Diseño de una zona de amortiguamiento para incendios forestales localizada en la reserva natural de Iguaque en el departamento de Boyacá.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Autor
Diana Elizabeth Sandoval Franco
Luis Alexander Herrera Arias

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Facultad de medio ambiente y recursos naturales
Ingeniería Topográfica

Bogotá D.C. Agosto, 2024

Diseño de una zona de amortiguamiento para incendios forestales localizada en la reserva natural de Iguaque en el departamento de Boyacá.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Autor

Diana Elizabeth Sandoval Franco, 20202732010,
desandovalf@udistrital.edu.co
Luis Alexander Herrera Arias, 20201732002,
laherrera@udistrital.edu.co

Modalidad
Monografía

Presentado para optar al título de: Ingeniero(a) Topográfico(a).

Director:
José Miguel Cepeda.

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Facultad de medio ambiente y recursos naturales.
Ingeniería Topográfica.

Bogotá D.C. Agosto, 2024

Dedicatoria

A la fuerza dadora de vida que nos permitió en este momento de culminación de un gran sueño, al profesor Miguel Cepeda por su apoyo en cada momento de este proyecto, a cada una de las personas que, con una palabra de apoyo, una información o cualquier gesto pusieron un granito de arena para que llegáramos aquí, a todos los que hicieron posible que este sueño fuera realidad, Un sueño que empezó individual, pero termino siendo colectivo……Gracias.

A nuestras familias gracias a ellos, a esas palabras de aliento, a un abrazo o un beso los cuales nos impulsaron a seguir a nunca darnos por vencidos, cada gesto cada palabra nos ayudó a llegar a este camino, a los que están en esta tierra, a los que están presentes o no les agradecemos con el corazón.

A parques nacionales porque sin su información y no hubiera sido posible avanzar.

A la Docente Mercedes Guijarro del Grupo de Investigación de Incendios Forestales, Instituto de Ciencias Forestales-INIA, CSIC de Madrid - España

Agradecemos inmensamente a todos los docentes dadores del conocimiento para poder lograr este sueño, a la Universidad Distrital nuestra alma mater, que nos vio crecer, en la cual compartimos, lloramos y aprendimos, a todos los compañeros que encontramos en el camino.

Agradecemos al Ingeniero Héctor Villareal de Parques Nacionales Naturales de Colombia, quien nos dio la base de datos de incendios forestales más relevantes que han sucedido en la reserva desde 1992 hasta el 2023.

A mi compañera de trabajo de grado la cual me apoyo en los momentos más difíciles durante este sueño.

Le agradecemos a toda y cada una de las personas que estuvieron en nuestro entorno, gracias a ellos somos lo que ven hoy en día.

Índice

Dedicatoria i
Índice ii
Índice de Figura iii
Glosario vi
Glosary vi
Lista de Abreviaturas y Siglas vii
Resumen viii
Abstract viii
1. Introducción 1
Planteamiento del problema 2
2. Justificación 3
3. Objetivos 6
3.1. Objetivo General 6
3.2. Objetivos específicos 6
4. Marco de referencia 6
4.1. Antecedentes 6
4.2. Marco teórico 25
4.3. Marco Legal 28
5. Metodología 29
6. Conclusiones 71
7. Referencias 73
8. Anexos 75

Índice de Figura

Figura no. 1. Dispersión del fuego 4
Figura no. 2. Extensión reserva natural Iguaque. (Colombia, 2024)..... 7
Figura no. 3.Línea de tiempo de la normatividad de incendios forestales en Colombia..... 11
Figura no. 4. Riesgo de incendios en parque entre nubes..... 14
Figura no. 5. Delimitación del santuario de fauna y flora de Iguaque y la zona de amortiguación propuesta para villa de Leyva, Chíquiza y arcabuco. 16
Figura no. 6. Amenaza por Incendio Forestales. 17
Figura no. 7. Grafica áreas afectadas por los incendios. 23
Figura no. 8. Incendios por año en la zona afectada..... 23
Figura no. 9. Hectáreas afectadas por año y municipio. 24
Figura no. 10. Delimitación de la reserva Iguaque. 31
Figura no. 11. Fronteras del Santuario FF Iguaque. 32
Figura no. 12. Incendio Sucedidos en el Santuario FFI. 33
Figura no. 13. Matriz de Temperatura máxima promedio anual y mensual. 35
Figura no. 14. Matriz de Temperatura mínima promedio anual y mensual 36
Figura no. 15. Plano Temperaturas en SFFI. 37
Figura no. 16. Precipitación media mensual Arámbuco..... 38
Figura no. 17. Precipitación media mensual San Pedro de Iguaque..... 39
Figura no. 18. Precipitación media mensual Panelas. 39
Figura no. 19. Precipitación media mensual El emporio La hacienda. 40
Figura no. 20. Mapa de precipitación en Iguaque. 41
Figura no. 21. Dirección del Viento media mensual Albania. 41
Figura no. 22. Dirección del Viento media mensual Chinavita..... 42
Figura no. 23. Dirección del Viento media mensual El Espino. 42
Figura no. 24. Dirección del Viento media mensual San pablo de borbur. 43
Figura no. 25. Dirección del Viento media mensual La hacienda. 43
Figura no. 26. Relación Dirección y Velocidad del Viento..... 44
Figura no. 27. Mapa de Velocidad y Dirección del Viento en Iguaque. 45
Figura no. 28. Mapa de Temperatura Máxima Media Mensual en Iguaque. 46
Figura no. 29. Mapa de Temperatura Media Máxima Absoluta Anual en Iguaque. 46
Figura no. 30. Porcentajes de Clasificación USC. 48
Figura no. 31. Mapa de Tipo Clases de Suelos en Iguaque. 48
Figura no. 32. Mapa de Relación de Dirección y Velocidad del Viento con Temperatura en Iguaque. 49
Figura no. 33. Mapa de Relación de Dirección y velocidad con Temperatura y Áreas afectadas en Iguaque. 50
Figura no. 34. Mapa de Relación de Precipitación y Áreas Afectadas en Iguaque. 51
Figura no. 35. Imagen satelital Landsat 8. 54
Figura no. 36. Ejemplo mejoramiento de resolución y corrección atmosférica. 55
Figura no. 37.Combinación 4,3,2, color natural 56
Figura no. 38.Combinación 5,6,2 vegetación saludable 56

Figura no. 39.Combinación 5,4,3 vegetación saludable. 57
Figura no. 40. Clasificación coberturas vegetales SFFI. 61
Figura no. 41. Perfil de vegetación Diseñado. 69
Figura no. 42. Vista en planta del perfil de vegetación. 70

Índice de Tablas

Tabla No 1. Áreas de las categorías de amenaza de incendios en el SFF Iguaque 18
Tabla No 2. Registro de Incendios Presentados en el SFF Iguaque por años. 18
Tabla No 3. Criterios de manejo para delimitación de zonas de amortiguamiento. 27
Tabla No 4. Etapas y variables de la investigación. 30
Tabla 5. Análisis de incendios Forestales relevantes en el Santuario de Iguaque. 34
Tabla No 6. Coordenadas estaciones Pluviométricas del proyecto Origen Único. 38
Tabla No 7. Precipitación media por estación. 40
Tabla No 8. Áreas por clasificación. 61
Tabla No 9. Tipos de rebotes cortafuego. 69
Tabla 10. Clasificación tipos de Suelo. 76
Tabla No 11. Clasificación tipos de Suelo IGAC. 77

Tabla de ecuaciones

Ecuación No 1. Cálculo de clasificación por distancia mínima. 60

Glosario

Amortiguamiento, Santuario, Área protegida, Clases, Cartografía, Incendios forestales, Barreras cortafuegos, Vegetación, Protección, Condiciones ambientales, Suelos, Coberturas vegetales, Clima, análisis de datos, Fauna y flora.

Glosary

Buffer, Sanctuary, Protected area, Classes, Cartography, Forest fires, Firebreaks, Vegetation, Protection, Environmental conditions, Soils, Vegetation cover, Climate, Data analysis, Fauna and flora.

Lista de Abreviaturas y Siglas

- **AP** - Área Protegida
- **SFF** - Santuario de Flora y Fauna
- **SFF Iguaque** - Santuario de Flora y Fauna Iguaque
- **SFF Iguaque** - Santuario de Flora y Fauna Iguaque
- **CONPES** - Consejo Nacional de Política Económica y Social
- **MADS** - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
- **IDEAM** - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
- **PNNC** - Parques Nacionales Naturales de Colombia
- **ECOMOD** - Estrategia de Corresponsabilidad Social en la Lucha Contra los Incendios Forestales
- **CO2** - Dióxido de Carbono
- **PEA** - Plan Estratégico de Acción
- **GIS** - Geographic Information System (Sistema de Información Geográfica)
- **QGIS** - Quantum Geographic Information System
- **AP** - Área Protegida
- **SE** - Sureste
- **NO** - Noroeste
- **S** - Sur
- **N** - Norte
- **E** - Este
- **O** - Oeste
- **P** - Protección
- **FI** - Fuego Incendio
- **FE** - Factores Ecológicos
- **CE** - Condiciones Ambientales
- **V** - Vegetación
- **RA** - Regiones Afectadas
- **SA** - Suelos Afectados
- **PA** - Plan de Acción

Resumen

El proyecto se enfoca en la creación de una zona de amortiguamiento contra incendios forestales para el Santuario (Lugar considerado sagrado o especial debido a su asociación con la religión, la espiritualidad o la protección de la naturaleza o vida silvestre) de Flora y Fauna Iguaque, ubicado en el departamento de Boyacá, Colombia. Este santuario, con una extensión de 6,750 hectáreas y una altitud que varía entre los 2,400 y 3,800 metros sobre el nivel del mar, alberga una variedad de ecosistemas, incluyendo bosques húmedos, páramos, y zonas altoandinas. La reserva proporciona recursos hídricos cruciales para los municipios circundantes y es hogar de una rica biodiversidad. Sin embargo, enfrenta amenazas graves debido a incendios forestales recurrentes, expansión agrícola y deforestación, lo que impacta negativamente en su vegetación nativa y ecosistemas.

El proyecto utilizará imágenes satelitales y herramientas de SIG, como QGIS, para realizar una clasificación detallada de las áreas dentro del santuario, identificando diferentes clases de cobertura como vegetación, cultivos, suelos descubiertos y zonas urbanas. Se analizarán las relaciones entre la temperatura, la dirección y velocidad del viento, y las áreas afectadas para comprender mejor cómo estos factores contribuyen a los incendios forestales. Se elaborará un plan de manejo integral que incluirá la delimitación de cortafuegos, la identificación de zonas críticas de riesgo, y la formulación de estrategias específicas para prevenir y controlar incendios.

Además, se desarrollará un mapa cartográfico que servirá como herramienta visual para la gestión y conservación del santuario. El proyecto también se centrará en la promoción de la participación activa de la comunidad local en la gestión del área, asegurando el cumplimiento de las regulaciones ambientales y fomentando una mayor conciencia ambiental. Se espera que la implementación de la zona de amortiguamiento mejore la protección de la biodiversidad del santuario, facilite la regeneración de la vegetación afectada por incendios y reduzca el riesgo de futuros eventos de incendios forestales. En conjunto, el proyecto tiene como objetivo garantizar la conservación a largo plazo de los ecosistemas y recursos hídricos del Santuario de Iguaque, fortaleciendo así su rol en la preservación del medio ambiente y el bienestar de las comunidades circundantes.

Abstract

The project focuses on the creation of a forest fire buffer zone for the Iguaque Flora and Fauna Sanctuary, located in the department of Boyacá, Colombia. This sanctuary, with an area of 6,750 hectares and an altitude that varies between 2,400 and 3,800 meters above sea level, is home to a variety of ecosystems, including humid forests, páramos, and high Andean areas. The reserve provides crucial water resources for the surrounding municipalities and is home to rich biodiversity. However, it faces serious threats due to recurrent forest fires, agricultural expansion, and deforestation, which negatively impact its native vegetation and ecosystems.

The project will use satellite images and GIS tools, such as QGIS, to perform a detailed classification of the areas within the sanctuary, identifying different cover classes such as

vegetation, crops, bare soils, and urban areas. The relationships between temperature, wind direction and speed, and affected areas will be analyzed to better understand how these factors contribute to forest fires. A comprehensive management plan will be developed that will include the delimitation of firebreaks, the identification of critical risk zones, and the formulation of specific strategies to prevent and control fires. In addition, a cartographic map will be developed that will serve as a visual tool for the management and conservation of the sanctuary. The project will also focus on promoting the active participation of the local community in the management of the area, ensuring compliance with environmental regulations and fostering greater environmental awareness. The implementation of the buffer zone is expected to improve the protection of the sanctuary's biodiversity, facilitate the regeneration of vegetation affected by fires, and reduce the risk of future forest fire events. Overall, the project aims to ensure the long-term conservation of the Iguaque Sanctuary's ecosystems and water resources, thus strengthening its role in preserving the environment and the well-being of the surrounding communities.

1. Introducción

El Santuario de Flora y Fauna Iguaque, ubicado en la Cordillera Oriental de Colombia, en el departamento de Boyacá, se destaca por su invaluable riqueza natural y cultural. Con una extensión de 6.889 hectáreas, alberga una gran variedad de ecosistemas, como páramos, bosques andinos, bosques altoandinos y humedales, que a su vez son el hogar de una gran diversidad de especies de fauna y flora, algunas de ellas en peligro de extinción. Entre las especies más representativas se encuentran el oso de anteojos, el venado de páramo, el cóndor de los Andes, la rana dorada, el frailejón, el roble, el gaque y las orquídeas. La Laguna de Iguaque, ubicada en el corazón del Santuario, es considerada un lugar sagrado por los muiscas y el nacimiento del río Bogotá, una de las principales fuentes hídricas de la región.

El uso de barreras contra fuego para separar zonas potencialmente inflamables es una metodología planteada como zonas amortiguadoras, estas zonas son externas, aledañas y circunvecinas a las áreas protegidas que tienen un manejo diferente, por esto estas no se consideran como una ampliación de la restricciones del área protegida, Para el diseño de una barrera contra fuego en una zona amortiguadora se plantea barreras herbáceas, al plantear una barrera herbácea en un sector como lo es un Santuario de Flora y Fauna, se toma una de las opciones más viables ya que no afectaría el ecosistema del santuario, además, una de las ventajas de las barreras herbácea es un bajo costo de mantenimiento, que no se perdería áreas aprovechables.

La presente monografía aborda la problemática mediante el diseño de una zona de amortiguamiento específica. Esta propuesta se basa en dos pilares fundamentales: el análisis de imágenes satelitales para identificar áreas con mayor riesgo de incendio, delinear los límites de la zona de amortiguamiento y considerar las características específicas del terreno; y la implementación de vegetación compatible, seleccionando especies vegetales nativas y adaptadas al ecosistema del Santuario. La implementación de la zona de amortiguamiento sobre imágenes satelitales y vegetación compatible presenta las siguientes ventajas: precisión y eficiencia en la ubicación de la zona de amortiguamiento, adaptación al ecosistema y minimización del impacto ambiental, y sostenibilidad al reducir la necesidad de intervención humana y mantenimiento a largo plazo, proponiendo la construcción de un pequeño banco de agua para los meses más secos. En definitiva, la propuesta de esta monografía representa una alternativa innovadora y eficaz para la prevención y control de incendios forestales en el Santuario de Iguaque.

Planteamiento del problema

Los incendios forestales son una amenaza constante para el Santuario de Flora y Fauna Iguaque, ubicado en el departamento de Boyacá, Colombia. En los últimos años, se ha presentado un aumento en la frecuencia e intensidad de estos eventos, lo que ha generado una serie de impactos negativos como:

- Pérdida de biodiversidad: Destrucción de hábitats y muerte de especies de fauna y flora, algunas de ellas en peligro de extinción.
- Degradación del suelo: Erosión, pérdida de fertilidad y desertificación.
- Emisión de gases de efecto invernadero: Aumento del calentamiento global.
- Afectación a las comunidades locales: Pérdida de bienes materiales, enfermedades respiratorias y desplazamiento.

Según datos del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), entre los años 2010 y 2020 se han presentado un total de 15 incendios forestales en el Santuario de Iguaque, afectando un área total de 2.500 hectáreas, las causas de los incendios forestales en el Santuario de Iguaque son diversas, entre las que se destacan:

Actividades humanas: Fogatas mal apagadas, arrojo de colillas de cigarrillo, actividades agrícolas y ganaderas. Fenómenos naturales: Rayos y sequías. (IDEAM, 2020).
Estos incendios traen consecuencias al Santuario de Iguaque de gran alcance, tanto ambientales como socioeconómicas. Entre las principales consecuencias se encuentran:
Pérdida de biodiversidad: Se estima que en los últimos 10 años se ha perdido el 20% de la cobertura vegetal del Santuario.
Degradación del suelo: La erosión del suelo ha aumentado en un 50% en las áreas afectadas por incendios, Emisión de gases de efecto invernadero: Los incendios forestales han contribuido al aumento del calentamiento global en la región y afectación a las comunidades locales.
Los incendios forestales constituyen una amenaza ambiental significativa, aunque sean eventos con una frecuencia baja, sus consecuencias resultan devastadoras, provocando daños irreparables al entorno natural. Estos incendios suelen extenderse durante un período prolongado, a veces persistiendo durante más de un día.
Los incendios forestales, al igual que la deforestación, contribuyen directamente a la degradación de la vegetación natural y, en consecuencia, generan emisiones de dióxido de carbono (CO_2) y estos aumentan con los incendios. En cualquier momento, la acción humana deliberada puede liberar a la atmósfera el carbono previamente almacenado en un ecosistema natural. (Jiménez, 2005).

2. Justificación

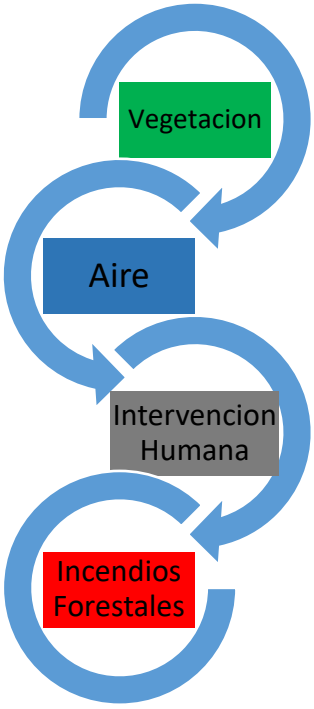
El Santuario de Fauna y Flora Iguaque resguarda una diversidad de ecosistemas típicos de los Andes colombianos, como los bosques andinos y los páramos. También alberga áreas con vegetación de enclaves secos andinos, en su mayoría herbazales y arbustales que han sufrido alteraciones considerables debido a incendios forestales, especialmente presentes en el sur de esta zona protegida. En particular, se destaca la presencia de un páramo seco, un ecosistema que no está ampliamente representado en el Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia, otorgando al Santuario una singularidad y particularidad distintiva en esta región. (PNNC, PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA , 2023).

Además, como parte de la gestión de áreas protegidas, es fundamental cumplir con las regulaciones y directrices para la conservación. La delimitación de una zona de amortiguamiento en esta reserva es coherente con los estándares de conservación y gestión sostenible de los recursos naturales. Los incendios forestales representan una amenaza constante para esta área protegida, y la creación de una zona de amortiguamiento se convierte en una estrategia efectiva para reducir el riesgo de incendios descontrolados y minimizar sus impactos negativos. (PNNC, Plan de manejo santuario de fauna y flora Iguaque 2017-2022., 2016).

Este proyecto también proporciona beneficios a la comunidad local al reducir los riesgos de incendios, protegiendo así sus viviendas y bienestar. Además, puede fomentar la educación ambiental y oportunidades de empleo relacionadas con la gestión de la zona de amortiguamiento. Por último, la creación de zonas de amortiguamiento está en línea con las regulaciones y leyes ambientales, incluyendo la legislación colombiana relacionada con áreas protegidas. En resumen, el diseño de una zona de amortiguamiento en la Reserva Natural de Iguaque es fundamental para la protección y preservación de este valioso ecosistema, garantizando su sostenibilidad a largo plazo y cumpliendo con las responsabilidades de conservación. Además, contribuye a la seguridad de la comunidad local y al cumplimiento de normativas ambientales.

En Colombia los incendios forestales son un gran problema ya que la intervención de los seres humanos, es uno de los factores más grandes que propenden a estas conflagraciones el uso irresponsable del fuego, que, al existir vegetación como primer componente, las corrientes de viento y un mal manejo del fuego ocasionan estos episodios, todo esto puede ser prevenido y mitigado, enseñando como hacer un buen uso del fuego y replanteando la idea de expansión del hombre.

Figura no. 1. Dispersión del fuego



Fuente:. (PNNC, Plan de manejo santuario de flora y fauna Iguaque 2017-2022, 2016)

Los Incendios forestales constituyen unas de las causas de perdida de la cobertura vegetales en el mundo, la OIMIT (Organización Internacional de Maderas Tropicales), expresa su preocupación constante por la presencia de estos eventos que contribuyen a la deforestación, la degradación del bosque la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, la divulgación de estos eventos para poder realizar una mitigación y concientización de los mismos ha sido la bandera principal de la lucha contra estos, en Colombia el Ministerio de ambiente, Las Corporaciones autónomas regionales y el ministerio de desarrollo ha liderado y orientado acciones que propenden por disminuir estos eventos, en concordancia con las políticas de Bosques, Biodiversidad y Recurso Hídrico, el ministerio de ambiente ha tomado la iniciativa para generar acciones que lleven a la protección de los ecosistemas boscosos y la biodiversidad del país, esto llevo a la generación de un anteproyecto PPD 153/11 Rev. 1(F), En los que se ven involucrados los actores regionales en áreas críticas de la Orinoquia, Caribe y Andina.

La situación del país en tornos a los incendios forestales es algo preocupante por lo tanto se designa o se crea la Comisión Nacional Asesora para la prevención y mitigación de Incendios Forestales en 1993 y que a partir de 1997 se le da un sustento legal.

Dando alcance a todas estas problemáticas que se generan entorno a los incendios forestales, se plateo en la creación del anteproyecto la toma de datos y decisiones de todas las agencias que pudieran dar más conocimiento de estos eventos, con la agrupación de datos y el análisis se diseñan y estructuran 6 talleres aplicables para cada región teniendo en cuenta como principales actores a los gremios del sector agropecuario. (FAO, 2020)

En contextos internacionales los bosques ocupan actualmente 4.000 millones de hectáreas, que representan cerca del 31% de la superficie del planeta, estos han mostrado concurrencia anual de incendios forestales, a medida que la población aumenta los incendios forestales tienen mayor concurrencia, entonces podemos decir que el aumento poblacional uno de los factores directo de estos eventos, estos incendios aportan a la degradación de los bosques, en todos los continentes, la mala utilización del fuego en las labores cotidianas son las principales causas. (FAO, 2020)

Cada año los incendios forestales afectan millones de hectáreas de bosques que generan impactos ambientales, sociales y económicos, con daños directos a la población y generan emisiones GEI. (ITTO, 2023)

Por el poco control y la dificultad del análisis de las causas de los incendios no se tienen estadísticas o datos bases para poder analizar todas las causas de los mismos, igual mente en los reportes queda estipulado que la mayoría de incendios son de origen antrópico y causados por quemas de las cuales la información es casi nula. (ITTO, 2023)

La gran mayoría de incendios de vegetación en el mundo hoy son causados por el hombre y tienen como lugar los trópicos y subtrópicos. Se producen como resultado de la presión ejercida por la población humana, en estas zonas aún se tiende a hacer quemas como preparación de la tierra para las actividades agropecuarias, por ejemplo, para la conversión del bosque en tierras agrícolas se tiende a talar y quemar la capa boscosa para mantener áreas libres de pastoreo y para facilitar la utilización de los productos forestales no maderables de los bosques y sabanas estacionales. (FAO, 2020)
A nivel mundial los incendios forestales son más frecuentes y más fuertes, causando daños a los ecosistemas boscosos en general y a la biodiversidad de estos entornos, estos sufren los mayores impactos negativos y por consiguiente la humanidad, pues son afectados los bienes y servicios que estos proveen. (FAO, 2020)

Organizaciones internacionales como la OIMT(La Organización Internacional de las Maderas Tropicales), la FAO(agencia de las Naciones Unidas que lidera el esfuerzo internacional para poner fin al hambre) y ONU (Naciones Unidas) entre otras están trabajando intensamente en orientar a los países sobre el manejo integrado de los incendios forestales, para fortalecer a las instituciones de cada país y evitar los impactos y el daño que estos producen, la importancia de los sistemas boscosos para el equilibrio ambiental y el sustento de las comunidades es una preocupación mundial, la OIMT en especial a apoyado trabajos que implican detener los procesos de degradación de los bosques, en este sentido los incendios forestales son tomados como prioridad, esta

organización ha orientado a los países, para la inclusión de acciones de protección de los bosques en contra de los incendios forestales.
En la lista que se tiene de apoyo en el tema podemos encontrar:

- Centro Mundial de Vigilancia de Incendios Forestales (GFMC)
- Unión Internacional de organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO)
- Centro de investigación Forestal (CIFOR)
- Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF)
- Unión Mundial para la Naturaleza (UICN)
- Estrategia Internacional para Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (EIRD)

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Diseñar e implementar una zona vegetal de amortiguamiento para prevenir y controlar la propagación de incendios forestales en el santuario Natural de Iguaque, Boyacá, mediante la utilización de imágenes satelitales.

3.2. Objetivos específicos

1. Revisar la información previa sobre diseños de zonas de amortiguamiento que respalde la toma de decisiones en relación con la zona a diseñar y su impacto en la prevención de incendios forestales.

2. Analizar detalladamente las condiciones atmosféricas de la reserva para determinar las áreas críticas en términos de riesgo de incendios forestales y la proximidad a recursos naturales sensibles.

3. Realizar un análisis de la vegetación existentes a través del índice de cobertura vegetal por medio de cartografía digital.

4. Localizar la zona de amortiguamiento, con su área, especies vegetales que la componen, compatibilidad con las especies nativas y descripción de su mantenimiento.

4. Marco de referencia

4.1. Antecedentes

- SANTUARIO DE FLORA Y FAUNA DE IGUAQUE

El Santuario de Flora y Fauna Iguaque está situado en el departamento de Boyacá, declarado mediante el acuerdo No. 33 del 2 de mayo de 1977 y aprobado mediante la resolución 173 del 6 de junio de 1977, actualmente se encuentra bajo la jurisdicción de la dirección Territorial Andes Nororiental, abarcando áreas de los municipios de Villa de Leyva, Arcabuco y Chíquiza. Este espacio protegido ofrece una variada gama de ecosistemas, que incluyen bosques húmedos, páramos, bosques andinos y altoandinos, estos bosques son la fuente hídrica que abastece la mayor parte de los municipios en mención. (Colombia, 2024)

El santuario cuenta con un área de 6.750 hectáreas y se encuentra en un rango de altitud entre los 2400 metros y los 3800 metros sobre el nivel del mar. De los recursos hídricos provenientes de la reserva se abastecen los municipios de Sáchica, San pedro de Iguaque, Santa Sofia, Gachantivá y Arcabuco. El páramo cuenta con ocho lagunas, su fauna cuenta con especies como las faras, murciélagos frugívoros, ardillas, venado soche, lanco reinoso y de paramo, en especies de aves se pueden observar alondras, perdices, pavas, tucanes verdes, tangaras, patos, colibríes, clarineros y ocasionalmente caicas las cuales vienen de América del norte por su migración. (Colombia, 2024)

En cuanto a las especies vegetales, en el sitio se pueden encontrar frailejones, gaque, líquenes, tobo, tinto, hayuelo, encenillo, musgos, líquenes, quiches, orquídeas, pino romeron y helechos.

Existe un centro de visitantes con capacidad de 40 personas y una zona de acampar en el sector de carrizal (3250 msnm) en el cual no se permite hacer fogatas por razones de seguridad. (Colombia, 2024)

Existe un centro de visitantes con capacidad de 40 personas y una zona de acampar en el sector de carrizal (3250 msnm) en el cual no se permite hacer fogatas por razones de seguridad. (Colombia, 2024)

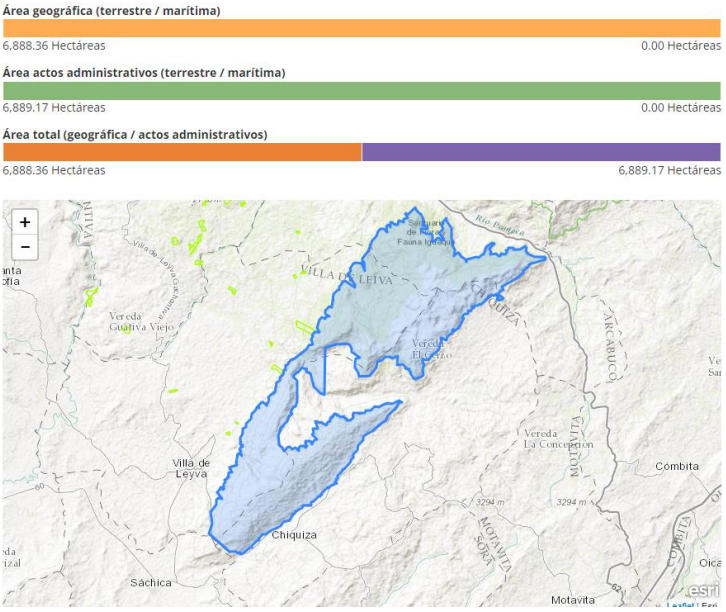


Figura no. 2. Extensión reserva natural Iguaque. (Colombia, 2024)

- INCENDIOS FORESTALES QUE VULNERAN LA RESERVA

Los incendios forestales constituyen una amenaza ambiental significativa, aunque sean eventos con una frecuencia baja, sus consecuencias resultan devastadoras, provocando daños irreparables al entorno natural, la disminución en la biomasa, la altura y densidad del dosel también se reduce y genera efectos en cadena que son casi irreversibles, la aperturas de ventanas permite el desarrollo de vegetación invasora en la zona esto afecta la reconstrucción natural de la zona afectada esto afecta la regeneración del bosque y acelera su degradación (Palacios, 2023) . Estos incendios suelen extenderse durante un período prolongado, a veces persistiendo durante más de un día.

Los incendios forestales en esta zona son difíciles de atacar ya que es particularmente sensible por su gradiente de altitud y clima extremadamente secos, al igual que la deforestación, la ganadería también es un factor que ha afectado directamente la conservación de este SFF y como se ha ido extendiendo contribuye directamente a la degradación de la vegetación natural, el ecoturismo es algo que se ha tomado la zona ya sea legal o ilegal esto ha afectado el equilibrio del SFF ya que no tiene un sendero definido y los turistas tienden transitar por zonas que no son permitidas, en consecuencia los incendios, generan emisiones de dióxido de carbono (CO2), sobre todo cuando los árboles se queman. En cualquier momento, la acción humana deliberada puede liberar a la atmósfera el carbono previamente almacenado en un ecosistema natural. (Jiménez, 2005).

El extenso proceso histórico de ocurrencia de incendios forestales en el territorio del Área Protegida (AP) ha incluido eventos significativos, entre los cuales se destacan:

a) En 1993, un incendio afectó el sector de la vereda El Roble Alto, dañando las laderas occidentales del AP entre el cañón del río Cane y el camino que conduce a la vereda La Hondura. Desde entonces, la zona ha estado en proceso de recuperación natural y se caracteriza actualmente por su vegetación arbustiva, que alcanza alturas de hasta 3 metros.

b) En 2003, se registró un incendio en los cerros tutelares de Villa de Leyva y las laderas orientales del macizo de Iguaque, afectando las veredas Ritoque Alto y Centro (Villa de Leyva) y Monte (Chíquiza). (PNNC, Plan de manejo santuario de flora y fauna Iguaque 2017-2022, 2016)

c) En febrero de 2010, un evento similar abarcó la misma zona mencionada anteriormente, incluyendo una porción de la vereda Roble Alto. Este evento ocasionó daños en 1,245 hectáreas, de las cuales el 86.5% se encontraba dentro del AP en la zona seca sur. (PNNC, Plan de manejo santuario de fauna y flora Iguaque 2017-2022., 2016)

d) Se han registrado eventos más recientes en 2012, aunque no alcanzaron la misma extensión ni severidad que los mencionados anteriormente, afectando en dos casos un área de 43 hectáreas. Estos incendios forestales interrumpen los procesos de sucesión vegetal y

agravan la pérdida de la regulación hídrica en la zona. (PNNC, Plan de manejo santuario de fauna y flora Iguaque 2017-2022., 2016).

- MANEJO DE FUEGOS EN COLOMBIA

A partir de la ley 2811 de 1974 en sus artículos 241 al 245 de la constitución política de Colombia, este decreto establece por primera vez en Colombia la importancia de la colaboración entre entidades públicas para prevenir y controlar los incendios forestales. Se ordena la organización de medidas a nivel nacional, con especial atención a la extinción de estos eventos. La administración tendrá la responsabilidad de crear la reglamentación necesaria para prevenir, controlar y recuperar los bosques afectados por las llamas. (Ministerio de Ambiente, 2009)

Documentos del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) como la Política de Bosques (CONPES 2834, 1996) y el Plan Nacional de Desarrollo Forestal (CONPES 3125, 2001) abordan directamente la problemática de los incendios forestales en Colombia. La Política de Bosques, dentro de su estrategia para conservar, recuperar y usar los bosques naturales, incluye una línea de acción para reducir y controlar la deforestación.

Para ello, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Min ambiente) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), en coordinación con la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, diseñarán y ejecutarán el Programa Nacional de Prevención, Control y Extinción de Incendios Forestales y Rehabilitación de Áreas Afectadas.

Este programa tendrá como componentes principales una red de alertas para la atención de incendios forestales, coordinada por Min Ambiente, y proyectos de recuperación de las áreas afectadas, liderados por las Corporaciones Autónomas Regionales.

La Política de Bosques también destaca la importancia de la participación ciudadana en la prevención y control de incendios, fomentando la educación y la capacitación, involucrando a la Policía Nacional, a los bachilleres del Servicio Ambiental Obligatorio y a la comunidad en general en las labores de control de incendios y educación ambiental.

La Estrategia de Corresponsabilidad Social en la Lucha Contra los Incendios Forestales, formulada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) en el año 2011, se basa en cuatro pilares fundamentales:

a) La participación activa de las comunidades, los organismos estatales y el sector privado: Es fundamental para la prevención y el control de los incendios forestales.

b) La protección especial de las áreas ambientalmente estratégicas y las áreas naturales protegidas: Estas áreas son especialmente vulnerables a los incendios forestales y requieren medidas de protección adicionales.

c) La educación ambiental, la divulgación, la capacitación y el entrenamiento permanente: Son esenciales para crear conciencia sobre la importancia de prevenir y controlar los incendios forestales.

d) La investigación científica: Es fundamental para proporcionar el conocimiento necesario para orientar las acciones de prevención, control y restauración de las áreas afectadas por incendios forestales.

La Estrategia de Corresponsabilidad Social se basa en un plan estratégico con cuatro programas principales:

1) Programa para el fortalecimiento de la capacidad institucional: Este programa busca fortalecer las capacidades de las instituciones responsables de la prevención y el control de los incendios forestales.

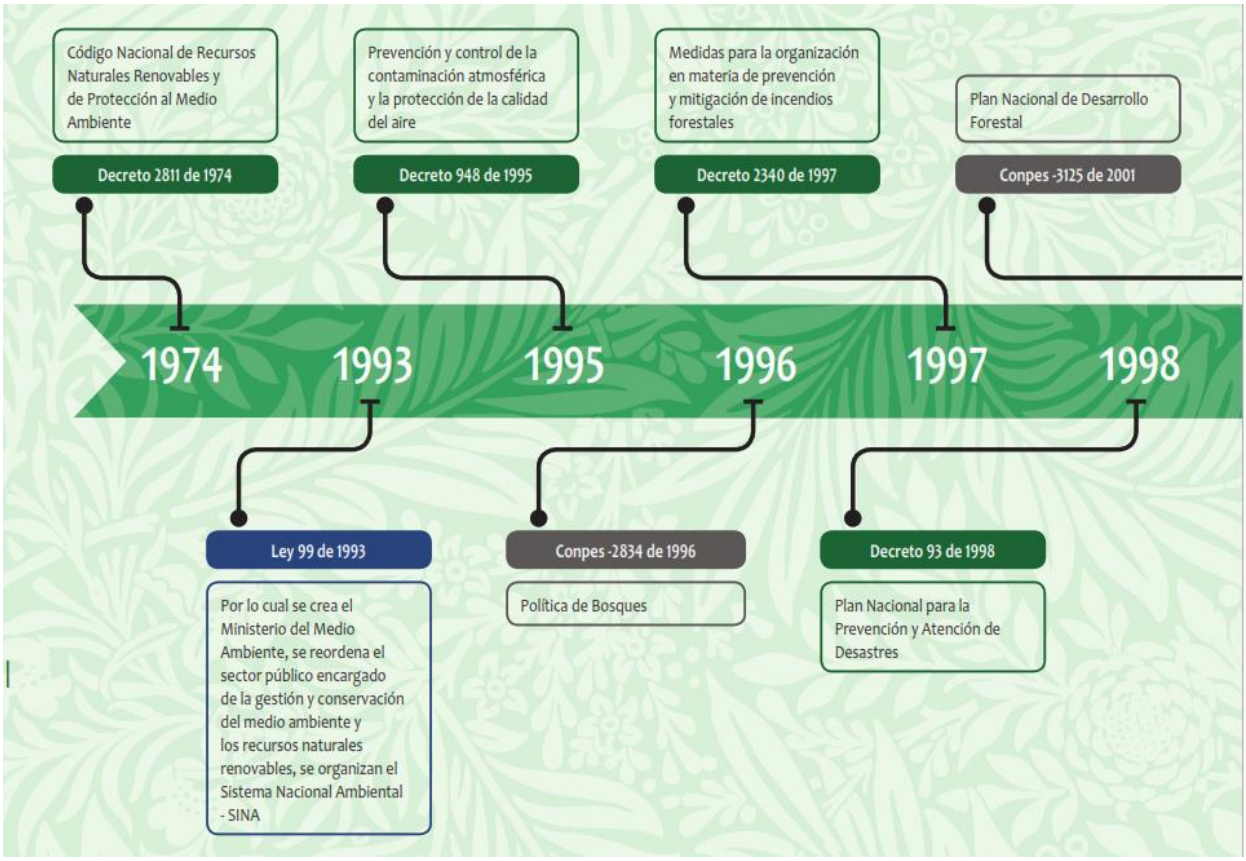
2) Programa de educación e información pública: Este programa busca crear conciencia sobre la importancia de prevenir y controlar los incendios forestales.

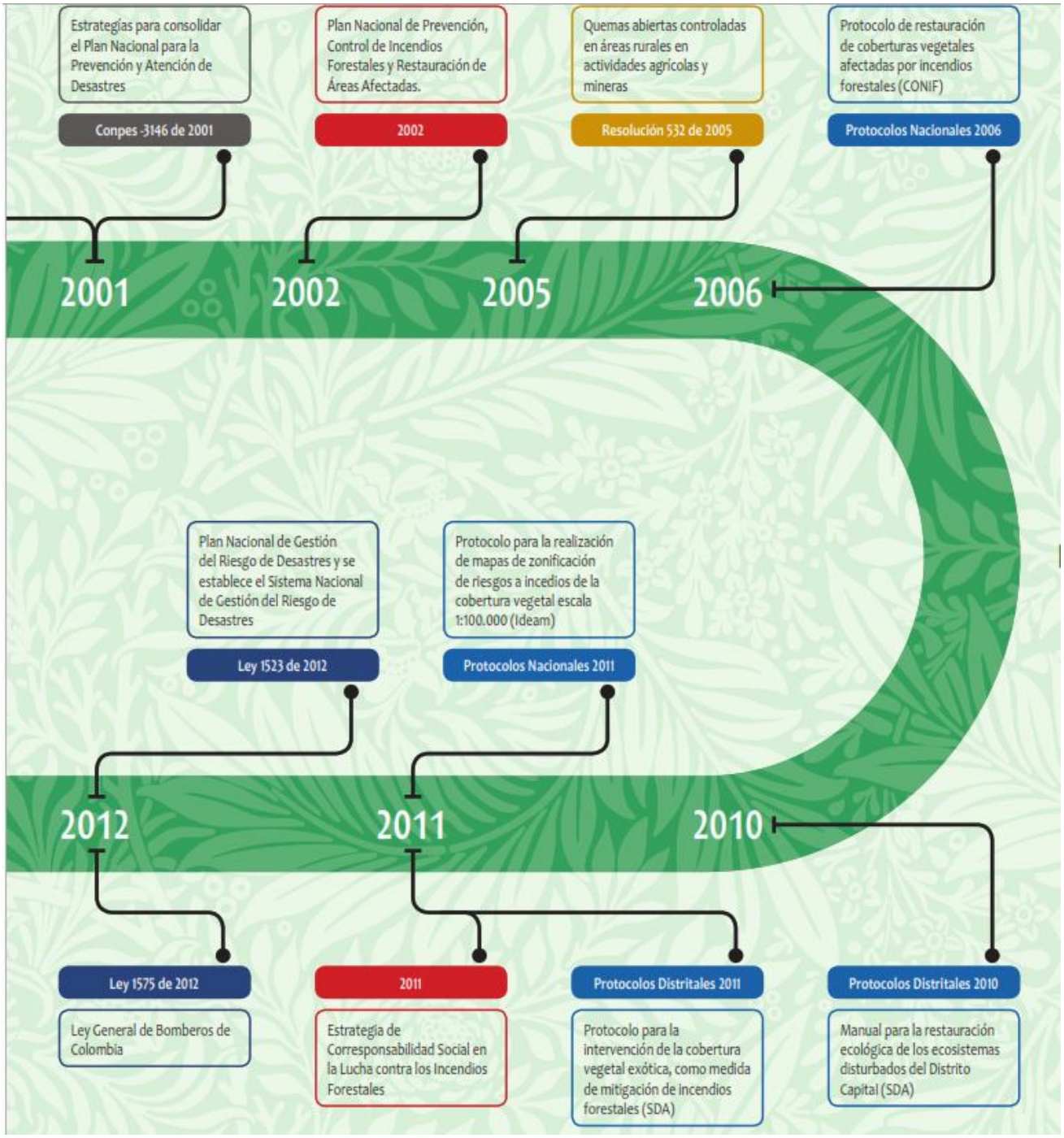
3) Programa para la investigación y mejoramiento del conocimiento en incendios forestales: Este programa busca generar conocimiento científico sobre los incendios forestales para mejorar las estrategias de prevención, control y restauración.

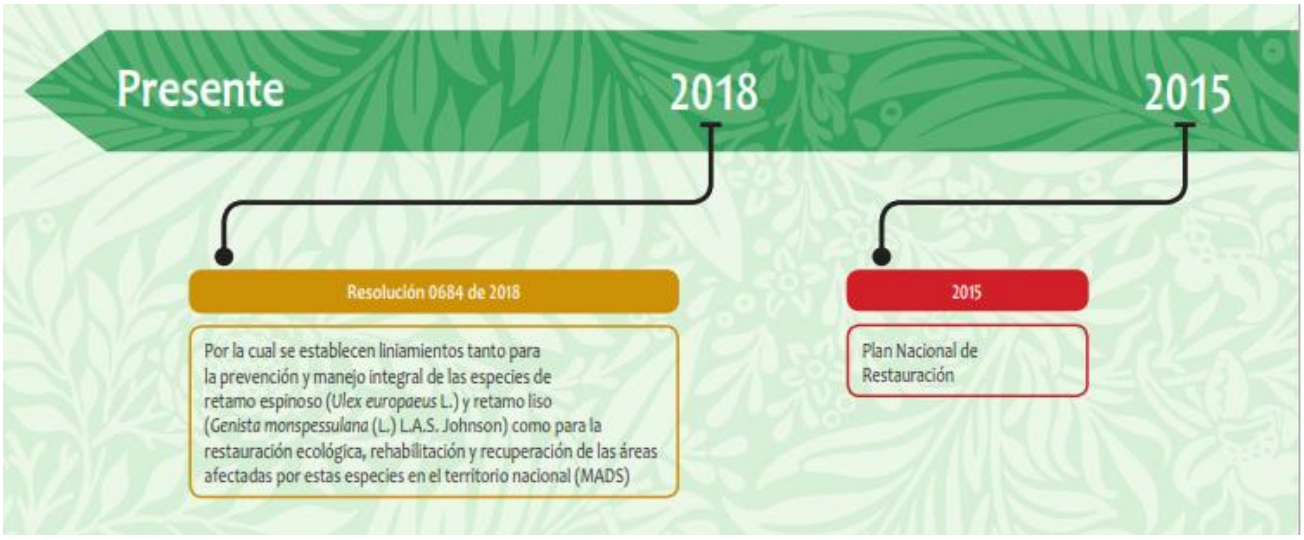
4) Programa de silvicultura preventiva, restauración ecológica y manejo de quemas controladas: Este programa busca implementar medidas para reducir el riesgo de incendios forestales y restaurar las áreas afectadas por estos eventos. (ECOMOD, 2020)

LINEA DE TIEMPO DE LAS NORMAS REFERENTES A MANEJO DE INCENDIOS FORESTALES.

Figura no. 3.Línea de tiempo de la normatividad de incendios forestales en Colombia.




Estrategias para consolidar el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres
Conpes -3146 de 2001
Plan Nacional de Prevención, Control de Incendios Forestales y Restauración de Áreas Afectadas.
2002
Quemas abiertas controladas en áreas rurales en actividades agrícolas y mineras
Resolución 532 de 2005
Protocolo de restauración de coberturas vegetales afectadas por incendios forestales (CONIF)
Protocolos Nacionales 2006
2001
2002
2005
2006
Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres
Ley 1523 de 2012
Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incedios de la cobertura vegetal escala 1:100.000 (Ideam)
Protocolos Nacionales 2011
2012
2011
2010
Ley 1575 de 2012
Ley General de Bomberos de Colombia
2011
Estrategia de Corresponsabilidad Social en la Lucha contra los Incendios Forestales
Protocolos Distritales 2011
Protocolo para la intervención de la cobertura vegetal exótica, como medida de mitigación de incendios forestales (SDA)
Protocolos Distritales 2010
Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital (SDA)



Tomado de: (ECOMOD, 2020).

- MANEJO DEL FUEGO EN EL PARQUE ENTRE NUBES.

Para entender el manejo del fuego en el Parque Ecológico Distrital de Montaña Entre nubes (Bogotá, Colombia), se realizó una investigación que:

Revisó la literatura sobre incendios forestales y ecología del fuego. Se consultaron bases de datos como ProQuest y Science Direct, así como la documentación de la Comisión Distrital de Mitigación y Atención de Incendios Forestales de Bogotá. Posterior a eso se analizó la información estadística sobre incendios en el parque desde 2010.

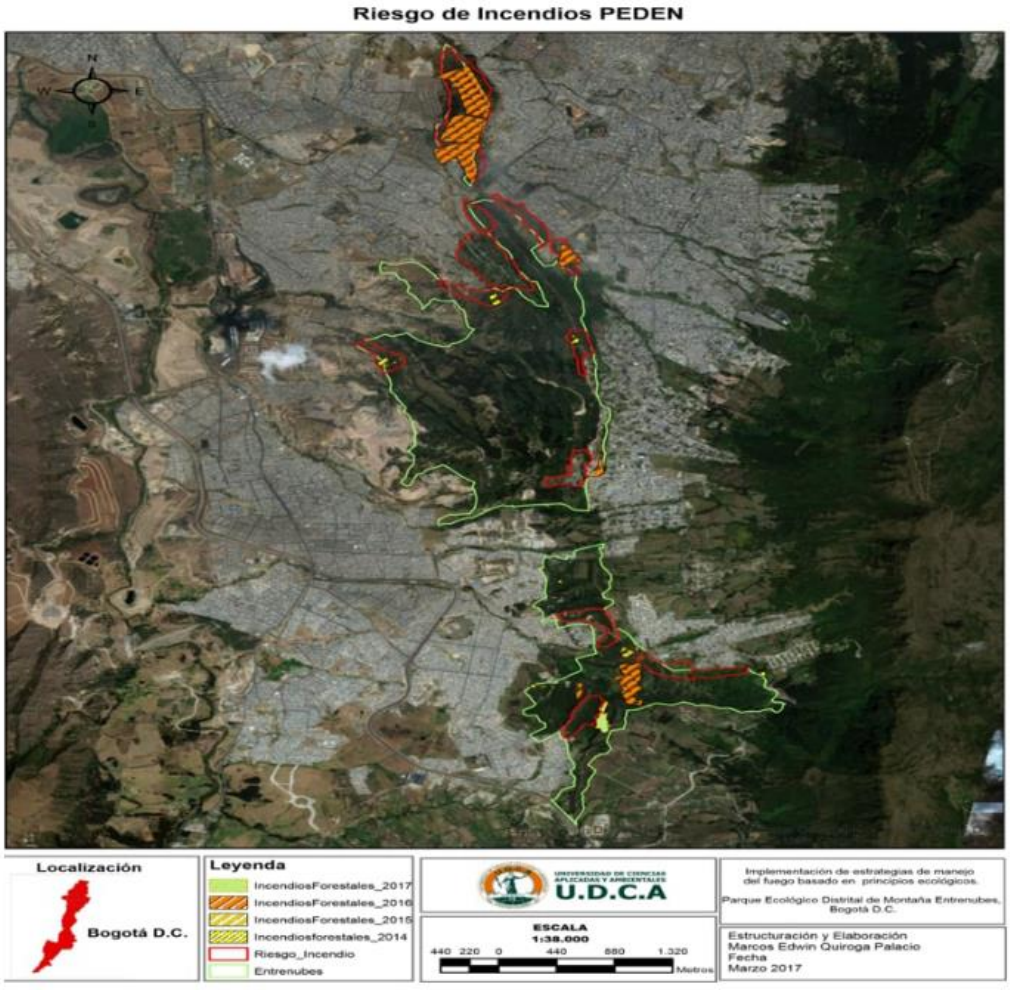
Se estudió el número de incidentes, la superficie afectada, la distribución espacial, los regímenes de incendios y los agentes de cambio, Identificando así los tipos de vegetación más representativos del parque y su relación con el fuego.

Se utilizaron métodos como la clasificación de combustibles forestales por medio de foto series y el Sistema de Clasificación de Características de Combustibles así mismo se estudió la estacionalidad de los incendios en el parque y su relación con los fenómenos de El Niño y La Niña. Se analizaron datos del IDEAM y de la Corporación Suna Hisca. y por último se evaluó el impacto de la variabilidad climática en el riesgo de incendios forestales. Se estudió el fenómeno de El Niño de 2015-2016, uno de los más fuertes desde 1950 y además se analizó la relación entre la frecuencia, intensidad y estacionalidad de los incendios con las condiciones climatológicas y sociales.

Se estudió la influencia de las comunidades aledañas y la labor de los organismos de respuesta a emergencias.

Por último, se Concluyó que es necesario generar una propuesta de manejo del fuego para el parque. Esta propuesta debe tener en cuenta el comportamiento potencial del fuego, las causas de los incendios y la zonificación de riesgo de incendio. (Palacio, 2019).

Figura no. 4. Riesgo de incendios en parque entre nubes.



Tomado de: (Palacio, 2019).

- EVALUACION DE LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO EN AREAS PROTEGIDAS: CASO DE RESERVA NATURAL ABSOLUTA CABOBLANCO

El propósito de esta investigación fue analizar la delimitación de las Zonas de Amortiguamiento (ZAM) en la Reserva Natural Absoluta Cabo Blanco. Para este fin, se establecieron dos categorías: la primera, denominada Zona de Influencia Directa (ZAMID), que está definida en el Plan de Manejo actual de la Reserva Natural Absoluta Cabo Blanco y se extiende desde el límite del área

protegida hasta la carretera que conecta Malpaís y Cabuya. La segunda categoría, conocida como Zona de Influencia Indirecta (ZAMInD), abarca desde esa carretera hasta los poblados de Montezuma al noreste y Santa Teresa al noroeste. Esta franja se ha establecido con el propósito de gestionar de manera integral el área, incluyendo la planificación de acciones, programas educativos y estrategias, a través de estas Unidades Geoestadísticas Mínimas (UGMs). (Katherine Agüero Villalobos, 2017)

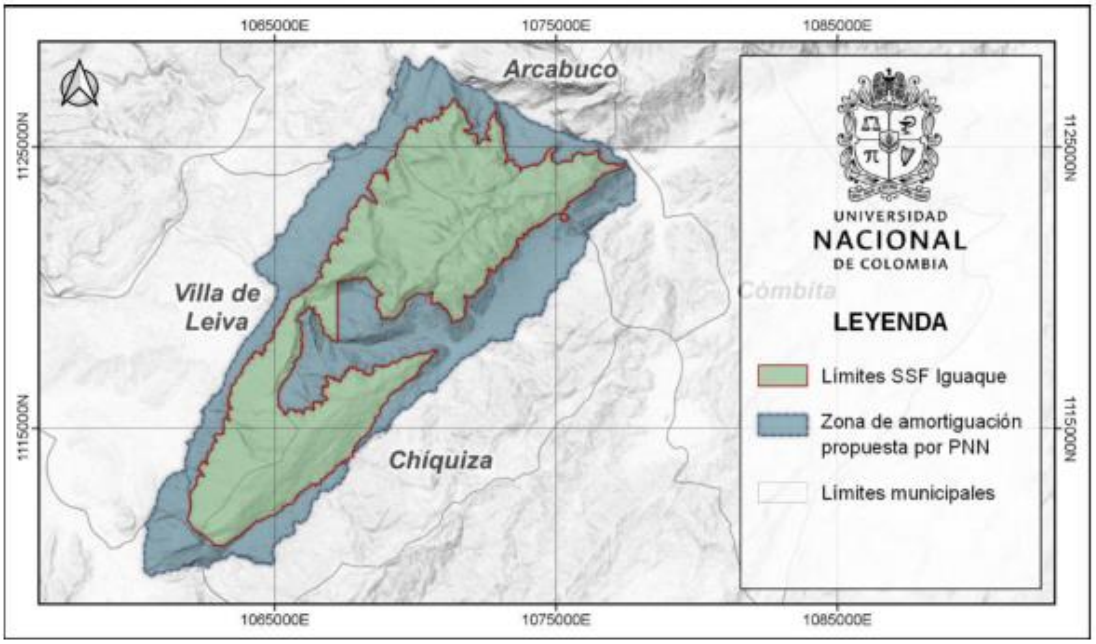
- ESCENARIOS DE ZONAS DE RESTAURACION ECOLOGICA PARA EL SANTUARIO DE IGUAQUE.

Es relevante mencionar que, en la actualidad, el Santuario no cuenta con una declaración formal de su zona de amortiguamiento por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Min Ambiente). Sin embargo, PNN (Villarreal et al., 2017) ha presentado una propuesta para una zona de amortiguamiento con los siguientes objetivos:

1. Mitigar y prevenir las perturbaciones en las áreas protegidas.
2. Ayudar a corregir las alteraciones que puedan surgir debido a las presiones en dichas áreas.
3. Armonizar la ocupación y transformación del territorio con los objetivos de conservación de las áreas protegidas, promoviendo el uso sostenible de los sistemas.
4. Contribuir a la conservación de los elementos biofísicos, los elementos y valores culturales, los servicios ambientales y los procesos ecológicos asociados con las áreas protegidas.
5. Preservar los elementos biofísicos y los procesos ecológicos que conectan el Área Protegida del Sistema de Parques con los mosaicos regionales de ecosistemas.

A continuación, se muestra la propuesta de PNN a la zona de amortiguamiento para el santuario:

Figura no. 5. Delimitación del santuario de fauna y flora de Iguaque y la zona de amortiguación propuesta para villa de Leyva, Chíquiza y arcabuco.



Fuente: (Jimenez, 2019)

Desde una perspectiva cultural, el Santuario alberga una población rural en su interior y sus alrededores, que se identifica como un grupo sociocultural campesino de Boyacá, debido a sus propios valores y tradiciones (Villarreal et al., 2017). Se ha identificado que una de las principales amenazas asociadas a esta población es el pastoreo de ganado cerca de los ecosistemas de páramo que rodean las lagunas. También se reportan amenazas por actividades de caza y agricultura, especialmente por el cultivo de papa (PNN, 2006; Villarreal et al., 2017). Además, la incidencia de incendios en el Santuario se considera el principal factor de perturbación en los ecosistemas (Zorro, W., comunicación personal, 19 de febrero de 2016).

A pesar de los esfuerzos realizados para conciliar con las comunidades locales a través de relaciones interculturales y participación social, aún persisten las problemáticas mencionadas anteriormente. Esto dificulta las labores de restauración de los ecosistemas degradados dentro del parque y genera fuertes presiones sobre los ecosistemas. (Jimenez, 2019).

Riesgo de Incendios en la cobertura vegetal dl SFF de Iguaque

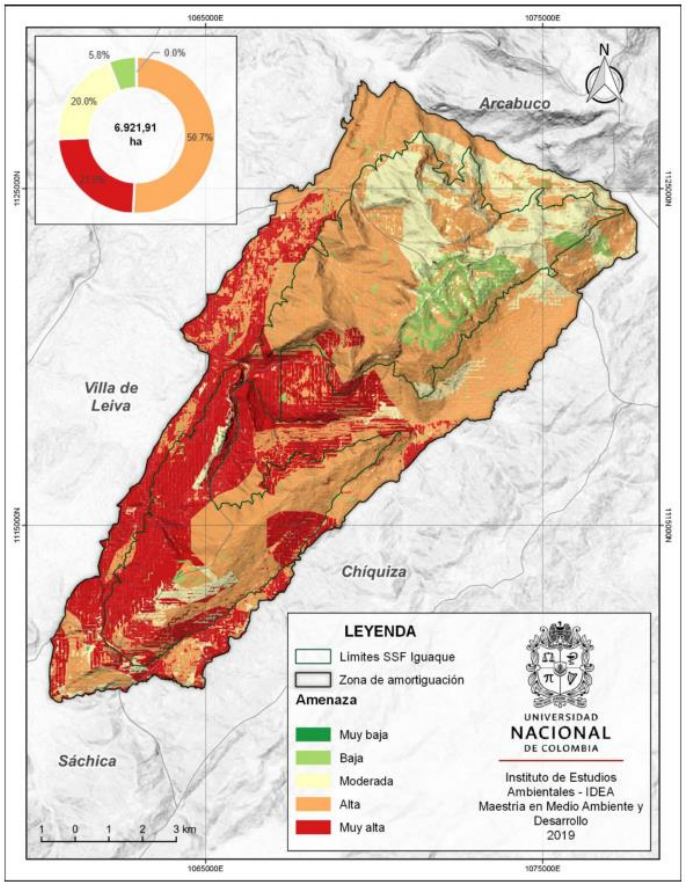
Después de considerar la susceptibilidad a incendios de la vegetación, los factores climáticos, del relieve, históricos y de accesibilidad, ilustra la amenaza de incendios forestales en el SFF Iguaque.

Según la definición del IDEAM (2011), hay una alta probabilidad de ocurrencia de incendios en el sector sur del Santuario, especialmente en el lado suroccidental.

En términos de extensión, el 50,75% del Santuario (3.512,66 ha) tiene una alta amenaza y el 23,47% (1.624,81 ha) una amenaza muy alta, lo que confirma que este tipo de perturbación es el más importante dentro del área protegida. Por otro lado, las categorías de amenaza muy baja y baja solo se determinaron en el 0,04% (2,98 ha) y 5,75% (398,11 ha) del Santuario.

Esto se relaciona específicamente con las condiciones climáticas de frío árido y frío semiárido que predominan en esa zona, identificadas en el capítulo de caracterización de los factores ambientales. También se relaciona con la predominancia de especies vegetales del estrato herbáceo. En relación con la condición pirogénica de la vegetación, Parra (2011) clasifica a las especies herbáceas con alta carga total de combustible y corta duración, lo que les confiere alta susceptibilidad a los incendios. (Jimenez, 2019).

Figura no. 6. Amenaza por Incendio Forestales.



Fuente: (Jimenez, 2019)

Tabla No 1. Áreas de las categorías de amenaza de incendios en el SFF Iguaque

Amenaza	Área SFF Iguaque (ha)	(%)	Área zona de amortiguación (ha)	(%)	Área total (ha)	(%)
Muy baja	2,98	0,04	2,45	0,04	5,42	0,04
Baja	398,11	5,75	121,49	1,81	519,60	3,81
Moderada	1383,37	19,99	702,22	10,45	2085,59	15,29
Alta	3512,66	50,75	3634,81	54,11	7147,47	52,40
Muy alta	1624,81	23,47	2256,33	33,59	3881,15	28,46
Total general	6921,92	100	6717,30	100,00	13639,22	100,00

Fuente: (Jimenez, 2019)

Tabla No 2. Registro de Incendios Presentados en el SFF Iguaque por años.

2001				
14/02/2001	BOYACÁ	ARCABUCO	INCENDIO FORESTAL	TRABAJAN EL CLE Y CRE.
22/08/2001	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	VEREDA MONQUIRA Y EL ROBLE
2003				
19/02/2003	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA/CHIQUIZA/SACHICA	INCENDIO FORESTAL	INCENDIO FORESTAL DE GRANDES PROPORCIONES QUE REQUIRIO LA MOVILIZACION DEL SNPAD.
2004				
30/01/2004	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	SECTOR LLANO GRANDE.
2009				
20/09/2009	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	APOYO DEL FNC MEDIANTE EL SUMINISTRO E 700 RACIONES DE CAMPAÑ Y 2016 BOTELLAS DE AGUA, 50 PALAS, 50 AZADONES Y 50 MACHETES.
2010				
29/01/2010	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	APOYO CON 500 RACIONES DE CAMPAÑA. GIRO DIRECTO AL
2012				
1/07/2012	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	INCENDIO FORESTAL QUE AFECTO EL CERRO SAN MARCOS, SE QUEMARON 5 HECTAREAS DE VEGETACION NATIVA. REPORTA D.C.C. DIRECCION NACIONAL.
25/08/2012	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	SE PRESENTA INCENDIO FORESTAL EN EL SECTOR BOQUERON, SANTUARIO DE FAUNA Y FLORA DE IGUAQUE, SE HAN QUEMADO HASTA EL MOMENTO 30 HAS. DE VEGETACION NATIVA.
1/09/2012	BOYACÁ	CHIQUIZA	INCENDIO FORESTAL	DESDE LEL DIA SE PRESENTA UN I.F EN ZONA RURAL, SE ESPERAN MAS DATOS. REPORTE EL SR ALIRIO ROZO CDGRD

7/09/2012	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	SE PRESENTA UN INCENDIO FORESTAL EN ZONA RURAL AFECTANDO 2 HECTAREAS DE PASTO.
14/09/2012	BOYACÁ	ARCABUCO	INCENDIO FORESTAL	SE PRESENTA UN INCENDIO FORESTA EN EL PARQUE IGUAQUE, CDGRD, HASTA EL MOMENTO SE HACE LA EVALUACION DE HECTAREAS QUEMADAS.
2013				
5/01/2013	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	CDGRD REPÓRTA SE PRESENTO INCENDIO FORESTAL EN LA VEREDA MONQUIRA, CON AFECTACION EN 0,5 HECTAREAS DE VEGETACION NATIVA
24/01/2013	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	CDGRD DE BOYACÁ, INFORMA, INCENDIO FORESTAL, EXTINGUIDO, EN LA VEREDA: EL MICO, PENDIENTE AFECTACIÓN, GUINTIVA, LIMITES CON EL MPIO DE CHIVATA, APOYO: BOMBEROS.
26/06/2013	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	REPORTA INCENDIO FORESTAL EN LA VEREDA BOQUERON, CERRO ESTERILLAL INFORMACION INICIAL DE BOMBEROS ES QUE HAY DEMASIADA VEGETACION NATIVA SECA Y MUCHO VIENTO
1/08/2013	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	REPORTA EL INGR ALIRIO ROXO QUE LE IF DE VILLA DE LEYVA FUE CONTROLADO Y SE CONSUMIO 12 HECTAREAS
12/09/2013	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	SE PRESENTA INCENDIO FORESTAL EN VILLA DE LEYVA VÍA AL MUNICIPIO DE SANTA SOFÍA SECTOR CAÑUELA
12/09/2013	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	SE PRESENTA INCENDIO FORESTAL, EN PREDIO CERRADO LOS IGUA, ALTO LOS MIGUELES, CON PERIDA DE 2 HECTÁREAS DE BOSQUE NATIVO.
30/09/2013	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	CDGRD DE BOYACÁ, INFORMA SE PRESENTA INCENDIO FORESTAL, SECTOR: CANE
30/09/2013	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	D.C.C., INFORMAN SE PRESENTÓ INCENDIO FORESTAL VEREDA. MONIQUIRA, SECTOR: GRANDE, 1 HECTÁREA AFECTADA
2014				
6/02/2014	BOYACÁ	CHIQUIZA	INCENDIO FORESTAL	D.C.C., INFORMA, SE PRESENTA INCENDIO FORESTAL, EN EL MUNICIPIO DE CHIQUIZA, SECTOR LA CABAÑA VEREDA EL CERRO. PERDIDA DE UNA HECTÁREA DE PLANTAS NATIVAS, PINO Y PAJONAL.
21/08/2014	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	CDGRD BOYACÁ INFORMA QUE EN EL MUNICIPIO DE VILLA DE LEYVA SE PRESENTO INCENDIO FORESTAL EL CUAL AFECTO 2 HECTAREAS DE PASTO Y VEGETACION NATIVA
30/09/2014	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	INFORMAN DEL CDGRD REPORTA INCENDIO FORESTAL EN EL MUNICIPIO DE VILLA DE LEYVA, AL MOMENTO EL INCENDIO FORESTAL AFECTA A LOS MUNICIPIOS DE SACHICA Y CHIQUIZA, SE ESTIMAN UNAS 200 HECTREAS DE VEGETACION CONSUMIDAS.
2015				

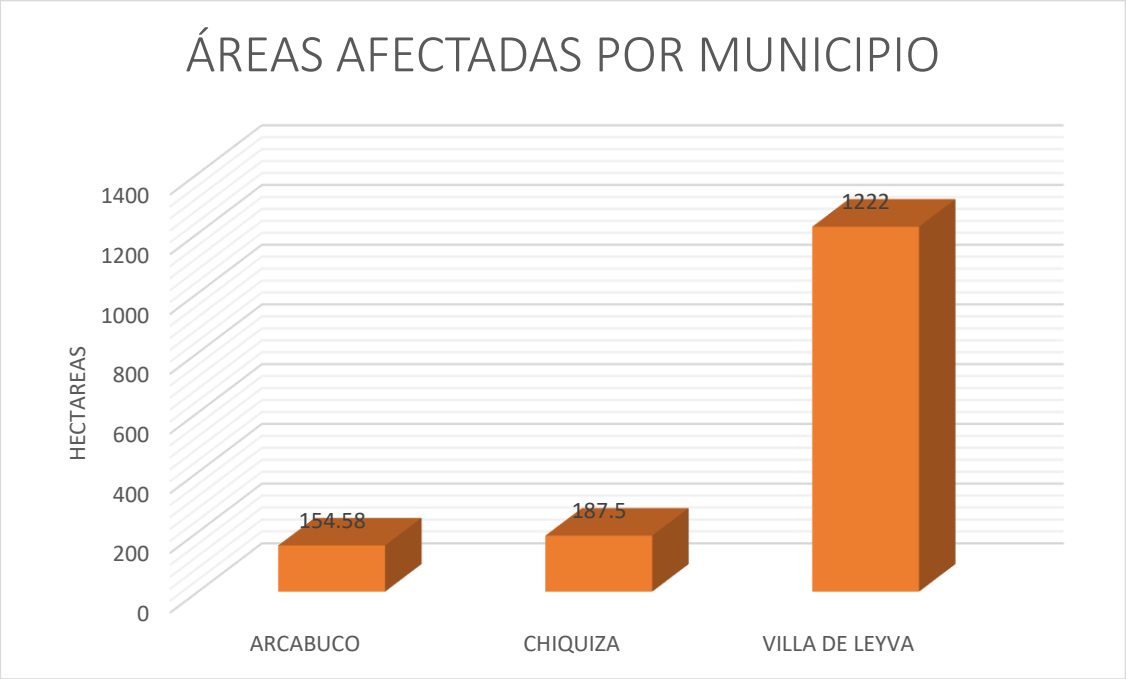
16/01/2015	BOYACÁ	ARCABUCO	INCENDIO FORESTAL	CDGRD INFORMA INCENDIO FORESTAL EL INCENDIO ESTA UBICADO DENTRO DEL AREA DEL SANTUARIO DE FLORA Y FAUNA DE IGUAQUE. SE AFECTARON 800 METROS DE BOSQUE DE ROBLE EN LA VEREDA RUPAVITA.
28/08/2015	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	CDGRD BOYACÁ ALIRIO ROZO INFORMA INCENDIO FORESTAL EN EL MUNICIPIO DE VILLA CDGRD DE BOYACÁ, INFORMA, IF, LIQUIDADO, EN EL SECTOR: ESTERILLAL, 800 HECTÁREAS CONSUMIDAS DE VEGETACIÓN NATIVA.
9/09/2015	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	CDGRD BOYACÁ INFORMA QUE EN MUNICIPIO DE VILLA DE LEYVA SE PRESENTA UN INCENDIO FORESTAL ACTIVO EN LA VEREDA MONQUIRA SECTOR EL INFIERNITO, 6 HECTÁREAS CONSUMIDAS DE VEGETACIÓN NATIVA.
12/09/2015	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	CDGRD DE BOYACÁ, INFORMA, INCENDIO FORESTAL ENTRE LOS MPIOS DE: VILLA DE LEYVA, SANTA SOFÍA, GACHANTIVÁ, EL SECTOR SE DENOMINA LAS VEGAS, VAN AFECTADAS 100 HECTÁREAS APROXIMADAMENTE.
15/09/2015	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	DNBC, INFORMA, IF ACTIVO, VEREDA: CARDONAL, APOYAN BOMBEROS: VILLA DE LEYVA.
16/09/2015	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	CDGRD DE BOYACÁ, INFORMA, IF, CERCA AL HIPODROMO, 2 HECTÁRIAS CONSUMIDAS.
25/09/2015	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	CDGRD DE BOYACÁ, INFORMA, IF, SECTOR: POZO, 5.5 HECTÁREAS CONSUMIDAS DE: BOSQUE NATIVO.
2016				
28/01/2016	BOYACÁ	CHIQUIZA	INCENDIO FORESTAL	CDGRD DE BOYACÁ, INFORMA, SE PRESENTÓ INCENDIO FORESTAL, SECTOR: JUAN DIAZ, SE CONSUMIO 0.5 HECTÁREA DE PASTOS.
27/02/2016	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	DNBC INFORMA: QUE SE PRESENTÓ INCENDIO FORESTAL, EN EL SECTOR DE MATA SOLA, SE VIO AFECTADA 1 HECTÁREA DE BOSQUE NATIVO
28/02/2016	BOYACÁ	CHIQUIZA	INCENDIO FORESTAL	DNBC, INFORMA, INCENDIO FORESTAL, EN LA VEREDA CORREGIDOR DE CHÍQUIZA,4 HECTÁREAS AFECTADAS DE BOSQUE NATIVO.
28/02/2016	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	DNBC INFORMA: EL TTE PEDREROS INFORMA SE PRESENTA INCENDIO FORESTAL EN LOS SECTORES EN SALTO Y LA BANDERA AFECTARON CERCA DE 2 HECTÁREAS Y MEDIA DE VEGETACIÓN MEDIA
2017				
7/09/2017	BOYACÁ	CHIQUIZA	INCENDIO FORESTAL	CDGRD BOYACÁ INFORMA: M/PIO CHÍQUIZA. SE REPORTA CONTROL Y LIQUIDACION DE INCENDIO FORESTAL VEREDA PATIECITOS, UNA HECTÁREA DE BOSQUE NATIVO.
2019				
23/01/2019	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL	CDGRD DE BOYACÁ INFORMA: VILLA DE LEYVA – VDA MONIQUIRÁ INCENDIO FORESTAL - LIQUIDADO 0.5 HECTÁREAS

23/01/2019	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL	CDGRD BOYACÁ INFORMA MUNICIPIO: VILLA DE LEYVA – VEREDA SALTO DE LA LAVANDERA AFECTACIÓN: 0.5 HECTÁREAS DE VEGETACIÓN NATIVA Y POTREROS EVENTO: INCENDIO FORESTAL
7/02/2019	BOYACÁ	CHIQUIZA	INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL	DNBC INFORMA: BOMBEROS CHÍQUIZA BOYACÁ: LIQUIDÓ INCENDIO EN EL MUNICIPIO DE MOTAVITA, EXTENSIÓN APROX. 01 HECTÁREA VEREDA CARBONERA,
22/02/2019	BOYACÁ	ARCABUCO	INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL	CDGRD BOYACÁ MEDIANTE BASE DE DATOS REPORTA INCENDIO FORESTAL EN ARCABUCO VEREDA QUIRVAQUIRA, DEJO AFECTACION EN 4 HECTAREAS DE VEGETACION NATIVA,
10/04/2019	BOYACÁ	CHIQUIZA	INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL	CDGRD BOYACÁ 10 DE ABRIL MUNICIPIO CHÍQUIZA –SFF IGUAQUE LAGUNA CAZADERO EVENTO AFECTACIÓN EN 4 HECTÁREAS DE VEGETACIÓN NATIVA
26/06/2019	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL	CDGRD BOYACÁ INFORMA MUNICIPIO: VILLA DE LEYVA, CERRO MAYOR. EVENTO: INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL. AFECTACIÓN: 3 HECTÁREAS DE BOSQUE NATIVO Y VEGETACIÓN
31/08/2019	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL	CRUZ ROJA INFORMA AFECTACIÓN: PENDIENTE EN EVALUACION EVENTO: INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL - LIQUIDADO MUNICIPIO: VILLA DE LEYVA - SECTOR CASA PIEDRA
11/09/2019	BOYACÁ	CHIQUIZA	INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL	MUNICIPIO: CHIQUIZÁ, SECTOR LA HONDURA EVENTO: INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL AFECTACIONES: 1 HECTÁREA
6/11/2019	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL	CDGRD BOYACÁ, ENLACE PONALSAR INFORMAN QUÉ MUNICIPIO: VILLA DE LEYVA EVENTO: INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL AFECTACIÓN: 8 HECTÁREAS DE VEGETACIÓN NATIVA
13/04/2020	BOYACÁ	CHIQUIZA	INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL	DNBC INFORMA EN EL MUNICIPIO DE CHÍQUIZA VEREDA SUCRE / BOYACÁ POR INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL AFECTACIÓN DE 1 HECTÁREA DE VEGETACIÓN DE PINOS Y BOSQUE NATIVO.
2020				
17/04/2020	BOYACÁ	ARCABUCO	INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL	MUNICIPIO: ARCABUCO – VEREDA QUIRBAQUIRA EVENTO: INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL 17/04/2020 AFECTACIÓN: 0.5 HECTÁREAS DE VEGETACIÓN NATIVA
11/10/2020	BOYACÁ	CHIQUIZA	INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL	CDGRD BOYACÁ INFORMA QUE, EN CHÍQUIZA, VEREDA HONDURAS. AFECTACIÓN 1 HECTÁREA DE VEGETACIÓN NATIVA
2021				
25/05/2021	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL	CDGRD BOYACÁ Y DNBC INFORMAN: MUNICIPIO VILLA DE LEYVA - CERRO SAN MARCOS SECTOR LAS ANTENAS AFECTACIÓN 1/2 HECTAREA
2022				

24/02/2022	BOYACÁ	CHIQUIZA	INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL	ACTUALIZACIÓN CDGRD BOYACÁ Y ENLACE EJÉRCITO MUNICIPIO CHIQUIZA VEREDA JUAN DÍAZ EVENTO INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL – 24 DE FEBRERO AFECTACIÓN 150 HECTÁREAS DE VEGETACIÓN NATIVA ACCIONES CDGRD Y DNBC AFECTACIÓN APROXIMADAMENTE 150 HECTÁREAS DE VEGETACIÓN NATIVA
24/02/2022	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL	MUNICIPIO VILLA DE LEYVA – BOYACÁ, VEREDA JUAN DÍAZ DEL CHÍQUIZA EVENTO INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL AFECTACIÓN 30 HECTÁREAS AL MOMENTO, GENERADO POR DESCARGA ELÉCTRICA RAYO
2023				
10/08/2023	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	DNBC Y CDGRD BOYACÁ INFORMA MUNICIPIO: VILLA DE LEYVA - VEREDA ROBLEDO EVENTO: INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL AFECTACIÓN: 1,5 HECTÁREAS DE VEGETACIÓN NATIVA
11/08/2023	BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	INCENDIO FORESTAL	MUNICIPIO: VILLA DE LEYVA - BOYACÁ, VEREDA SALTO Y LAVANDER EVENTO: INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL AFECTACIÓN: 7 HECTÁREAS DE VEGETACIÓN NATIVA
22/09/2023	BOYACÁ	CHIQUIZA	INCENDIO FORESTAL	CDGRD BOYACÁ, INFORMA: MUNICIPIO: CHIQUIZA, VEREDA RONDÓN, EVENTO: INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL AFECTACIÓN: 3 HECTÁREAS DE VEGETACIÓN NATIVA,
28/09/2023	BOYACÁ	ARCABUCO	INCENDIO FORESTAL	MUNICIPIO: ARCABUCO - BOYACÁ, PÁRAMOS IGUAQUE - MERCHÁN. EVENTO: INCENDIO DE COBERTURA VEGETAL 28/09/2023 AFECTACIÓN: APROXIMADAMENTE: 150 HECTAREAS.
8/12/2023	BOYACÁ	CHIQUIZA	INCENDIO FORESTAL	DNBC INFORMA: MUNICIPIO: CHIQUIZÁ - BOYACÁ MUNICIPIO: CHÍQUIZA, VEREDA: EL CERRO-SECTOR: BUENA VISTA- LÍMITES CON LOS MUNICIPIOS DE ARCABUCO Y CÓMBITA-SANTUARIO DE FLORA Y FAUNA DE IGUAQUE EL EVENTO DEJA UNA AFECTACIÓN DE 20 HECTÁREAS DE VEGETACIÓN NATIVA Y PASTOS.

Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura no. 7. Grafica áreas afectadas por los incendios.



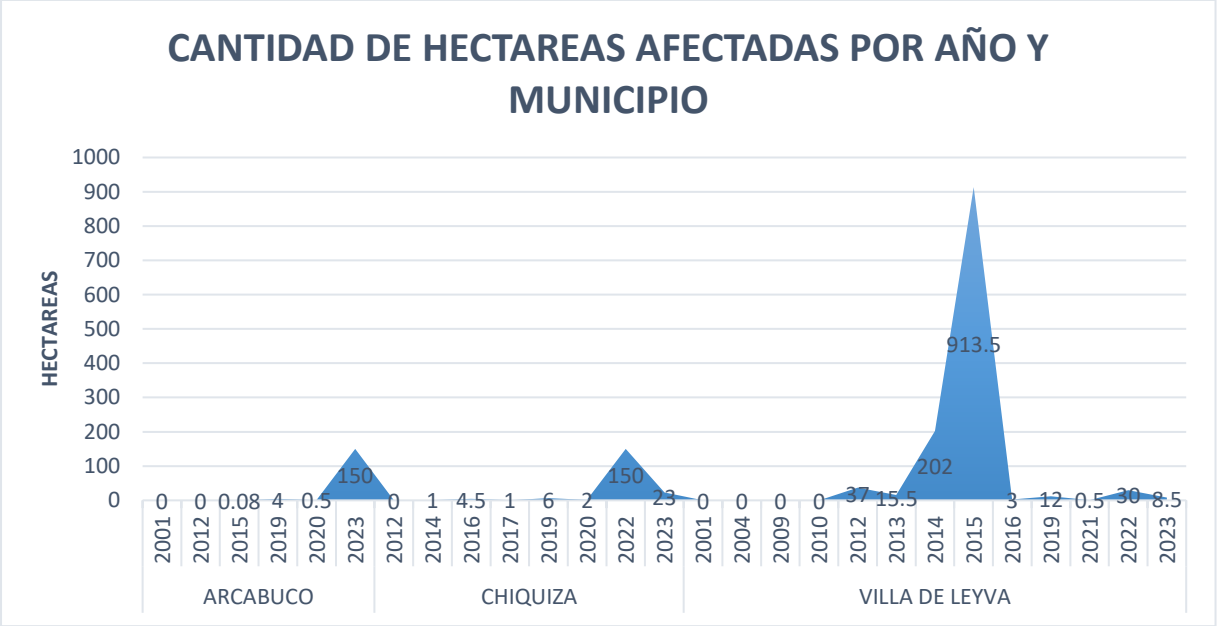
Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura no. 8. Incendios por año en la zona afectada.



Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura no. 9. Hectáreas afectadas por año y municipio.



Fuente: Elaboración Propia (2024)

La vulnerabilidad se refiere a la tendencia de un elemento a ser afectado o a tener dificultades para recuperarse (IDEAM, 2011). Después de integrar los factores ecológicos, poblacionales, económicos patrimoniales y de infraestructura, se encontró que la mayoría del Santuario tiene una vulnerabilidad moderada.

Específicamente, el 97,5% (6.745,80 ha) de su extensión presentó esta categoría, mientras que las categorías de muy baja, baja y muy alta se dieron respectivamente en 94,46 ha (1,4%), 81,65 ha (1,2%) y 0,1 ha (menos del 0,1%). No se categorizó ninguna zona con una vulnerabilidad total alta.

Estos resultados se deben a la baja población dentro del SFF Iguaque, lo que le da una calificación de vulnerabilidad poblacional muy baja. Por otro lado, se obtuvo una vulnerabilidad ecológica muy alta, sin embargo, según la metodología utilizada (IDEAM, 2011), la vulnerabilidad poblacional tiene un mayor peso en la ponderación (factor de 0,31 en contraposición del factor de 0,20 de la vulnerabilidad ecológica).

Esto contrasta con los resultados obtenidos en la zona propuesta de amortiguamiento, donde el 77,6% de su extensión (5.210,98 ha) presentó una vulnerabilidad total alta. En este caso, se obtuvo una vulnerabilidad poblacional muy alta.

4.2. Marco teórico

- ZONAS DE AMORTIGUAMIENTO

  Las áreas de amortiguamiento destinadas a la conservación desempeñan un papel fundamental en la mejora de las condiciones de los recursos naturales al realizar ciertas funciones en el paisaje.
  Es importante destacar que la mayoría de las áreas de amortiguamiento cumplen más de una función, incluso si inicialmente se planificaron con un propósito específico en mente. Por lo tanto, el diseño de estas áreas debe considerar tanto las funciones previstas como las posibles funciones imprevistas que podrían resultar beneficiosas o no.
  La ubicación de estas áreas es crucial, ya que determina su relación con condiciones problemáticas en el paisaje circundante. Además, la ubicación también influye en características clave del sitio, como el tipo de suelo y la pendiente, lo que a su vez puede afectar la eficacia de la zona de amortiguamiento. Una ubicación específica podría ser más adecuada para una función en particular, mientras que otra ubicación podría ser más idónea para cumplir otra función.
  Por lo general, el diseño de áreas de amortiguamiento se motiva por la necesidad de cumplir con múltiples propósitos, que incluyen los objetivos de los dueños de tierras individuales, los de la comunidad y los del público en general. Frecuentemente, abordar una variedad de objetivos requiere la creación de varias áreas de amortiguamiento con diseños y ubicaciones diferentes, lo que da lugar a un sistema de áreas de amortiguamiento.
  Cada objetivo plantea desafíos específicos y cada función de una zona de amortiguamiento opera en una escala particular. Combinar y satisfacer una amplia gama de objetivos y funciones resulta ser una tarea de considerable complejidad. Para abordar esta complejidad, se recurre a un proceso de planificación, que es un enfoque estructurado para organizar y llevar a cabo esta tarea, asegurándose de que se tengan en cuenta todos los objetivos pertinentes. El producto final de este proceso se denomina plan de paisaje.
  Un proceso típico de planificación implica los siguientes pasos:

  • Identificación de problemas y oportunidades.
  • Definición de los objetivos a alcanzar.
  • Realización de un inventario de los recursos disponibles.
  • Análisis exhaustivo de dichos recursos.
  • Desarrollo de alternativas para abordar los objetivos.
  • Evaluación de estas alternativas y toma de decisiones correspondientes.

(Unidos, 2008)

- BARRERAS CORTAFUEGO HERBACEAS

La barrera herbácea cortafuego es una franja bastante grande y su característica es que está cubierta de vegetación de baja altura que contiene una cantidad mínima de material inflamable por unidad de superficie. Su finalidad principal es separar áreas boscosas densas, caracterizadas por árboles y arbustos que representan una acumulación significativa de material combustible.

A pesar de que el pasto seco es altamente inflamable y se quema rápidamente, ofrece menos resistencia al control del fuego en comparación con matorrales densos. También es más práctico preparar y mantener líneas de defensa en áreas cubiertas de pasto que en matorrales densos. Además, las sustancias químicas ignífugas que se aplican desde el aire resultan más eficaces en pastizales que en matorrales. (Unidos, 2008)

La inclusión de vegetación en estas barreras cortafuego se justifica por varias razones. En primer lugar, esto evita el alto costo de mantener un terreno amplio completamente libre de vegetación. En segundo lugar, la vegetación continua de pasto puede prevenir o reducir la invasión de matorrales en la barrera. En tercer lugar, la presencia de vegetación es esencial para minimizar la erosión. (Bentley, 1967).

- DEFINICION DEL AREA DE ESTUDIO

El primer paso para establecer una zona de amortiguamiento implica determinar el área de estudio para los sectores prioritarios, es decir, definir hasta dónde se extenderá nuestro análisis espacial. Los sectores suelen coincidir con las jurisdicciones de corporaciones, municipios o veredas con áreas de subcuencas o microcuencas. Esto puede resultar en la delimitación de tantas áreas de estudio como corporaciones, municipios o cuencas existan alrededor del parque, o que en un esfuerzo conjunto con todas ellas se delimite un área de estudio que las incluya, pero que priorice los sectores que se van a intervenir.

En la guía metodológica, (Camargo & Guerrero, 2005) proporciona una lista de zonas geográficas que deben estar incluidas dentro del área de estudio. Esta lista ayuda a definir los análisis que se llevan a cabo en la etapa del diagnóstico: “Fase I. Estudio previo”. Al listado de zonas se añade el análisis del plan de manejo, del contexto ecológico, del contexto SIRAP (Sistema Regional de Áreas Protegidas) y el análisis territorial. El uso de estos insumos permite definir con un mayor soporte técnico hasta dónde debe extenderse el área de estudio.

Por lo tanto, el diagnóstico que se realice responderá a preguntas específicas en la delimitación y subdivisión de la posible zona de amortiguamiento, y establecerá los énfasis y profundidades necesarias o posibles en cada caso particular, evitando desviaciones y respuestas a preguntas estandarizadas. Como resultado, el comité técnico podrá elaborar términos de referencia más concretos para avanzar en los análisis.

Tabla No 3. Criterios de manejo para delimitación de zonas de amortiguamiento.

Principios	Criterios de delimitación y zonificación
1. Prevenir, mitigar y corregir las perturbaciones sobre el área protegida, y compensar los efectos de las presiones y sus problemas de configuración.	1.1 Identificar el área necesaria para prevenir, mitigar y corregir las presiones que afectan el área protegida. 1.2 Identificar áreas que ayuden a compensar problemas de configuración del AP para cumplir con sus objetivos.
2. Armonizar la ocupación y transformación del territorio con los objetivos del área protegida, articulando los diferentes procesos de ordenamiento y promoviendo modelos sostenibles de uso.	2.1 Definir participativamente el escenario posible para el cumplimiento de la función amortiguadora en el marco del ordenamiento territorial. 2.2 Definir, de manera participativa, áreas aledañas al área protegida que contribuyan a mantener la oferta y uso de beneficios ambientales para el desarrollo sostenible de sus habitantes.
3. Aportar a la conservación de los elementos biofísicos, los elementos y valores culturales, los servicios ambientales y los procesos ecológicos que conectan el área protegida con los complejos regionales de ecosistemas	3.1 Identificar áreas que aporten a complementar la representatividad y conectividad del AP a nivel nacional y regional, teniendo en cuenta los procesos locales y/o regionales de ordenamiento del territorio existentes en el área de estudio, debidamente concertados con los actores implicados. 3.2 Identificar áreas que por su importancia ecológica para los VOC del AP, y por estar afectadas por procesos de alteración necesiten un manejo especial. 3.3 Identificar áreas de especial significado cultural, sus elementos y valores relacionados con las comunidades cercanas al área protegida.

Fuente: (PNN, 2008).

4.3. Marco Legal

- PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

En el 2012, la Unidad de Parques comenzó a actualizar los Planes de Manejo de las áreas protegidas dentro del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia, destacándolos como instrumentos vitales para dirigir la gestión y cumplir los objetivos de conservación.

El Santuario de Fauna y Flora Iguaque se benefició de esta actualización, involucrando al equipo del área en talleres internos y externos para analizar y desarrollar cada componente del Plan de Manejo, incluyendo diagnósticos, ordenamientos, y planes estratégicos de acción. Este Plan tiene como objetivo abordar los desafíos de conservación, protegiendo ecosistemas vitales y servicios ecosistémicos como el recurso hídrico que abastece a municipios vecinos. También se priorizan elementos culturales significativos, como la Laguna de Iguaque. El diagnóstico identifica la situación actual del área, sus valores de conservación, amenazas y potencialidades, mientras que el ordenamiento propone zonas y regula usos y actividades. El Plan Estratégico define un objetivo principal y actividades jerarquizadas para responder a las situaciones de manejo. Los anexos complementan el documento principal con detalles adicionales sobre el área y su gestión. Este Plan guiará la gestión del equipo del área durante cinco años, orientando acciones de conservación y colaboraciones con otros actores clave en la protección del área. (Jiménez, 2005).

- RESOLUCION 138 DE 2018.

Artículo 1: La resolución adopta el Plan de Manejo del Santuario de Fauna y Flora Iguaque como parte integral de la misma.
Artículo 2: El Plan de Manejo del Santuario de Fauna y Flora Iguaque es el principal instrumento de planificación que guía la gestión de Parques Nacionales Naturales de Colombia en el área protegida. Es una norma de alta jerarquía en términos legales y ambientales.
Artículo 3: Los objetivos de conservación del Santuario de Fauna y Flora Iguaque son:
Preservar muestras representativas de diversos ecosistemas, incluyendo páramos, humedales, bosques andinos y ecosistemas subxerofíticos degradados, para mantener su biodiversidad y fomentar la conectividad subregional.
Conservar los ecosistemas relacionados con varias microcuencas dentro del santuario para contribuir a la provisión de servicios ecosistémicos relacionados con la regulación hidrológica y climática en los municipios circundantes.
Preservar los complejos lagunares asociados a la cultura Muisca debido a su relevancia histórica y cultural.

Articulo no. 4 zonificación

a. Zona Intangible.
b. Zona Primitiva
c. Interfluvio Cane-Pomeca
d. Interfluvio Cane- Samacá

Las cartografías referentes a la zonificación están a escala 1:100.000. (PNNC, Resolucion 138 de 2018, 2018).

- MANUAL PARA DELIMITACION Y ZONIFICACION DE ZONAS AMORTIGUADORAS

El manual pretende proporcionar orientación práctica a los comités técnicos encargados de coordinar procesos de delimitación, zonificación, reglamentación y manejo de zonas amortiguadoras en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), en particular en el Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN). Su enfoque se centra en definir y aplicar criterios para la delimitación y subdivisión de zonas amortiguadoras con fines de manejo.

A pesar de que la regulación actual solo contempla la determinación de zonas amortiguadoras para las áreas que forman parte del SPNN, esta herramienta puede ser útil en la formulación de estrategias para la planificación ambiental de zonas colindantes a áreas protegidas regionales o locales que compartan objetivos de conservación. Por esta razón, se incorporan directrices de la Guía metodológica desarrollada por Camargo y Guerrero en 2005, especialmente en lo que concierne a la Fase I: "Estudio previo". Esta fase implica la elaboración de un plan de trabajo por parte del comité técnico para delimitar, zonificar y reglamentar la zona amortiguadora en los sectores definidos de manera consensuada entre las autoridades ambientales.
El manual de zonas de amortiguamiento desempeña un papel fundamental en el proyecto propuesto, ya que se erige como un recurso esencial y una referencia fundamental. Esto se debe a que proporciona una guía completa y un sólido respaldo para establecer los parámetros necesarios en lo que respecta al diseño y la funcionalidad de las zonas de amortiguamiento que se pretenden desarrollar. Su importancia radica en que asegura que se cumplan adecuadamente los estándares requeridos en la planificación y ejecución de dichas áreas de influencia. (PNN, 2008).

5. Metodología

5.1. Tipo de investigación.

Esta investigación comprende un análisis de datos de manera teórica, donde se someterán a estudio variables tanto cuantitativas como cualitativas que se obtuvieron de fuentes confiables para llegar a los resultados y las conclusiones del diseño de la zona de amortiguamiento esperadas.

Estas variables pasaran por un proceso de análisis estadístico, y así establecer patrones tanto de incidencia de los incendios como de las zonas propensas a sufrir un incendio que represente una pérdida de biodiversidad para el santuario.
Tras revisar la literatura existente, se observa que el tema o problema de investigación carece de un amplio estudio, con escasa cantidad de artículos disponibles. Se han encontrado guías que no proporcionan criterios claros para delimitar eficazmente el área de estudio. Se opta por un enfoque descriptivo para precisar las propiedades, características y perfiles de los elementos analizados. Además, se considera el enfoque correlacional para examinar la relación entre conceptos como áreas protegidas, zona de amortiguamiento y tipos de vegetación existentes.
Las etapas en relación a las variables que se van a utilizar se encuentran a continuación:

Tabla No 4. Etapas y variables de la investigación.

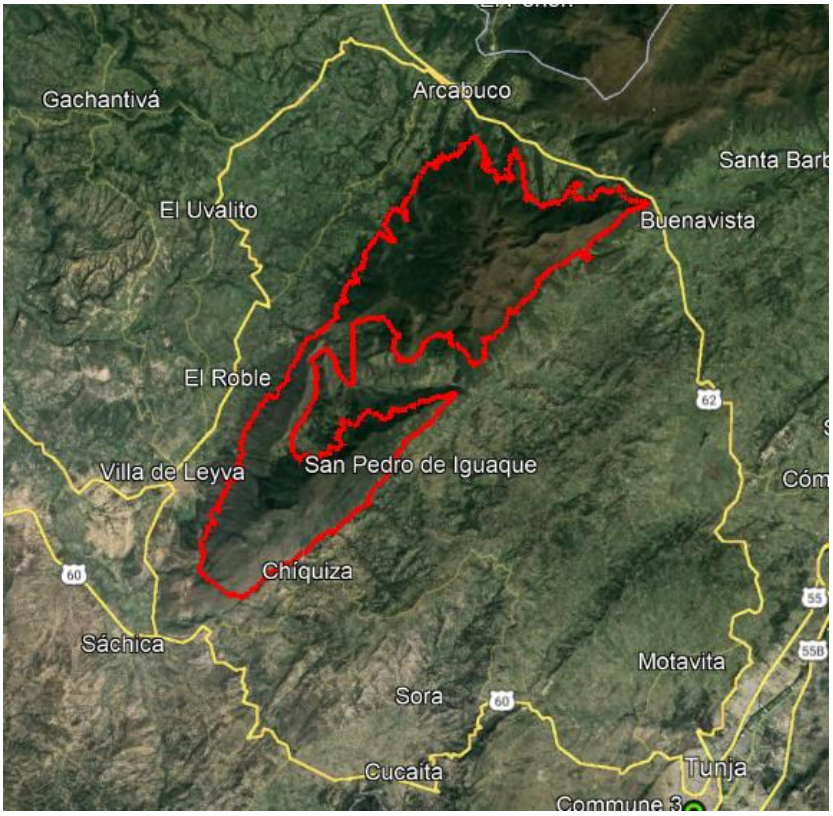
Titulo	Etapa de investigación.	Materiales	Variables de la Etapa	Resultado Esperado.
Diseño de una zona de amortiguamiento para incendios forestales localizada en la reserva natural de Iguaque en el departamento de Boyacá.	Delimitación espacial de la reserva.	KMZ de delimitación de la reserva y revisión bibliográfica existente.	Definición del área total del santuario. Usos del suelo de la reserva.	Obtener en mapa el área general de la reserva y los tipos de uso que se podrán encontrar.
	Análisis de incendios previos en el santuario.	Shapes y estadísticas obtenidas directamente de parques nacionales naturales.	Localización espacial de los incendios. Localización Temporal de los incendios. Área en Ha. afectada por el incendio.	Cartografía temática de incendios forestales en el santuario y análisis de las zonas afectadas.
	Desarrollo de condiciones climáticas del santuario	Datos extraídos del IDEAM para la zona de estudio.	hidrología general del santuario dirección de vientos en el santuario.	Mapas temáticos de análisis climático de la zona de estudio.
	Análisis de cobertura vegetal existente.	Imágenes satelitales de media a alta resolución.	tipos de cobertura vegetal coberturas predominantes coberturas que aportan más humedad que otras	análisis cuantitativo y cualitativo de tipo de coberturas existentes.

Fuente: Elaboración Propia (2024)

5.2. Delimitación espacial de la reserva.

Con los datos obtenidos de delimitara específicamente la zona de estudio en cuanto a área de ocupación, y las fronteras con los municipios que existen:

Figura no. 10. Delimitación de la reserva Iguaque.



Fuente: Google Earth.

En la parte meridional del área, prevalecen condiciones climáticas secas (es un tipo de clima en donde la evaporación supera a la humedad proveniente de la precipitación.) similares a las del enclave seco de Villa de Leyva, mientras que hacia el norte se observa un clima notablemente más húmedo, generando un rango de humedad que va desde los 650 hasta los 2.800 mm/año.

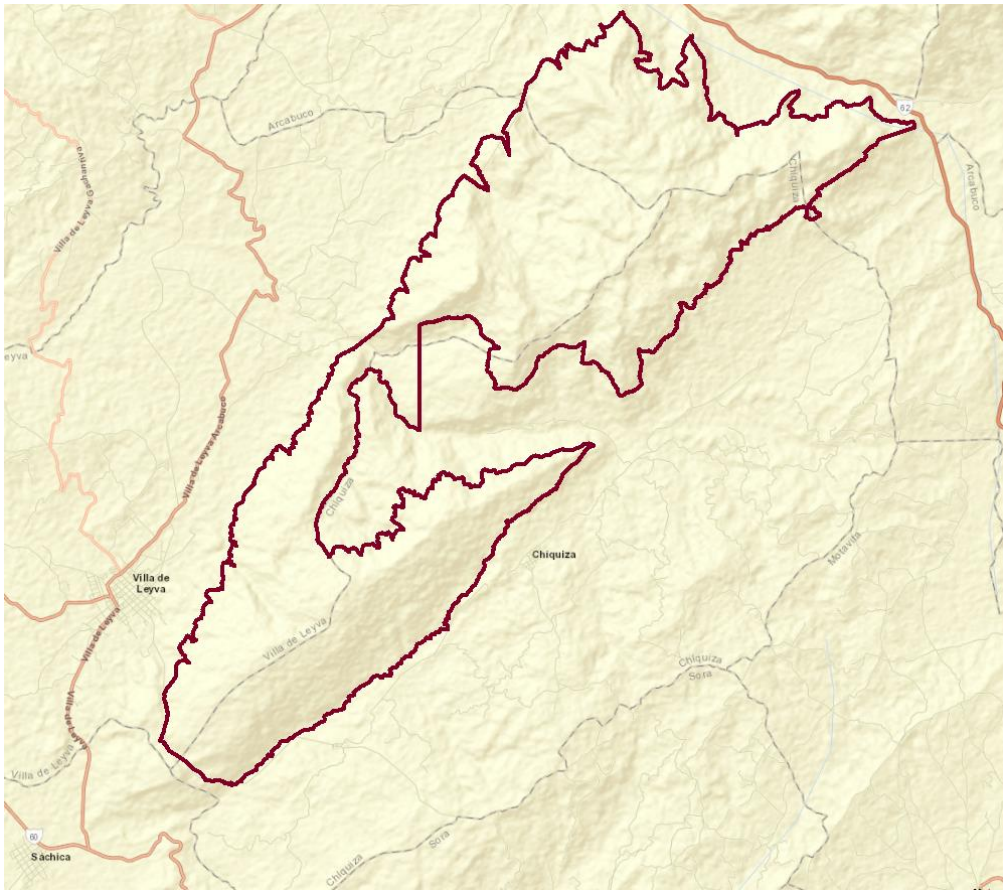
Con altitudes que oscilan entre los 2.400 y los 3.800 metros, el territorio del Santuario de Flora y Fauna Iguaque (SFFI) y su zona de influencia en el extremo septentrional se destacan como una de las áreas con mayor presencia de roble en el país. Esta distribución regional del roble comienza en la zona de Villa de Leyva y se extiende hacia el noreste hasta el Páramo de la Rusia en Santander.

El SFFI, con una extensión de 6889.170 Ha, alberga una variedad de ecosistemas que incluyen páramos y bosques andinos, destacándose la presencia de bosques de roble (Quercus Humboldtii). En el páramo, se encuentran siete lagunas de origen glaciar, entre las que resalta la laguna de Iguaque, la cual posee un significado cultural importante al ser considerada la cuna de la humanidad por la cultura Muisca.

Reconocido por su vital importancia como proveedor de servicios ecosistémicos, especialmente en términos de recursos hídricos, el territorio del SFF Iguaque abastece de agua para el consumo de la población ubicada en los municipios circundantes como Villa de Leyva, Arcabuco y Chíquiza.

- Limites Oficiales del Santuario

Figura no. 11. Fronteras del Santuario FF Iguaque.



Fuente: Elaboración Propia (2024)

El Santuario se encuentra ubicado entre los municipios de Villa de Leiva con el que limita en todo su costado occidental y un 70% de la reserva es jurisdicción de este municipio, con Chíquiza por el oriente y un 20% de su jurisdicción pertenece a este municipio, por la parte norte limita con arcabuco siendo el 10% de su jurisdicción perteneciente a este municipio, por la parte sur se encuentra en los límites de villa de Leiva y Chíquiza.

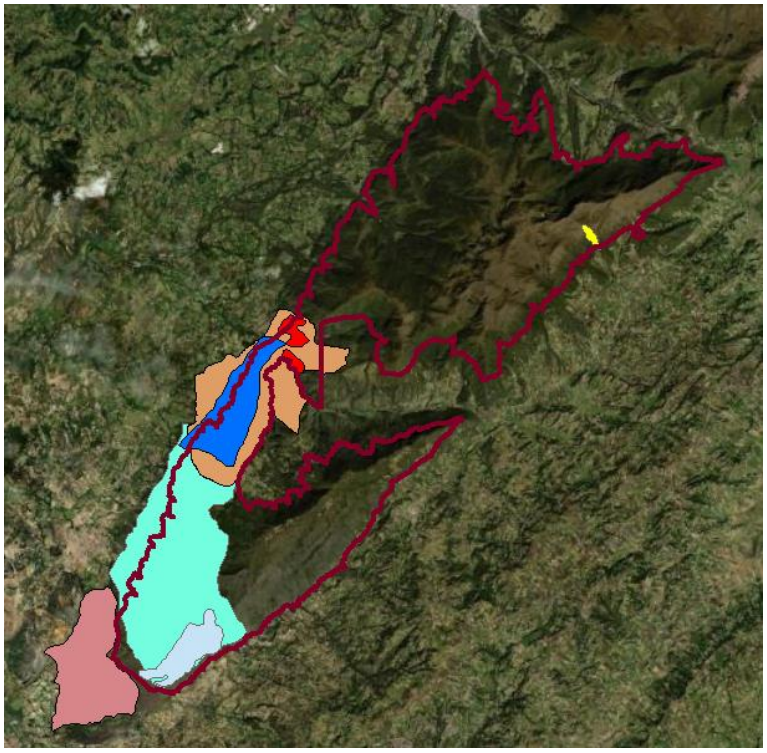
5.3. Análisis de información base

5.3.1. Estudio de incendios forestales ocurridos en el santuario.

Para iniciar el estudio y análisis del estudio de antecedentes, se obtienen los datos de los registros históricos de incendios forestales en los últimos 13 años, el área de afectación que tuvieron y la localización de los mismos, para esta sección se da el agradecimiento a la ingeniera María Mercedes Nuñes quien se desempeña como jefe de área del santuario de flora y fauna de Iguaque, quien nos entregó los insumos en Shapes del parque con la información previamente descrita.

Los colores demuestran las zonas afectadas en los diferentes espacios de tiempo descritos en la tabla no. 5 donde se describe las características de cada uno del so incendios y el análisis que se llevó a cabo.

Figura no. 12. Incendio Sucedidos en el Santuario FFI.



Fuente: Parques Nacionales de Colombia, 2023.

A continuación, se presentan las descripciones de las áreas de los incendios por colores,

Tabla 5. Análisis de incendios Forestales relevantes en el Santuario de Iguaque.

Incendio	fecha	Área afectada Ha.	Color	% de la reserva	Análisis
El Roble	Nov. 1992	306.37		4%	El incendio el roble fue el más antiguo de todos, localizado en villa de Leiva, afectando zonas de bosque y vegetación primaria.
Benedicto	2010	1455.73		21%	Es el incendio que ha afectado mayor área en la reserva con más de mil hectáreas, este estuvo muy cerca de la cabecera municipal de villa de Leiva afecto gran parte del santuario perteneciente a villa de Leiva y una parte del municipio de chiquisá.
Chaina	Ago. 2012	51.66		1%	Es el primer incendio que ocurre en el sector de la chaina, aunque su magnitud no fue muy grande se dio en dos sectores aislados abarcando por una parte 35 hectáreas y por otra parte 16 hectáreas aproximadamente.
Villa Sachia	Oct. 2014	498.68		7%	Este evento se da por fuera del límite del Santuario en el sector de Sáchica, sin embargo, es un incendio considerable ya que si se dio muy cercano al santuario en la zona sur del Santuario.
Darias	2015	887.23		13%	Evento que se da 23 años después del incendio el roble en el mismo sector y 3 años después del de chaina, pero esta vez abarcando una zona mucho más grande del municipio de villa de Leiva.
Centro Chiquiza	feb. 2022	161.78		2%	este incendio se da hacia la zona de chiquisá siendo en una zona ya afectada por un incendio previo en el 2010 en proporción 10 veces menor.
Cerro Chíquiza	Dic. 2023	12.53		0.2%	se dio un incendio aislado en la zona norte del santuario en el sector de Chíquiza que afecto un cerro de vegetación de poca densidad afectando una zona cercana a cultivos.
Total		3373.98		49%	

Fuente: Elaboración Propia (2024)

Como se evidencia en los datos analizados, se ha afectado casi la mitad del área de la reserva en varios periodos de tiempo perdiendo así tanto la vegetación de las zonas que aportan a la biosfera del sector como la cobertura vegetal que protege el suelo de erosiones y efectos adversos a los incendios.

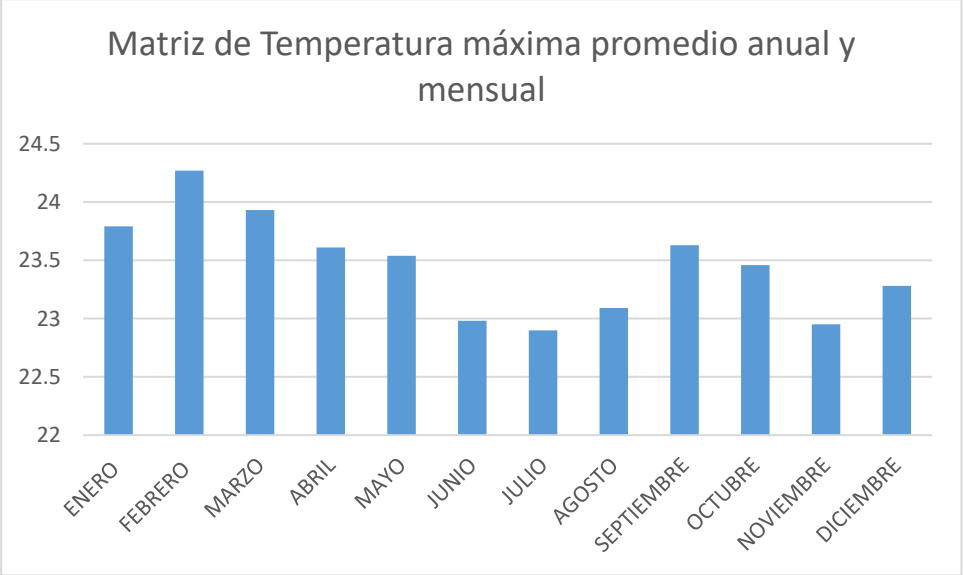
Los incendios han ocurrido en un 99% en la zona del santuario correspondiente a Villa de Leiva y han tenido incidencia en el mismo lugar dos y tres veces a lo largo de los años, esto es un indicativo de un factor recurrente en esta área.

5.3.2. Desarrollo de condiciones Climatológicas y de vientos de la reserva.

- TEMPERATURA

Para el Santuario se realizó una búsqueda de información de las temperaturas máximas y mínimas proporcionados por el IDEAM desde la estación 24015300 cuyo nombre es VILLA DE LEIVA la cual tiene una función operativa para Casanare-Boyacá y parte del Vichada es la única estación en los alrededores la cual proporciona datos de temperatura con un nivel de aprobación de 900 , donde se muestran cifras mes a mes de los últimos 30 años en grados centígrados, teniendo ya la base de datos se procede a organizarla, filtrar los meses que por un lado no tuvieron datos o por otro lado no eran representativos para la muestra, posterior a esto se obtiene la temperatura promedio mes a mes como se muestra a continuación:

Figura no. 13. Matriz de Temperatura máxima promedio anual y mensual.

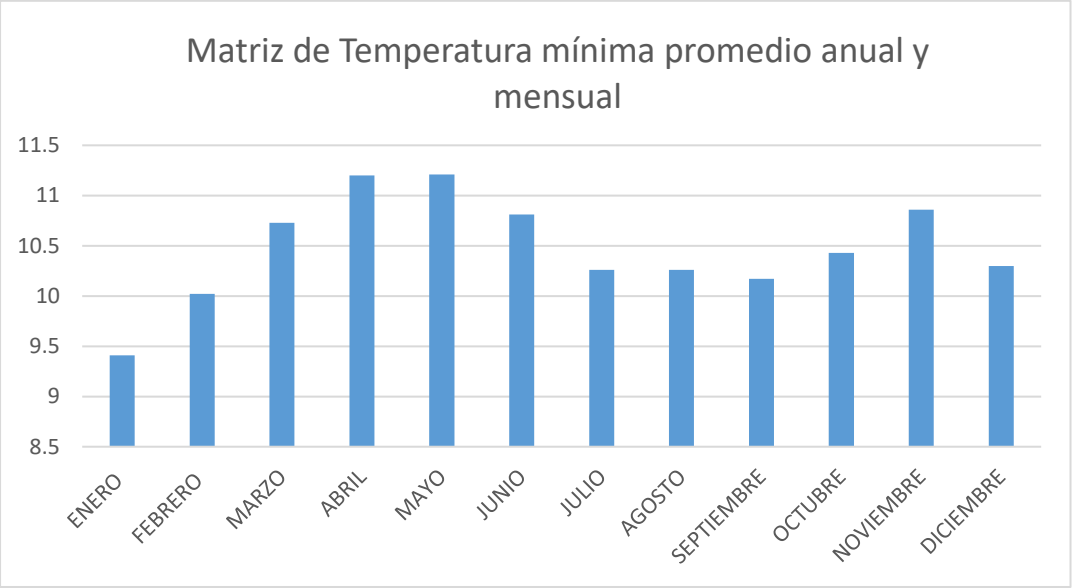


Fuente: Elaboración Propia (2024)

Como se observa en la tabla el año que presenta mayor temperatura es el 2016 con una temperatura de 25°C dado que el año 2024 aún está en curso, mientras que el mes más caluroso es febrero con una temperatura de 24.27°C.

En cuanto a la temperatura mínima, la información extraída del IDEAM, organizada y depurada de datos con valores demasiado elevados, se encuentra a continuación respecto al promedio mensual y anual:

Figura no. 14. Matriz de Temperatura mínima promedio anual y mensual



Fuente: Elaboración Propia (2024)

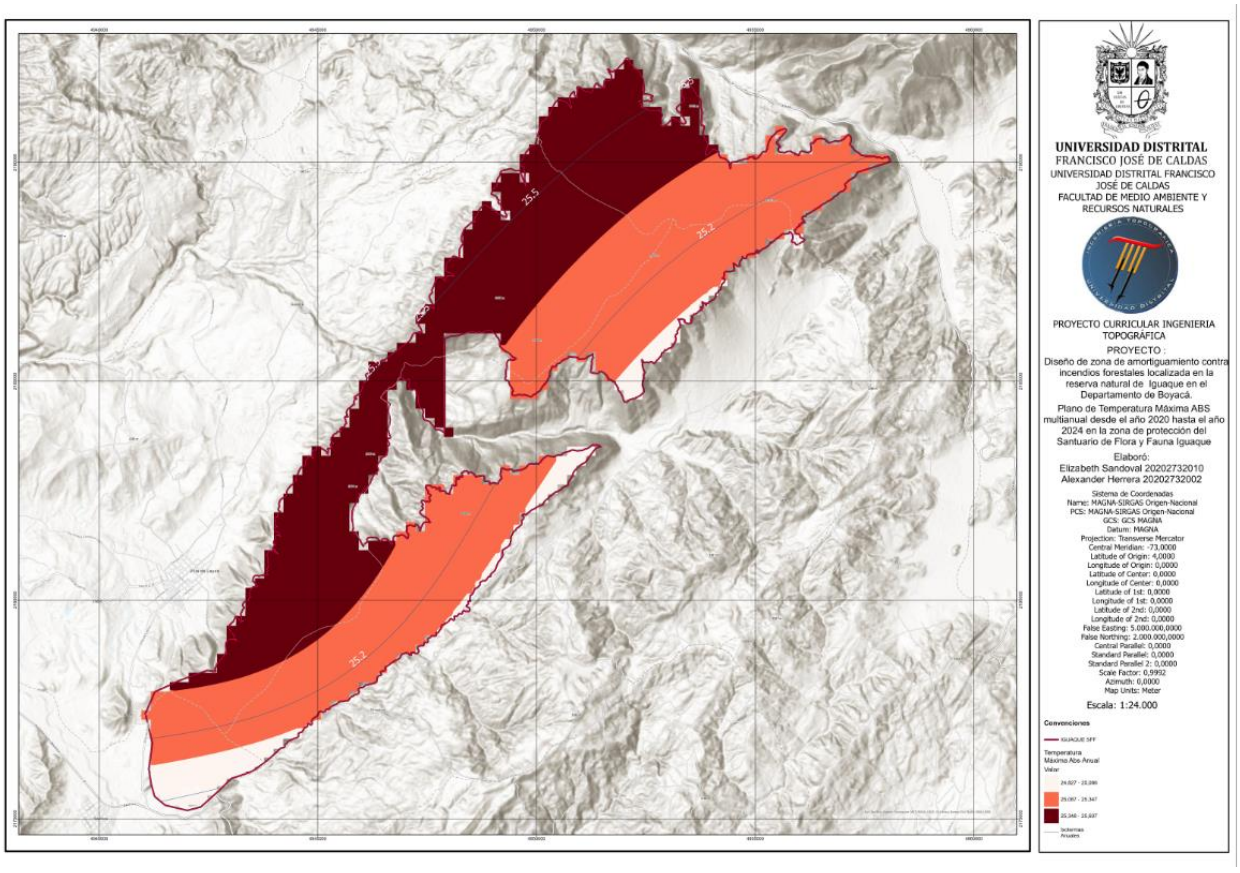
Después de eliminar los datos que no muestran un registro de temperatura significativa, se procede a realizar el análisis de la información por promedio la cual dice que el año con menor temperatura fue el año 2023 con una temperatura de 7.45 mientras que el mes con temperaturas más bajas es enero con 9.41°C.

Estos valores serán relevantes para elegir la vegetación que se incorporara como zona de amortiguamiento en el santuario, además de conocer cuáles serán los meses que por temperaturas altas presentan más riesgos de incendios forestales los cuales son de enero a abril con temperaturas de aproximadamente 23°C y llegando cerca a los 24°C.

El plano No 06 generado representa las temperaturas del lugar utilizando una escala de colores que varía desde tonos fríos para las temperaturas más bajas hasta tonos cálidos para las más altas. Este plano se creó a partir de datos recolectados de estaciones meteorológicas y sensores remotos como se mostró anteriormente, procesados mediante técnicas de interpolación en el software ArcGIS. El

mapa resultante muestra claramente las variaciones térmicas, permitiendo identificar zonas más frías y más cálidas en el área de estudio. Este tipo de visualización es crucial para el análisis climático y la planificación ambiental y será un parámetro más para la elección tanto del área como de la localización más adecuada de esta parala protección de la reserva.

Figura no. 15. Plano Temperaturas en SFFI.



Fuente: Elaboración Propia (2024)

- PRECIPITACION

Para la precipitación se obtuvieron datos de tres estaciones pluviométricas, que son la estación de Arámbuco localizada en el municipio del mismo nombre, la estación de San Pedro de Iguaque localizada en el municipio de Chíquiza, la estación de Panelas localizada en el municipio de Motavita y la estación del emporio la hacienda localizada en villa de Leiva. a continuación, se muestran las coordenadas proyectadas en origen Gauss central:

Tabla No 6. Coordenadas estaciones Pluviométricas del proyecto Origen Único.

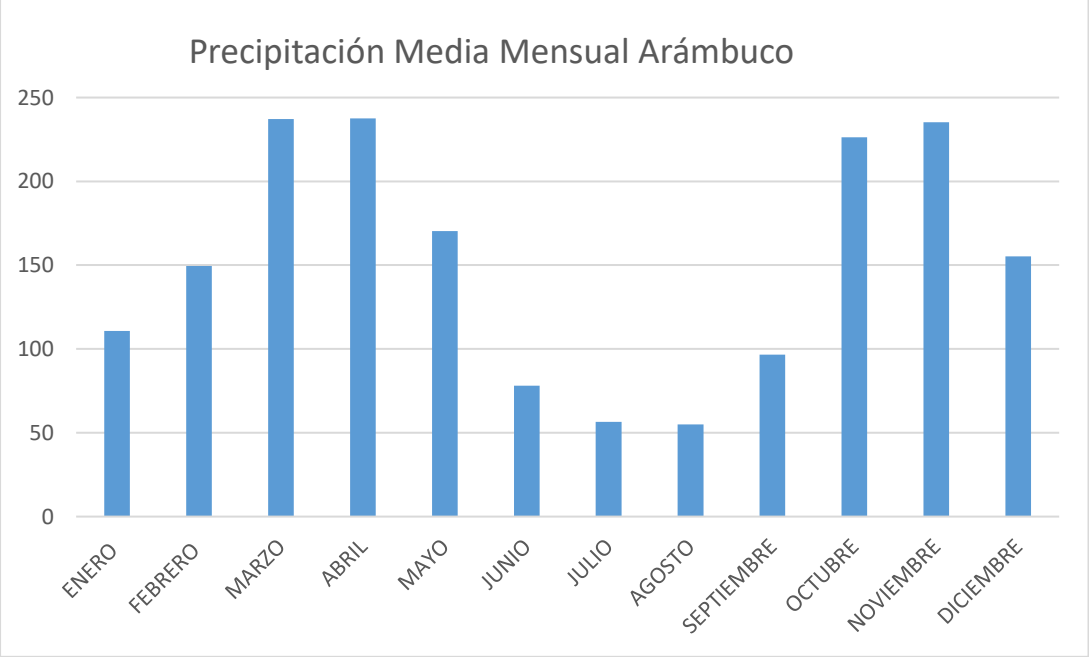
ESTACION	MUNICIPIO	NORTE	ESTE
ARAMBUCO	ARAMBUCO	1128800.30	1070154.040
SAN PEDRO DE IGUAQUE	CHIQUIZA	1115464.00	1069470.080
PANELAS	MOTAVITA	1114850.60	1076558.580
EMPORIO LA HACIENDA	VILLA DE LEIVA	1111260.40	1058967.331

Fuente: (IDEAM, 2024)modificada.

Al igual que los datos de temperatura, se descargaron los datos de precipitación de los últimos 30 años filtrando aquellos que no representaban una muestra relevante, a continuación, se muestran los datos de las tres estaciones y el promedio de cada una a nivel mensual y anual, los datos de precipitación se presentan en milímetros mes y en el promedio anual en milímetros por año:

ESTACION ARAMBUCO

Figura no. 16. Precipitación media mensual Arámbuco

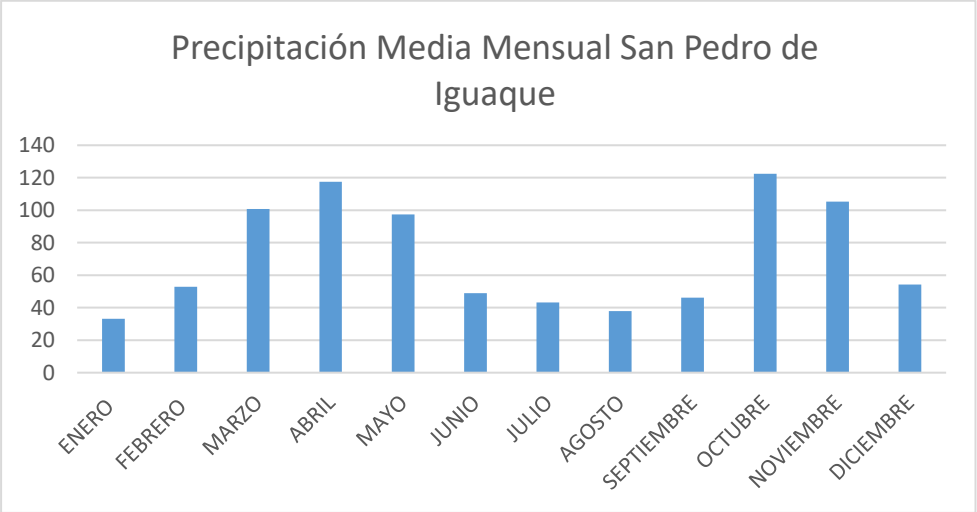


Fuente: Elaboración Propia (2024)

Según la anterior tabla se puede considerar que la precipitación más alta ocurre en los meses de marzo y abril con 237 milímetros, mientras que los niveles más bajos de precipitación son en el mes de julio con 55 milímetros.

SAN PEDRO DE IGUAQUE

Figura no. 17. Precipitación media mensual San Pedro de Iguaque

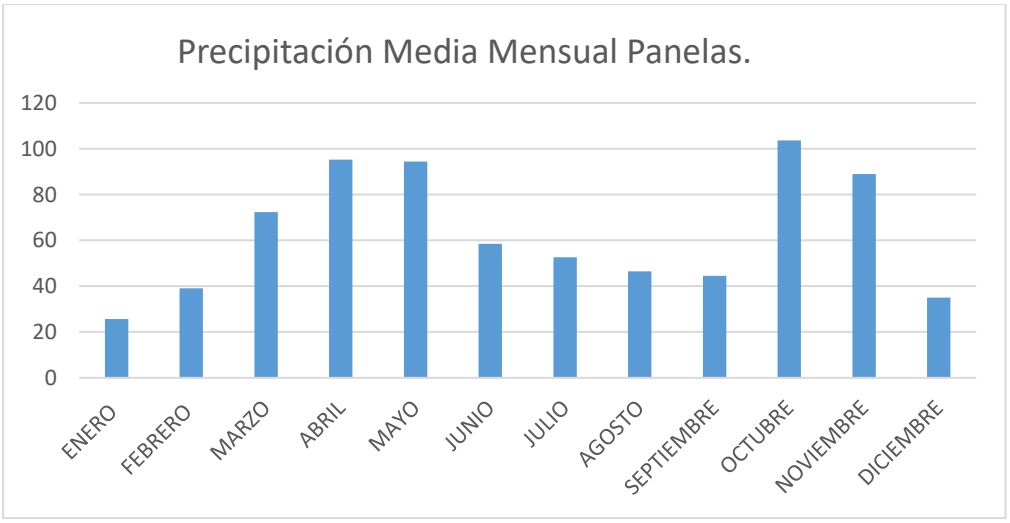


Fuente: Elaboración Propia (2024)

Para Chíquiza, el promedio mensual dice que los meses con más lluvia es el mes de abril con 117 milímetros mientras que el tiempo más seco es en enero con 33 milímetros de lluvia.

PANELAS

Figura no. 18. Precipitación media mensual Panelas.



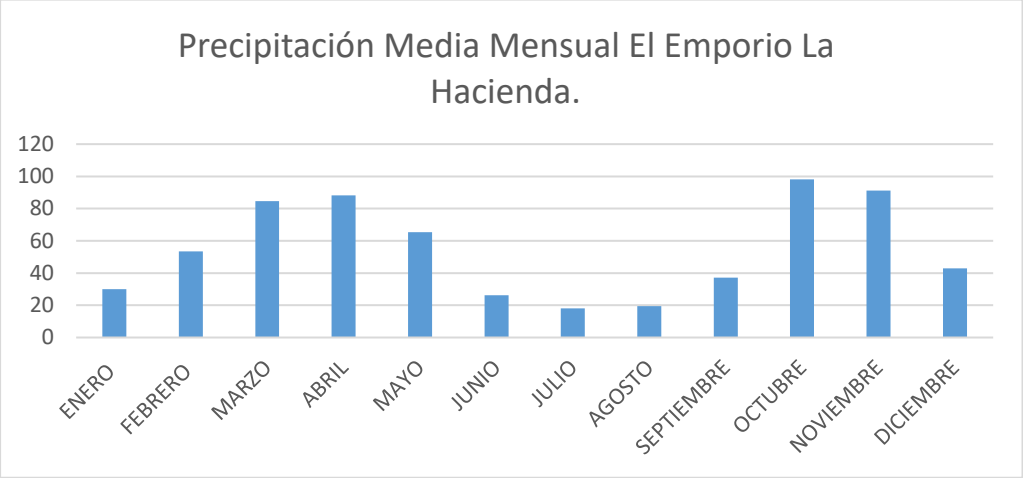
Fuente: Elaboración Propia (2024)

Para la estación de Motavita se observó que la precipitación más alta presentada es para el mes de octubre con una precipitación de 103.54 milímetros mientras que la precipitación más baja es para el mes de enero con 25 milímetros.

Los datos mencionados los encuentra en las tablas en los anexos del documento.

EMPORIO EL HACIENDA

Figura no. 19. Precipitación media mensual El emporio La hacienda.



Fuente: Elaboración Propia (2024)

Para la estación de Emporio La hacienda que cubre la parte de villa de Leiva, se evidencia que el mes con más intensidad de lluvias es el mes de octubre con 98 milímetros, y el mes más seco es el mes de Julio con 18 milímetros. Con esta estación se finaliza la exploración de estaciones y los planos y conclusiones que se den será la interpolación de las mismas.

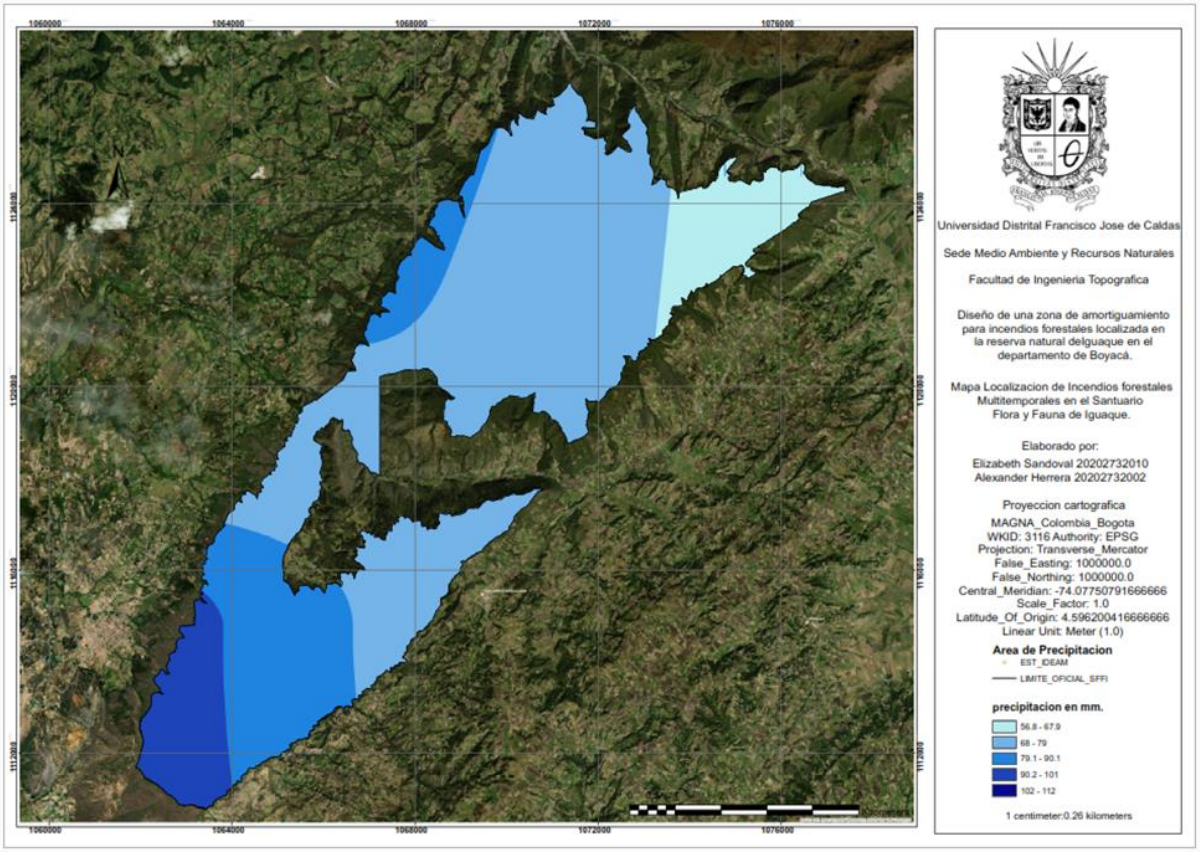
Seleccionando las precipitaciones medias de cada estación, se realizó un mapa representativo de las zonas con mayor y menor índice de lluvias en el año como se muestra a continuación:

Tabla No 7. Precipitación media por estación.

ESTACION	PRECIPITACION EN MM
ARAMBUCO	150.68
SAN PEDRO DE IGUAQUE	71.7
PANELAS	63.2
EMPORIO EL HACIENDA	54.55

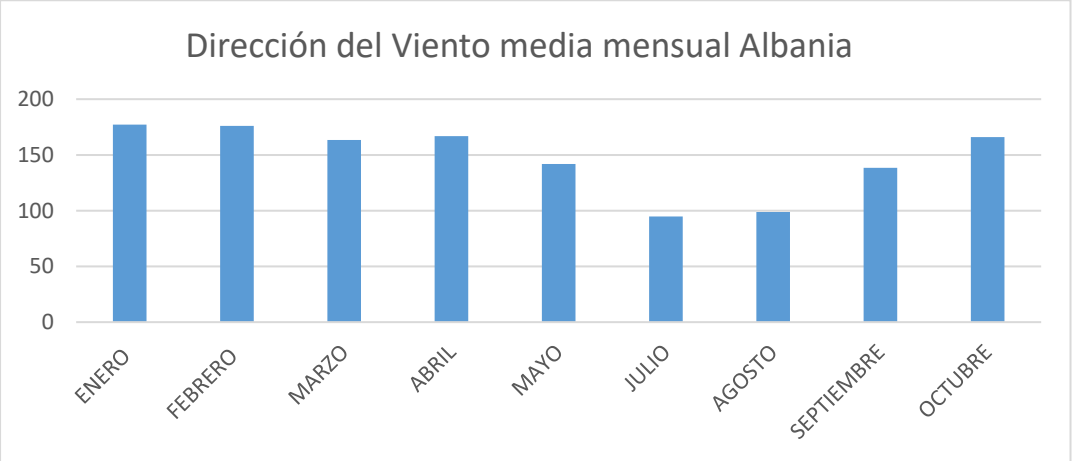
Fuente: (IDEAM, 2024)

Figura no. 20. Mapa de precipitación en Iguaque.



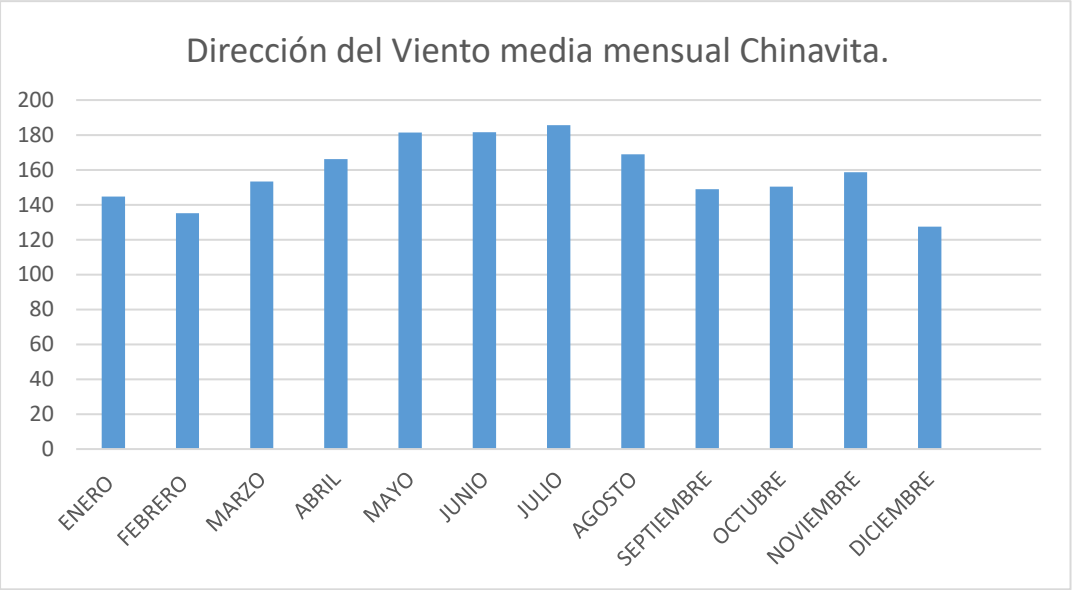
Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura no. 21. Dirección del Viento media mensual Albania.



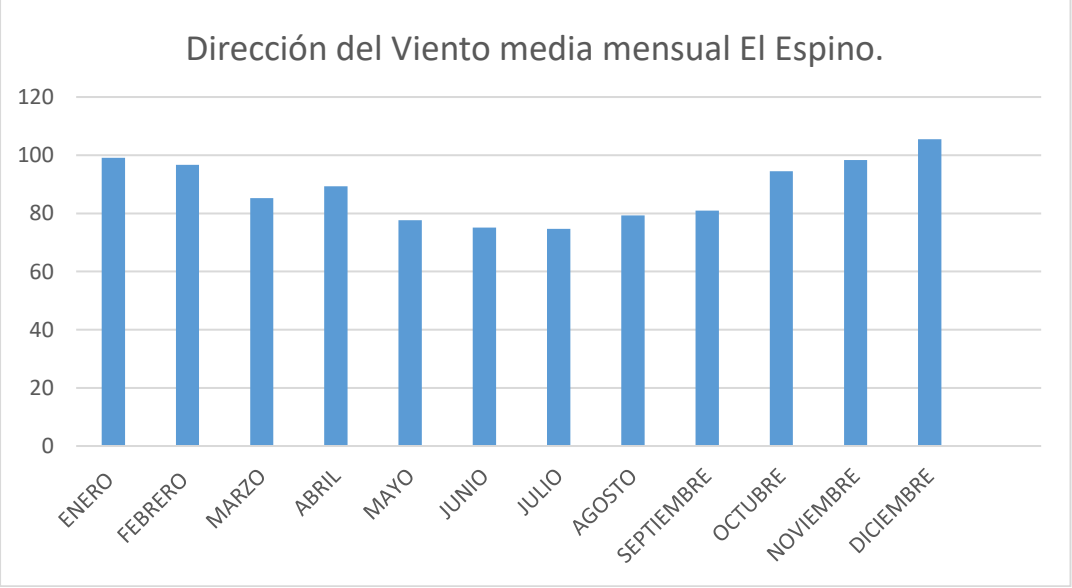
Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura no. 22. Dirección del Viento media mensual Chinavita.



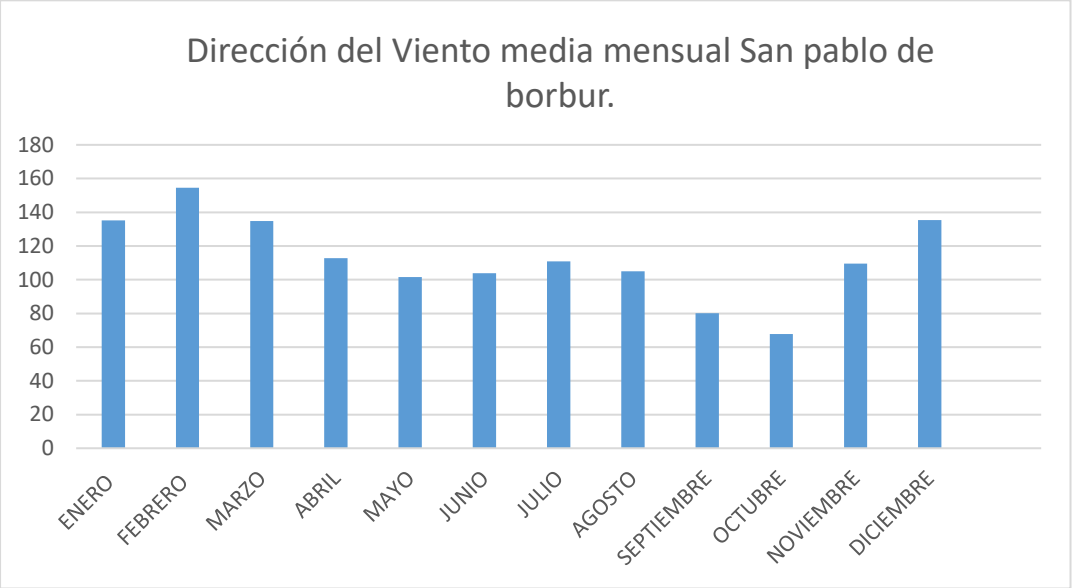
Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura no. 23. Dirección del Viento media mensual El Espino.



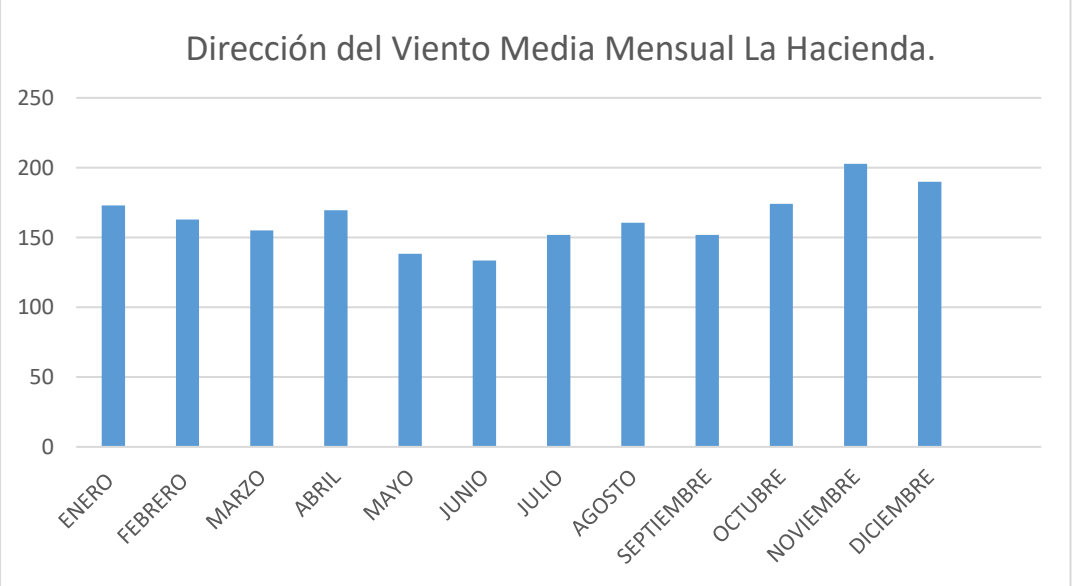
Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura no. 24. Dirección del Viento media mensual San pablo de borbur.



Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura no. 25. Dirección del Viento media mensual La hacienda.



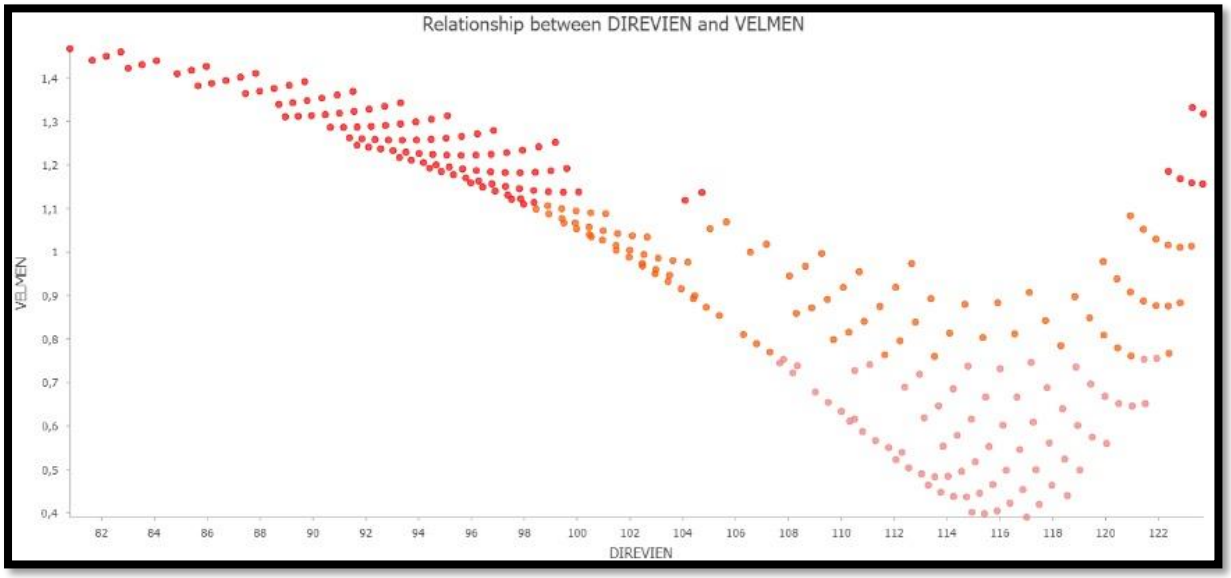
Fuente: Elaboración Propia (2024)

- Dirección y Velocidad del Viento

Para este plano No. 03 de dirección y Velocidad del viento se realiza utilizando los datos de las estaciones Anterior mente mencionadas del Ideam las cuales nos muestran unos datos algunos inconclusos que fueron depurados y otros completos, en estas estaciones se encuentra que las que miden estos datos y valores, se encuentran un poco alejadas y otras no tienen funcionamiento, en el plano se puede observar una gama de colores desde el más oscuro siendo los valores más altos y los claros más bajos, realizando la estadística se encontramos una mediana de 1.0077 m/s., un valor de media de 0.9768 m/s. con una desviación estándar de 0.1552, esto nos demuestra que nos datos utilizados están agrupados y son buenos para este ejercicio, también se encuentran una serie de flechas o vectores que nos muestran la dirección del viento teniendo direcciones desde los 80° a 120° en su parte inferior dirección SE y en la parte superior dirección NE, siendo los más claros vectores con poca velocidad y los más oscuros con gran velocidad e indicándonos la dirección del viento para poder analizarlo esto como un factor que dispersa los incendios forestales:

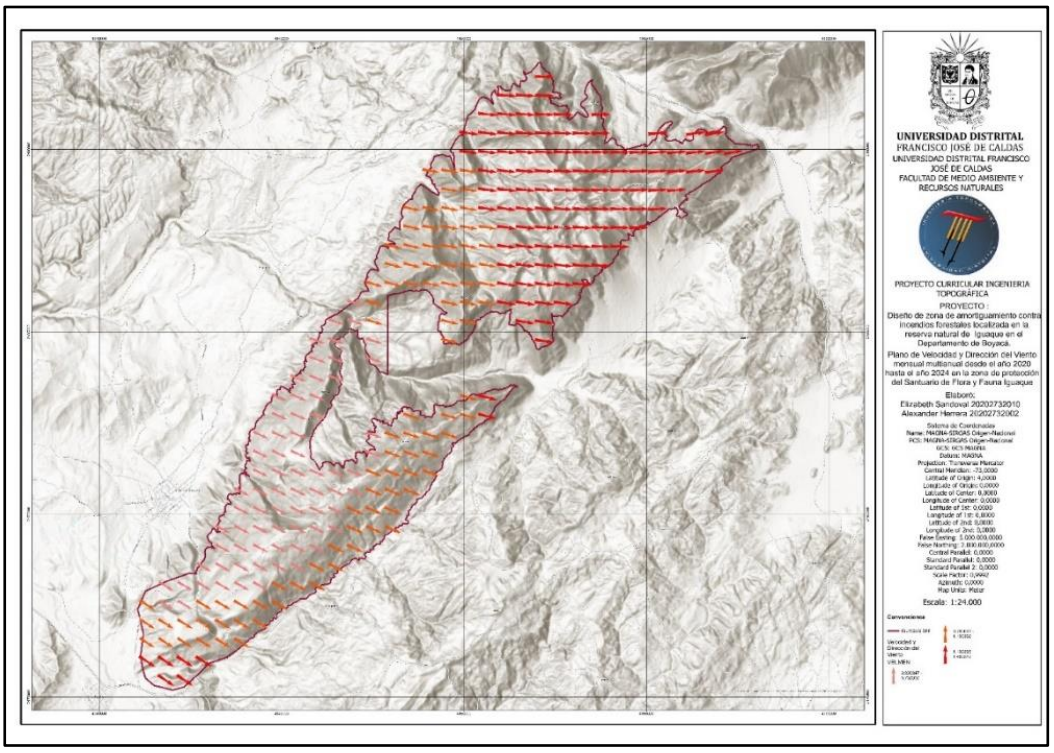
En la siguiente grafica se puede observar la relación de la dirección del viento y la velocidad mensual, donde se observa que en las esquinas tienden a tener velocidades mayores y en el centro el viento tiene menor velocidad, esto se debe a la presencia de la vegetación que se encuentra en el centro de SFF Iguaque.

Figura no. 26. Relación Dirección y Velocidad del Viento.



Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura no. 27. Mapa de Velocidad y Dirección del Viento en Iguaque.

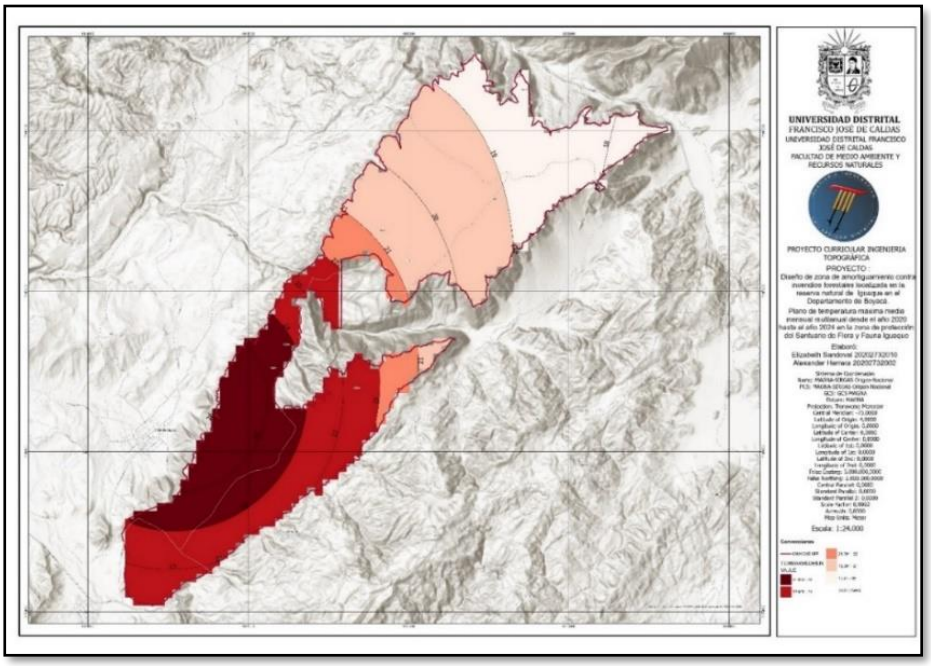


Fuente: Elaboración Propia (2024)

- Temperatura Máxima media Mensual y Temperatura Media Máxima Absoluta Anual en Iguaque

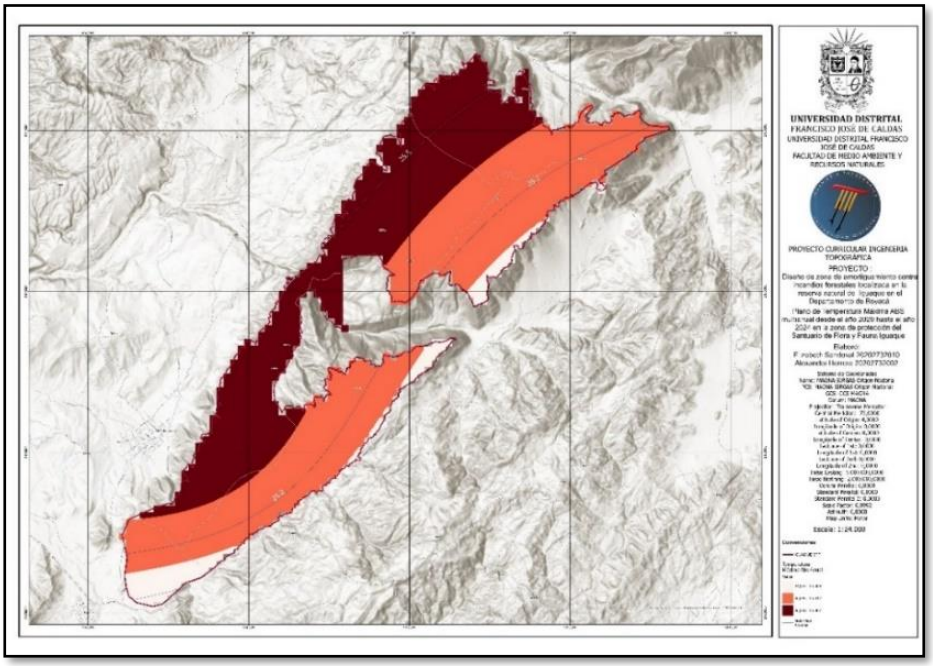
Para este plano de Temperaturas máximas medias mensuales correspondientes al plano no. 06 se utilizaron las estaciones del IDEAM más cercanas al área de trabajo, las cuales nos arrojaron un valor medio de 21.5°C. en toda el área de estudio, esto nos revela las zonas más cálidas, con sus respectivas Isotermas, también se realizó el plano de la temperatura máxima media absoluta anual donde tenemos una temperatura media de 25.31°C. Estos dos planos nos muestran una coincidencia en ciertas áreas donde las isotermas tienen coincidencia con los incendios forestales ocurridos.

Figura no. 28. Mapa de Temperatura Máxima Media Mensual en Iguaque.



Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura no. 29. Mapa de Temperatura Media Máxima Absoluta Anual en Iguaque.



Fuente: Elaboración Propia (2024)

- Tipos de Suelo

En el Santuario de Flora y Fauna Iguaque encontramos en su gran mayoría paisajes de Montañas Estructurales Erosiónales, con Climas Fríos y Húmedos y Secos, con relieves de variadas formas con fuertes y moderadas pendientes, litologías en su mayoría Rocas sedimentarias clásticas mixtas y depósitos superficiales piroclásticos de cenizas Volcánicas, con diferentes taxonomías.

En el siguiente cuadro se pueden ver los trece polígonos con sus diferentes clases utilizando las clasificaciones de suelo del Shapes Suelos Boyacá a escala 1:100.000, utilizando las unidades cartográficas de suelo de (UCS), las cuales utilizan un sistema de nomenclaturas establecidas por el IGAC (1977 – 2005).

Las cuales están definidas por tres letras mayúsculas las cuales refieren las unidades de paisaje, el clima ambiental y el contenido pedológico, seguido de estas se encuentra una letra minúscula la cual indica el grado de pendiente del sector, la erosión, el índice de inundabilidad y la pedregosidad.

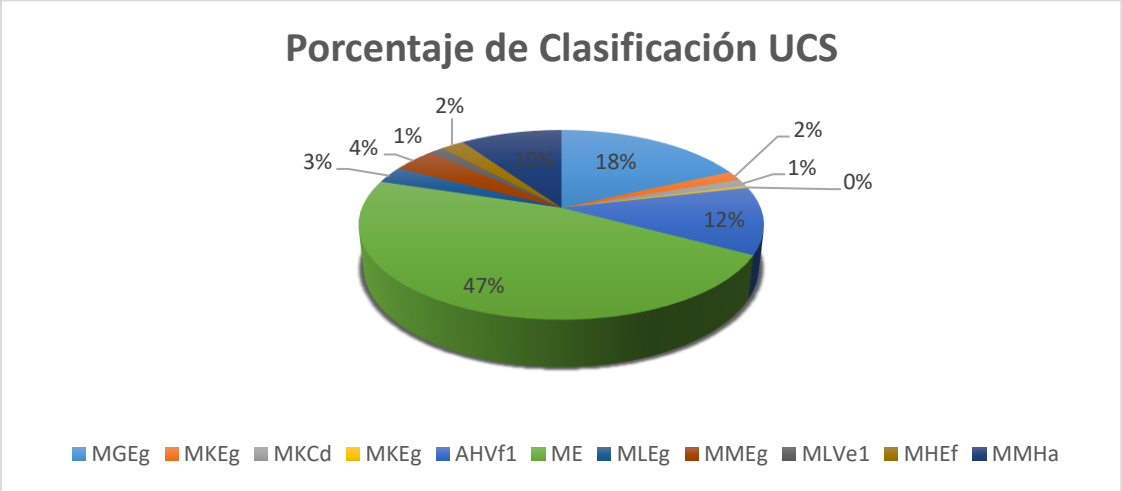
La poca evolución está en concordancia con las fuertes pendientes.

En nivel general los suelos se encuentran representados por entisoles e inceptisoles caracterizados por ser poco evolucionados, en cuanto a nivel de porosidad los suelos del SFF Iguaque se encuentra con suelos de texturas finas con porcentajes de agua retenida desde el 55% a 65% estos poseen una amplia captación, pero poca retención (pnn,2006 citar).

Se encuentran asociaciones (Jimenez, 2019) de seis tipos diferentes;
- Monserrate-Ruisa;
- Leiya, Osada;
- Cane, Orena;
- Pozo Hondo;
- Misceláneo Rocoso;

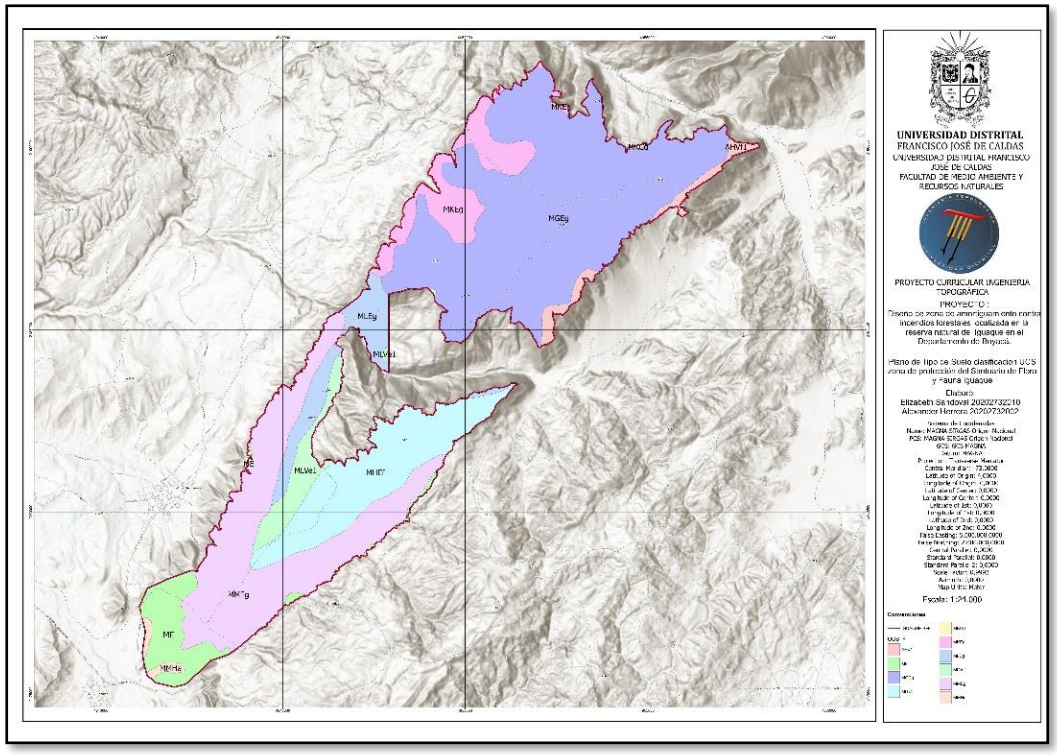
De manera específica y según la clasificación del suelo (UCS) se encuentran 13 tipos con un porcentaje en el SFF Iguaque repartido de la siguiente manera, MGEg 18.1% , MKEg 1.6% , MKCd 1.2% , MKEg 0.3% , AHVf1 11.5% , ME 47.0 % , MLEg 2.9% , MMEg 4.1% , MLVe1 1.4 % , MHEf 2.2% Y MMHa 9.6%

Figura no. 30. Porcentajes de Clasificación USC.



Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura no. 31. Mapa de Tipo Clases de Suelos en Iguaque.



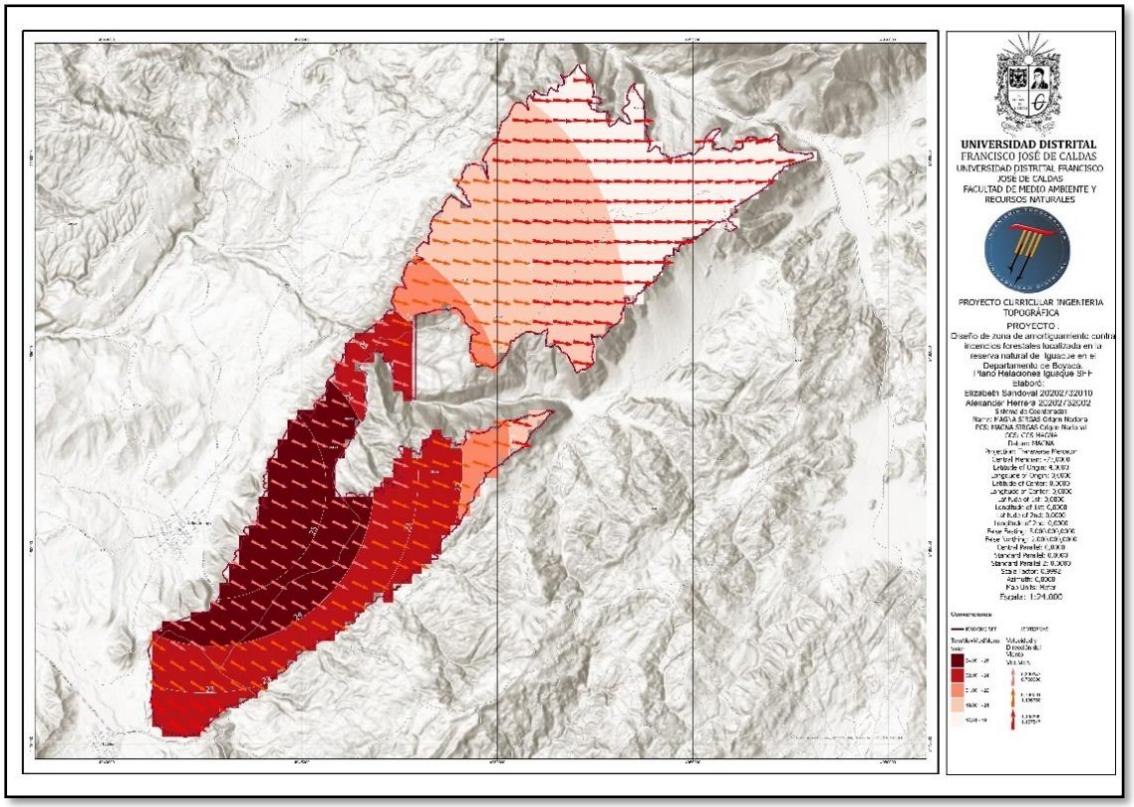
Fuente: Elaboración Propia (2024)

Para el mapa anterior, ver tabla de referencia anexas anexa de tipo.

- Relación Dirección, Velocidad del Viento y Temperatura.

  Como podemos observar en el siguiente plano la relación de la temperatura con respecto a la dirección del viento, en los puntos más cálidos los vectores de velocidad y dirección nos muestran que hay una dispersión hacia la parte SUR-ESTE del SFF con poca velocidad, realizando un análisis de esta condición se puede deducir que al tener un poca velocidad el viento la temperatura de esta zona permanece sin grandes variaciones, por esto el foco de máximas temperaturas se dispersa hacia la parte Sur y Norte con poca velocidad, siendo esto suelos con poca vegetación expuestos a los rayos del sol directamente, a diferencia del lado Norte del SFF.

Figura no. 32. Mapa de Relación de Dirección y Velocidad del Viento con Temperatura en Iguaque.

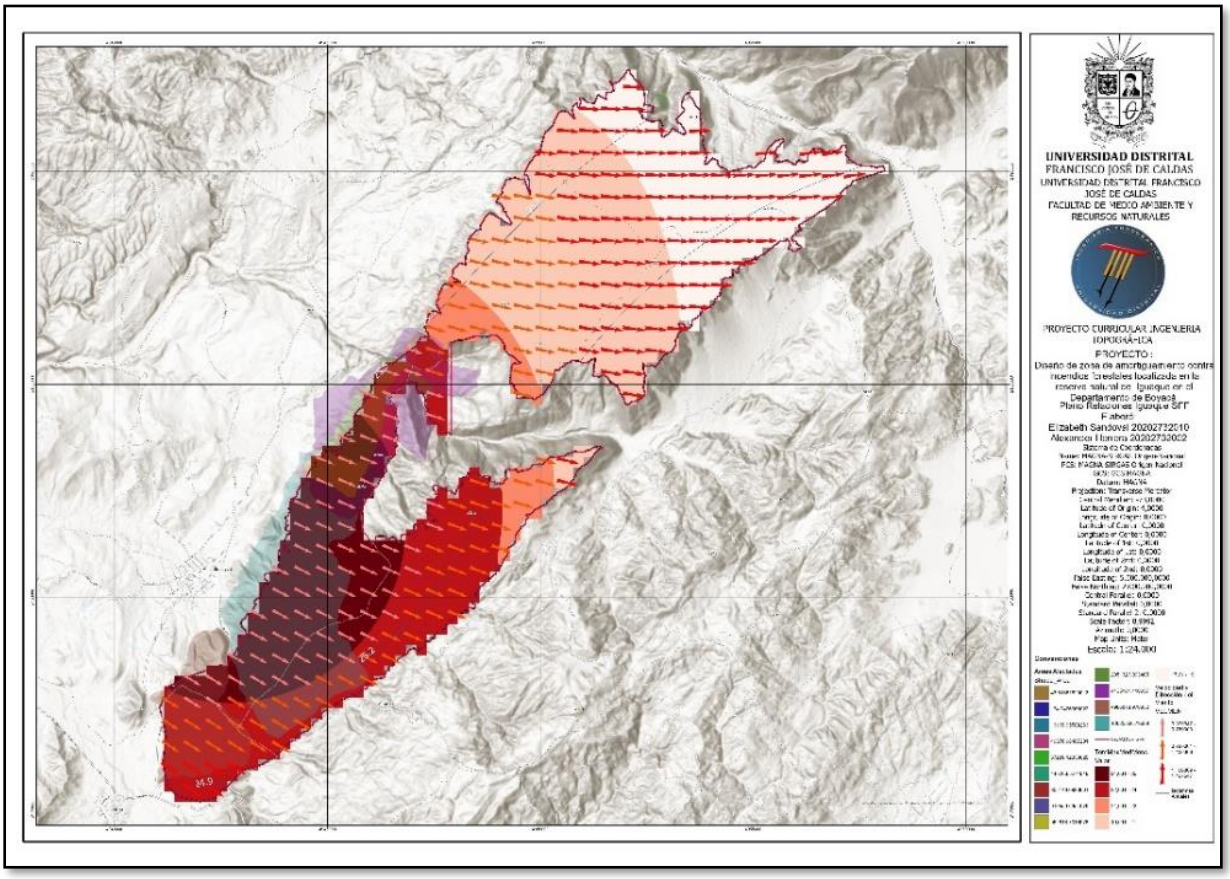


Fuente: Elaboración Propia (2024)

- Relación Dirección, Velocidad del Viento, Temperatura y Áreas Afectadas.

  En el siguiente plano No. 05 podemos observar la relación de la velocidad del viento, dirección, temperatura y Áreas afectadas, podemos observar que la las áreas afectadas se encuentran en los costados Sur, Sur Oriental y oriental, esto se debe a que la mayor cantidad de suelos descubiertos estas en estos costados, el sol impacta directamente en estos, hacen que las temperaturas aumenten por la falta de vegetación que pueda atenuar las mismas y evitar la dispersión de la misma, la velocidad del viento y la dirección puede hacer que las conflagraciones que se presentan se dispersen en la dirección del viento y consuma más rápido los puntos más cálidos.

Figura no. 33. Mapa de Relación de Dirección y velocidad con Temperatura y Áreas afectadas en Iguaque.

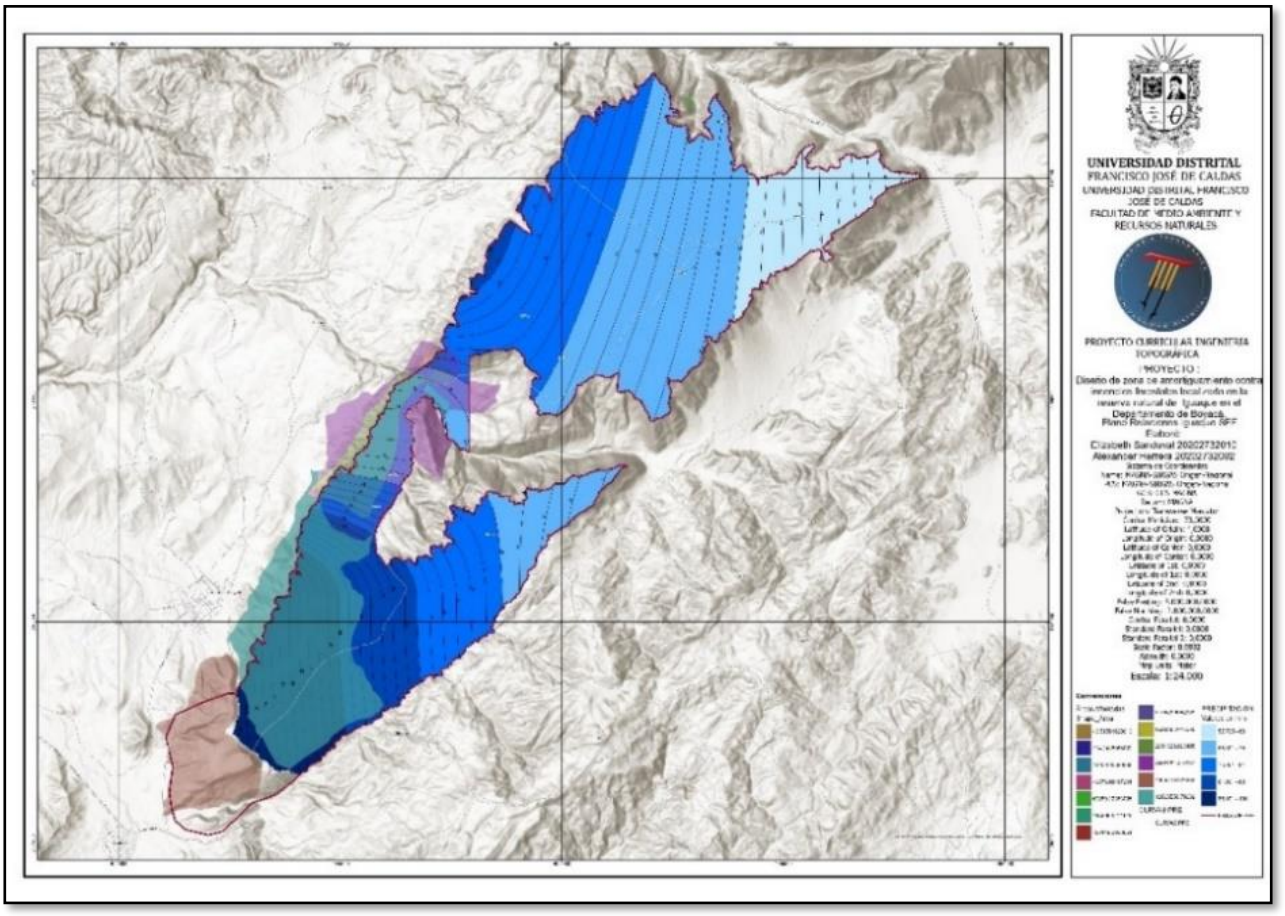


Fuente: Elaboración Propia (2024)

- Relación Precipitación y áreas afectadas.

  En la relación de Precipitación y Áreas Afectadas encontramos en las áreas que se han visto afectadas tienen una gran cantidad de precipitación, pero por el tipo de suelo y teniendo en cuenta que son áreas en las faldas del parque, con grandes pendientes no importa que tanta sea la precipitación la poca retención de líquidos del terreno no hacen un gran cambio en las condiciones para que puedan contrarrestar una conflagración.

Figura no. 34. Mapa de Relación de Precipitación y Áreas Afectadas en Iguaque.



Fuente: Elaboración Propia (2024)

5.4. Clasificación de coberturas vegetales.

5.4.1. Clasificación de coberturas vegetales

Después de realizar el análisis climatológico de la zona, se procede a realizar la clasificación de cobertura vegetal utilizando tecnólogas como machine Learning que describe a continuación:

El Machine Learning (ML) comprende un conjunto de técnicas y algoritmos basados en datos que automatizan procesos como la predicción, clasificación y agrupación de información. Este enfoque puede ser computacionalmente intensivo, especialmente al manejar conjuntos de datos grandes y complejos. Su aplicación abarca diversas áreas, desde la predicción multivariante hasta la clasificación de imágenes y la detección de patrones espaciales, desempeñando un papel crucial en la resolución de problemas espaciales.

ArcGIS no solo incluye las técnicas de ML tradicionales, sino que también cuenta con un conjunto de métodos específicamente diseñados para problemas espaciales. Estas técnicas, que incorporan conceptos geográficos directamente en sus cálculos, permiten una comprensión más profunda. El componente espacial se manifiesta a través de medidas como la forma, densidad, contigüidad, distribución o proximidad. Tanto el ML tradicional como el espacial pueden ser valiosos para abordar cuestiones geoespaciales, y ArcGIS facilita su implementación en procesos de predicción, clasificación y agrupación. (Bennet, 2018).

Preparación de datos: Se importarán las imágenes satelitales a ArcGIS y se organizan los datos en un proyecto. Se revisa cualquier problema de geometría, calibración radiométrica o corrección atmosférica que pueda ser necesario para mejorar la calidad de los datos.

Generación de conjunto de entrenamiento: Crea un conjunto de datos de entrenamiento que contenga muestras etiquetadas de las clases de cobertura vegetal presentes en el Santuario de Flora y Fauna en Iguaque. Por ejemplo, en el área de la reserva se pueden presentar bosques, pastizales, cultivos, cuerpos de agua y diferentes características visibles. Se utilizarán herramientas de digitalización de ArcGIS para crear polígonos que representen cada clase y asigna etiquetas a estas características.

Entrenamiento del clasificador SVM (conjunto de algoritmos de aprendizaje supervisado): Se utilizará la extensión “Spatial Analyst” de ArcGIS para entrenar un clasificador SVM. Utilizando el conjunto de datos de entrenamiento etiquetado para ajustar el modelo SVM, seleccionando el tipo de kernel (Los métodos kernel obtienen una solución lineal en el espacio de características), el parámetro de regularización y otros parámetros según sea necesario para optimizar el rendimiento del clasificador.

Clasificación de la imagen: Después de tener el conjunto de datos de entrenamiento, se utilizará el clasificador SVM entrenado a toda la imagen satelital del Santuario de Flora y Fauna en Iguaque. Utiliza las herramientas de clasificación de ArcGIS para realizar esta tarea, asegurándote de seleccionar todas las bandas espectrales relevantes para el análisis.

Evaluación de la clasificación: Se realizará una evaluación la precisión del resultado de la clasificación utilizando métricas como la precisión global, la matriz de confusión y las curvas de precisión-recuperación, Utilizando herramientas de ArcGIS para realizar esta evaluación y analizar la calidad de la clasificación realizada con SVM.

Análisis y presentación de resultados: Por último, analizaremos los resultados de la clasificación y comparemos la cobertura vegetal clasificada con datos de referencia si están disponibles, incluyendo visualizaciones de mapas, análisis de precisión y discusión sobre la relevancia de los resultados para la gestión de recursos naturales en el Santuario de Flora y Fauna en Iguaque.

5.4.2. Análisis de coberturas en el santuario

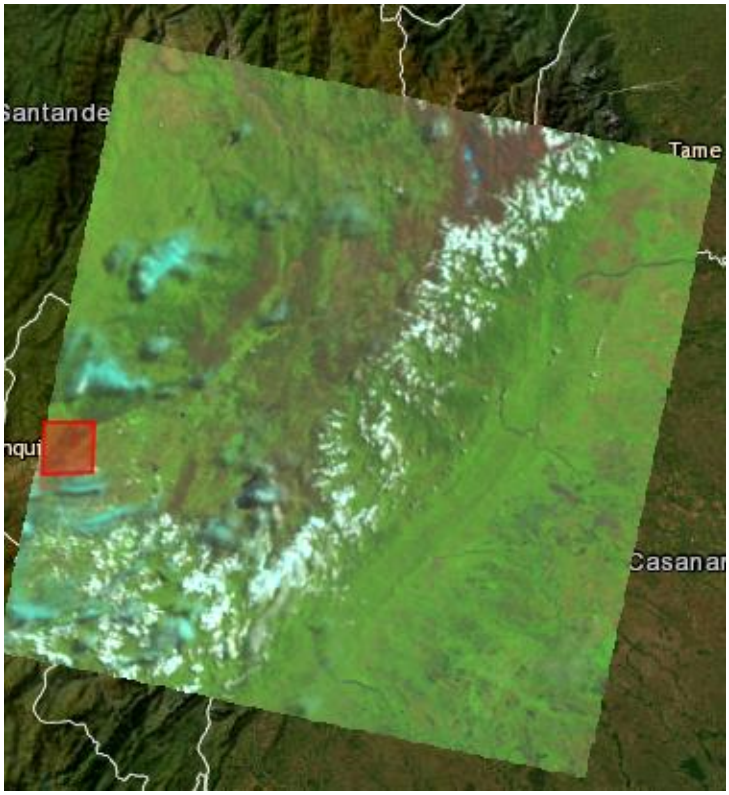
5.4.2.1. Selección de la imagen Satelital

Gracias al servicio de estados unidos de imágenes gratuitas USGS (El Servicio Geológico de Estados Unidos) se logró obtener una imagen del santuario en resolución pancromática como se visualiza a continuación:

Grid Cell Size Panchromatic	15.00
Grid Cell Size Reflective	30.00
Grid Cell Size Thermal	30.00

La imagen se seleccionó con el criterio de menor nubosidad posible, se seleccionó la de l5 de marzo de 2024 para realizar la correspondiente clasificación, a continuación, se muestra la imagen seleccionada:

Figura no. 35. Imagen satelital Landsat 8.



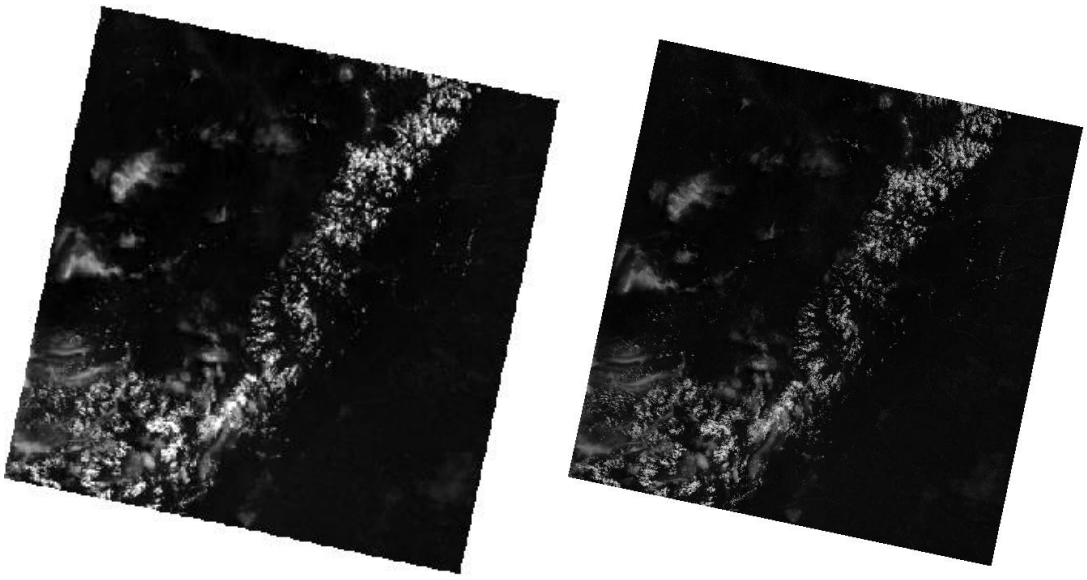
Fuente: (NASA, 2024)

5.4.2.2. Corrección atmosférica

Y que la imagen utilizada es una imagen descargada de datos abiertos en la USGS se realizó una corrección atmosférica automática a través del software QGIS l cual permitirá tener mejor de función de los elementos a clasificar y definir mejor las áreas.

En el proceso también se hará el procedimiento de pansharpening (refinado pancromático, podemos mejorar la resolución de las imágenes satélite utilizando como referencia una banda pancromática de alta resolución) el cual permite el mejoramiento de la resolución de las bandas utilizadas como se muestra a continuación:

Figura no. 36. Ejemplo mejoramiento de resolución y corrección atmosférica.



Fuente: (NASA, 2024).

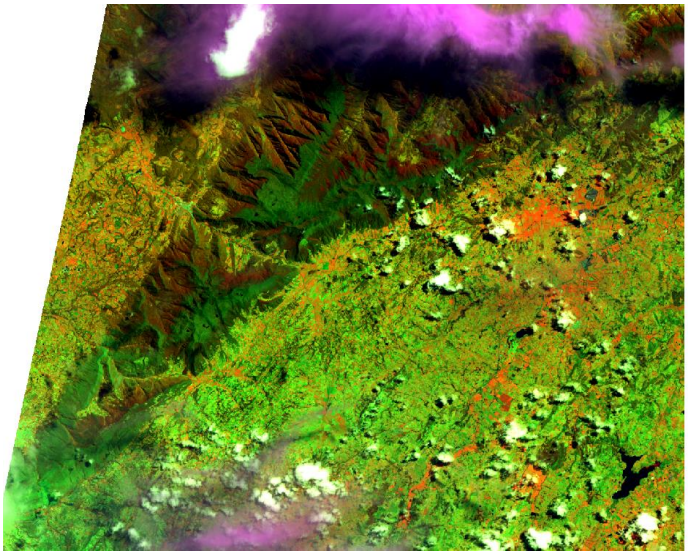
Se descargaron 11 bandas (Son los datos del espectro electromagnético visible por el ojo humano) las cuales fueron unificadas, procesadas y recortadas pro medio del software QGIS, para así obtener una imagen satelital la cual se clasificará con el fin de obtener el tipo de vegetación y su distribución dentro del área a trabajar. A continuación, se muestra el recorte realizado, el cual se encuentra en la división de las imágenes satelitales disponibles que cumplan con las características para la zona por este motivo a su costado occidental se ve un corte:

Figura no. 37.Combinación 4,3,2, color natural



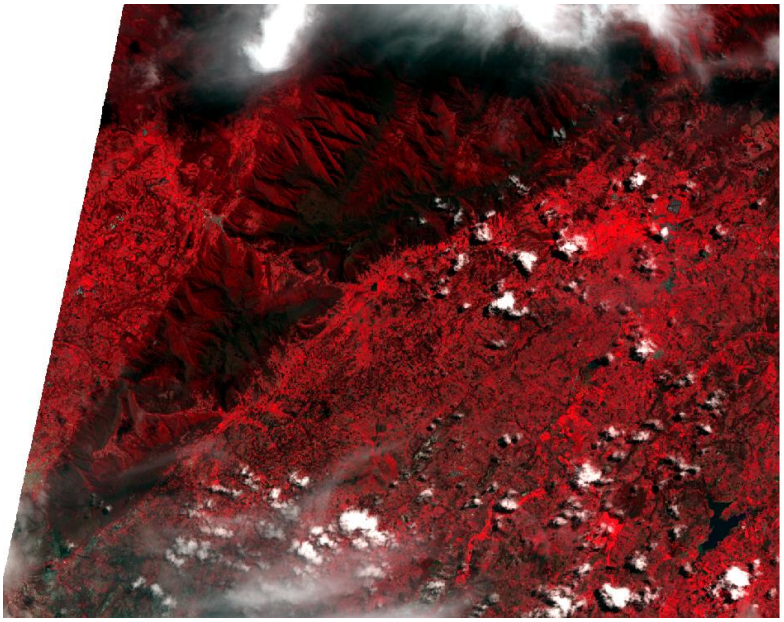
Fuente: (NASA, 2024).

Figura no. 38.Combinación 5,6,2 vegetación saludable



. Fuente: (NASA, 2024).

Figura no. 39.Combinación 5,4,3 vegetación saludable.



. Fuente: (NASA, 2024).

5.4.2.3. Selección de muestras y clasificación

Para la clasificación, se seleccionaron 5 clases suficientes para poder seleccionar las zonas de localización de la zona de amortiguamiento. Estas zonas se basan en el tipo de cobertura que se desea interpretar en la imagen, la combinación de las bandas donde se pueda percibir de mejor manera cada área, Esta clasificación servirá para escoger la localización más pertinente de la zona de amortiguamiento contra incendios la cual dará las siguientes ventajas:

- Localización en una zona donde no se vulnere la vegetación nativa.
- Localizarlo en áreas con suelo descubierto que se evidenciaran en la clasificación propuesta.
- Cuantificar el área de las zonas de vegetación, suelo descubierto, cultivos y demás tipos de suelo y detalles del relieve importantes para el diseño de la zona de amortiguamiento.
- Obtener un mapa clasificado el cual será un insumo del estado actual del Santuario y que podrá ser utilizado en el futuro para la comparación multitemporal de la dinámica de la vegetación.
- Mejora en la toma de decisiones: Proporciona datos detallados y precisos que ayudan a tomar decisiones informadas sobre la mejor ubicación y características de la zona de amortiguamiento.
- Planificación y gestión informada: Ofrece datos detallados que ayudan a tomar decisiones informadas sobre la mejor ubicación y características de la zona de amortiguamiento, optimizando la gestión del santuario.

- Optimización de recursos: La precisión en la clasificación y cuantificación de las áreas permite una mejor asignación de recursos para la conservación y manejo del santuario.

A continuación, se describen las 5 macro clases que se utilizaran en la clasificación:

1. Vegetación:

Descripción: Esta clase incluye todas las áreas cubiertas por plantas, como bosques, matorrales, pastizales y otros tipos de vegetación natural.
Características: La vegetación es identificada por su color verde en las imágenes satelitales, su estructura y su densidad. Esta clase es esencial para identificar las zonas donde la vegetación nativa debe ser protegida y conservada.
Importancia: La clasificación de la vegetación ayuda a determinar las áreas que deben evitarse para la instalación de la zona de amortiguamiento para no vulnerar la biodiversidad del santuario.

2. Urbano:

Descripción: Esta clase abarca todas las áreas desarrolladas y urbanizadas, incluyendo edificios, carreteras, infraestructuras y otras construcciones humanas.
Características: Las áreas urbanas suelen aparecer en tonos de gris a blanco en las imágenes satelitales y se distinguen por su geometría regular y estructuras artificiales.
Importancia: La identificación de zonas urbanas es crucial para planificar la zona de amortiguamiento en áreas que no interfieran con asentamientos humanos y para entender la interacción entre áreas protegidas y desarrolladas.

3. Cultivos y Pastos:

Descripción: Esta clase abarca todas las áreas utilizadas para la agricultura, incluyendo tierras aradas, plantaciones, campos de cultivo, así como las áreas cubiertas por pastos utilizados para el pastoreo de ganado o como vegetación natural de pradera.
Características: Los cultivos y pastos suelen variar en color dependiendo del tipo de planta y la época del año. Las imágenes satelitales, pueden aparecer en tonos de verde brillante, marrón o amarillo. Los pastos se distinguen por su textura uniforme y su baja altura en comparación con otros tipos de vegetación.
Importancia: La identificación de áreas de cultivo y pastos es crucial para evaluar el impacto de la zona de amortiguamiento sobre la agricultura local y el pastoreo. Esto ayuda a planificar la zona de amortiguamiento en áreas que minimicen la interferencia con la producción agrícola y las actividades ganaderas. Además, los pastos pueden ser utilizados como zonas de amortiguamiento naturales debido a su menor cantidad de material combustible en comparación con áreas boscosas, requiriendo un manejo adecuado para mantener su función en la prevención de incendios. Nubes:
Descripción: Se refiere a las formaciones nubosas que pueden cubrir parcialmente la superficie terrestre en las imágenes satelitales.

Características: Las nubes son visibles como áreas blancas o muy brillantes en las imágenes y pueden oscurecer la visibilidad de las características del terreno.
Importancia: La detección y clasificación de nubes permiten filtrar y corregir las imágenes satelitales para obtener datos más precisos de la superficie terrestre, evitando errores en la clasificación de otras clases.

4. Nubes:

Descripción: Se refiere a las formaciones nubosas que pueden cubrir parcialmente la superficie terrestre en las imágenes satelitales.
Características: Las nubes son visibles como áreas blancas o muy brillantes en las imágenes y pueden oscurecer la visibilidad de las características del terreno.
Importancia: La detección y clasificación de nubes permiten filtrar y corregir las imágenes satelitales para obtener datos más precisos de la superficie terrestre, evitando errores en la clasificación de otras clases.

5. Suelo Descubierto:

Descripción: Esta clase incluye todas las áreas sin cobertura vegetal significativa, , tierras con vegetación "rastrojo" que corresponden a plantan de pequeño tamaño que crecen rápidamente y se distribuyen en corto tiempo, áreas de construcción sin edificar, terrenos erosionados y terrenos donde se puede evidenciar el paso de los incendios forestales los cuales aún se encuentran en estado de recuperación.
Características: El suelo descubierto aparece en tonos marrones o grises claros en las imágenes satelitales y es identificable por su falta de vegetación.
Importancia: La clasificación del suelo descubierto es esencial para identificar áreas potenciales para la instalación de la zona de amortiguamiento, ya que estas áreas suelen ser más fáciles de gestionar y no afectan negativamente a la vegetación nativa.

Se seleccionaron alrededor de 50 muestras por cada Macro clase obteniendo así un patrón de entrenamiento y una clasificación definida para la zona del proyecto.
Se realizo una clasificación supervisada por medio de distancia mínima la cual corresponde a tres fases del procesamiento las cuales se muestra a continuación:

1. Cálculo de Medias:

Se calculan los valores medios de las áreas de entrenamiento para cada clase. Estos valores medios se utilizan como referencia para la clasificación.
La distancia euclidiana se calcula entre el valor de cada píxel y los valores medios de cada clase. La fórmula de la distancia euclidiana en un espacio n-dimensional es:

Ecuación No 1. Cálculo de clasificación por distancia mínima.

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \mu_i)^2}$$

Fuente: (Juan Ardilla, 2005)

donde (x_i) es el valor del píxel en la banda (i) y (\mu_i) es el valor medio de la clase en la banda (i).

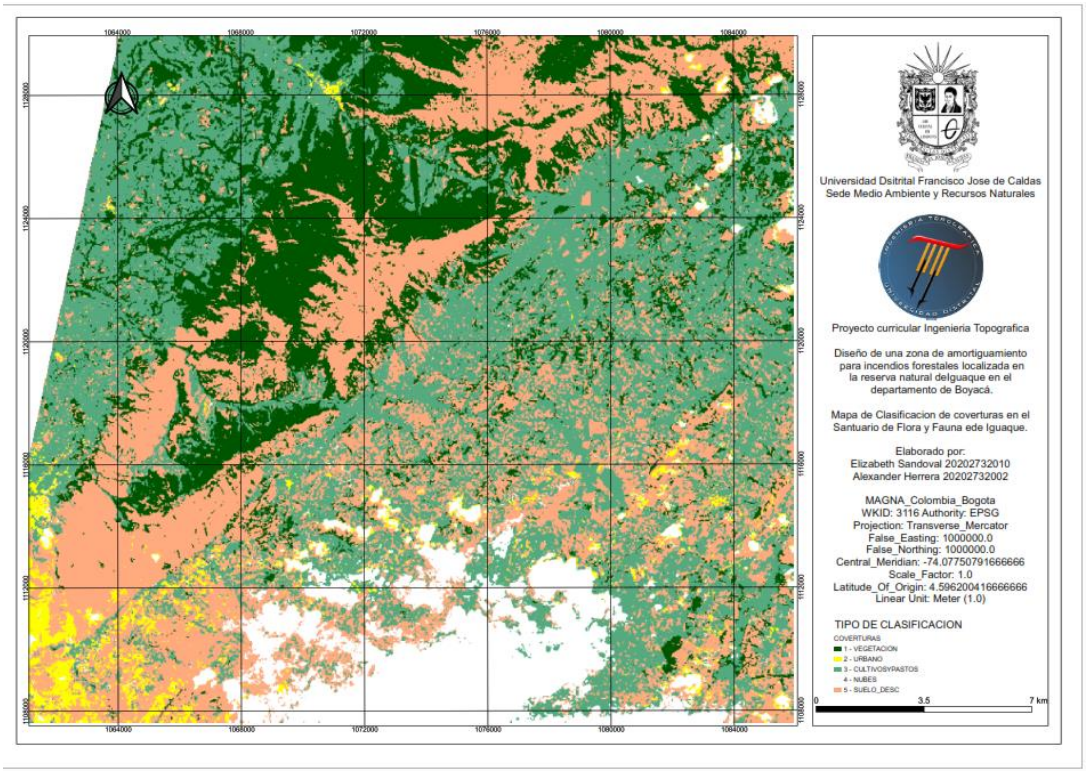
2. Asignación de Clases:

Cada píxel de la imagen se clasifica en la clase cuya media esté más cerca en términos de distancia euclidiana. Este proceso se repite para todos los píxeles de la imagen.
Este método es especialmente útil cuando las clases tienen distribuciones espectrales bien diferenciadas. (Juan Ardilla, 2005).

Como producto final, se obtiene un plano de coberturas vegetales clasificadas donde se puede observar la localización en coordenadas reales de la vegetación, los suelos descubiertos o que tienen como cobertura pastos y/o rastrojos, las zonas urbanas alrededor de la reserva y demás coberturas, se puede ver el área de extensión de cada una y como se mezclan unas con otras en un mismo sector.

Para la clasificación se hicieron cuatro afinamientos del entrenamiento, debido a que el número de clases no era suficiente y no representaban las coberturas reales en el lugar, a continuación, se muestra el plano resultante:

Figura no. 40. Clasificación coberturas vegetales SFFI.



Fuente: Elaboración Propia (2024)

Las áreas por cada una de las coberturas tanto directamente en el santuario como las zonas circundantes que colindan con ella son:

Tabla No 8. Áreas por clasificación.

Clase	Porcentaje %	Área [m^2]	Área (Ha)
VEGETACION	18.73%	169708828	16971
URBANO	1.85%	16779661	1678
NUBES	6.24%	56530808	5653
SUELOS_DESC	21.08%	190990467	19099
CULTIVOS Y PASTOS	52.11%	472185058	47219

Fuente: Elaboración Propia (2024)

Como se observa el 52% que corresponde a más de la mitad del área analizada son cultivos y pastos, mientras que para la vegetación nativa de la reserva la cual necesita protección, corresponde al 19 % siendo un porcentaje similar del suelo descubierto que corresponde al 21%.

Las zonas urbanas corresponden al 2 % del análisis general de las clases, donde se pueden ver marcadas las poblaciones de villa de Leyva, Arcabuco, Chíquiza y sectores de viviendas veredales que interactúan con la dinámica forestal y ambiental de la reserva, estas zonas urbanas deben ser distribuidas catastralmente de una manera compatible con la dinámica ambiental y vegetal del santuario para que así no se presenten más afectación de tipo antrópico. La reserva cuenta con la protección de parques nacionales lo cual establece una ventaja para la mitigación de riesgos y protección de las especies.

Gran parte de la reserva ha sido afectada por los incendios y son las zonas que coinciden con la base de incendios proporcionada por parques Nacionales, La parte más afectada y con la clasificación se muestra, es la zona sur occidental de la reserva cercana al municipio de villa de Leyva ya que esta pasa directamente de clase urbana a clase descubierta.

Esta zona ha sido afectada tan por cultivos arrasando la vegetación nativa como por los incendios que se han presentado, con el fin de no perder más biodiversidad en el sector se ve urgente y necesario realizar una medida de mitigación que proteja el crecimiento de nueva vegetación y mitigue el riesgo de daños por posibles nuevos incendios en el futuro.

Aquí se demuestra la importancia de realizar acciones como el diseño de la zona de amortiguamiento de incendios forestales y con esto garantizar más protección a la flora y fauna del santuario, con este plano se identifica finalmente la zona que se debe tener en cuenta para realizar la zona de amortiguamiento ya que los análisis de los diversos planos tratados en este proyecto se localizan en la misma zona del santuario.

A continuación, se hará el análisis de los planos generados con los cuales se intersecará la zona donde se diseñará el amortiguamiento de incendios forestales para el santuario.

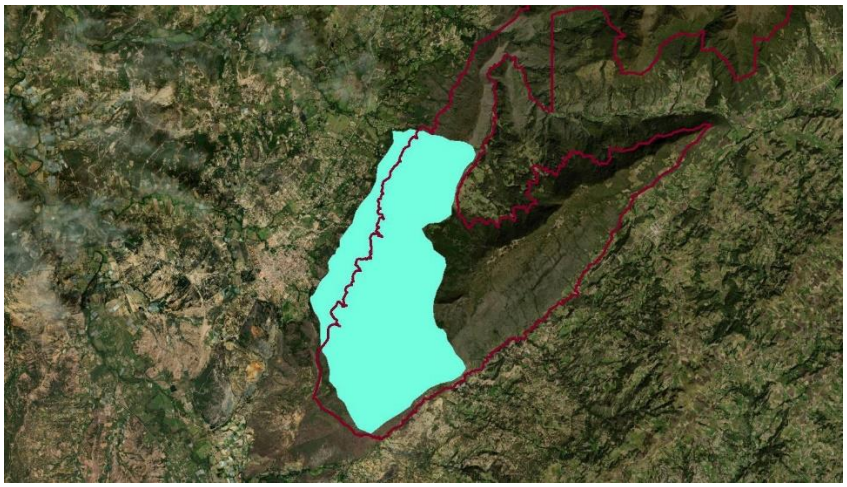
5.5. Diseño de zona de amortiguamiento.

5.5.1. Localización espacial de zona de amortiguamiento vegetal.

Para la localización de las zonas de amortiguamiento se plantea una técnica que a utilizado e implementado por el Dagma en la ciudad de Cali, en su artículo “Barreras con plantas piro-resistentes: estrategia exitosa para detener conflagraciones”, donde se ve la implementación de las barreras herbáceas como metodología para prevenir y mitigar los incendios forestales, se puede ejemplificar como la clave de la implementación es saber el factor que hace que este riesgo sea constante y el por qué se presenta, en este caso como en los demás, encontramos que el mayor factor para que los incendios forestales se presenten es la actividad antrópica en la zona ya que la zona con más afectación sobre su cobertura vegetal se presenta al suoeste de la reserva en el área limitante con la reserva, que entre los tres municipios limitantes es el que mayor extensión

por hectárea tiene y cuya actividad económica involucra la ganadería y expansión de cultivos. (Becerra, 2003.)

Figura no. 29. Zona del SFFI con mayor afectación forestal.



Fuente: (PNNC, PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA, 2023)

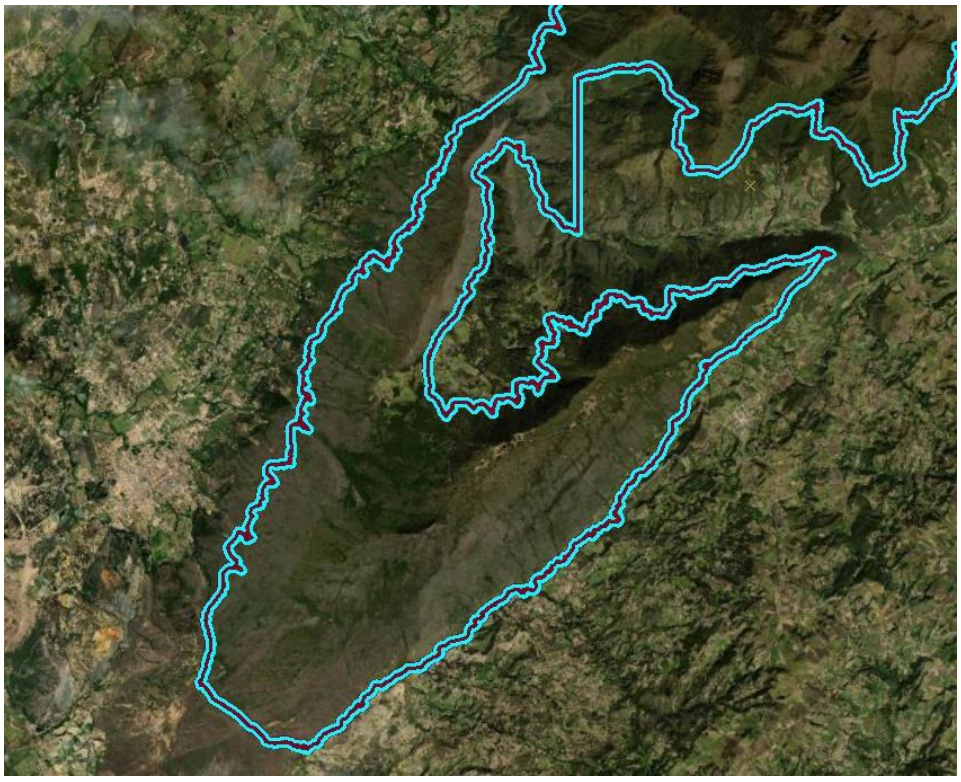
Se realizo el análisis de la afectación de los incendios la cual evidencia eventos repetitivos en la misma zona a lo largo de 30 años, si se analiza el periodo de tiempo de los incendios (ver análisis de datos base) con la clasificación por cobertura de suelo se obtiene la limitación del área donde se deben incorporar las especies que harán parte de la barrera.

Ya que según el análisis de coberturas, en el sector se cuenta actualmente con extensión de suelo descubierto de alrededor de 1,400 ha en la zona suroeste, se propone aprovechar esta misma área como zona de expansión gradual de la barrera de amortiguamiento de manera ascendente, donde la primera parte que se ha de intervenir es la zona que limita con el sector urbano y de cultivos de villa de Leiva, todas las adecuaciones que se propongan se deberán hacer dentro de los límites de la reserva hacía en el centro con el fin de resguardar la vegetación nativa y a su vez no interferir con las actividades de cultivo y demás que se realizan fuera de los límites y las cuales son parte importante de la actividad económica y social de villa de Leyva.

Franja de Separación.

Se propone una franja de separación en la zona de 50 metros de ancho esto acorde con la franja de barrera propuesta separando así por 5 veces el ancho de barrera propuesto de 10 metros (ver perfil de vegetación propuesto), teniendo en cuenta que sería el primer choque de un incendio que provenga de la zona urbana, A continuación se muestra la franja de protección que es un primer aislamiento en caso de incendio con el fin de evitar que este llegue a impactar la vegetación preexistente o las barreras ya implantadas en el sitio.

Figura no. 30. Franja de Aislamiento contra incendios forestales



Fuente: propia

Dimensión de la zona de amortiguamiento.

Después de esta franja se procederá a una franja de un ancho de 500 m (quinientos metros) donde se plantarán especies piro resistentes, las cuales servirán para que en esta área se eviten incendios y se recupere el área con mayor velocidad, las especies que se implanten en esta primera etapa de barrera, serán las que soporten el fuego en una primera etapa, por lo cual y como se mencionó anteriormente, el follaje de las mismas debe ser denso con el fin de disminuir el oxígeno entre espacios para dificultar la extensión del fuego y con especies retenedoras de humedad y con raíces prominentes los cuales se convierten en factores escánciales para dificultar la elevación de temperatura en la zona.

Se escoge esta medida en proporción al área que se obtiene para trabajo respetando tanto a la vegetación nativa del lugar, como las actividades antrópicas del lugar.

En este punto se recomienda que la implantación se haga por 5 etapas teniendo en cuenta semi barrerás de 10 metros de ancho que se deben ir adaptando al terreno, condiciones ambientales y su eco relación con las especies nativas.

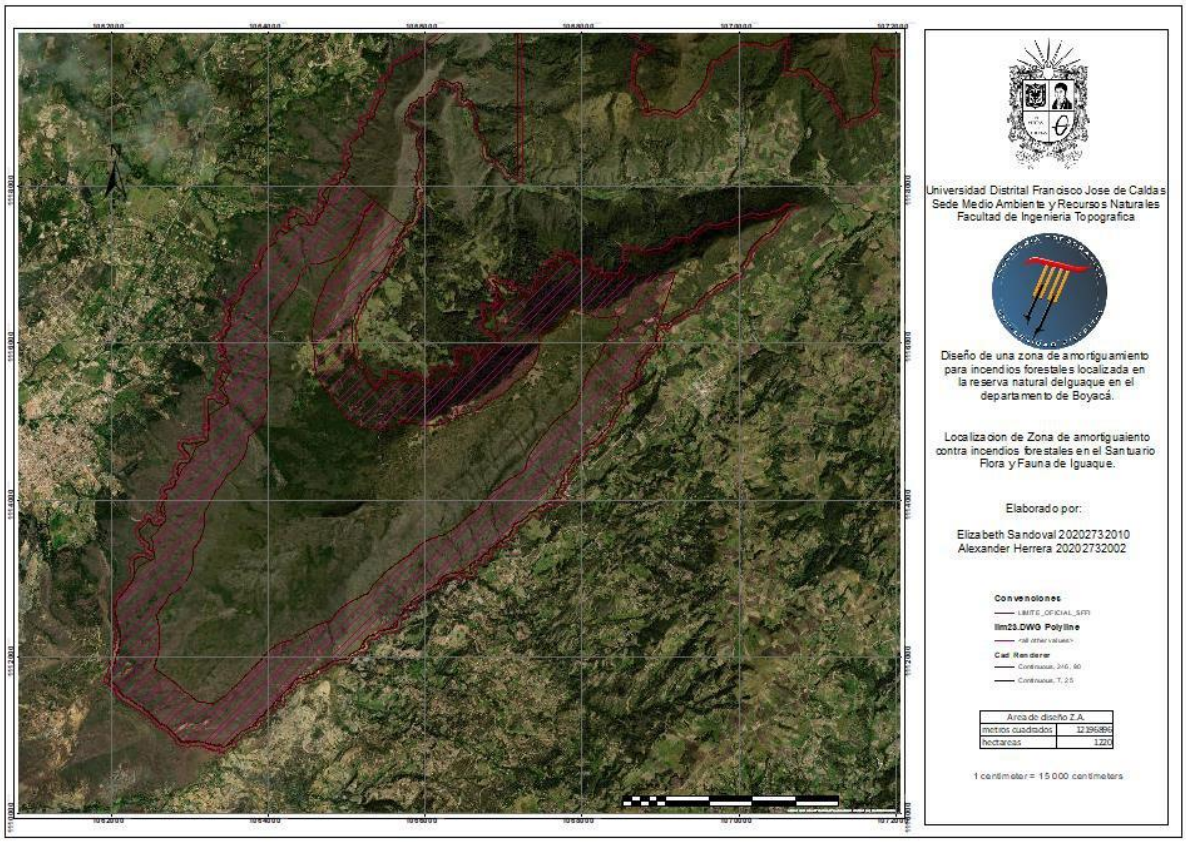
El tiempo de plantado entre una franja y otra dependerá de las especies que se elijan para conformar la franja teniendo en cuenta las características mencionadas previamente (ver perfil de vegetación), esto con el fin de asegurar que las plantas seleccionadas se adapten a las condiciones del terreno y de los individuos preexistentes.

Por sugerencia directa del asesor externo que conto el proyecto por parte del dagma cuyos estudios ya llevaron a una implantación en terreno en la ciudad de Cali, de esta barrera se sugiere sembrar una especie como el "Furcraea cabuya" más conocido como cabuya, está por ser una especie rígida, con espinas en sus hojas, es una especie difícil de pasar para los humanos y animales de granja, con esto se asegura un cerco en el cual no podría pasar, es una especie fácil de trasplantar y fácil de retirar. (Becerra, 2003.).

Como etapa final, se obtuvo el diseño de la franja donde va a estar localizada la zona de amortiguamiento abarcará un área de 1.200 hectáreas de las casi 7000 hectáreas que comprende la reserva, lo cual corresponderá a un 18% de la reserva.

Para mitigar el impacto de la siembra, se reitera que la sugerencia es hacerlo por etapas cuyo ancho sea de 10 metros lo que sumaría 5 etapas para un total de 50 metros, donde en cada etapa se sembrarían 244 hectáreas a lo largo de la falda de la reserva. A continuación, se muestra el plano resultante de la franja de diseño:

Figura no. 31Diseño de Zona de amortiguamiento de diseños forestales.



Fuente: propia

5.5.2. Características de especie vegetal propuesta.

Debido a que el estudio realizado para este proyecto, es una monografía con fines de aplicar al título de ingeniería topográfica y la elección de especies requeriría de un análisis forestal más profundo en cuanto a condiciones ambientales como humedad absoluta, humedad relativa, correlación ecológica entre otras. Sin embargo, se realizó un análisis con base en estudios preliminares forestales de recuperación de áreas afectadas por actividades antrópicas e incendios forestales. A continuación, se muestra el análisis realizado para la zona del diseño:

Para la selección de especies que deben conformar la barrera, se deben tener en cuenta algunos rasgos físicos y de correlación forestal importantes tanto para que cumpla su función cortafuegos como para que no afecte el equilibrio de las especies nativas del lugar, para ello se hizo referencia al estudio realizado como tesis para la universidad distrital nombrado “IDENTIFICACIÓN DE

RASGOS FUNCIONALES DE ESPECIES VEGETALES DEL BOSQUE ALTOANDINO Y PÁRAMO RELACIONADOS CON SU RESPUESTA REGENERATIVA POSTFUEGO" (Santamaria, 2017).A continuación se describen los rasgos relevantes para las especies a seleccionar:

Habito: Deben tener hábitos de rápida recuperación con el fuego como son las mascollas y arbustos. Arboles leñosos de 5 metros en su etapa adulta o arbustos de menos de 5 metros ramificados en la base, también aplican las hierbas con la roseta con las hojas dispuesta sobre el tallo de forma radial caulescentes.

Altura: La altura debe estas asociada a la competencia, fecundidad el rebote de especies vegetales la altura representa parte importante en ser barreras cortafuegos ya que entre más alta la especie mejor será la protección a las partes verdes y a los meristemos de dosel, estas alturas deben ser de 1 metro hasta los 5 metros.

Gremio ecológico: La reducción de la cobertura del dosel en áreas quemadas es el factor determinante de la reducción de la cobertura del dosel en áreas quemadas y se vuelve un factor determinante de estimulación para la recuperación posterior al fuego en la zona afectada, una de las especies que cumple con estas características son las Heliófitas estas son especies que no toleran la sombra, crecen rápidamente, se dispersan por el viento, tienen semillas pequeñas con pocas reservas y cotiledones de corta duración y también se pueden considera las Hemiesciófitas: son especies que toleran la sombra en sus etapas iniciales, pero necesitan algo de luz para alcanzar el dosel y madurar, se dispersan principalmente por agua o animales, especialmente mamíferos. Sus cotiledones están adaptados para almacenar grandes reservas de alimentos.

Tipo de fruto: La supervivencia de las semillas está relacionada con su cantidad, estructura y protección (exocarpo). Las semillas sin alguna forma de estructura aislante tienen bajas probabilidades de sobrevivir al fuego. Se deben escoger frutos con un correcto número de semillas ya que un bajo número de semillas reduce el gasto de recursos, lo que aumenta la capacidad de supervivencia de la plántula y facilita su establecimiento en zonas con condiciones adversas. Por otro lado, las especies con un alto número de semillas generalmente las depositan en el suelo, especialmente si son de forma esférica. Esto contribuye a aumentar la longevidad del banco de semillas y la probabilidad de que estas alcancen una mayor distancia. El número de semillas se debe considerar entre 50 semillas a 10 semillas por fruto.

Mecanismo de dispersión: Una alta capacidad de dispersión incrementa la supervivencia en zonas perturbadas y/o fragmentadas. Esta capacidad se correlaciona con características de las semillas, como la masa, estructura de la superficie y forma. Facilita la regeneración local y la colonización de áreas a distancias considerables, siendo las aves y el viento los principales agentes dispersores.

Autocoria: dispersión mediante la apertura explosiva de los frutos maduros, expulsando las semillas a distancias cercanas. Anemocoria: el viento actúa como agente dispersor de semillas, las cuales tienen adaptaciones que les permiten alcanzar largas distancias. Zoocoria: dispersión de semillas por animales, quienes pueden consumirlas y luego defecarlas (endozoocoria), o transportarlas externamente mediante su adhesión al cuerpo (ectozoocoria). Hidrocoria: las semillas se transportan por corrientes de agua o por la lluvia.

Capacidad de rebote: Las estructuras meristemáticas subterráneas, como rizomas, raíces y lignotubérculos, pueden producir rebrotes después del fuego. Existen matorrales con especies leñosas donde el fuego es antropogénico y son capaces de persistir a los incendios debido a la presencia de tallos y raíces que rebrotan después del fuego.

Hojas: Las hojas de menor tamaño son más inflamables debido a su alta relación superficie-volumen. Por lo tanto, las especies de hojas pequeñas forman copas con mayor densidad, lo que provoca que, en un incendio de superficie, el flujo de oxígeno se obstruya, inhibiendo la propagación del fuego.
Los tamaños se encuentran considerados de la siguiente manera;

Pequeña: 0,5 - 4,0 y 0,2 - 2,0 cm (longitud x ancho);
Mediana: 4,1 - 12,0 y 2,1 - 7,0 cm (longitud x ancho);
Grande: >2,1 x > 7,1 cm (longitud x ancho).

En cuanto a la textura debe ser resistente al fuego para que sea adaptativa a este tipo de condiciones, entre ellas se puede ver la Cactácea: de consistencia parecida a la cartulina; Coriácea: textura de la corteza o de la hoja parecida a la del cuero y la Áspera: con asperezas de tricomas cortos y rígidos que se aprecian al tacto.

Espinas: Las espinas y los aguijones desempeñan un papel en la reducción del calor o del estrés hídrico, especialmente cuando cubren densamente otro órgano de la planta. Estudios demuestran la relación entre el fuego, la fauna y las espinas, donde estas últimas han servido como refugio para las hormigas durante eventos de fuego.

Caducidad: La inflamabilidad del follaje está influenciada por diversos factores, incluyendo la presencia de hojas efímeras o perennes. Durante un incendio, las especies perennes se ven más afectadas que las anuales. Ambos grupos tienen un desarrollo epigeo, lo que significa que pueden ser completamente consumidos por el fuego estas pueden ser deciduas o anuales que es cuando: la planta envejece y muere después de su primera temporada de crecimiento desde la semilla, tras producir semillas que darán lugar a nuevas plantas en el futuro. Semidecidua o bienal: hay crecimiento vegetativo durante la primera temporada, seguido por la producción de flores y semillas en la segunda temporada, después de lo cual el tallo y el sistema radicular entran en senescencia y mueren y perenne que se refiere a cuando el individuo sobrevive durante al menos tres temporadas de crecimiento. (Santamaria, 2017).

Tipos de rebote en resistencia al fuego.

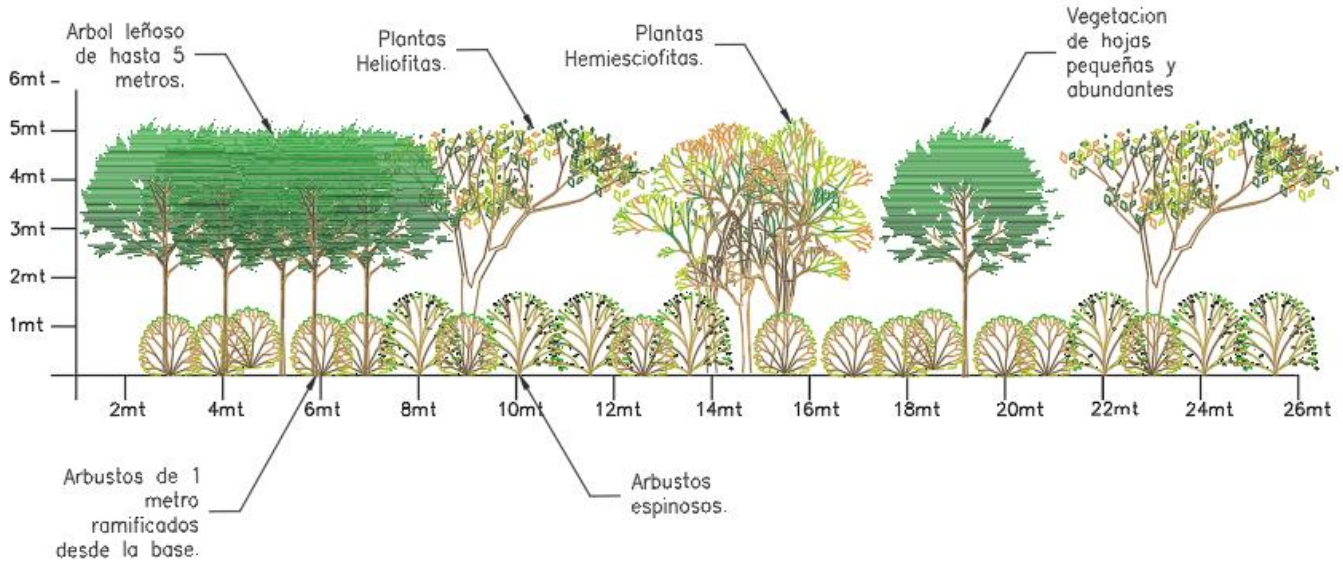
Tabla No 9. Tipos de rebotes cortafuego.

Tipo	Definición
Estolones	Está compuesto por tallos aéreos horizontales que son largos y delgados, con entrenudos que se alternan entre largos y cortos, de los cuales surgen raíces adventicias. Cuando estos segmentos enraizados se separan, permiten el desarrollo de nuevas plantas.
Brotes terminales	Las ramas o tallos que desarrollan raíces adventicias, formándose a partir de yemas adventicias ubicadas en las raíces o en las axilas de las hojas escamosas.
Esqueje	La multiplicación vegetal se lleva a cabo mediante ramas jóvenes, que, al ubicarse en condiciones ambientales adecuadas, generan un individuo idéntico a la planta madre.
Estaca	Consiste en una técnica de propagación vegetal en la que se utilizan trozos de tallos, principalmente lignificados.
Raíz	Este órgano usualmente subterráneo permite la fijación de la planta al suelo.
Rebrote de la cepa	Se desarrolla en especies con capacidad de generar yemas adventicias, mediante ramas enraizadoras.
Vía vegetativa	Para generar nuevos tallos y raíces se emplean tejidos vegetales, los cuales deben conservar la potencialidad de la multiplicación y diferenciación celular

Fuente: (Santamaria, 2017).

5.5.3. Perfil de vegetación propuesto.

Figura no. 41. Perfil de vegetación Diseñado.

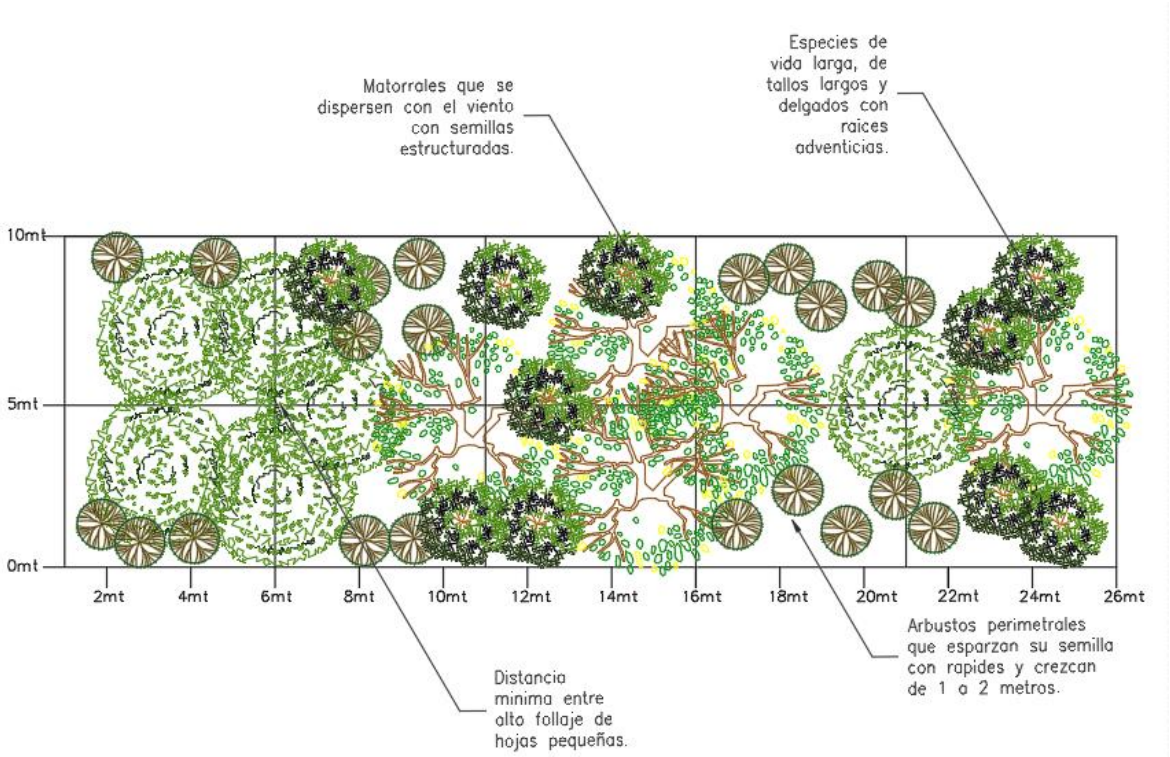


Fuente: Elaboración Propia (2024)

El perfil de vegetación presenta las alturas propuestas dichas previamente las cuales deben medir entre 1 y 5 metros t estas deben ser de diferentes especies donde todas ellas son de especies que cumplen con los requisitos de hábitos de la barrera.

La utilización de arbustos con espinas se vuelve parte importante de la barrera ya que según los estudios encontrados las espinas son un gran cortafuego y un retenedor de agua potencial, en muchos incendios forestales se encontró que estas especies sirvieron de refugio de colonias de hormigas durante el fuego. (Santamaria, 2017).

Figura no. 42. Vista en planta del perfil de vegetación.



Fuente: Elaboración Propia (2024)

En esta vista en planta es importante resaltar el espaciado entre los individuos, ya que se recomienda que se manejen especies de hojas pequeñas y retenedoras de agua, para realzar la acción de corta fuego estos deben estar cercanos unos de los otros y así crear una acción de disminución del oxígeno y con esto “ahogar las llamas” y disminuir la intensidad del evento.

Las especies de arbustos al mezclarse, formarán una red de raíces extensa que no se quemara con facilidad esto esta descrito en uno de los hábitos de las especies a seleccionar, se puede ver como

los arbustos deberán ir mezclados entre las especies más grandes y así reforzar su crecimiento y retención de agua.

6. Conclusiones

1. A pesar de los esfuerzos para la protección y manejo del santuario, los incendios forestales han tenido un impacto negativo en la vegetación nativa y han alterado los procesos ecológicos, exacerbados por la expansión de cultivos y la actividad humana. Las áreas más afectadas han sido principalmente en la zona sur occidental, donde los incendios han transformado la vegetación en suelo descubierto y han contribuido a la degradación del bosque.

2. El manejo de incendios en Colombia ha sido abordado por diversos decretos y políticas, como el Decreto 919 de 1989 y la Estrategia de Corresponsabilidad Social formulada en 2011. Estos documentos destacan la importancia de la colaboración entre entidades públicas y la participación ciudadana para prevenir y controlar los incendios forestales. La estrategia incluye programas para fortalecer capacidades institucionales, educación y divulgación pública, investigación científica, y manejo de quemas controladas.

3. El análisis de la relación entre la dirección, velocidad del viento y temperatura en el Santuario de Flora y Fauna Iguaque revela que las áreas más cálidas, localizadas principalmente hacia el sur y suroeste, presentan baja velocidad del viento, lo que contribuye a una menor variación de temperatura. Estos suelos, expuestos directamente al sol y con escasa vegetación, son más susceptibles a elevarse en temperatura.

4. En cuanto a las áreas afectadas por incendios, se observa que se concentran en los costados sur, sureste y oriental del santuario. Esta distribución se debe a la presencia de suelos descubiertos en estas áreas, donde la falta de vegetación y la exposición directa al sol elevan las temperaturas. La dirección y velocidad del viento influyen en la propagación de las llamas, facilitando su expansión en los puntos más cálidos.

5. A pesar de la considerable precipitación en las áreas afectadas, el tipo de suelo y las pendientes pronunciadas en las faldas del parque limitan la retención de agua, impidiendo que la precipitación tenga un impacto significativo en la prevención de incendios.

6. La evaluación del área analizada según la figura no. 40 y la tabla no. 8 en este informe revela que el 52% del territorio está ocupado por cultivos y pastos, mientras que solo el 19% está cubierto por vegetación nativa, la cual es crucial para la protección del santuario. El 21% restante corresponde a suelo descubierto, que también es una preocupación para la conservación. Las zonas urbanas representan apenas el 2% del área total, con ubicaciones

en Villa de Leyva, Arcabuco, Chíquiza y zonas residenciales adyacentes, lo que indica una interacción significativa con la dinámica ambiental del santuario.

7. La reserva enfrenta un desafío importante debido a los incendios forestales que han afectado principalmente la zona sur occidental cercana a Villa de Leyva, transformando áreas de vegetación en suelo descubierto. Esta área ha sido perjudicada tanto por los incendios como por la expansión de cultivos, lo que resalta la necesidad urgente de implementar medidas de mitigación para proteger la nueva vegetación y reducir el riesgo de futuros incendios.

8. La importancia de diseñar una zona de amortiguamiento contra incendios forestales se subraya por la necesidad de proteger la flora y fauna del santuario. El análisis de los planos generados demuestra que la zona crítica para el diseño de la amortiguación coincide con las áreas más afectadas, lo que refuerza la necesidad de intervención para garantizar una protección efectiva del santuario y minimizar el impacto ambiental. El próximo paso será el análisis detallado de los planos para definir la ubicación exacta de la zona de amortiguamiento y asegurar su eficacia en la protección de los recursos naturales del santuario.

7. Referencias

Alonso, D. (2019). mappingGIS. Obtenido de https://mappinggis.com/2019/05/combinaciones-de-bandas-en-imagenes-de-satelite-landsat-y-sentinel/

Bennet, L. (2018). esri.com. Obtenido de esri.com: https://www.esri.com/about/newsroom/wp-content/uploads/2018/12/Machine-Learning-in-ArcGIS.pdf

Bentley, L. R. (1967). BARRERAS CORTAFUEGO HERBÁCEAS PARA EL CONTROL DE LOS INCENDIOS FORESTALES . Riverside.

CINDY TATIANA SANTAMARÍA CARO, W. A. (2017). IDENTIFICACIÓN DE RASGOS FUNCIONALES DE ESPECIES VEGETALES DEL BOSQUE ALTOANDINO Y PÁRAMO RELACIONADOS CON SU RESPUESTA REGENERATIVA POSTFUEGO.

Colombia, P. N. (2024). Parques Nacionales Naturales de Colombia. Obtenido de Parques Nacionales Naturales de Colombia: https://www.parquesnacionales.gov.co/nuestros-parques/sff-iguaque/

Colparques. (2023). Colparques. Obtenido de https://old.parquesnacionales.gov.co/portal/es/ecoturismo/parques/region-andina/santuario-de-fauna-y-flora-iguaque-2/

ECOMOD, G. d. (2020). Propuesta para el manejo integral del fuego en Colombia .

Esri. (2022). Arcmap. Obtenido de https://learn.arcgis.com/es/paths/try-machine-learning-with-arcgis/

FAO. (2020). Evaluacion de los recursos forestales mundiales 2020. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca9825es

gisaA. (s.f.). Obtenido de https://www.gisandbeers.com/combinacion-de-imagenes-satelite-landsat-sentinel-rgb/

IDEAM. (2020). Reporte de incendios forestales en Colombia 2010-2020. Bogota.

IDEAM. (2024). Obtenido de Datos de precipitacion: http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/

ITTO. (26 de Mayo de 2023). Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Obtenido de itto.int: https://www.itto.int/es/news/2023/05/26/itto_fire_guidelines_and_projects_featured_at_8th_international_wildland_fire_conference/

Jimenez, C. N. (2019). Escenarios para la restauración ecológica en el Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Boyacá, Colombia) . Bogota.

Jiménez, D. C. (2005). Plan de manejo ambiental para el área de reserva forestal protectora productora de la Laguna de Guatavita. Universidad La Salle.

Juan Ardilla, O. E. (2005). Validacion de la metodologia de clasificacion de imagenes satelitales en un entorno orientado a objetos. Ingenieria U.D. .

Katherine Agüero Villalobos, A. L. (2017). Evaluacion de la zona de amortiguamiento. Heredia.

Mariana Belgiu, L. D. (2016). Bosque aleatorio en la teledetección: una revisión de las aplicaciones y direcciones futuras. Revista de fotogrametria y teledeteccion.

Ministerio de Ambiente, V. y. (21 de Diciembre de 2009). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial . Obtenido de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial : https://archivo.minambiente.gov.co/images/normativa/circulares/2009/circ_2000-2-155654_211209.pdf

NASA. (2024). USGS. Obtenido de https://www.usgs.gov/

Palacio, M. E. (2019). Manejo del fuego como alternativa frente a los incendios forestales. El caso del Parque Entrenubes. Universidad de ciencias aplicadas y ambientales de Colombia.

Palacios, A. C. (2023). repositorio.unal.edu.co. Obtenido de repositorio.unal.edu.co: https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/84788/1016022627.2023.pdf?sequence=4&isAllowed=y

PNN, P. N. (2008). Manual para la delimitacion y zonificacion de zonas amortiguadoras. Bogota.

PNNC. (2016). Plan de manejo santuario de fauna y flora Iguaque 2017-2022.

PNNC. (2016). Plan de manejo santuario de flora y fauna Iguaque 2017-2022.

PNNC. (2018). Resolucion 138 de 2018.

PNNC. (2023). PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA . Obtenido de https://www.parquesnacionales.gov.co/nuestros-parques/sff-iguaque/#ecosistemasa28c-233a

Rodolfo Montiel, M. B. (2022). Clasificacion de uso del suelo y vegetacion con redes neuronales convencionales. Revista mexicana de ciencias forestales.

Santamaria, W. R. (2017). Identificacion de rasgos funcionales de especies vegetales del bosque altoandino y paramo relacionados con su respuesta regenerativa cortafuego. Bogota.

Unidos, D. d. (2008). Zonas de amortiguamiento para la conservacion (Lineamientos para diseño de zonas de amortiguamiento, corredoresy vías verdes). Washington, D.C.: Departamento de Agricultura, Servicio Forestal, Estación de Investigación.

8. Anexos

Tipo	Símbolo	Descripción	Tipo	Símbolo	Descripción	Tipo	Símbolo	Descripción	Tipo	Símbolo	Descripción
|Paisaje	M	Montaña	Clima	A	Nival	Pendiente	a	Pendiente 0-3% Topografía plana, plano - cóncava.	Grado de erosión	1	Grado de erosión ligero
	A	Altiplanicie		B	Subnivel pluvial		b	Pendiente 3-7% Topografía ligeramente inclinada y ligeramente ondulada		2	Grado de erosión moderado
	L	Lomerío		E	Extremadamente frío húmedo y muy húmedo		c	Pendiente 7-12% Topografía moderadamente inclinada, ligeramente quebrada y moderadamente ondulada		3	Grado de erosión severo
	V	Valle			Muy Frío muy húmedo		d	Pendiente 12-25% Topografía fuertemente inclinada, moderadamente quebrada y fuertemente ondulada			
				H	Muy frío húmedo		e	Pendiente 25-50% Topografía ligeramente empinada, fuertemente quebrada y ligeramente escarpada			
				J	Frío pluvial		f	Pendiente 50-75% Topografía moderadamente empinada y moderadamente escarpada			
				K	Frío muy húmedo		g	Pendiente > del 75% Topografía fuertemente empinada y fuertemente escarpada			
				L	Frío húmedo						
				M	Frío seco						
				O	Medio pluvial						
				P	Medio muy húmedo						
				R	Medio seco						
				V	Cálido húmedo						
Pedología	---	Dadas los diferentes complejos y asociaciones de los componentes, estos serán descritos de forma específica en el capítulo de resultados (numeral 4.1.1)									
Pedregosidad	p	Pedregosidad									

Tabla 10. Clasificación tipos de Suelo.

Fuente: IGAC 2003.

Tabla No 11. Clasificación tipos de Suelo IGAC.

Clasificación UCS F	Paisaje	Clima	Tipo de Relieve	Litología Sedimentos	Características Relieve y Suelos	Componentes Taxonómicos	Perfil	%	ÁREA ha
MGEg	Montañas estructurales erosiónales	Muy frío, muy húmedo	Crestas homoclinales abruptas	Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de limo arcillosas	Relieve fuertemente escarpado, con pendientes superiores a 50%, suelos superficiales a moderadamente profundos, limitados por contenidos tóxicos de aluminio; reacción extremadamente ácidos y de fertilidad baja	Complejo: Humic Lithic Dystrudepts; Afloramientos rocosos; Typic Hapludands	PB-2; B-106	65, 20, 15	8739.37
MKEg	Montañas estructurales erosiónales	Muy frío y frío, húmedo	Crestas homoclinales abruptas	Depósitos superficiales piroclásticos de ceniza volcánica sobre rocas sedimentarias clásticas limo arcillosas	Relieve fuertemente escarpado, con pendientes superiores al 75%; afectados por pedregosidad superficial, suelos muy superficiales, limitados por saturación de aluminio mayor del 80%, bien drenados, de texturas medias con gravilla, reacción extremadamente ácida, y fertilidad baja	Complejo: Lithic Udorthents; Typic Dystrudepts; Afloramientos rocosos	PB-3; B-104	40, 25, 20	792.62
MKCd	Montañas estructurales erosiónales	Muy frío y frío, húmedo	Espinazos y cuestas	Rocas sedimentarias clásticas mixtas y depósitos superficiales piroclásticos de ceniza volcánica	Relieve moderado a fuertemente quebrado y moderadamente escarpado, con pendientes 12-25%, 25-50% y 50-75%, afectados por erosión hídrica y escurrimiento difuso, en grado ligero, localmente presentan pedregosidad superficial; los suelos son muy superficiales, limitados por contenidos tóxicos de aluminio (SAI>70%), bien drenados, de texturas franco finas, reacción fuertemente ácida y fertilidad moderada a baja	Asociación: Humic Dystrudepts; Typic Udorthents	PB-71; PB-65	45, 35	597.16
MKEg	Montañas estructurales erosiónales	Muy frío y frío, húmedo	Crestas homoclinales abruptas	Depósitos superficiales piroclásticos de ceniza volcánica sobre rocas sedimentarias	Relieve fuertemente escarpado, con pendientes superiores al 75%; afectados por pedregosidad superficial, suelos muy superficiales, limitados por saturación de aluminio mayor del 80%, bien drenados, de texturas medias con gravilla, reacción extremadamente ácida, y fertilidad baja	Complejo: Lithic Udorthents; Typic Dystrudepts; Afloramientos rocosos	PB-3; B-104	40, 25, 20	154.79

Clasificación UCS F	Paisaje	Clima	Tipo de Relieve	Litología Sedimentos	Características Relieve y Suelos	Componentes Taxonómicos	Perfil	%	ÁREA ha
				clásticas limo arcillosas					
AHVf1	Altiplanicie estructural	Muy frío y frío, húmedo	Lomas y glacís	Depósitos superficiales piroclásticos de ceniza volcánica sobre rocas sedimentarias clásticas mixtas	Relieve moderado a fuertemente quebrado y fuertemente inclinado a ligeramente empinado, con pendientes 12-25% y 25-50%; presentan movimientos en masa (pata de vaca), escurrimiento difuso y erosión hídrica, laminar en grado ligero; suelos superficiales, limitados por contenidos tóxicos de aluminio (SAl>80%), bien drenados, pH fuerte a moderadamente ácido y la fertilidad es baja	Asociación: Pachic Melanudands; Humic Dystrudepts; Typic Hapludands	R-01; PB-28; B-16	30, 30, 30	5554.46
ME	Misceláneo erosionado	Misceláneo erosionado	Misceláneo erosionado	Misceláneo erosionado	Relieve fuertemente ondulado y fuertemente quebrado hasta escarpado, con pendientes superiores al 25%, afectados por escurrimiento difuso y concentrado en grado moderado a muy severo (bad-lands) con alta presencia de material ferralítico, cascajo y gravilla, aflora el material parental; en las inclusiones existen suelos muy superficiales, excesivamente drenados, reacción extremadamente ácida y fertilidad baja	Consociación: Misceláneo erosionado	N/A	100	2601.03

Clasificación UCS F	Paisaje	Clima	Tipo de Relieve	Litología Sedimentos	Características Relieve y Suelos	Componentes Taxonómicos	Perfil	%	ÁREA ha
MLEg	Montañas estructurales erosionales	Frío, muy húmedo	Crestas homoclinales abruptas	Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de limo arcillosas	Relieve fuertemente quebrado, fuertemente ondulado y fuertemente inclinado, con pendientes 12-25%, 25-50% y 50-75% afectados en sectores por fragmentos de roca en superficie, movimientos en masa y erosión hídrica. Los suelos son muy profundos y superficiales, limitados por presentar saturaciones de aluminio mayores del 60%, bien drenados, de texturas medias, reacción muy fuertemente ácida y ligeramente alcalina, predomina condiciones de fertilidad baja	Complejo: Lithic Udorthents; Typic Dystrudepts; Afloramientos rocosos	B-55; B-14	40, 30, 20	1390.23
MMEg	Montañas estructurales erosionales	Frío, seco	Crestas homoclinales abruptas	Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de limo arcillosas	Relieve moderado a fuertemente quebrado y moderadamente escarpado, pendientes predominantes 25-75%; afectados por movimientos en masa (pata de vaca), erosión hídrica, ligera a moderada. Los suelos son superficiales a moderadamente profundos, bien drenados, de texturas medias sobre finas, reacción muy fuertemente ácida, saturación de bases y fertilidad moderada a alta	Complejo: Lithic Ustorthents; Humic Dystrustepts; Afloramientos rocosos	B-122; B-140	40, 30, 20	1956.44
MLVe1	Montañas estructurales erosionales	Frío, muy húmedo	Vigas, lomas, coluvios y glacís	Rocas sedimentarias clásticas mixtas	Relieve moderado a fuertemente quebrado y moderadamente escarpado, con pendientes 12-25%, 25-50% y 50-75%, afectados por escurrimiento difuso, erosión laminar en grado ligero y movimientos en masa; suelos muy profundos a superficiales, limitados por saturaciones de aluminio mayores del 80%, bien drenados, de texturas franco fina, reacción fuertemente ácida, en algunos suelos y fertilidad moderada a baja	Asociación: Pachic Fulvudands; Andic Dystrudepts; Humic Dystrudepts	PJ-112; R-05; PJ-83	40, 30, 20	157.82

MLVe1	Montañas estructurales erosionales	Frío, muy húmedo	Vigas, lomas, coluvios y glacís	Rocas sedimentarias clásticas mixtas	Relieve moderado a fuertemente quebrado y moderadamente escarpado, con pendientes 12-25%, 25-50% y 50-75%, afectados por escurrimiento difuso, erosión laminar en grado ligero y movimientos en masa; suelos muy profundos a superficiales, limitados por saturaciones de aluminio mayores del 80%, bien drenados, de texturas franco finas, reacción fuertemente ácida, en algunos suelos y fertilidad moderada a baja	Asociación: Pachic Fulvudands; Andic Dystrudepts; Humic Dystrudepts	PJ-112; R-05; PJ-83	40, 30, 20	493.91
MHEf	Montañas estructurales erosionales	Muy frío, húmedo	Crestas y crestones homoclinales	Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de limo arcillosas	Relieve moderado y fuertemente escarpado, con pendientes superiores al 50%, suelos físicamente sin limitantes en su profundidad, pero químicamente superficiales por presentar saturación de aluminio mayor del 75%, bien drenados, de texturas medias con gravilla, reacción extremadamente ácida, y fertilidad baja	Complejo: Lithic Udorthents; Oxic Dystrudepts; Afloramientos rocosos	PB-13A; 503	45, 35, 20	1080.31
MMHa	Montañas estructurales erosionales	Frío, seco	Vallecitos	Depósitos superficiales clásticos hidrogravigénicos	Relieve plano con pendientes 1-3%; predominan alternancia de procesos de acumulación y erosión. Los suelos son moderadamente profundos, limitados por cantos redondeados, texturas francas, reacción ligera a fuertemente ácida y fertilidad moderada a alta	Complejo: Typic Ustifluvents; Fluventic Haplustepts; Aquic Haplustepts	PB-87; 793; 611	40, 30, 20	4645.8
ME	Misceláneo erosionado	Misceláneo erosionado	Misceláneo erosionado	Misceláneo erosionado	Relieve fuertemente ondulado y fuertemente quebrado hasta escarpado, con pendientes superiores al 25%, afectados por escurrimiento difuso y concentrado en grado moderado a muy severo (bad-lands) con alta presencia de material ferralítico, cascajo y gravilla, aflora el material parental; en las inclusiones existen suelos muy superficiales, excesivamente drenados,	Consociación: Misceláneo erosionado	N/A	100	20059.87

					reacción extremadamente ácida y fertilidad baja				

Fuente: IGAC 2003.

Matriz de Temperatura máxima promedio anual y mensual

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROM AÑO
1991	23.82	24.42	23.22	22.98	23.48	22.67	22.23	21.61	23.63	23.06	22.34	22.97	23.04
1992	23.81	24.06	25.15	24.18	23.54	22.55	22.25	22.60	23.31	22.67		22.61	23.34
1993	23.27	23.61	22.94	23.33	22.97	22.62	22.68	22.80			23.00	23.12	23.03
1997				23.17	23.31	22.51	22.29	23.00	24.06	24.05	23.51	24.34	23.36
1998	25.53	25.37	25.30	24.81	23.45	22.65	22.76	22.66	23.46	23.54	22.43	22.27	23.69
1999	22.48	22.16	22.64	22.48	23.03	22.68	22.19	22.45	21.72	22.47	22.19	21.99	22.37
2000	22.33	22.46	22.46	23.09	22.46	22.57	22.76	22.41	22.32	22.69	22.18	22.40	22.51
2001	23.37	23.55	23.09	23.63	23.61	22.24	22.56	22.95	23.00	23.63	22.76	23.24	23.14
2002	23.33	24.40	23.93	23.06	23.14	21.93	22.52	22.97	23.29	23.43	21.20	24.27	23.12
2004	22.58	22.76	20.77	21.89				22.32	23.07	22.84	22.68	22.62	22.39
2005	23.01	23.74	24.68	23.72	23.48	23.05	22.81	22.82	24.02	23.70	23.51	23.46	23.50
2006	24.18	25.09	23.87	23.49	24.14	23.31	23.11	23.81	24.39	24.04	22.99	23.74	23.85
2007	24.35		24.54	23.84	23.88	22.32	23.36	22.74	23.66	23.55	23.28	23.33	23.53
2008	23.18	23.41	24.21	23.26	23.44	23.29	22.44	22.76	23.01	22.95	23.21	22.76	23.16
2009	22.42	22.63	22.62	23.07	22.81	22.62	22.60	23.03	24.24	23.35	23.45	24.27	23.09
2010	25.58	25.47	24.78	23.87	23.44	22.54	21.69	21.81	22.37	22.17	21.30	21.37	23.03
2011	22.73	22.83	21.54	22.42	22.87	23.00	22.54	23.14	23.09	22.03	22.16	22.12	22.54
2012	23.21	22.99	23.21	22.55	22.85	22.89	22.67	23.13	24.06	23.79	23.60	23.49	23.20
2013	25.52	23.94	24.86	25.05	23.63	24.05	23.42	23.85	24.63	24.47	23.64	23.83	24.24
2014	24.80	25.30	24.45	24.81	24.32	24.16	23.91	23.95	24.43				24.46
2016		27.92	28.08	25.50	25.47	24.28	24.34	25.46	25.03	25.13	24.12	23.93	25.39
2017	23.90	24.92	23.91	24.76	23.54	23.11	23.50	23.95	24.67	23.97	23.40	24.24	23.99
2018	24.08	25.62	24.39	22.53	23.39	22.73	23.23	23.15	23.83	23.74	23.57	23.57	23.65
2019	23.85	25.48	24.70	24.32	23.86	23.81	23.70	23.17	23.91	23.28	23.78	24.02	23.99
2020	24.36	25.30	25.15	24.65	24.33	23.28	23.07	23.64	23.60	24.49	22.72	23.65	24.02

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROM AÑO
2021	23.75	24.57	22.74	23.75	23.20	22.87	23.41	23.24	23.28	23.52	23.21	23.48	23.42
2022	23.88	23.63	23.27				22.66	22.98	23.16	22.75	22.55	22.94	23.09
2023	22.64	24.14	23.58	23.14	24.27	23.65	23.48	24.18	24.83	24.63	23.98	24.62	23.93
2024	26.30	25.44	26.08										25.94
PROM MES	23.79	24.27	23.93	23.61	23.54	22.98	22.90	23.09	23.63	23.46	22.95	23.28	

Fuente: (IDEAM, 2024)

Matriz de Temperatura máxima promedio anual y mensual.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAY	JUNI	JULI	AGOST	SEPTIEMBR	OCT	NOVI	DICI	PROM ANUAL
1991		9.91	10.30	10.47	11.74		10.93	11.13	11.17	9.75	10.90	8.40	10.47
1992	7.77	9.91	10.67	10.77	11.41	11.26	8.94	8.35	7.56	6.83		10.69	9.47
1993	10.84	10.68	11.76	12.83	12.85	12.10	10.68	11.97	11.70	11.43	12.17	11.29	11.69
1994	11.22	11.90	12.67	12.87	12.87	11.78	11.70	11.19	11.75	11.75	11.17	11.39	11.86
1995	9.57	10.08	11.42	12.42	11.78	11.21	10.82	11.57	11.32	11.48	11.75	11.50	11.24
1996	10.95	11.68	12.37	12.07	12.28	12.09	11.91	11.08	11.45	11.78	11.10	10.93	11.64
1997	11.51	11.00	11.32	12.19	12.49	11.43	11.49	11.92	11.91	11.21	11.94	10.42	11.57
1998	11.10	12.37	13.17	13.88	13.80	12.44	11.71	11.57	11.51	11.82	11.86	11.39	12.22
1999	11.42	12.39	11.99	12.21	11.45	11.42	11.05	11.60	11.16	11.78	11.61	11.91	11.67
2000	10.88	10.96	11.35	11.80	11.85	11.19	10.78	10.58	11.02	11.69	12.48	10.45	11.25
2001	8.88	10.19	11.58	11.61	12.13	11.50	10.69	11.44	11.11	12.17	11.75	12.23	11.27
2002	10.62	10.74	11.91	12.30	12.77	12.73	11.42	11.80	11.15	11.55	11.27	14.00	11.86
2003	9.98	11.60	11.84	12.46	12.25	10.75	11.19	10.47	11.12	11.61	11.11	10.69	11.26
2004	10.71	9.97	11.45	12.19	11.92	10.71	9.22	8.94	9.83				10.55
2006	8.64	8.88	9.59	9.16	8.28	8.95	9.56	9.65	8.67	8.74	7.85	7.64	8.80
2007	7.93		8.78	8.25	7.81	8.55	8.64	9.14	9.35	10.62	9.52	10.63	9.02
2008	10.67	10.60	10.95	11.75	11.86	11.53	11.08	11.20	11.23	10.58	12.22	11.10	11.23

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAY	JUNI	JULI	AGOST	SEPTIEMBR	OCT	NOVI	DICI	PROM ANUAL
2009	10.72	10.31	11.69	11.61	11.57	11.92	10.41	11.45	10.63	11.01	11.39	9.68	11.03
2010	8.59	11.03	11.42	12.83	13.00	11.72	11.54	10.80	11.54	11.44	11.96	11.00	11.41
2011	9.38	10.23	11.12	12.06	11.93	10.95	10.33	9.79	9.80	10.51	11.32	11.07	10.71
2012	9.38	10.23	11.12	12.06	11.93	10.95	10.33	9.79	9.80	10.51	11.32	11.07	10.71
2013	8.94	11.16	10.91	11.78	11.79	10.62	9.50	9.38	8.94	10.65	11.34	9.96	10.41
2014	9.30	10.07	10.99	11.11	11.21	10.39	10.05	9.40	9.76				10.25
2016	9.39	9.87	11.34	12.35	12.14	10.31	10.15	9.94	9.97	10.52	10.98	10.11	10.59
2017	8.85	9.18	9.48	7.66	7.65								8.56
2018	6.53	7.10	7.33	7.43	7.96	10.10	8.20	8.53	8.07	8.06	10.30	8.27	8.16
2019	8.20	8.61	11.32	12.43	12.30	11.66	10.38	10.32	10.75	10.29	11.33	10.51	10.67
2020	9.91	9.31	10.91	11.80	11.38	10.79	10.09	10.22	9.65	10.18	10.74	9.42	10.37
2021	8.38	9.03	9.29	9.30	9.39	8.95	8.97	9.30	8.33	8.70	8.11	7.96	8.81
2022	7.95	7.40	8.02	8.15	8.05	7.71	8.26	7.60	7.71	7.91	7.89	7.21	7.82
2023	6.70	7.07	7.49	7.27	7.69	7.63	7.85	7.75	7.20	7.42	7.72	7.59	7.45
2024	6.78	7.24	7.77										7.26
PROM MENSUAL	9.41	10.02	10.73	11.20	11.21	10.81	10.26	10.26	10.17	10.43	10.86	10.30	

Fuente: (IDEAM, 2024)

Precipitación Media Mensual Arámbuco

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROM AÑO
1990					89.30	24.60	35.10	29.60	75.80	325.80	200.90	250.00	128.89
1991	69.50	67.20	211.40	258.40	190.40	49.60	36.80	28.10	82.90	136.60	269.90	198.20	133.25
1992	91.50	156.90	137.40	253.80	226.40	49.80	63.20	53.70	113.20	66.90	265.40	203.80	140.17
1993	170.00	217.70	236.30	242.80	189.20	26.90	42.90	44.30	80.60	105.20	301.60	115.10	147.72
1994	160.30	181.20	307.50	304.10	128.10	89.90	41.30	49.40	72.60	292.40	329.20	148.60	175.38
1995	35.10	95.80	353.30	182.90	138.50	109.00	123.90	143.50	68.30	241.50	156.80	231.40	156.67

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROM AÑO
1996	149.10	167.20	228.90	145.20	143.70	120.80	95.40	94.50	43.10	310.50	201.00	112.50	150.99
1997	278.70	149.30	150.40	243.90	117.20	64.80	22.20	21.60	93.30	111.80	238.80	46.40	128.20
1998	72.10	103.00	306.00	149.50	248.60	43.40	73.20	96.30	127.20	210.70	280.30	134.80	153.76
1999	217.80	290.90	292.70	241.00	121.50	129.20	41.80	69.60	167.80	217.50	200.00	157.80	178.97
2000	92.90	176.10	307.80	202.00	175.70	154.90	54.70	32.90	175.10	136.90	177.50	104.10	149.22
2001	72.20	105.80	144.40	83.20	150.20	69.70	55.40	9.10	227.20	188.30	203.80	218.80	127.34
2002	21.80	121.50	324.30	232.50	200.30	70.90	55.10	65.90	61.30	272.60	136.90	199.40	146.88
2003	37.30	199.80	164.20	200.40	61.60	101.90	27.80	24.50	86.70	247.30	259.30	72.90	123.64
2004	60.40	181.20	175.90	358.60	198.30	13.00	65.50	11.40	126.90	311.40	198.70	119.10	151.70
2005	141.20	195.90	135.10	203.40	191.30	44.20	96.50	44.80	103.80	329.30	279.60	250.00	167.93
2006	188.70	33.90	411.30	283.00	256.40	103.90	31.70	23.80	107.60	300.30	216.70	212.10	180.78
2007	178.70	43.80	163.70	199.70	198.20	19.30	70.30	124.00	14.30	356.40	166.90	191.50	143.90
2008	179.20	150.60	202.00	212.20	294.20	96.80	62.60	138.90	78.40	236.60	330.30	133.90	176.31
2009	145.10	185.20	345.80	182.60	100.00	82.70	25.10	53.30	60.90	215.10	219.40	114.20	144.12
2010	36.30	195.10	168.20	358.80	215.20	139.20	219.90	44.30	205.80	296.30	334.20	199.00	201.03
2011	95.80	240.30	227.70	422.20	225.50	75.70	86.00	92.00	119.80	338.50	350.50	253.80	210.65
2012	256.20	166.40	166.30	364.50	128.30	45.50	36.60	46.90	39.90	186.80	193.00	111.20	145.13
2013	29.30	269.60	263.90	230.80	163.00	38.90	32.30	83.80	81.90	262.40	239.10		154.09
2014						25.90	27.60	20.20	47.10	130.50	236.80	177.70	95.11
2015	91.30	136.80		237.10	97.80		31.50	31.20	30.60	201.50	129.50	50.30	103.76
2016	42.20	108.50	178.10	245.10	138.60	61.00	53.90	23.90	60.20	316.90	171.20	224.00	135.30
2017	117.70	109.70	261.20	185.30	159.10	167.40	38.80	67.30	58.50	148.20	238.70	103.40	137.94
2018	155.30	72.00	189.90	264.60	213.50	34.90	28.60	18.80	83.00	186.20	246.90	67.40	130.09
2019	41.80	153.70	440.00	263.60	138.60	37.40	16.20	33.50	136.50	106.70	167.70	162.60	141.53
2020	40.50	114.50	155.50	192.90	115.00	57.20	72.70	42.10	143.80	110.70	404.90	172.00	135.15
2021	57.20	74.20	342.80	217.40	252.00	197.10	19.10	97.90	77.40	303.40	205.50	170.50	167.88

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROM AÑO
2022	78.00	212.90	172.90	176.40	111.80	185.90	96.20	77.10	138.20	229.70	302.20	135.60	159.74
2023	235.70	150.50	287.20	262.60	245.00	46.50	39.40	30.90	92.40	262.40	146.20	81.80	156.72
2024	16.20	106.70	136.30										86.40
PROM MES	110.76	149.51	237.14	237.52	170.38	78.12	56.45	54.97	96.53	226.27	235.28	155.27	

Fuente: (IDEAM, 2024)

Precipitación Media Mensual San Pedro de Iguaque

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAY	JUNI	JUL	AGOST	SEPTIEM	OCT	NOVIEM	DICIEM	PROM ANUAL
1990					116.10	7.80	25.60	24.90	11.60	219.90	75.70	82.70	70.54
1991	0.00	12.70	167.10	101.70	132.50	16.40	57.80	22.10	83.90	105.90	162.40	33.50	74.67
1992	42.50	30.50	18.90	66.50	84.50	19.50	52.00	25.40	47.60	41.80	147.10	73.50	54.15
1993	39.40	21.50	69.00	90.90	163.20	25.70	46.80	24.90	28.20	65.30	175.80	41.90	66.05
1994	47.20	147.30	116.80	181.00	98.70	46.70	40.70	24.80	111.80	175.00	131.40	8.30	94.14
1995	7.70	66.30	68.70	51.60	30.90	56.30	49.00	83.50	46.30	76.50	64.40	55.30	54.71
1996	42.40	49.70	126.40	86.30	106.20	78.90	79.70	43.90	14.80	154.70	55.20	35.50	72.81
1997	109.70	37.40	36.10	63.70	48.80	50.40	25.80	17.30	64.50	61.60	71.30	3.90	49.21
1998	9.80	21.50	112.00	92.20	174.60	58.90	56.00	75.10	34.50	137.30	71.40	104.30	78.97
1999	68.30	120.30	111.90	109.70	33.50	65.10	25.40	39.20	104.40	111.90	75.30	141.80	83.90

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAY	JUNI	JUL	AGOST	SEPTIEM	OCT	NOVIEM	DICIEM	PROM ANUAL
2000	18.80	113.30	118.10	57.10	109.20	61.60	52.00	57.70	138.00	83.40	58.40	34.90	75.21
2001	9.20	9.50	102.20	9.00	38.80	38.60	7.00	5.20	47.30	67.50	63.50	89.00	40.57
2002	4.00	46.20	120.10	151.20	110.10	60.50	50.00	20.80	0.90	77.60	62.50	63.20	63.93
2003	1.20	8.80	33.20	53.00	44.10	16.10	17.50	31.00	36.00	134.20	78.50	49.50	41.93
2004	2.10	7.50	117.40	168.30	99.10	0.00	12.20	0.00	14.40	99.40	57.80		52.56
2005	54.70	70.70	19.30	77.40	133.60	16.10	25.10	47.50	51.00	124.90	115.50	55.20	65.92
2006	81.90	3.10	132.60	262.90	97.70	98.90	44.70	22.00	32.00	176.10	144.90	82.90	98.31
2007	14.80	18.40	80.90	85.50	124.20	41.80	62.60	67.10	6.90	293.50	71.70	90.70	79.84
2008	62.40	48.20	36.70	119.20	169.30	87.30	37.60	131.60	105.50	121.70	144.00		96.68
2009	32.60	42.90	165.80	82.20	72.50	54.40	18.50	52.30	76.80	108.70	22.30	27.60	63.05
2010	5.20	69.60	58.50	178.20	183.30	74.50	169.40	27.10	82.00	100.00	155.90	65.60	97.44
2011	38.50	144.00	157.70	249.40	151.00	50.40	88.20	33.50	24.10	196.30	221.50	120.00	122.88
2012	56.00	50.50	120.30	243.40	33.30	17.00	58.60	30.70	8.10	141.20	38.50	30.80	69.03
2013	3.80	66.60	52.10	107.80	89.80	28.90	32.60	35.70	26.90	194.00	111.40	81.20	69.23
2014	31.50	54.30	100.10	92.50	80.00	46.50	14.50	8.00	11.50	79.80	177.80	31.60	60.68
2015	19.30	51.40	128.50	115.50	20.90	42.60	35.20	19.80	32.00	16.50	69.50	7.50	46.56
2016	42.50	38.00	85.00	184.50	87.00	19.20	47.00	9.20	47.50	168.50	182.00	121.00	85.95
2017	45.00	41.00	146.00	139.50	90.50	116.00	14.50	37.00	13.30	83.00	94.50	28.00	70.69
2018	79.50	33.50	112.00	150.50	148.30	50.00	35.00	37.50	22.00	167.50	145.50	6.50	82.32
2019	7.50	48.00	136.70	162.50	70.00	17.60	19.00	34.00	59.50	89.00	87.50	47.00	64.86
2020	13.50	58.00	84.50	32.50	66.00	71.00	61.00	39.00	59.00	28.50	182.70	39.00	61.23
2021	20.00	52.00	144.10	85.80	115.00	73.50	31.50	76.00	31.50	197.50	70.50	25.00	76.87

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAY	JUNI	JUL	AGOST	SEPTIEM	OCT	NOVIEM	DICIEM	PROM ANUAL
2022	17.20	159.00	140.00	128.30	97.50	124.00	56.00	37.50	82.20	134.30	170.50	15.50	96.83
2023	100.80	40.00	199.00	101.00	90.50	31.00	21.50	48.50	16.00	130.80	25.50	44.50	70.76
2024	0.50	18.60	9.50										
PROM MENSUAL	33.22	52.95	100.80	117.60	97.37	48.92	43.24	37.94	46.24	122.46	105.36	54.28	

Fuente: (IDEAM, 2024)

Precipitación Media Mensual Panelas.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROM ANUAL
1990					90.20	20.40	54.20	8.30	8.60	130.50	70.80	26.80	51.23
1991	10.70	21.30	73.20	127.30	55.80	39.10	72.20	34.20	91.30	45.10	160.80	5.00	61.33
1992	2.00	12.60	23.00	144.30	78.10	33.90	18.20	22.20	46.50	6.90	67.00	41.50	41.35
1993	42.80	24.70	73.10	72.90	82.90	21.10	46.70	78.20	40.10	59.90	112.10	35.20	57.48
1994	50.20	84.80	56.40	121.30	110.60	86.20	71.40	60.10	48.50	176.30	103.20	0.00	80.75
1995	9.00	19.20	53.30	59.90	59.50	68.60	64.60	49.80	21.50	70.60	103.60	67.30	53.91
1996	53.30	31.20	81.60	55.30	122.60	57.10	73.40	73.60	18.90	91.50	27.80	16.80	58.59
1997	53.30	32.20	20.60	24.60	77.50	60.60	43.40	14.40	40.20	30.50	49.50	0.00	37.23
1998	0.00	2.00	40.00	44.30	74.70	75.40	31.20	93.60	35.50	117.50	30.40	66.00	50.88
1999	20.50	58.70	100.50	101.60	43.80	62.30	87.40	79.40	143.00	55.20	85.20	67.30	75.41
2000	6.20	53.30	76.60	27.90	85.80	54.20	26.10	107.80	87.90	112.40	107.30	11.30	63.07
2001	13.30	5.40	38.50	8.80	76.30	44.30	15.00	1.00	9.20	38.80	46.10	44.30	28.42
2002	3.70	28.60	74.00	168.10	104.80	47.00	22.80	62.30	32.80	62.00	78.10	25.70	59.16
2003	0.80	52.40	90.40	100.50	49.50	46.90	39.90	60.30	66.20	181.30	151.60	6.20	70.50
2004	2.40	16.10	36.50	130.10	76.80	35.50	19.90	16.40	67.70	147.10	60.30	27.20	53.00
2005	20.60	27.10	20.60	24.90	117.30	48.20	28.20	84.50	94.10	125.40	112.80	75.30	64.92

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROM ANUAL
2006	136.40	27.60	125.20	190.90									120.03
2007		4.80	44.90	37.90	156.10	85.50	65.30	82.50	10.30	170.50	109.70	137.80	82.30
2008	5.50	25.80	58.40	139.20	139.70	89.90	97.10	78.50	88.70	117.50	48.50		80.80
2009	55.90	59.90	160.10	74.50	80.50	85.40	49.90	35.10	32.10	145.00	34.40	25.90	69.89
2010	0.00	23.80	36.60	220.30	221.00	143.70	127.70	12.10	72.80	159.50	170.30	116.10	108.66
2011	10.00	177.90	141.50	223.80	108.60	71.20	139.10	62.30	44.80	242.60	208.90	134.90	130.47
2012	54.00	35.60	89.00		78.20	39.50	65.00	29.40	10.00	26.10	44.10	5.80	43.34
2013	2.90	22.10	32.60	83.90	73.30	22.10	17.00	55.80	8.50	91.80	140.20	19.00	47.43
2014	15.80	17.50	32.50	26.90	29.10	6.00	42.80	5.80	8.70	88.40	63.60	5.20	28.53
2015	45.90	72.40	85.10	61.20	59.40	69.20	86.20	27.80	11.80	16.80	37.20	0.00	47.75
2016	17.80	12.20	41.20	106.60	92.30	40.30	35.30	29.20	56.70	154.70	138.90	48.50	64.48
2017	53.60	67.70	160.20	83.80	170.20	166.10	34.00	54.60	17.10	48.20	51.10	5.90	76.04
2018	52.60	0.60	84.00	117.10	157.50	35.40	71.60	7.30	1.20	142.00	81.00	10.40	63.39
2019	8.40	5.50	112.30	162.50	106.90	33.70	8.70	61.80	27.30	87.90	87.50	13.10	59.63
2020	11.70	50.90	26.40	17.60	29.60	20.10	26.20	25.40		89.50		10.90	30.83
2021	2.20	34.20	34.60	108.80	206.40	34.20	48.40	93.90	18.70	159.70			74.11
2022	0.30	155.20	86.30	96.20	35.50	110.00	63.60	10.00	117.90	122.00	85.50	0.00	73.54
2023	59.50	26.70	178.00	84.80	62.40	79.20	46.10	14.90					68.95
PROM MENSUAL	25.67	39.09	72.34	95.24	94.33	58.55	52.68	46.44	44.47	103.54	88.92	34.98	

Fuente: (IDEAM, 2024)

Precipitación Media Mensual El Emporio La Hacienda.

	ENER	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROM ANUAL
1990					61.00	0.00	28.30	7.60	5.40	138.90	55.40	51.00	43.45

	ENER	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROM ANUAL
1991	18.40	34.10	97.40	71.50	113.40	6.20	13.00	0.00	47.70	44.30	83.80	61.80	49.30
1992	36.80	40.60	9.40	56.50	34.50	8.90	5.90	21.50	77.60	18.50	94.30	61.80	38.86
1993	48.50	26.10	108.90	74.20	147.00	1.00	9.20	4.70	17.70	45.70	111.70	31.70	52.20
1994	37.20	129.70	99.50	95.30	40.70	17.10	20.00	1.00	86.40	139.20	118.80	1.10	65.50
1995	0.00	61.30	77.90	28.10	11.40	40.60	9.90	69.80	25.60	121.90	81.90	86.30	51.23
1996	31.70	124.40	70.40	117.30	61.50	42.20	9.80	11.70		184.10	63.10	18.40	66.78
1997	121.60	16.70	15.60	91.70	30.10	30.40	1.00	0.00	31.60	47.60	45.60	18.00	37.49
1998	18.20	67.00	70.30	38.60	150.50	5.40	18.60	27.90	10.60	118.50	56.80	66.00	54.03
1999	73.00	99.90	79.10	71.90	13.60	44.00	3.70	26.60	100.40	73.20		103.50	62.63
2000	10.40	65.40	46.50	81.70	47.20	32.80	19.20	24.80	95.90	106.90	24.20	31.50	48.88
2001	24.90	55.20	160.20	0.00	49.50	38.50	7.50	0.00	55.10	74.20	37.70	53.80	46.38
2002	9.50	32.10	46.10	69.40	67.00	48.20	9.20	27.40	20.30	39.20	40.50	55.30	38.68
2003	0.00	62.90	143.30	57.00	9.70	12.40	0.00	11.80	92.00	148.10	130.30	27.60	57.93
2004	10.20	11.10	68.10	138.30	65.60	2.70	15.70	0.40	55.70	82.70	51.70	35.30	44.79
2005	13.00	58.80	29.70	44.20	111.70	11.60	51.50	33.70	26.90	113.70	101.60	53.20	54.13
2006	59.30	25.40	122.00	143.40	88.50	78.30	14.20	0.00	26.30	123.60	138.20	61.20	73.37
2007	45.90	2.40	130.30	40.20	48.00	8.90	29.20	70.30	0.00	138.60	44.80	104.80	55.28
2008	57.90	43.90	28.10	57.80	165.10	34.80	32.30	58.30	40.40	71.50	118.20	40.20	62.38
2009	30.20	58.10	70.30	41.30	53.20	23.00	2.50	4.50	26.70	96.40	39.90	4.30	37.53
2010	2.20	34.80	13.60	175.60	139.00	56.30	108.30	39.50	107.40	73.20	111.80	57.20	76.58
2011	33.10	98.60	79.60	210.60	77.70	50.90	44.90	14.20	16.70	161.70	201.80	73.90	88.64
2012	72.40	10.00	96.70	193.30	6.10	1.00	22.10	4.90	0.50	91.80	80.40	37.20	51.37
2013	6.20	134.00	20.60	88.80	91.40	5.80	10.00	10.20	16.60	83.40	119.90	47.70	52.88
2014	15.60	26.70	54.40	122.30	63.60	0.00	0.00	0.00	5.00	69.90	160.90	28.00	45.53
2015	55.00	54.70	104.10	102.00	2.80	3.80	8.30	0.00	20.30	11.70	25.40	1.80	32.49
2016	7.60	11.50	74.90	113.20	54.10	7.80	9.30	3.40	31.70	125.60	107.30	92.70	53.26
2017	11.20	24.00	195.70	111.80	61.70	63.50	0.00	23.30	3.20	43.70	84.90	8.50	52.63

	ENER	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROM ANUAL
2018	69.70	69.80	149.60	70.70	81.10	3.40	7.50	15.50	18.80	80.90	79.70	0.50	53.93
2019	9.00	63.00	98.80	124.00	45.70	20.50	6.40	6.80	21.70	184.70	84.80	26.50	57.66
2020	16.70	54.20	92.40	50.80	50.20	45.10	46.90	10.20	35.20	52.90	238.70	40.90	61.18
2021	4.90	46.10	118.00	72.90	56.10	51.50	8.50	90.30	12.50	169.40	42.40	13.60	57.18
2022	8.40	116.20	102.70	114.30	55.90	68.40	26.60	20.20	56.80	161.20	138.80	18.40	73.99
2023	31.50	7.90	117.30	43.50									50.05
PROM MENSUAL	30.01	53.53	84.59	88.25	65.29	26.21	18.17	19.41	37.15	98.09	91.10	42.84	

Fuente: (IDEAM, 2024)

Dirección del Viento media mensual Chinavita.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROM ANUAL
2017		165.66	156.27	139.73	153.19	163.26	187.75	164.11	104.82	150.22	167.42	173.07	156.86
2018	161.82	181.45	158.52	215.67	231.20	198.92	212.13	152.38	143.20	180.40	179.96	144.97	180.05
2019	172.89	143.72	156.98	142.28	207.57	199.31	193.50	168.19	131.09	122.86	174.73	162.73	164.66
2020	155.75	160.58	170.40	166.13	201.06	193.47	202.94	157.17	148.76	128.01			168.43
2021								191.47	138.35	165.93	147.87	78.85	144.49
2022		107.06	124.50	166.58	113.83	152.69	131.88	179.70	227.32	155.45	122.89	77.94	141.80
2023	88.32	52.34											70.33
PROM MENSUAL	144.70	135.14	153.33	166.08	181.37	181.53	185.64	168.84	148.92	150.48	158.57	127.51	

Fuente: (IDEAM, 2024)

Dirección del Viento media mensual El Espino

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROM ANUAL
2006												7.71	7.71
2007	8.21	8.56	7.92	7.22									7.98
2008						6.92	6.55	6.45	6.75	7.30	7.30	8.73	7.14
2009	7.87	7.77	7.16	7.48	6.50	6.72	7.03	6.62	7.01				7.13
2010		8.43	7.64	6.86	6.45	6.39	6.28	6.14	6.13	6.68	7.07	7.21	6.84
2011	8.09	7.66	6.79										7.51
2012					6.32	6.45	6.52			147.17			41.61
2013				131.71	103.86	119.01	125.22	117.50	109.81	116.87	134.13	157.89	124.00
2014	181.34	175.94	169.80	141.92	136.78	115.00	121.82		105.02	106.86	142.15	169.97	142.42
2015	166.77	158.04	154.86	128.81	106.08	118.43	107.42	111.20	105.12	116.80	123.71	150.55	128.98
2016					94.43	99.37	96.78	98.04	98.53	109.65	105.69	120.39	102.86
2017	128.10	136.00	103.75	108.78	91.14	100.91	99.92	104.40	101.55	99.87	113.99	124.53	109.41
2018	123.43	147.28	120.49	104.19	91.38	99.51	97.90	107.59	107.83	104.29	108.93	141.87	112.89
2019	129.12	142.55	117.72	110.84	93.74	107.11	97.39	101.03	106.02	97.57	112.15	119.44	111.22
2020	138.67	140.22	136.30	128.63	103.42	99.57	102.04	92.80	108.19	104.68			115.45
2021								104.35	92.41	106.06	119.47	125.27	109.51
2022		130.89	105.26	105.61	91.97	91.27	95.62	95.97	98.15	104.09	107.08	131.79	105.24
PROM MENSUAL	99.07	96.67	85.25	89.28	77.67	75.13	74.65	79.34	80.96	94.45	98.33	105.44	88.02

Fuente: (IDEAM, 2024)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROM ANUAL
2009		9.78	9.27	9.68	9.16	8.30	7.52	8.67	7.92	9.31			8.84
2010	8.82	8.95	8.92	9.41	9.23	8.95				9.25	9.15	9.55	9.14
2011	10.06	9.90	9.85						8.57				9.60
2013		211.71	204.06	224.87	203.73	169.97	169.19	181.75	187.12	208.39	222.12	211.30	199.47
2014	229.03	221.95					144.43	163.66	176.36	210.17	207.35	191.65	193.07
2015	201.54	220.15	235.43	208.98	173.45	149.67	156.00	162.14	169.52	186.58	210.51	170.02	187.00
2016	227.88	211.63	220.14	206.88	186.52	159.18	171.28	166.77	175.31	214.18	243.05	210.37	199.43
2017	238.44			201.68									220.06
2018						163.69	177.86		195.47	229.48	229.30	217.44	202.21
2019	209.09	231.46	222.14	222.64	210.45	151.80	164.31	179.26	181.44	202.01	223.95	205.47	200.34
2020	213.16	214.20	250.32	213.50	176.20	177.32	185.82	189.63	181.93	218.70	225.05	224.80	205.89
2021								207.43	186.20	209.90	227.30	236.99	213.56
2022		237.34	234.65			213.37	190.48	186.24	200.40	217.89	230.58	221.07	214.67
2023	217.71	215.38		228.01									220.37
PROM MENSUAL	172.86	162.95	154.98	169.52	138.39	133.58	151.88	160.62	151.84	174.17	202.83	189.87	

Dirección del Viento media mensual San pablo de borbur.

Fuente: (IDEAM, 2024)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROM ANUAL
2009		9.78	9.27	9.68	9.16	8.30	7.52	8.67	7.92	9.31			8.84
2010	8.82	8.95	8.92	9.41	9.23	8.95				9.25	9.15	9.55	9.14
2011	10.06	9.90	9.85						8.57				9.60
2013		211.71	204.06	224.87	203.73	169.97	169.19	181.75	187.12	208.39	222.12	211.30	199.47
2014	229.03	221.95					144.43	163.66	176.36	210.17	207.35	191.65	193.07
2015	201.54	220.15	235.43	208.98	173.45	149.67	156.00	162.14	169.52	186.58	210.51	170.02	187.00
2016	227.88	211.63	220.14	206.88	186.52	159.18	171.28	166.77	175.31	214.18	243.05	210.37	199.43
2017	238.44			201.68									220.06
2018						163.69	177.86		195.47	229.48	229.30	217.44	202.21
2019	209.09	231.46	222.14	222.64	210.45	151.80	164.31	179.26	181.44	202.01	223.95	205.47	200.34
2020	213.16	214.20	250.32	213.50	176.20	177.32	185.82	189.63	181.93	218.70	225.05	224.80	205.89
2021								207.43	186.20	209.90	227.30	236.99	213.56
2022		237.34	234.65			213.37	190.48	186.24	200.40	217.89	230.58	221.07	214.67
2023	217.71	215.38		228.01									220.37
PROM MENSUAL	172.86	162.95	154.98	169.52	138.39	133.58	151.88	160.62	151.84	174.17	202.83	189.87	

Dirección del Viento media mensual La hacienda.

Fuente: (IDEAM, 2024)