del terreno, así como e investigaciones científicas y tesis dedicadas al estudio de cuencas hidrográficas y variables hídricas útiles para el cálculo de datos específicos. También, se hizo una revisión de información cartográfica mediante cuantificación y caracterización de los cambios en la superficie conforme al paso del tiempo, fotointerpretación y digitalización sobre imágenes satelitales.

Recolección de Información Secundaria

Consulta Bibliográfica.

La búsqueda de información bibliográfica partió del estudio del Plan Básico de Ordenamiento Territorial - PBOT del municipio de Pacho Cundinamarca del año 2000, el Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas – POMCA de la cuenca hidrográfica del Rio Negro del año 2009 y la base de datos hidrometeorológicos publicados por la Corporación Autónoma Regional – CAR, identificando la estación meteorológica ESC VOCACIONAL PACHO (2306507) como la más cercana a la zona de estudio, los últimos datos registrados eran del año 2019 y se encontraban en formato excel, lo que permitió la organización de datos para trabajar sobre diferentes periodos de tiempo o épocas del año, el comportamiento climatológico. Con características hidrológicas definidas, fue posible realizar un balance hídrico de la zona de estudio mediante la aplicación del método de balance hídrico de Thornthwaite.

Información Cartográfica.

Mediante dos fotografías aéreas de los años 1998 y 2007 y dos imágenes satelitales de muy buena definición ubicadas en la plataforma virtual del Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC “Colombia en mapas” y el sistema de información geográfica Google Earth de los años 2014 y 2017, se hizo un corte en la escala de 1:5000 con ayuda del software QGIS con el fin de identificar cobertura vegetal 20 años atrás y también los cambios paisajísticos en la finca Las Mercedes para el intervalo de tiempo entre el año 1998 y 2017 que han influido en el deterioro de ecosistemas vitales como son los nacimientos de agua.

Mediante la ubicación de imágenes en forma de collage se hizo un análisis visual detallado de los cambios que han ocurrido en el terreno, identificando actividades forestales, asentamientos domésticos, canalización de micro cuenca y actividad socioeconómica asociada a la piscicultura.

Teniendo en cuenta la alta definición de las imágenes, no se hizo necesaria la sectorización y utilización de técnicas avanzadas de identificación de cobertura vegetal o cambios paisajísticos sino que teniendo como base la información bibliográfica y primaria suministrada por la comunidad en el taller de cartografía social, se hizo un estudio multitemporal básico de las 4 imágenes para ubicar con exactitud los cuerpos de agua y los factores antrópicos o naturales que han influido en su deterioro o extinción.

Información Cualitativa

Se desarrolló un trabajo de grupos focales con los actores más cercanos a la zona, para la obtención de información concreta que ayudara a la aclaración de incertidumbres generadas después del análisis numérico y también para profundizar en aspectos más complejos como los factores que se encuentran detrás de las transformaciones sufridas por los ecosistemas.

Trabajo con Grupos Focales:

Se proyectaron dos talleres divididos entre “jóvenes y adultos” y “ancestros” como método de investigación colectiva para la recolección de diversas opiniones y experiencias significativas para la investigación:

Tabla 1

Talleres A y B Grupos Focales

Talleres Grupos Focales	
Taller A. Población Joven y Adulta	
Objetivo General	Incentivar la reflexión y participación de la comunidad mediante la aplicación del método de cartografía social frente al reconocimiento de su territorio, sus características, riquezas naturales y los usos del suelo.

Descripción de la Actividad	<p>La actividad será dirigida por un coordinador y consta de cinco etapas de desarrollo:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Conformación de 2 grupos de trabajo (solo si los asistentes al evento son mínimo 10 personas, de lo contrario será un solo grupo de trabajo), explicación del mapa proyectado en cartelera que corresponde a la finca Las Mercedes, ubicación geográfica y características muy generales como el bioma y la cuenca hidrografía a la que pertenece.2. Mediante dibujos, los participantes ubicaran en el mapa los nacimientos de agua y cuerpos de agua que se encuentran en la finca las mercedes o que existieron en alguna época (20 años atrás), posterior a ello plasmaran las especies vegetales y demás características físicas que solían tener dichos ecosistemas.3. Serán suministradas una serie de fotografías a los participantes con actividades antrópicas, usos del suelo y cultivos (estudiadas previamente para el bioma de bosque húmedo premontano) para que haciendo un análisis histórico ubiquen según corresponda en los mapas.4. Finalmente, la coordinadora de la actividad presentara una serie de imágenes satelitales históricas de la finca, con el fin de dar a conocer el cambio paisajístico de la zona en el periodo de tiempo de los años 1998 - 2017 , con el comparativo de imágenes se busca que los participantes reflexionen sobre la importancia de los recursos
------------------------------------	---

	<p>naturales, el impacto que genera cada intervención del terreno sin planeación previa, además, servirá como guía para que los participantes pongan en sus mapas lo que se les pudo haber olvidado en el paso anterior.</p> <p>5. Presentación de las carteleras y reflexiones finales por parte de los participantes y la coordinadora de la actividad.</p> <p>Nota: Todos los temas abordados serán esenciales a la hora de analizar una propuesta de recuperación de nacimientos de agua, por lo que es muy importante la toma de apuntes.</p>
Convocados	10 personas entre jóvenes y adultos, habitantes de la finca las Mercedes y sus alrededores.
Tiempo Estimado	2 horas
Resultados Esperados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Validar y complementar los datos meteorológicos, geológicos, cobertura vegetal, especies y características generales del ecosistema, investigados previamente en la bibliografía. 2. Recolección de datos correspondientes a usos de suelo y actividades desarrolladas en el área que permitan identificar los impactos ambientales más significativos a través de los años.
Taller B – Entrevistas ancestros	
Objetivo General	Indagar mediante el método de entrevista semi estructurada a los ancestros que han habitado la zona, con el fin de corroborar información bibliográfica

	sobre comportamiento hidrológico histórico, usos del suelo y conservación de ecosistemas.
Descripción de la Actividad	<p>Implementando el método de entrevista semi estructurada, serán indagados 2 o 3 ancestros que habiten la finca “Las Mercedes” o sus linderos, con el fin de recolectar información que permita confirmar y dar veracidad a datos hidrológicos y de uso de suelos recolectados bibliográficamente.</p> <p>Preguntas orientadoras:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuáles son las épocas lluvia y sequía en el año? 2. ¿Hay alguna época del año donde se presente escases de agua? 3. ¿Qué usos le han dado ustedes y sus padres a los nacimientos de agua presentes en la finca Las Mercedes? 4. ¿Qué métodos de conservación de nacimientos de agua solían practicar sus padres? 5. ¿Qué cultivos han sembrado en la finca las Mercedes?
Participantes	2 o 3 adultos mayores (Ancestros)
Tiempo Estimado	3 horas
Resultados Esperados	Información histórica de comportamientos hidrológico como las épocas de mayor y menor precipitación, déficit de agua, temperatura promedio y demás datos que permitan evaluar el comportamiento actual de los ecosistemas.

Fuente: Autoría Propia

Resultados y Análisis

Los resultados de investigación se presentan en tres partes que corresponden a los objetivos de trabajo planteados inicialmente, en la primera parte se presenta información bibliográfica recopilada de fuentes dispuestas por las entidades ambientales de Colombia que sirvió como guía para la identificación del ecosistema y también para el cálculo de datos de análisis cuantitativo, la segunda parte expone información cualitativa recolectada en talleres aplicados a la comunidad, dicha información es el complemento y pretende dar veracidad a los datos bibliográficos recolectados en el primer objetivo, la tercera y última parte ofrece información de análisis bibliográfico y geográfico (mediante datos suministrados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC).

Fase 1. Características Hidrológicas, Geológicas y de Cobertura Vegetal

Ubicación:

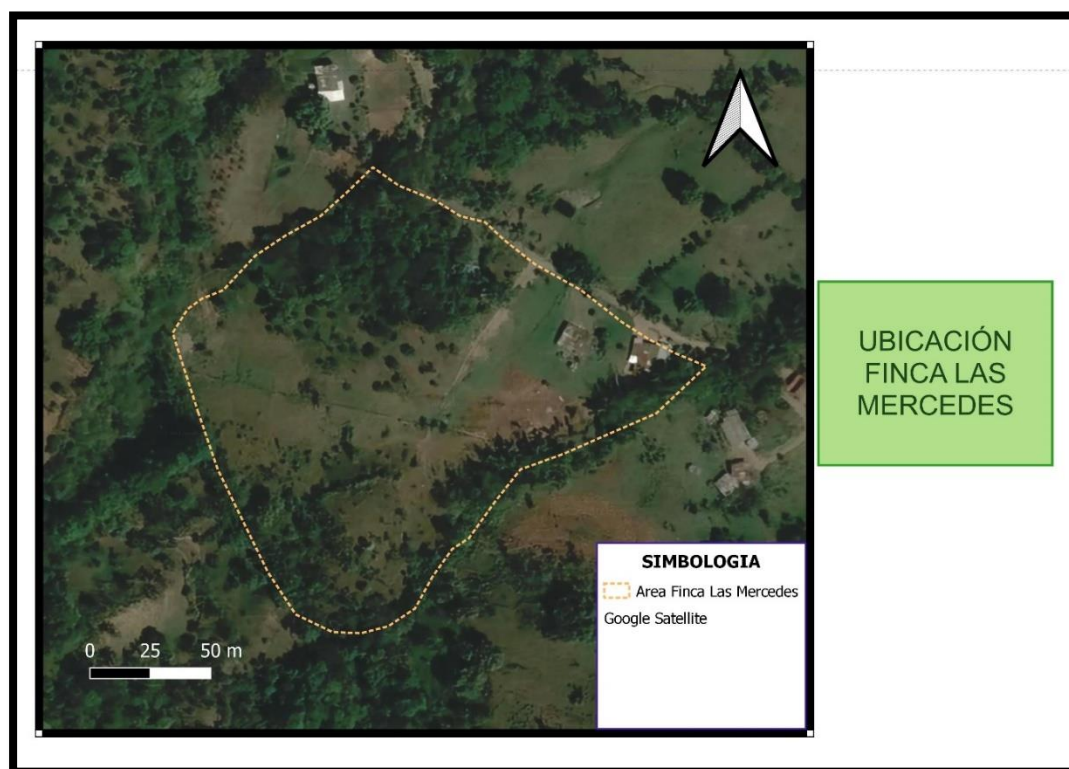
El área de estudio corresponde a la finca “Las Mercedes” ubicada en el municipio de Pacho Cundinamarca (Figura 1).

Coordenadas Geográficas: 5° 9' 8,4809” N - 74° 10' 17,6097” W

Coordenada Plana: N 2127477,04 – E 4870201,200 (EPSG: 9377)

Figura 1

Polígono Finca las Mercedes, Pacho Cundinamarca



Fuente: Google Earth

Características Hidrológicas

Las microcuencas que limitan la finca “Las Mercedes” alimentan la subcuenta “Rio alto Negro” que a su vez provee a la cuenca hidrográfica del río Negro que nace en el municipio de Pacho Cundinamarca. El río Negro se localiza en el flanco occidental de la cordillera Oriental, haciendo parte de la hoya hidrográfica del río Magdalena, drenado en sentido predominantemente suroeste – noreste, atravesando el noroccidente del departamento de Cundinamarca y suroccidente Boyacá (CAR, 2009).

Según la CAR (2009) la demanda hídrica se da por actividades socioeconómicas que demandan el recurso hídrico superficial en la subcuenta Alto Rio Negro, en la zona rural de Pacho Cundinamarca estas son:

Demanda Agrícola.

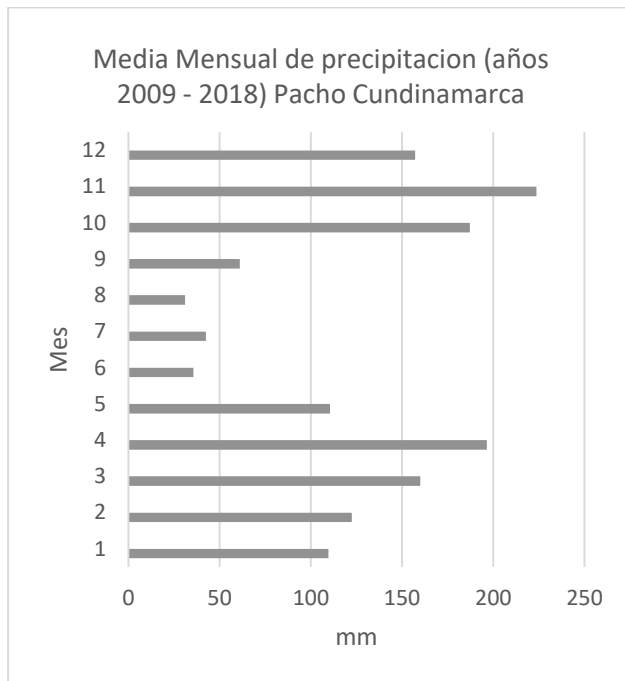
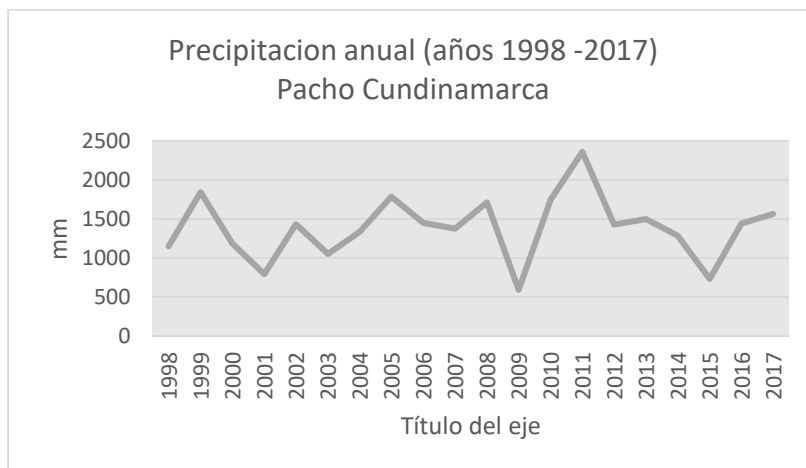
La cuenca Alta del río Negro presenta una demanda estimada de $65^l/s$, cultivos como los frutales y los cítricos cubren sus necesidades principalmente del agua proveniente de la precipitación predominante en la cuenca.

Demanda Pecuaria.

Cuenca Rio Alto Negro, $436.966 (m^3/año)$

Precipitación

El comportamiento de la precipitación se realizó a partir del análisis de registros mensuales en un intervalo de tiempo de 10 años (2009 -2018), promedio representado en la Figura 2 y que permitió comprender que los meses de mayor precipitación son abril y noviembre, este último con registros por encima de los 200 mm. Los meses de menor precipitación son junio y agosto con registros por debajo de 30 mm. En un análisis del promedio anual de precipitación en un intervalo de tiempo de 20 años, comprendido entre 1998 y 2017 (grafica 2), se evidencio un pico fuera de lo normal para el año 2011 con un promedio de 2359 mm, pero volvió a estabilizarse en los últimos años. La precipitación media anual es de 1431 mm.

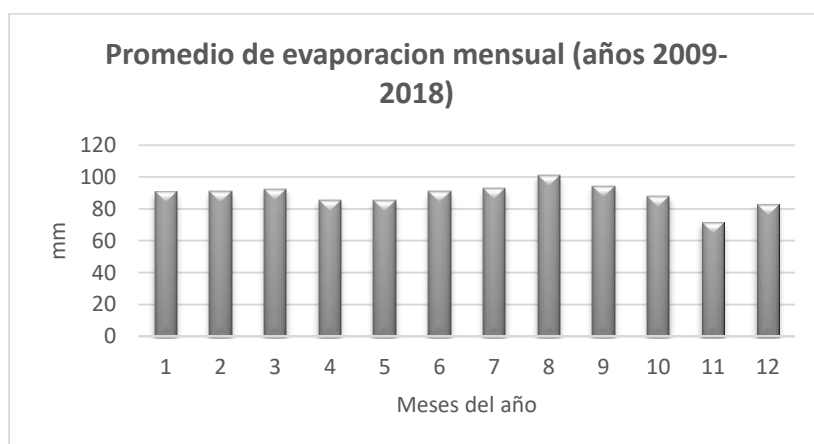
Figura 2*Media mensual de Precipitación**Fuente: Autoría Propia***Figura 3***Precipitación Anual – (años 1998-2017)**Fuente: Autoría Propia*

Evaporación

Los periodos de evaporación más altos son los meses de enero y agosto, concordando con los dos periodos de sequía (Figura 2), el primero para los meses de enero y febrero y el segundo para los meses de julio y agosto. Los periodos de vaporización mínima están dados en el mes de abril y el segundo para noviembre, coincidiendo con los meses de más precipitación en la zona.

Figura 4

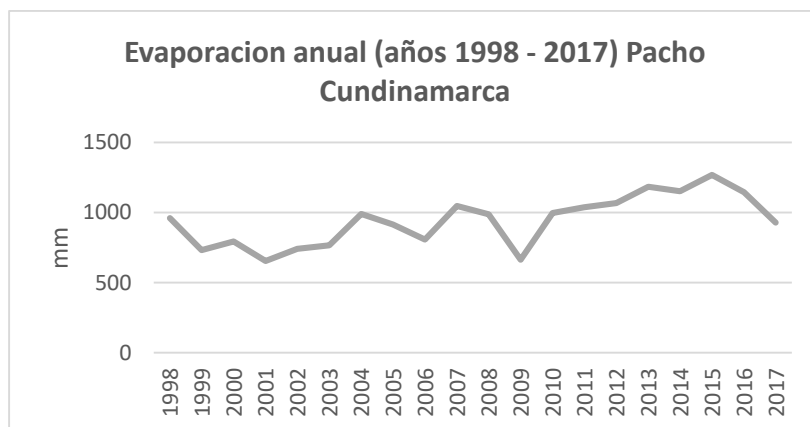
Promedio de Evaporación Mensual



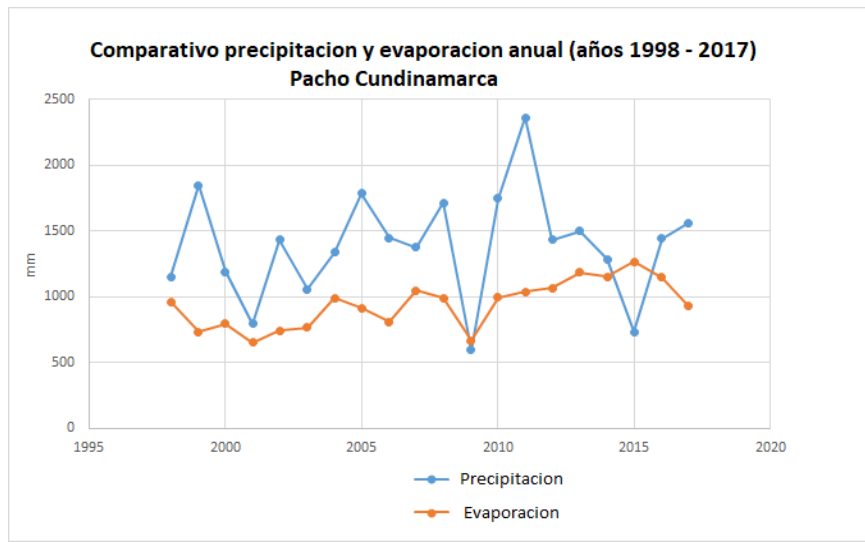
Fuente: Autoría Propia

Figura 5

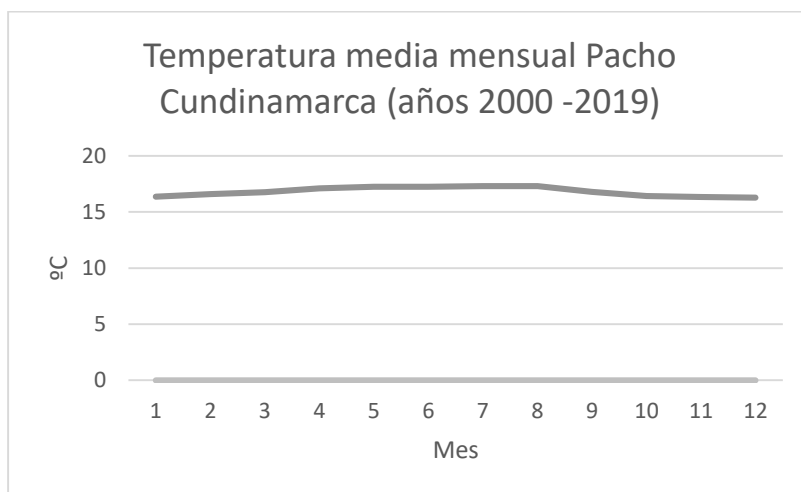
Evaporación Anual (años 1998-2017)



Fuente: Autoría Propia

Figura 6*Comparativo, precipitación y evaporación Anual**Fuente: Autoría Propia***Temperatura**

La temperatura media mensual en la zona de estudio según promedio calculado para un periodo de 20 años (2000 – 2019) es de 16.8 °C y la temperatura media anual de 16.7 °C

Figura 7*Temperatura Media Mensual**Fuente: Autoría Propia*

Evapotranspiración Potencial

Ante la ausencia de lisímetros en la zona de estudio, algunos investigadores y entidades ambientales como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM han propuesto diferentes métodos empíricos para el cálculo de evapotranspiración, por medio de información meteorológica.

Se tuvieron en cuenta los análisis previos realizados por la Corporación Autónoma Regional - CAR en la estación meteorológica ESC VOCACIONAL PACHO (2306507) para la proyección del POMCA-001-UT en el año 2009, donde se estimó una evapotranspiración potencial anual de 852,7 mm, valores promedio para las condiciones de humedad predominantes en la vertiente sobre la cual se localiza la cuenca Alta del río Negro, con máximos en julio de 74.2 mm y mínimos en noviembre de 68.1 mm y variaciones de 6.4 mm entre el mes de mayor y menor evapotranspiración, ajustando su comportamiento a lo largo del año a las épocas de verano para los valores máximos de evapotranspiración y de mínimos para las dos temporadas de invierno.

Tabla 2

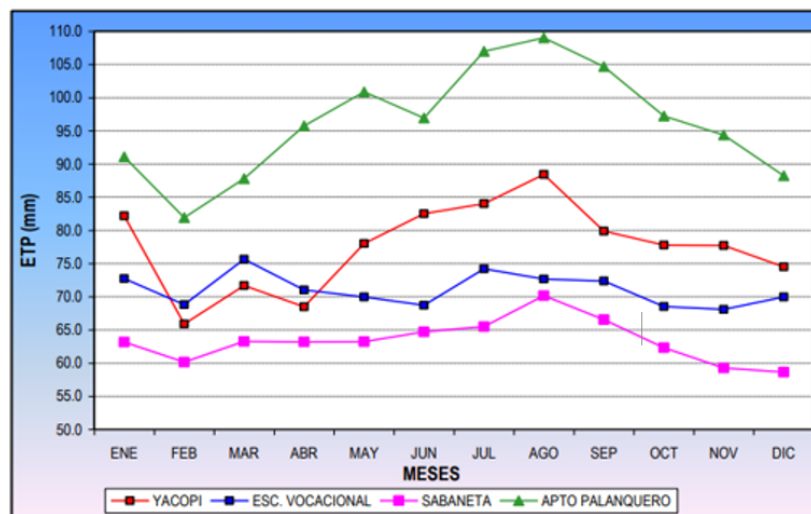
Valores totales mensuales de evapotranspiración potencial (mm) – Estación Escuela Vocacional Pacho

<i>ENE</i>	<i>FEB</i>	<i>MAR</i>	<i>ABR</i>	<i>MAY</i>	<i>JUN</i>	<i>JUL</i>	<i>AGO</i>	<i>SEP</i>	<i>OCT</i>	<i>NOV</i>	<i>DIC</i>	<i>TOTAL</i>
72,7	68,8	75,6	71	70	68,7	74,2	72,7	72,4	68,5	68,1	70	852,7

Fuente: CAR, 2009

Figura 8

Evapotranspiración mensual cuenca Alta Rio Negro



Nota: Grafica Valores promedio mensual de evapotranspiración potencial – Estación Escuela Vocacional de Pacho

Fuente: CAR (2009)

La Figura 8, muestra los valores mensuales estimados de evapotranspiración potencial en cuatro estaciones climatológicas de la cuenca del Rio Negro, entre las que se encuentra la ESC VOCACIONAL PACHO.

Balance Hidrológico

Teniendo en cuenta los datos hidrológicos y climatológicos calculados y analizados previamente, se hizo necesario proyectar un balance hidrológico para definir la falta y los excesos de agua en el suelo de la zona. Mediante la aplicación del método de balance hídrico de Thornthwaite.

Las variables utilizadas para el balance son las siguientes:

P: precipitación media o mediana mensual

ETP: evapotranspiración potencial o de referencia

P-ETP (precipitación útil): diferencia entre la P y la ETP

R: reserva

ETR: evapotranspiración real

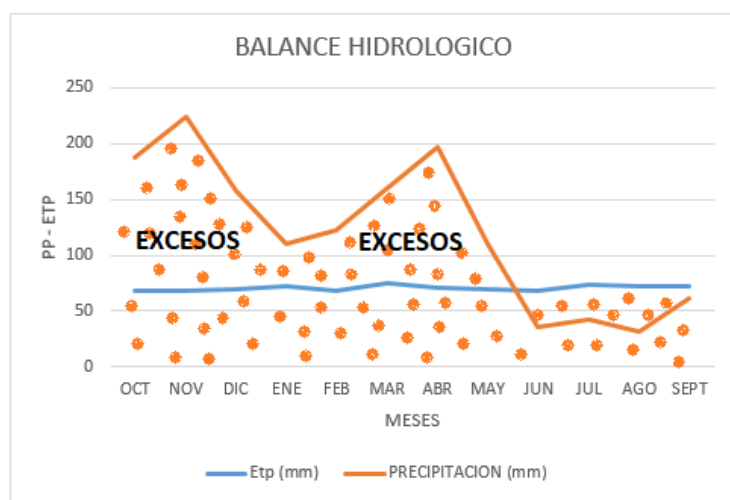
D: Déficit

Ex: Excedente

Para el cálculo del balance hidrológico se estableció el mes de octubre como el primer mes del año hidrológico (Anexo A Calculo balance hidrológico), teniendo en cuenta que es la época en donde la precipitación es más alta que la evapotranspiración según lo evaluado en la Tabla 2, y una profundidad efectiva del suelo de 40 cm con capacidad de campo de 100 mm tomando como referencia el análisis previo realizado por la Corporación Autónoma Regional CAR (2009).

Figura 9

Balance Hidrológico



Fuente: Autoría Propia

Para la Cuenca Alta del Rio Negro donde se encuentra ubicada la estación la ESC VOCACIONAL PACHO, el balance hidrológico calculado arroja valores de precipitación anual de 1436 mm y 852,7 mm de evapotranspiración potencial (ETP) y real, con excesos anuales de 601,8 mm distribuidos a lo largo del año en dos temporadas, la primera de enero a mayo y la segunda de octubre a diciembre que corresponden a los meses más húmedos con valores máximos en abril (196,4 mm) y noviembre (223,5mm); durante la época de sequía que corresponde a los meses de junio a septiembre la cuenca presenta bajas precipitaciones, pero aun así, no se evidencia déficit hídrico.

Tabla 2
Balance hidrológico

MESES	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	TOTAL
ETP (mm)	68,5	68,1	70	72,7	68,8	75,6	71	70	68,7	74,2	72,7	72,4	852,7
PRECIPITACION (mm)	187,2	223,5	157,2	109,6	122,3	159,9	196,4	110,5	35,5	42,4	30,9	61	1436,4
PRECIPITACION UTIL (mm)	118,7	155,4	87,2	36,9	53,5	84,3	125,4	40,5	-33,2	-	-41,8	-11,4	583,7
RESERVA (mm)	118,7	100	100	100	100	100	100	100	66,8	68,2	58,2	88,6	1100,5
EXCEDENTE (mm)	0	174	87,2	36,9	53,5	84,3	125,4	40,5	0	0	0	0	601,8
DEFICIT (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP real (mm)	68,5	68,1	70	72,7	68,8	75,6	71	70	68,7	74,2	72,7	72,4	852,7

Fuente: Autoría Propia

Clima

Una vez calculados los valores de precipitación media anual y temperatura media anual con datos de la estación hidrometeorológica 2306507, mediante la de la **clasificación climática de Caldas-Lang**, que dice que al dividir la precipitación media anual (1431 mm) por la

temperatura media anual (16.7°C) se obtiene el coeficiente P/T para saber el clima, se obtuvo como resultado la clasificación **Semihúmeda**.

Tabla 3

Clasificación climática de Caldas-Lang

Coeficiente P/T	Clase de Clima
0 a 20,0	Desértico
20,1 a 40,0	Árido
40,1 a 60,0	Semiárido
60,1 a 100,0	Semihúmedo
100,1 a 160,0	Húmedo
Mayor a 160,0	Superhúmedo

Fuente: Clasificación climática, IDEAM

Descripción de suelos

Según el mapa geológico de Colombia, publicado en el año 2015 por el Servicio Geológico Colombiano – SGC, la zona de estudio hace parte de la llanura aluvial del Río Negro y las características del suelo definidas en el estudio general de Suelos y zonificación de tierras del Departamento de Cundinamarca.

Según las características taxonómicas de suelo descritas por la CAR (2009):

Los suelos pertenecientes a esta unidad se localizan en el municipio de Pacho distribuido al noroccidente de la subcuenta. Se encuentran entre 1.000 y 2.000 msnm, con clima ambiental medio y húmedo caracterizado por temperaturas entre 16 y 24 °C y precipitaciones promedio anual entre 1.000 y 2.000 mm. (p. 124)

Según su clasificación taxonómica los suelos del área de estudio se definen como Typic Eutrudepts, se distribuyen en sectores con pendiente 7-25%, son en general profundos, moderadamente bien drenados y de texturas medias a moderadamente gruesas. La evolución de estos suelos es baja, se han originado a partir de depósitos clásticos

hidrogravigénicos y presentan horizontes A (0-16 cm de profundidad), B (16 a 76 cm), C (76-120 cm). El primer horizonte es pardo grisáceo oscuro con moteados amarillo pardusco, de textura franca y estructura en bloques subangulares débilmente desarrollada; el segundo es pardo grisáceo con moteados pardo amarillento, de textura franco limosa y estructura en bloques subangulares fuertemente desarrollada; por último el tercero es pardo pálido, de textura franco arenosa y sin desarrollo estructural. (p. 124)

Químicamente estos suelos se caracterizan por presentar niveles altos de saturación de bases y capacidad de intercambio catiónico, reacción ligeramente ácida en los horizontes superficiales y mediana a fuertemente alcalina en profundidad; presentan contenidos altos de calcio, magnesio y medios a bajos de potasio; la fertilidad de estos suelos es alta. (p. 124).

Cobertura vegetal

La finca Las Mercedes está ubicada a 1705 msnm aproximadamente, hace parte de la formación de bosque húmedo premontano en la parte central de la subcuenca Rio Alto Negro. “Las coberturas naturales han venido desapareciendo casi en su totalidad, pues en la actualidad cubren tan solo el 0,65% del área total para la formación, esta condición es debida principalmente a la expansión de la frontera agrícola y a la aplicación de prácticas productivas no sostenibles” CAR (2009).

En el bosque húmedo premontano se encuentra una gran variedad de especies arbóreas en sus diferentes estratificaciones y abundancia de epifitas vasculares lo que facilitaría el establecimiento de proyectos de recuperación, según Guzmán (1996), entre las especies principales se encuentran:

Guadua (*Bambusa guaua*), Ocobo (*Tabebuia rosea*), Moho (*Cordia alliodora*) y Cedro (*Cederla sp*), Nogal cafetero (*Cordia alliodora*), Aceituo (*Vitex sp*), Cámbulo (*Erythrina poeppigiana*), Guamo (*Inga sp*), Nacedero (*Trichanthera gigantea*), Caracolí (*Anacardium excelsum*), Cauchos (*Ficus spp.*), Balso (*Ochroma pyramidale*) y Ceiba

Bruja (*Ceiba pentandra*), frutales como el naranjo (*Citrus × sinensis*), mandarino (*Citrus reticulata*), guayabo (*Psidium guajava*), mango (*Mangifera indica*) (p. 15)

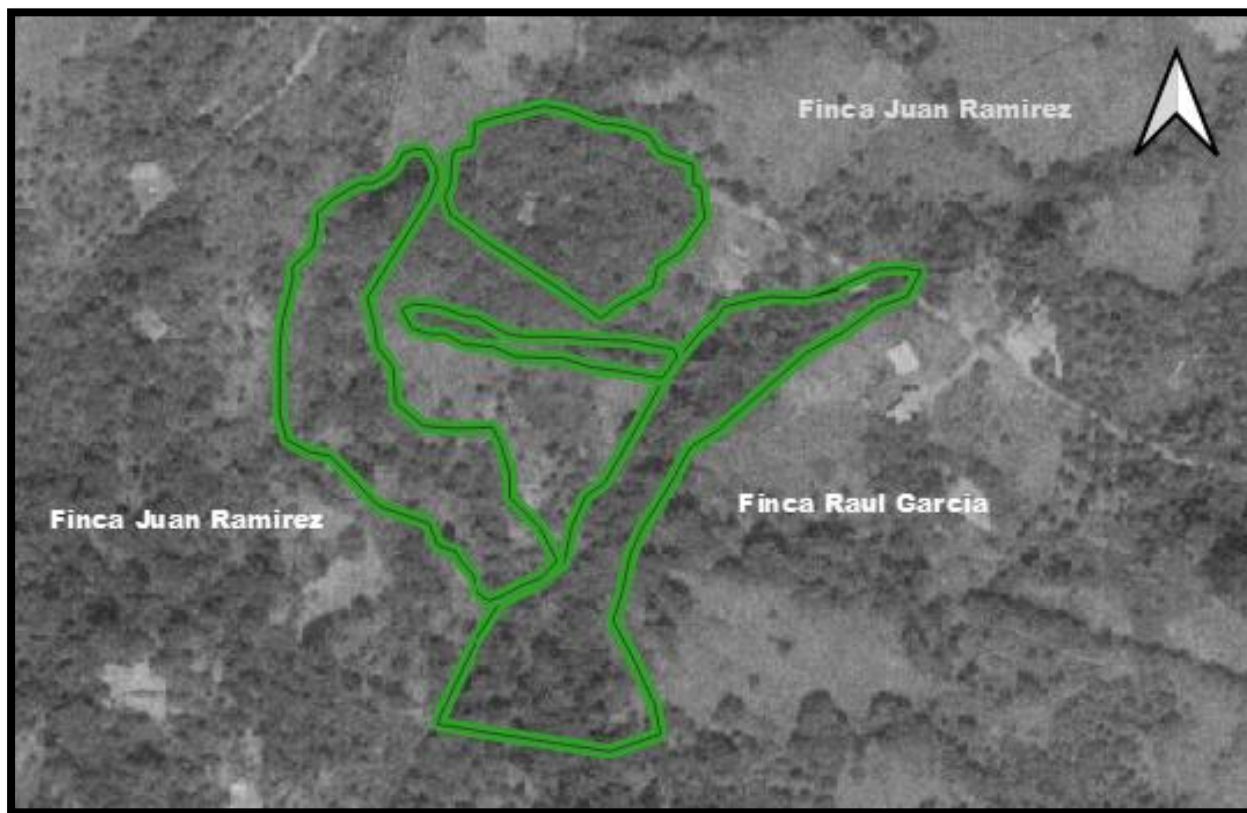
En los potreros es común encontrar asociaciones de Helecho (*Pteridium aquilinum*), Helecho de loma (*Dicranopteris spp.*), Paja rabo de zorro (*Andropogon bicornis*) y Pasto yaraguá (*Melinis minutiflora*) (p. 15).

Cobertura Vegetal Bosque Húmedo Premontano, Año 1998.

Al analizar la fotografía aérea del año 1998, se pueden identificar 4 tipos de cobertura vegetal:

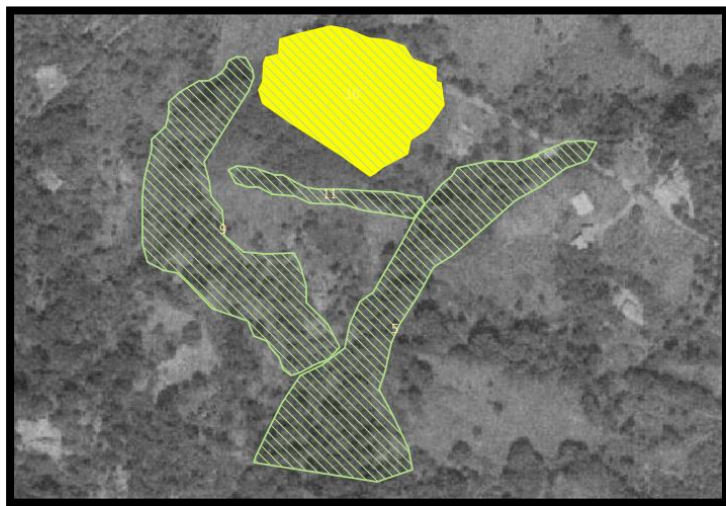
Figura 10

Cobertura vegetal Finca las Mercedes año 1998



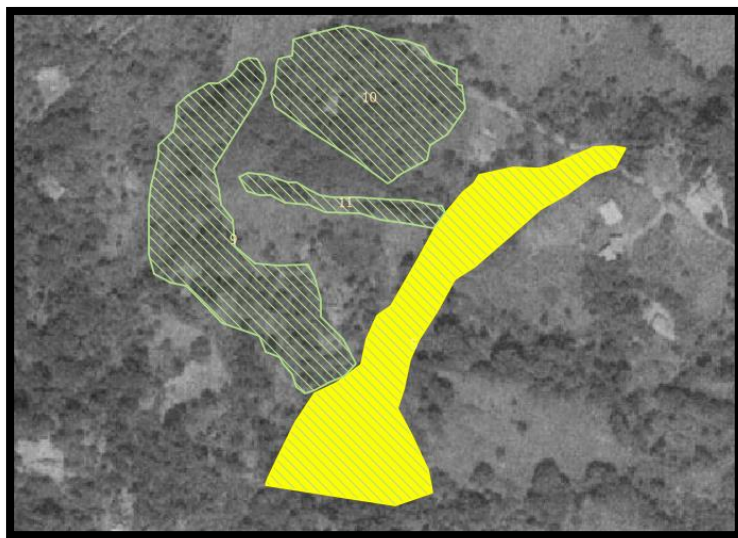
Nota: Polígono, Fotografía Aérea C2636. 1998.

Fuente: IGAC

Figura 11.*Bosque nativo 01*

Nota: polígono, fotografía aérea c2636. 1998.

Fuente: IGAC

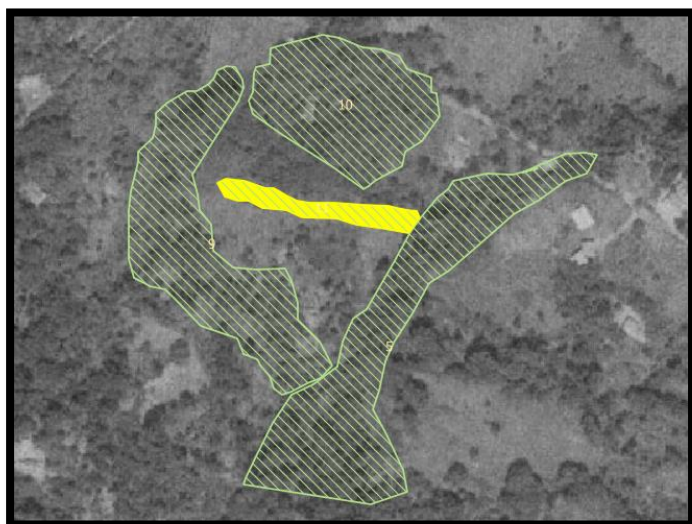
Figura 12.*Bosque de galería 01*

Nota: Polígono, fotografía aérea c2636. 1998.

Fuente: IGAC

Figura 13.

Bosque de galería 02

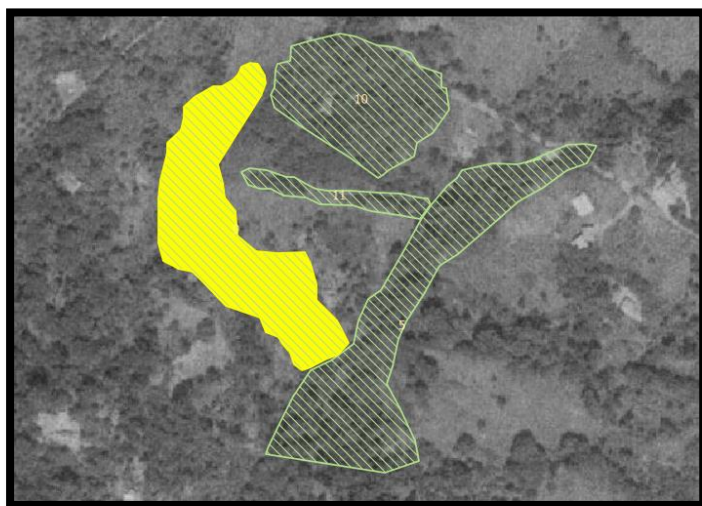


Nota: *Polígono, fotografía aérea c2636. 1998.*

Fuente: IGAC

Figura 14.

Bosque Nativo limitante



Nota: *Polígono, fotografía aérea c2636. 1998.*

Fuente: IGAC

Análisis

Los datos de evaporación y precipitación estudiados según los registros descargados de la estación meteorológica 2306507 muestran un ciclo hidrológico acorde al comportamiento medio-mensual de los biomas de bosque húmedo premontano como se evidencia en el análisis de Guzmán (1996). Al analizar el comportamiento de precipitación anual en el periodo de tiempo de los años 1998 a 2017, se observó un pico alto, por encima de los 2000 mm en el año 2011 (Figura 3), lo que obligo a que se investigara el comportamiento anormal, encontrando razón en el fenómeno de La Niña que azotó al país entre los años 2010 y 2011 Pérez y Barbosa (2018), al ser considerado un desastre natural por las entidades ambientales del Estado Colombiano y un evento poco común, los excesos de precipitación de la época no interfieren en la clasificación del terreno como perteneciente al bioma del Bosque Húmedo Premontano (bh-P).

Gracias a los datos hidrometeorológicos calculados fue posible la aplicación del método de Thornthwaite para balances hidrológicos, donde se pudo demostrar que el ecosistema en estudio no presenta deficiencia de agua, pues los excesos que se presentan en 9 de los 12 meses del año (Figura 9), suplen adecuadamente el déficit de la época de verano. Lo anterior, se debe principalmente a la ubicación del terreno en un clima semihúmedo, la inclinación del terreno y por lo tanto el buen drenaje, las características físicas del suelo clasificado como de alta fertilidad y la riqueza vegetal con ecosistemas como los bosques de galería que “se caracterizan por sus servicios de regulación del suelo y del clima local, la prevención de la erosión y el mantenimiento de la fertilidad del suelo” Núñez et al (2019), y los bosques nativos que permiten una adecuada estratificación vegetal que favorece la entrada parcial de la luz solar al suelo, mejorando los porcentajes de humedad.

Fase 2. Talleres con Grupos Focales

Taller A – Población Joven y Adulta

El taller de cartografía social se realizó con la participación de 9 personas y una coordinadora de trabajo, con el fin de lograr un adecuado desarrollo del taller se contextualizo muy brevemente a los participantes sobre los objetivos de la investigación y la importancia de la información que se recolectaría por parte de ellos para dar veracidad a información bibliográfica adquirida con anterioridad.

Figura 15

Taller A. Poblacion Joven y Adulta



Fuente: Autoria Propia

Figura 16*Elaboracion Mapa Cartografia Social*

Fuente: Autoria Propia

En el desarrollo del taller, los participantes, además de reconocer los límites de la finca y ubicarse geográficamente, recordaron y plasmaron en dibujos las riquezas naturales y paisajísticas, los caminos reales y otros aspectos que hacían parte de la finca Las Mercedes 20 años atrás, con la ayuda de fichas facilitadas por la coordinadora ubicaron las actividades antrópicas y cultivos que han generado un cambio paisajístico con el pasar de los años; finalmente, se realizó una exposición de cuatro imágenes satelitales y fotografías aéreas de la finca que mostraron el cambio paisajístico desde el año 1998 hasta 2017, momento que desató varios recuerdos entre los participantes y les sirvió para complementar el mapa dibujado previamente y reflexionar sobre sus responsabilidades en la degradación del ecosistema así como las responsabilidades frente al cuidado de lo que aún se preserva; también se expuso el trabajo de

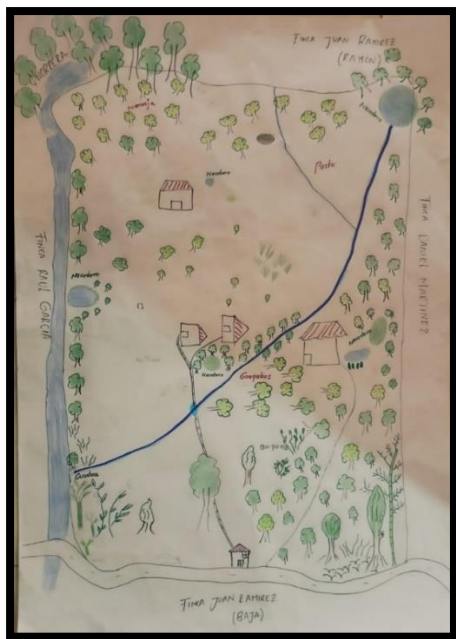
la Corporación Autónoma Regional - CAR en su esfuerzo de conservar los ecosistemas y la disposición de la comunidad que no siempre es la más favorable, información que se detalla a continuación.

Características Finca Las Mercedes.

La imagen representa el trabajo elaborado por la comunidad donde se resaltan las riquezas naturales de la Finca las Mercedes 20 años atrás.

Figura 17

Mapa Cartografía Social Finca las Mercedes



Fuente: Autoría Propia

Vegetación.

Según la información suministrada por la comunidad, hace veinte años la finca contaba con cobertura vegetal en casi toda su área como se puede corroborar en la fotografía aérea del año 1998 (figura 10), los bosques que se clasificaron previamente como nativos estaban cubiertos de

árboles forestales como el casco de vaca (*Bauhinia picta*), Cucharo (*Myrsine guianensis*), Ocobo (*Tabebuia rosea*), Cedro (*Cedrela sp*), Nogal cafetero (*Cordia alliodora*), Nacedero (*Trichanthera gigantea*), Caucho (*Ficus spp.*), Balso (*Ochroma pyramidale*) y frutales como el naranjo (*Citrus × sinensis*), mandarino (*Citrus reticulata*), guayabo (*Psidium guajava*), mango (*Mangifera indica*), plantas como el bijao (*Calathea lutea*), Platanito rojo (*Canna indica*) y cultivo de café que cumplía su papel de sotobosque, parece ser que uno de los secretos del cultivo del buen café era la sombra y nutrientes que le aportaban los grandes doseles. Los bosques clasificados como “Bosques de Galería” si corresponden, teniendo en cuenta que el límite de la finca al oriente es una quebrada de buen caudal que viene a desembocar en el Rio Negro directamente y se alimenta de microcuencas como la identificada dentro de la finca que nace en la ladera ubicada en el costado occidental; ambas fuentes superficiales contaban con una cobertura arbustiva de especies nativas entre las que se destacan el Nacedero (*Trichanthera gigantea*), la guadua (*Bambusa guaua*) y el cucharo (*Myrsine guianensis*).

Cuerpos de Agua.

En el trabajo de mapeo y posicionamiento cartográfico realizado por la comunidad, se identificó la existencia de seis nacimientos de agua, una quebrada que atraviesa la finca de sur a norte y desemboca en la subcuenca Rio Alto Negro, y dos microcuencas que alimentan dicha quebrada y nacen de una ladera ubicada en la parte sur-occidental de la finca. Los nacimientos, hace 20 años eran la única fuente de abastecimiento de agua para consumo humano y por lo tanto se priorizaba su cuidado con la siembra de árboles y plantas adecuadas para la generación de sombra.

Cultivos.

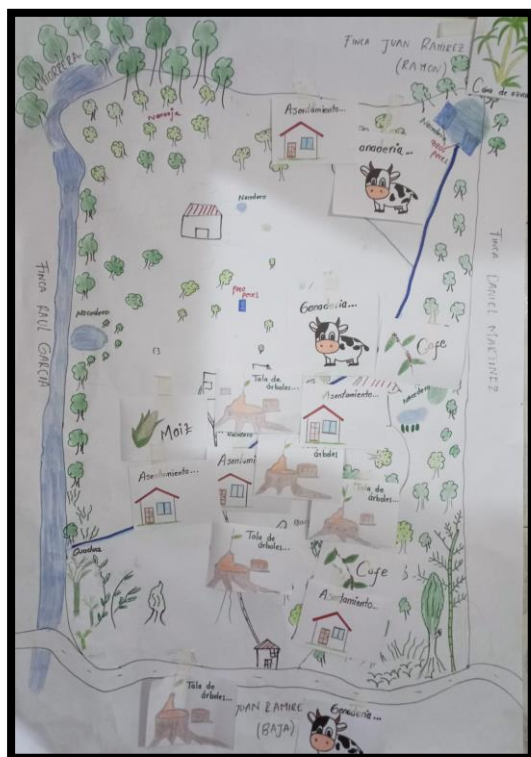
Según la información aportada, se ha cultivado maíz y habichuela en una pequeña parcela de la finca que por más de 30 años ha sido dedicada a los cultivos ocasionales y la siembra de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

Actividades Antrópicas.

La imagen representa las actividades antrópicas que se han venido realizando dentro de la finca las Mercedes entre los años 1998 y 2018.

Figura 18

Mapa Cartografía Social - Actividades antrópicas



Fuente: Autoría propia

Luego de representar en el mapa las riquezas naturales, la comunidad plasmo las siguientes intervenciones y actividades antrópicas que se han realizado en la finca en los últimos 20 años (figura 18): Tala de árboles forestales y frutales para la construcción de 5 asentamientos nuevos (incluye intervención de maquinaria para construcción de carretera) que desencadenó la pérdida de un nacimiento de agua (quizá el más representativo de la finca por su ubicación en la zona central), el deslizamiento de tierra en el borde de la quebrada, y la introducción de ganadería en pastizales (aclaran que han sido 2 o 3 animales para el sustento familiar). También se elaboraron 3 estanques para peces que se surten de aguas de dos nacimientos, dichos estanques drenan mediante zanja elaborada por sus propietarios hacia micro cuenca que desemboca en la quebrada principal.

Se evidencia un cambio paisajístico en la zona, sobre todo por la variedad de plantas, si bien se talaron muchos árboles forestales y frutales como la guayaba, en los asentamientos se encuentran cultivos de plátano hartón, guineo, café, yuca, arracacha, entre otros.

Otros Temas Tratados por la Comunidad.

Luego de realizar el taller, los participantes discutieron sobre las causas de la degradación de varios ecosistemas en la finca y sus responsabilidades, destacando como base la necesidad económica que presiona a los habitantes a realizar cambios en los usos del suelo. También fue muy notoria la preocupación o cierto recelo de los participantes con las exigencias o acciones que ha tomado la CAR en predios de propietarios que cuentan con nacimientos de agua, pues como se expone en el marco normativo, el artículo 2.2.1.1.18.2 del Decreto 1076 de 2015 obliga a los propietarios a proteger dichos ecosistemas con áreas forestales de gran amplitud, lo que impide a los habitantes el uso libre de sus tierras, sobre todo para provecho económico.

Taller B – Entrevistas Ancestros

Las entrevistas fueron aplicadas a 2 ancestros de la comunidad (Ana Cecilia Gómez (76 años) y Juan Ramírez (85 años)).

Los entrevistados coinciden en que las épocas de más lluvia, son de abril a junio y de octubre a diciembre, la época de sequía empieza en junio y termina a finales de agosto (época que coincide con la cosecha de naranja); También aseguran que es una finca con abundante producción de agua para consumo humano y que sus padres protegían con rigurosidad los nacimientos de agua mediante la siembra de árboles de nacedero (Figura 20) y plantas de bijao (Figura 19) porque al generar sombra mantienen la humedad del lugar. Don Juan, también es propietario de dos fincas que colindan con la finca Las Mercedes y asegura que en sus propiedades nunca falta el agua, sobre todo la finca ubicada en la parte norte, porque se alimenta de las aguas que drenan de los nacimientos ubicados en las Mercedes.

Figura 19

Planta de bijao (Calathea lutea)



Fuente: Autoría Propia

Figura 20

Planta de Nacedero ((Trichanthera gigantea)



Fuente: Autoría Propia

El agua para consumo humano proveniente de los nacimientos había sido utilizada para demanda doméstica hasta hace 10 años, pero cuando se empezó a construir otras viviendas, sus propietarios deforestaron el nacimiento principal hasta que se secó y canalizaron la corriente que bajaba de la ladera en la parte sur-occidental; por lo tanto, La señora Ana Cecilia se vio obligada a pedir un punto de agua proveniente del acueducto para satisfacer sus necesidades domésticas.

La señora Ana Cecilia cuenta que 30 años atrás, en la finca solía cultivarse mucho maní y que sus padres plantaban el café dentro de la zona boscosa porque la sombra y la riqueza de la tierra permitían la producción de un excelente café que solían vender en el pueblo.

Análisis

La comunidad reconoce que la finca Las Mercedes contaba con una gran riqueza ecosistémica 20 años atrás, resaltando más de 6 nacimientos de agua para consumo humano que

abastecían todas las necesidades de los pobladores en sus diferentes actividades, puesto que para la época se contaba con 2 asentamientos muy pequeños, un sin número de árboles endémicos, maderables y frutales que cubrían el área total de la finca y los linderos como la quebrada ubicada en la parte oriental. También, se destacan de fondo las prácticas de agricultura sostenible que aplicaban los ancestros con el fin de conservar sus ecosistemas, muestra de ello son los cultivos de café a la sombra de los doseles del bosque nativo y la rotación de cultivos en la zona exclusiva para explotación agrícola.

El comportamiento hidroclimático analizado previamente fue constatado con la información suministrada por los ancestros quienes aseguraron que las épocas de lluvia y de sequía no han variado mucho respecto a los años anteriores y que el terrero siempre ha sido muy rico en producción de agua a pesar de los cambios paisajísticos recientes. Resaltaron la responsabilidad y compromiso de sus padres en la conservación de ecosistemas mediante la siembra de especies protectoras y especiales para la generación de sombra en manantiales o ecosistemas hídricos.

La degradación de la finca las Mercedes empieza desde la división de terrenos que generaron una serie de actividades antrópicas justo en la ubicación de ecosistemas especiales, acarreado deforestación, canalización de fuente hídrica, desaparición de nacimiento de agua principal (ver anexo 01), aprovechamiento de aguas para actividades de piscicultura y explotación de tierras para cultivos de plátano, frijol, yuca y arracacha. La infraestructura básica como es el alcantarillado sanitario propicia descargas de aguas residuales sin tratamiento previo a pozo séptico, lo que implica la contaminación del acuífero o manto freático de la tierra. Los pobladores se vieron obligados a abastecerse de agua potable suministrada por empresa pública, trayendo consigo un incremento a los gastos familiares

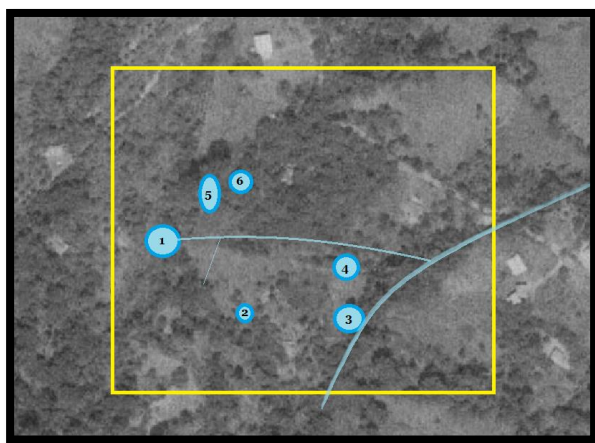
Es evidente que no hubo una planeación predial que tuviera en cuenta la importancia ambiental del terreno y la calidad de vida de sus futuros habitantes (zonas de abastecimiento de agua, cobertura boscosa, áreas productivas, áreas protectoras, etc.).

Fase 3. Factores Antrópicos o Naturales que han Influido en la Desaparición de Nacimientos de Agua (Análisis Cartográfico)

Teniendo en cuenta la información suministrada por la comunidad, se ubicaron en la fotografía aérea del año 1998 seis nacimientos de agua, dos microcuencas y una quebrada como cuerpos de agua existentes en la finca Las Mercedes.

Figura 21

Ubicación Cuerpos de Agua

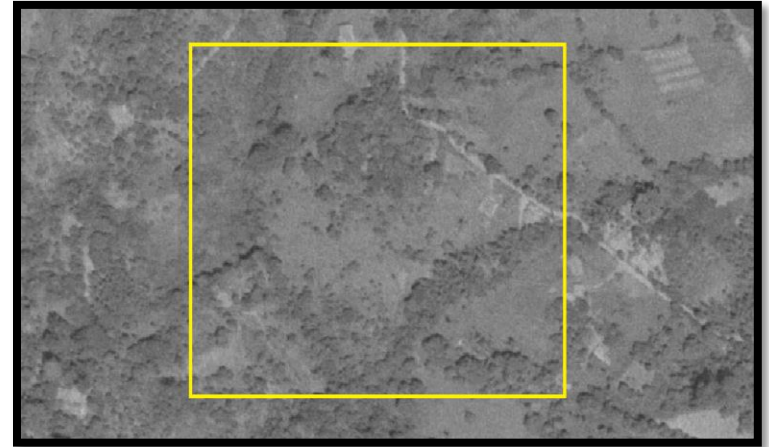
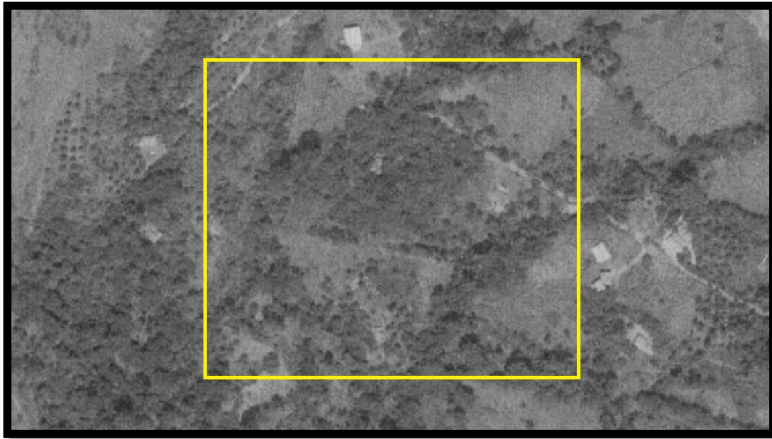


Nota: *Fotografía Aérea C2636. 1998*

Fuente: IGAC

Análisis Multitemporal

Figura 22
Analisis Multitemporal



Nota: Comparativo Fotografía aérea 1998, Fotografía Aérea 2007 e imágenes satelitales 2014 y 2017
Fuente: IGAC

Perdida de cobertura vegetal protectora.

La pérdida de cobertura vegetal natural en el periodo de tiempo 1998 – 2007 se observó una intervención fuerte en el área más boscosa, que para efectos de la presente investigación se denominó “Bosque Nativo 01” (Figura 11) y abarca la zona centro y norte de la finca, la tala de árboles está relacionada con actividades de ganadería y agricultura que dejaron como resultado varios espacios ocupados por pastizales y despejada el área de protección del nacimiento número 04 (figura 21), que según la comunidad era el principal proveedor del asentamiento ubicado en la parte norte.

En el periodo 2007 – 2014 la pérdida de cobertura es en general, el bosque denominado “De galería 02” (Figura 13) y el nacimiento de agua 04 han desaparecido para el año 2014 (figura 24), a su vez, los nacimientos 1 y 2 empiezan a verse despejados, no solo por la tala de árboles interna, sino por las áreas boscosas que colindan en la parte sur – occidental, de las cuales depende el nacimiento 01 principalmente, por ser una ladera.

Finalmente, la imagen satelital del año 2017 (figura 25) evidencia una pérdida de cobertura aproximada al 80% del área total de la finca, las áreas de pastizales son muy amplias sobre todo en la parte sur – occidental, el bosque de galería 01 (figura 12) que sirve de barrera protectora a la fuente hídrica principal, ha perdido especies vegetales notablemente y su cobertura se encuentra al límite de la corriente, motivo por el cual se presenciaron dos deslizamientos de tierra en épocas de abundante precipitación, según la información suministrada por la comunidad. Los nacimientos 1 y 2 carecen de sombra y su conservación es muy vulnerable.

“La pérdida de cobertura vegetal desencadena efectos negativos al suelo como la capacidad de almacenamiento de agua, pues las raíces de un pastizal difícilmente alcanzan a

extraer agua por debajo de los 50 cm de suelo, mientras que las raíces de los árboles pueden penetrar varios metros” Poveda y Mesa (1995), la intercepción de gotas de lluvia y por lo tanto el incremento de la tasa de erosión que reduce la vida y la capacidad útil de la cuenca hidrográfica.

Asentamientos.

En el año 1998 la finca contaba con dos asentamientos ubicados en la parte nor-oriental de la finca, el principal ubicado sobre la carretera y una pequeña vivienda localizada en medio del bosque nativo 01 (figura 11), del año 2007 al 2014 se evidencia la construcción de dos viviendas adicionales, también en la zona nor-oriental y su presencia denota ya un desequilibrio entre el entorno social y natural, puesto que se empieza a notar actividades de deforestación, al parecer por beneficio económico y la construcción de vías internas que subdividen la finca en dos partes.

La imagen satelital del año 2017 muestra la intervención social que ha tenido la finca desde el año 2014 con dos asentamientos nuevos, una vía interna que atraviesa lo que para el año 1998 (figura 22) era la zona de protección del nacimiento de agua 04 (figura 21). El asentamiento en donde termina la vía interna fue construido sobre la micro cuenca (demarcada en figura 21) que surte la quebrada principal, lo que implicó la canalización de la fuente, esto se constató mediante visita técnica.

Actividades económicas.

En el análisis de las cuatro imágenes solo se logra identificar una actividad económica significativa asociada a la piscicultura, se observan dos pozos de forma rectangular ubicados en el límite occidental de la finca que son alimentados por el nacimiento de agua 01 (figura 21) y un pozo en la zona central que se alimenta del nacimiento de agua 02 mediante drenaje natural. Dichos nacimientos son explotados para beneficio económico pero no se evidencia una

retribución al ecosistema que permita su conservación, información que se constató mediante visita técnica.

Análisis.

El análisis multitemporal permite entrever que el cambio drástico de la finca empieza en el intervalo de tiempo del año 2014 al 2017 con la introducción de una carretera por la parte central de la finca que posteriormente da lugar a la construcción de asentamiento que trae consigo el aprovechamiento del recurso hídrico para actividades económicas como la piscicultura, además es muy notable el aprovechamiento forestal a partir de la construcción del asentamiento nuevo.

El cambio paisajístico que se observa para el año 2017 (figura 25) en la finca las Mercedes, no es el único de la región, cuando se analizan las fincas colindantes también se nota un alto índice de deforestación para la época, generado por el parcelamiento de las fincas, al parecer, por la pérdida de ancestros propietarios de grandes terrenos y quienes hacían sus labores de conservación de ecosistemas.

Propuesta de Recuperación de Nacimientos de Agua, caso Finca Las Mercedes

Teniendo en cuenta el diagnóstico ambiental realizado en el área que comprende la finca Las Mercedes y sus alrededores, se proponen tres estrategias de planificación ambiental en pro de la recuperación de nacimientos de agua mediante acompañamiento comunitario, prácticas agrosostenibles y reforestación de áreas:

1. Concientización de la Comunidad

La estrategia parte de la concientización a los habitantes del deterioro que se ha dado en el terreno y la necesidad sentida de tomar medidas para remediar lo sucedido. En este caso, es importante trabajar con la población en general mediante programas con grupos focales donde se expongan los resultados obtenidos en el desarrollo de la presente investigación. Si bien, para el desarrollo del taller de cartografía social no se hizo necesaria la participación de niños y niñas, para este proceso deben ser prioridad, puesto que de ellos dependerá el éxito de la presente estrategia en un futuro.

Es evidente que los ancestros conservan aun, la cultura del cuidado de los recursos y amplios conocimientos acerca de las dinámicas del ciclo del agua a lo largo del año y el papel de las especies vegetales nativas en el ecosistema, por lo que su sabiduría debe ser aprovechada para la estructuración de talleres, dinámicas, conferencias y todos los programas que se desprendan de la presente estrategia con enfoque comunitario.

Finalmente, como apoyo a la concientización y educación ambiental, se hace necesaria la presencia de las Autoridades Ambientales competentes para que brinden asesoría y acompañamiento en temas de normatividad vigente, programas y beneficios relacionados con la protección y conservación de bosques a los propietarios del predio.

En el desarrollo del proyecto se deben involucrar todos los actores sociales que permitan una planificación ambiental que conlleve a mejorar la calidad de vida de los habitantes y la conservación de recursos naturales.

2. Recuperación Zonas de Amortiguación y de Ecosistemas Especiales para la Regulación Hídrica.

Las tierras del bosque húmedo premontano (bh-P) suelen ser muy agradables para los asentamientos humanos por su clima cálido, la formación geológica poco inclinada, la producción de agua para consumo humano y la fertilidad de sus suelos que permite la explotación agropecuaria, por lo tanto, se propone una estrategia de recuperación de zonas mediante la puesta en marcha de dos programas de reorganización de tierras y agricultura sostenible que ha sido exitoso en Colombia y no requiere de gran inversión económica:

Priorización de Areas por Medio de Canjes Ecológicos

Según lo concertado en el trabajo de cartografía social, la Finca las Mercedes, cuenta con 5 nacimientos de agua y una quebrada que cruza como lindero de la finca, todos se ubicaron en la fotografía aérea del año 1998 (Figura 21) y posteriormente se evidencio su estado de deterioro en la imagen satelital 2017 (figura 25). Estos ecosistemas, por ser de gran interés ambiental se deben priorizar mediante el aislamiento total y la demarcación de una zona de amortiguación donde se propicie la regeneración natural del paisaje y el renacimiento de corredores ecológicos.

Para que el proceso de liberación de terrenos, se propone una especie de canje ecológico con los propietarios de la tierra, donde se implementen sistemas productivos sostenibles, especialmente de seguridad alimentaria, como los sistemas agroforestales de combinación de frutales con cultivos manuales y forestales con cultivos de café o plátano, como solían realizar los

ancestros de la finca. Los sistemas agroforestales favorecen la economía familiar y aportan a la mitigación de los impactos generados por el desarrollo de la ganadería.

Reforestación Estratégica de Zonas Priorizadas

Es evidente que el principal impacto en la finca las Mercedes y del cual se derivan otros tantos es la tala de árboles, pues son estas especies, las promotoras de vida en un ecosistema con su aporte sombrío, captación de agua, producción de oxígeno, despesa alimentaria, fertilización de suelos entre otros muchos servicios. Para la reforestación responsable es importante contar con la asistencia técnica y profesional de las autoridades Ambientales competentes para que según las características del ecosistema, se siembren las especies adecuadas, ojala endémicas del bioma del bosque húmedo premontano para una recuperación exitosa de nacimientos de agua y la recarga constante de acuíferos.

A continuación se describen algunas especies forestales que son comunes en la formación de bosque húmedo premontano según Guzmán D. 1996:

Bayo (*acacia glomerosa*)

Vara Blanca (*aegiphilla grandis*)

Carbonero (*albizzia carbonaria*)

Vainillo (*cassia spectabilis*)

Cedro (*cedrela montana*)

Moho (*Cordia Alliodora*)

Guacharaco (*cuapinia americana*)

Cambulo (*erythrina poepigiana*)

Higueron (*ficus glabra*)

Guadua (*guadua angustifolia*)

Guamo (*inga edulis*)

Guacimo Colorado (*Luehea seemaniio chroma*)

Balso (*lagopus*)

Opachiro (*cinnamomifolia*)

Chicala (*tabebuia chrysantha*)

Ocobo (*tabebuia rosea*)

Flor amarillo (*tecoma stans*)

Nacedero (*trichanthera gigantea*)

Conclusiones

Los objetivos de trabajo planteados, en su orden aportaron a la consecución de información precisa y se complementaron uno a uno conforme avanzaba la investigación, sobretodo el análisis multitemporal, pues resulto ser de gran ayuda debido a la alta resolución de las imágenes suministradas por el IGAC.

La información suministrada en el POMCA de la cuenca hidrográfica del Rio Negro y la estación hidrometereologica CENTRO VOCACIONAL PACHO descargadas en la página web de la Corporación Autónoma Regional – CAR fue de mucha importancia para la presente investigación, gracias a esta fue posible el cálculo del balance hídrico y otros análisis. Se evidencia compromiso por parte del estado en el suministro de información como aporte a la investigación.

Es evidente que la presión económica y la falta de vivienda en la ciudad han hecho que mucha gente vuelva a las tierras de sus padres para sacar provecho agropecuario de las mismas, pues los cambios paisajísticos evidenciados no involucran la intención de crear proyectos sostenibles o de ecoturismo, al contrario, en la finca las Mercedes, la construcción de carretera, las viviendas, y las prácticas agrícolas (cultivos y piscicultura) propiciaron la pérdida de cuerpos de agua y ecosistemas boscosos vitales para la cuenca hidrográfica del rio Negro.

Si bien, la comunidad tiene un alto grado de responsabilidad en la degradación de los ecosistemas, las autoridades ambientales de la zona no han brindado la asistencia necesaria a los propietarios para capacitarlos frente a la importancia del ecosistema y motivarlos a realizar actividades de conservación.

Se concluye que efectivamente, los ancestros tienen historia de mucho valor para la investigación ambiental. Las autoridades ambientales deberían hacer uso de estas memorias para promover la educación ambiental en entornos comunitarios.

Recomendaciones

En el análisis de precipitación mensual representado en la (Figura 02) y que fue clave para el cálculo del balance hídrico, se promediaron datos multianuales en un rango de 10 años porque eran valores semejantes, sin embargo, en caso de ser tomado el presente trabajo como guía para el desarrollo de futuras investigaciones, se recomienda promediar periodos de tiempo más cortos y como soporte, una representación del comportamiento de precipitación mensual por año.

Referencias

- Alcaldía Municipal de Pacho. (2000). Plan Básico de Ordenamiento Territorial para el municipio de Pacho. Página 48. https://pachocundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/pachocundinamarca/content/files/000488/24397_pacho-pbot.pdf
- Álvarez J; Agredo A. (2013). Pérdida de la cobertura vegetal y de oxígeno en la media montaña del trópico andino, caso cuenca urbana San Luis (Manizales). Universidad de Caldas. Página 38. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321729206004>
- Constitución Política de Colombia. (1991). Actualización 31 de agosto. 2022 Secretaría del Senado de la República de Colombia. Artículo 79. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html
- Corporación Autónoma Regional CAR. (2022). Histórico de series hidrometeorológicas. <https://www.car.gov.co/vercontenido/2524>
- Corporación Autónoma Regional CAR. (2009). Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca Hidrográfica POMCA-001-UT. Descripción y Caracterización del medio físico subcuenta Río Alto Negro. Páginas 1 -139. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac67c8ce5eab.pdf>
- Delgado S; Trujillo J y Torres M. (2013). La huella hídrica como una estrategia de educación ambiental enfocada a la gestión del recurso hídrico: ejercicio con comunidades rurales de Villavicencio. Universidad de Caldas. Páginas 71 y 72. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321728584006>
- Galluppi T; Villalba J; Salas DA; Rodríguez L. (2019). Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Análisis de la función ecosistémica “protección de acuíferos

por cobertura vegetal en la reserva de biosfera del Bosque Mbaracayu (Canindeyú, Paraguay). Página 106.

<http://sociedadcientifica.org.py/ojs/index.php/rscopy/article/view/59/61>

Guzmán D. (1996). Zonas de Vida o Formaciones Vegetales. Jurisdicción de la CAR. Páginas 12-16. <https://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/33791/00011.pdf>

Herrera D. y Posada L. (2020). “Metodologías de recarga de agua subterránea en un sistema de producción de *Tectona grandis* Linn F. (Teca), en la finca San Felipe. Páginas 7-10.

<http://eds.a.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=424c4ea5-89b2-4113-afe2-7b4b25703cd8%40sdc-v-sessmgr03>

Ley 9 de 1993. 22 de diciembre, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. (1993). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Artículo 1. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf>

Méndez E. y Mestizo F. (2020). Implementación de un plan de manejo ambiental para la recuperación y protección de nacimientos de agua, zona alta de la cordillera central del Municipio de Florida Valle, Cabildo San Juan Páez comunidad Loma gorda. Páginas 18-25.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36729/emendezp%20docx.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MINAMBIENTE. (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Página 25.

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica-nacional-Gestion-integral-de-recurso-Hidrico-web.pdf>

- Monje Álvarez, C. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. Universidad Surcolombiana, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, Programa de Comunicación Social y Periodismo. Capítulo 7.
<https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- Núñez L.A; Castro, M; Mestre G; y Lozano L. (2019) "Los bosques de galería conectores de vida,"
Ámbito Investigativo. Página 14.
<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1030&context=ai>
- Pérez J; Barbosa C. (2018). Aplicación de modelo de simulación hidrológico e hidráulico HEC-HMS y HEC – RAS para la estimación de manchas de inundación a una escuela de 1:25.000 en la cuenca del Río Chicu. Universidad Santo Tomas. Página 10.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13971/2018cristianbarbosa.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Poveda Jaramillo, G y Mesa Sánchez, O. (1995). *Efectos hidrológicos de la deforestación*. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Facultad de Minas.
Página 96.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57099/Energetica%201995%20No.%2016-91.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Recaman, L. (2012). Planificación ambiental como estrategia para la conservación de una fuente de abastecimiento. *Ambiente y Sostenibilidad*, 2, 50-58. Páginas 50 – 54.
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10893/8260/planificacion>

%20ambiental.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20Planificaci%C3%B3n%20a
mbiental%20ha%20sido,calidad%20de%20vida%20y%20las

Rodríguez P; Mora J; Briñez Á. (2016). Cambios en el paisaje inducidos por dinámicas socioeconómicas: un estudio de caso cartográfico en una microcuenca del norte del Tolima (1955 A 2010). Páginas 7-11. <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321744162002.pdf>

Ruiz O; Arteaga R; Vásquez MA; Ontiveros RE; López R. México. (2012). Universidad y Ciencia. Balance Hídrico y Clasificación Climática del Estado de Tabasco, México. Páginas 3- 5. <https://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v28n1/v28n1a1.pdf>

Apéndice A. Cálculo Balance Hidrológico

1. Ubicación primer año hidrológico Primer mes en el que $P > ETP$ (después del periodo en que $ETP > P$)

$$m1 = Oct$$

2. P: precipitación media o mediana mensual

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
109,67	122,33	159,97	196,41	110,57	35,51	42,44	30,9222	61,022	187,2222	223,59	157,22

3. ETP: evapotranspiración potencial

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
ESC.VOCACIONAL	72,7	68,8	75,6	71	70	68,7	74,2	72,7	72,4	68,5	68,1	70	852,7

NOTA: El valor de la Evapotranspiración Potencial ETP se obtuvo del cálculo realizado por la Corporación Autónoma Regional – CAR en el documento POMCA de la Cuenca Hidrográfica del Río Negro, específicamente para la estación Escuela Vocacional Pacho (CAR, 2009, pág. 26)

4. P-ETP (precipitación útil):

Es la diferencia entre la P y la ETP

5. Reserva, Déficit y Excedente:

- La reserva del primer mes del año hidrológico es $R_{m1} = P - ETP_{m1}$
- La reserva de los siguientes meses es la Precipitación útil $P - ETP$ del mes en cuestión + Reserva R del mes anterior.

Si este valor supera la capacidad de campo establecida inicialmente, la cantidad sobrante se añade como excedente (el cual NO se acumula año tras año) y se coloca como reserva el valor de la capacidad de campo o reserva máxima.

Si este valor es negativo el resultado es el déficit hídrico para ese mes. Por tanto, la reserva es 0.

6. **ETR: Evapotranspiración Real**

- Meses donde NO hay déficit: $ETP = ETR$
- Meses donde hay SÍ hay déficit= $P + (\text{Reserva mes anterior} - \text{Reserva mes en cuestión})$