



Frailejón *Espeletiopsis guacharaca* (Foto M. Núñez, 2013)



Venado coliblanca *Odocoileus virginianus goudotii* (Foto B. Rodríguez, 2012)

PROGRAMA DE MONITOREO

PLAN DE MANEJO 2017-2021

**SANTUARIO DE FAUNA Y FLORA DE
IGUAQUE**

**PARQUES NACIONALES NATURALES DE
COLOMBIA**



Parques Nacionales
Naturales de Colombia



Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



EQUIPO DE TRABAJO DEL SFF IGUAQUE

WILLIAM ALBERTO ZORRO MALDONADO

Jefe de Área Protegida 2013 – Actual

LUIS A. GUERRERO (Q.D.E.P)

Jefe de Área Protegida 2012

MARÍA MERCEDES NUÑEZ IZQUIERDO

Profesional Universitaria

HÉCTOR FERNANDO VILLARREAL LEAL

Profesional Universitario

ELKIN MAURICIO PEDRAZA SARMIENTO

Técnico administrativo

JOSE GREGORIO VELASCO CORDERO

Operario Calificado

PEDRO REINA REINA

Operario Calificado

RUBEN DARIO IGUA CASTELLANOS

Operario Calificado

JOAQUIN MAURICIO VALDERRAMA VALDERRAMA

Operario Calificado

LEIDA ANABEL CORTES NARANJO

Profesional Turismo

ANA JACKELINE MUÑOZ PUENTES

Auxiliar Administrativa

WILLIAM YESID BELLO PARRA

Técnico Recurso Hídrico

KAROL BETANCOURT

Abogada

OSCAR FERNANDO GAITÁN

Sociólogo

JUAN CAMILO PEÑA CASTRO

Hidrólogo

Operarias – Turismo:

YAKELIN REINA RODRÍGUEZ

LIDA LUCENA TABORDA SANCHEZ

ALEJANDRINA SIMIJACA VARGAS

NOHORA ESPERANZA CARDENAS

Operarios – Control y Vigilancia:

WILLIAM IGUA CASTELLANOS

YIMMY ALEJANDRO LOPEZ LÓPEZ

ALVARO RAUL PINEDA SAENZ

JOSE ALIRIO PACHECO GUZMAN

CARLOS JULIO PINEDA SAENZ

YEFER RANGEL LUIS RUBIO

ALFERNEY RUBIO

CARLOS JULIO AMADO DIAZ

MAURO ENRIQUE SUAREZ ESPITIA

YESID ALEXANDER SOSA CUBIDES





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



Cítese como:

Núñez-Izquierdo & Zorro-Maldonado. 2017. Programa de monitoreo Santuario de Fauna y Flora Iguaque. Plan de Manejo Santuario de Fauna y Flora Iguaque 2017-2021. Dirección Territorial Andes Nororientales. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Villa de Leyva, Boyacá. Colombia. 139 págs.

Agradecimientos especiales:

Betsy Viviana Rodríguez Cabeza - Profesional Investigación y Monitoreo SGM-GPM Nivel Central PNNC

Johanna María Puentes Aguilar - Profesional Restauración SGM-GPM Nivel Central PNNC

Juan Geovanny Bernal - Profesional Recurso Hídrico DTAN PNNC

Bibiana Pérez Suarez – Profesional Restauración DTAN PNNC

Manuel Rodríguez Rocha – Profesional Investigación y Monitoreo DTAN PNNC

Angélica María Cogollo Calderón – Profesional de Apoyo Restauración DTAN PNNC





TABLA DE CONTENIDO

1. ANTECEDENTES DEL MONITOREO EN EL AREA PROTEGIDA	9
2. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS DEL PROGRAMA DE MONITOREO	15
2.1 OBJETIVO GENERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. ARTICULACIÓN CON OTRAS ESTRATEGIAS	16
4. EL MONITOREO COMO MECANISMO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO INMERSO EN EL CAMBIO GLOBAL	17
5. ANÁLISIS DE PRIORIZACIÓN DE VALORES OBJETO DE CONSERVACIÓN Y ELEMENTOS PARA MONITOREO	20
5.1 Objetivos y valores objeto de conservación	20
5.2 Valores Objeto de Conservación priorizados para el monitoreo	21
5.3 Presiones priorizadas para el monitoreo	24
6. ANÁLISIS DE ESTADO: ANÁLISIS DE INTEGRIDAD	26
7. ANÁLISIS DE AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO	29
8. ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS DE MANEJO	34
9. INDICADORES SELECCIONADOS PARA EL MONITOREO	35
8. DISEÑOS DE MONITOREO PARA LOS VALORES OBJETO DE CONSERVACIÓN Y PRESIONES PRIORIZADAS EN EL SFF IGUAQUE	36
8.1 Diseños de monitoreo en implementación en el primer año de vigencia del Programa de Monitoreo	36
8.1.1 Monitoreo del recurso hídrico asociado a la microcuenca del río Cane al interior del Santuario.	36
8.1.2 Monitoreo de la restauración ecológica	53
8.1.2.1 Diseño para formulación y/o implementación asociado a la restauración	69



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diseños de siembra de plantas en la zona de restauración del predio Mamarramos.....	12
Figura 2. Interrelación de las líneas estructurales que apoyan al programa de monitoreo en el SFF Iguaque.....	17
Figura 3. Mapa de Estado-Presión del SFF Iguaque	28
Figura 4. Distribución espacial de las amenazas a los objetos de conservación. Fuente: talleres internos del equipo de trabajo SFF Iguaque 2013, y ejercicio con O. Eraso 2012, GPM, según lineamientos institucionales.	30
Figura 5. Microcuencas al interior del SFF Iguaque. Tomado Plan de Manejo SFFI 2016-2021	38
Figura 6. Mapa del diseño de monitoreo del recurso hídrico: puntos de aforos	41
Figura 7. Mapa de localización del predio El Carare con 38 hectáreas en sector Chaina.....	54
Figura 8. Mapa de localización de predios Mamarramos 1 y 2, sector Capilla	58
Figura 9. Representación de la zona de restauración con las 5 parcelas de monitoreo al proceso .	62
Figura 10. Lagunas de páramo de origen glaciar: a) Ojo de Agua suministra agua al acueducto rural de Guancha - b) Cazadero suministra agua al Acueducto de la vereda Cerro ambas en el municipio de Chíquiza. Fotos M. Nuñez 2015.....	74
Figura 11. Especies de frailejón priorizadas para monitoreo en el SFF Iguaque en categorías de amenaza (García, et al. 2005) identificadas por Rodríguez-Cabeza B. (2012 -2015): a) <i>Espeletiopsis garciae</i> (En Peligro) - b) <i>Paramiflos glandulosus</i> (Vulnerable), d) <i>Espeletia tunjana</i> ((EN).	91
Figura 12. Mapa de SFF Iguaque para monitorear VOC venados y restauración ecológica con funcionalidad a los ecosistemas.....	100



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Vulnerabilidad de VOC priorizados para monitoreo en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque.....	34
Tabla 2. Indicadores propuestos para el monitoreo en el SFF Iguaque.	35
Tabla 3. Actividades insumo para monitoreo y que se vienen desarrollando en el área alrededor del VOC recurso hídrico de las microcuencas Quebrada Mamarramos y Río Cane.	39
Tabla 4. Formato de campo para toma de información con método de flotadores	42
Tabla 5. Formato para la toma de datos de aforo liquido por correntometro	45
Tabla 6. Materiales, equipos y presupuesto para el monitoreo de la oferta hídrica del río Cane. ..	49
Tabla 7. Materiales, equipos y presupuesto para el monitoreo de la restauración ecológica.	70
Tabla 8. Indicadores para el monitoreo de las Lagunas Ojo de Agua y Cazadero.	75
Tabla 9. Materiales, equipos y presupuesto para el monitoreo calidad hídrica Lagunas priorizadas	76
Tabla 10. Materiales, equipos y presupuesto para el monitoreo oferta hídrica Lagunas priorizadas	82
Tabla 11. Materiales, equipo y presupuesto para el monitoreo de los frailejones Espeletia tunjana (EN), Espeletopsis garciae (EN) y Paramiflos glandulosus (VU).	93
Tabla 12. Materiales, equipo y presupuesto para el monitoreo ocupación de fauna venados (<i>Odocoileus virginianus goudotii</i> y <i>Mazama rufina</i>)	104
Tabla 13. Materiales, equipos y presupuesto para el monitoreo del impacto del turismo en la comunidad de aves del bosque andino, altoandino, subpáramo y páramo del SFF Iguaque.....	114
Tabla 14. Monitoreo del estado de los senderos turísticos Clarinero y Bachué, rutas de acceso a la laguna de Iguaque.	122
Tabla 15. Plan de trabajo para la implementación del monitoreo en el SFF Iguaque	128
Tabla 16. Presupuesto general del programa de monitoreo del SFF Iguaque	131



LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Análisis de riesgo VOC Grupo de frailejones de la subtribu Espeletiinae (amarillo: Leve, rojo: Crítico).	31
Gráfica 2. Análisis de riesgo VOC Humedales Paramunas de origen glaciario: Ojo de Agua, Cazadero y de Iguaque (en verde: leve, rojo: crítico)	32
Gráfica 3. Análisis de riesgo VOC Recurso hídrico asociado a las microcuencas al interior del Santuario (en amarillo: moderado, rojo: crítico)	33
Gráfica 4. Tasa de reducción de caudales entre Julio 2015 y Marzo 2016 SFF Iguaque	47
Gráfica 5. Visualización del indicador oferta hídrica en el Río Cane. (Caudales)	48

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Hoja metodológica del indicador caudal disponible para fuentes hídricas líticas, Río Cane.
Anexo 2. Formato de campo para toma de información con método de flotadores
Anexo 3. Formato de campo para toma de datos de aforo por correntómetro (micromolinetete)
Anexo 4. Hoja metodológica del indicador Porcentaje de supervivencia
Anexo 5. Hoja metodológica del indicador de Riqueza específica
Anexo 6. Hoja metodológica del indicador de Diversidad
Anexo 7. Hoja metodológica del indicador de Cobertura especies nativas
Anexo 8. Hoja metodológica del indicador de Cobertura especies exóticas



1. ANTECEDENTES DEL MONITOREO EN EL AREA PROTEGIDA

El Programa de monitoreo es un componente del Plan de manejo de cada área protegida que actúa como instrumento proveedor de información, para facilitar los procesos de planificación, puesta en marcha y evaluación de las estrategias de manejo. (Flórez *et al*, 2008).

Para Parques Nacionales Naturales, el monitoreo se refiere a: “Es el estudio regular o continuo del estado de los valores objeto o prioridades de conservación del área protegida, de los factores que los afectan o de los elementos relevantes de las situaciones de manejo, a través de una serie de mediciones tomadas en el tiempo, de uno o más elementos particulares, llamados variables, bajo el propósito de orientar y verificar el impacto de las acciones de manejo y retroalimentar la gestión del área protegida. El levantamiento de la información sobre las variables se hará a través de diseños estandarizados de Monitoreo” (Adaptado de Sharpe, 1988, Estrategia Monitoreo 2010).

Si bien el seguimiento es importante para los VOC del Santuario, se debe partir de la realidad que hay frente al conocimiento de las especies y de los ecosistemas o servicios ecosistémicos identificados y priorizados, que se convierten en el eje fundamental tanto de la investigación como del monitoreo. Existen en el centro de documentación del Santuario, investigaciones y tesis de grado sobre algunos temas de los VOC identificados pero aun así, todavía hay grandes vacíos de información. Por ello, para construir procesos de monitoreo sobre los VOC se debe partir de hacer investigación para levantar línea base de conocimiento durante al menos el corto y el mediano plazo y empezar a monitorear a mediano y largo plazo, esto teniendo en cuenta las dificultades que se presentan en el AP de tipo operativo, bajo presupuesto, responder a otras actividades misionales y a otras eventualidades que puedan presentarse durante el desarrollo de la investigación y el monitoreo. En ese orden de ideas y teniendo en cuenta el poco conocimiento que el equipo o el área tiene sobre los VOC, se ha construido el presente documento.

A modo de contexto a continuación se presenta información respecto a las acciones de generación de línea base y monitoreo para restauración ecológica y ecoturismos que a la fecha se han implementado en el Santuario.





❖ Monitoreo de Restauración ecológica

-Restauración ecológica participativa en predios Mamarramos 1 y 2:

Estos dos predios de 171.9 hectáreas (Mamarramos 1 con 87.5 has y Mamarramos 2 con 84.4 has), los adquirió la Administración municipal de Villa de Leyva y por solicitud del equipo del Santuario de Fauna y Flora Iguaque, fueron cedidos al área protegida para actividades de conservación.

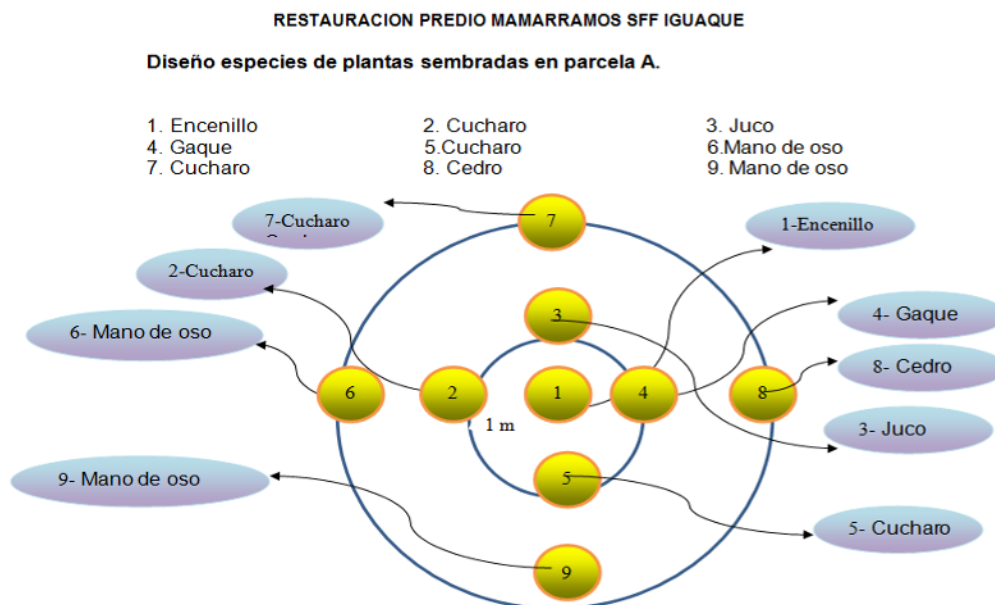
En los predios Mamarramos 1 y 2 la actividad ganadera se llevó a cabo desde antes de la Declaración del Santuario en 1977 por más de 20 años, por lo que esta presión generaba impactos en el área protegida, como la homogenización de las especies especialmente en la zona plana y baja de ambos predios, siendo dominante la especie exótica pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y en algunos sitios se presentaban parches muy pequeños de vegetación arbustiva, constituidos a veces por solo dos o tres especies vegetales tales como: tuno esmeraldo (*Miconia squamulosa*), tuno negro (*Miconia theaezans*), cucharo (*Rapanea sp*) y garrocho (*Viburnum tinoides*). En la zona alta de montaña y boscosa de ambos predios, el ganado transitaba libremente por lo que el ramoneo de las especies juveniles era permanente, desapareciendo así el sotobosque que impedía la regeneración de las plantas. De igual forma este sector fue azotado por la tala selectiva y la cacería que se daba hacia los años 70's, esto contribuyó a la pérdida de especies maderables importantes como amarillos, pinos colombianos, laureles, robles y encenillos.

El proceso de restauración ecológica se inició en Diciembre de 2012, la Administración de Villa de Leyva costeo algunos materiales como postes, alambre de púa y grapas con el fin de hacer el aislamiento de los predios, actividades que fueron adelantadas por funcionarios y contratistas de la AP.

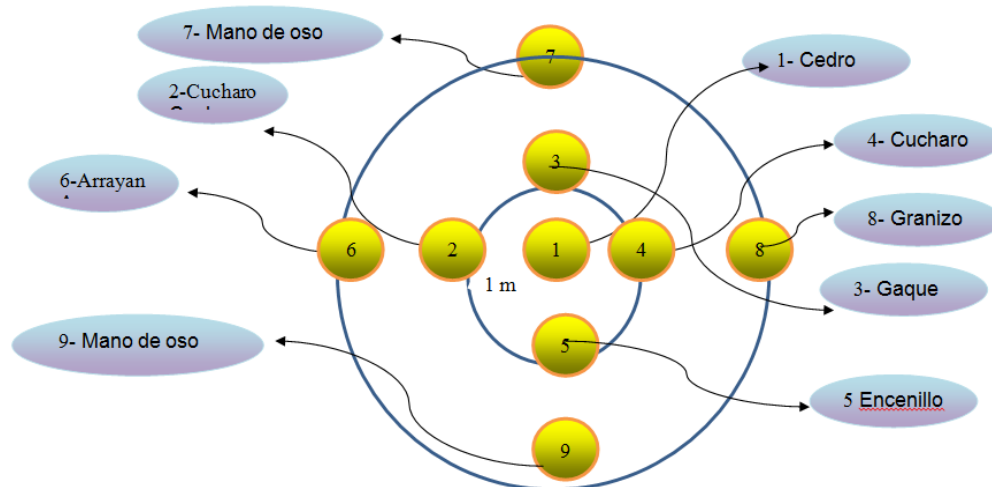
La convocatoria fue dirigida a los usuarios del acueducto ASOCAPILLA DOS de la vereda Capilla para involucrarlos en el proceso de restauración. Fue necesario realizar talleres previos mediante temas como el círculo de la palabra, el valor del agua, y la diversidad de flora y fauna del Santuario, usando como recursos pedagógicos el video y el juego.

Se hizo aislamiento con alambre de púas en la parte plana de los predios, esta acción detuvo las presiones: tránsito de ganado y turistas para las 171.9 hectáreas de Mamarramos 1 y 2. Así mismo para la fecha mencionada en la parte baja y plana de los predios, en aproximadamente dos hectáreas, se sembraron 932 plantas de 10 especies nativas con un trazado de 103 arreglos siguiendo 3 módulos florísticos, que fueron distribuidos al azar en la totalidad del área que corresponde a la zona donde abundaba el pastizal del predio; estos módulos se pensaron teniendo en cuenta que los núcleos de sucesión estuvieran lo más cerca posible entre ellos para favorecer y potenciar los núcleos naturales del enriquecimiento natural.

Los módulos que se usaron en la siembra se muestran a continuación (Figura 1):



Módulo B



Módulo C

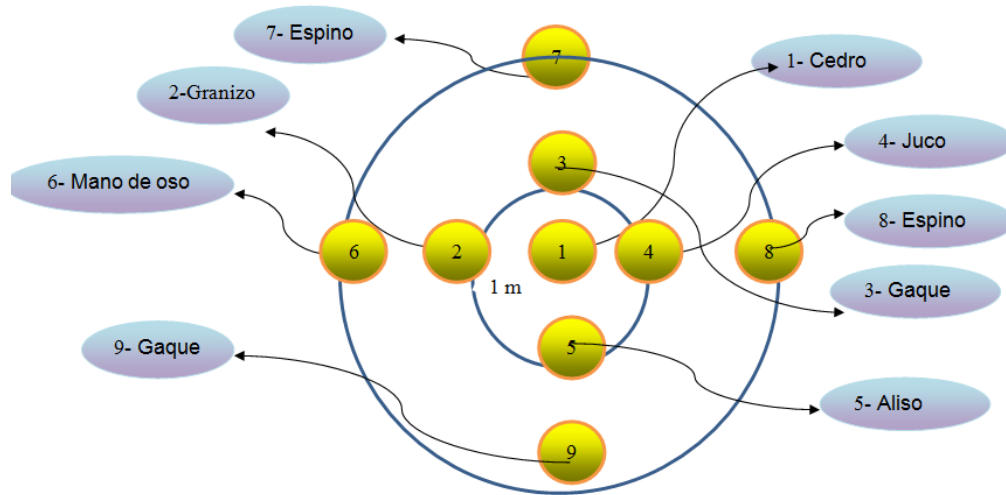


Figura 1. Diseños de siembra de plantas en la zona de restauración del predio Mamarramos.

Los módulos florísticos fueron diseñados por los funcionarios del Santuario de Fauna y Flora Iguaque que en su momento estaban a cargo de esta actividad. Aunque con algunas debilidades en su diseño e implementación, esta actividad es valiosa para el equipo convirtiéndose en la primera experiencia de iniciativa propia de restauración.

Las plántulas sembradas fueron propagadas en el vivero del AP ubicado en la sede administrativa Carrizal del Santuario. Las especies sembradas fueron: Juco o Garrocho (*Viburnum tinoides*), Encenillo (*Weinmannia tomentosa*), Gaque (*Clusia multiflora*), Mano de oso (*Oreopanax bogotensis*), Cucharero (*Myrsine guianensis*), Aliso (*Alnus jorullensis*), Cedro (*Cedrela montana*), Arrayán (*Myrcianthes leucoxyla*), Granizo (*Hedyosmum bonplandianum*), Espino (*Duranta mutissi*). De esta manera el proceso de restauración en los predios Mamarramos 1 y 2, se desarrolló así: restauración ecológica activa (en aproximadamente dos hectáreas, en la parte plana y baja de los predios que se encontraban en pastizal) donde se hizo la siembra de especies nativas y restauración ecológica pasiva (las restantes 169.9 hectáreas, área alta de los predios con bosque andino que sufrió alteraciones por tala selectiva de plantas maderables). Se aclara que para esta restauración no se realizó ningún tratamiento al pasto kikuyo que era la especie dominante en el área donde se hicieron las siembras, igualmente no se aplicó ninguna enmienda para condicionar pH, ni tratamientos al suelo.



En el año 2013 por única vez, se realizaron labores de plateo (el tamaño del plato fue de 30 cm) para facilitar el crecimiento de las plántulas debido a la fuerte competencia del pasto kikuyo que en ocasiones ahoga las plantas o no les permite crecer con rapidez.

Para facilitar el seguimiento al desarrollo de las plantas nativas sembradas, en el año 2014 se implementaron tres (3) parcelas de monitoreo de 5*5 metros, en ellas se buscó que se conservaran los módulos que inicialmente fueron usados en la siembra; sin embargo, en algunos módulos no fue posible encontrar algunas de las especies por mortalidad, pero se intentó que en las parcelas de monitoreo quedara representada la mayor diversidad de especies sembradas, con la intención de hacer seguimiento al comportamiento y desarrollo de las mismas. Se han tomado datos de crecimiento de las plantas sembradas para altura (desde la base de la planta hasta la copa) y de cobertura (eje x y eje y) con observaciones del estado (floración, fructificación y presencia de posibles enfermedades); de igual forma, se han hecho remplazos de individuos muertos (se reemplazan las especies según la disponibilidad del material vegetal que se encuentre en el vivero Carrizal del área protegida, así que no siempre la especie de la planta muerta, coincide con la especie de la planta con que se reemplaza) y se continúa con el enriquecimiento con plantas nativas (se lleva el registro del enriquecimiento con plantas nativas con datos como fecha de siembra, temporada seca o de lluvia, cantidades y especies).

En cuatro años de implementación de la restauración ecológica (2012 – 2016), es notorio observar la disminución de pasturas exóticas frente a la recuperación de coberturas nativas herbáceas y arbustivas. De igual forma, se evidencia que, al incrementarse este tipo de coberturas vegetales rasantes, de forma rápida también aparecen senderos, caminaderos y heces de fauna nativa, lo que se convierte en indicios de presencia de armadillos, puerco espines, guaches, faras, ratones de montaña, tinajos y especies de aves. Este retorno de animales propios del bosque en la zona potrerizada en recuperación, es un elemento fundamental del proceso de restauración ecológica, pues en este proceso se recuperan hábitats y fuentes de alimento que atraen especies faunísticas, lo que a su vez mantiene poblaciones de especies vegetales a través de las diferentes estrategias de dispersión de semillas por animales.

La implementación de los arreglos florísticos con distancias cortas entre sí potenció el enriquecimiento natural de especies pioneras, que son las encargadas de conformar las coberturas rasantes importantes para la protección del suelo contra la erosión eólica, el arrastre de sedimentos por lluvias y la pérdida rápida de humedad. De manera que también crean las condiciones adecuadas para la germinación y el mantenimiento de otras especies del estrato arbustivo y arbóreo que fueron las seleccionadas para la siembra en los diseños de restauración.

También se ha evidenciado que los factores climáticos que no pueden ser controlados como los períodos secos o lluviosos, pueden estar incidiendo en el desarrollo de las plántulas. Caso particular, es la coincidencia del fenómeno del niño para el segundo semestre del año 2015, meses



en los que se registró gran afectación en las plantas, lo que hizo que algunas resultaran quemadas por el intenso verano y las bajas temperaturas. Incluso se presentó la mortandad de algunos individuos que no resistieron los cambios bruscos de temperatura. Desafortunadamente no se tomaron registros de cantidades y especies afectadas por este fenómeno.

- Predio Los Aljibes, año 2004:

Sobre el proceso de esta siembra no hay información completa y escrita que repose en el centro de documentación del área protegida; solamente se cuenta con el conocimiento de algunos funcionarios antiguos que participaron en la actividad e informes donde no hay detalles o claridades acerca de la siembra; a continuación se menciona la información rescatada en los informes de la actividad: “En el sector la Chorrera, predio Los Aljibes en cercanías a la administración del Santuario, hacia el año 2004 en aproximadamente dos hectáreas, se realizó una siembra de especies como Aliso (*Alnus acuminata*) y Arrayán (*Myrcianthes leucoxila*) que contó con la participación del grupo de sistemas sostenibles para la conservación que en su momento existió en la vereda Capilla II. Se le hizo seguimiento hasta el segundo trimestre del 2011, teniendo como resultado que estas especies prosperaron en sitios donde antes se presentaba pastizales de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) para desarrollar la actividad ganadera”. Al respecto, tampoco se encontraron documentos que den cuenta de los datos tomados de ese monitoreo. Esta siembra hizo parte de la estrategia de restauración ecológica en su momento; actualmente se observa un buen desarrollo de las plantas sembradas, así como un arribo de especies del bosque nativo que se encuentra alrededor.

-Restauración ecológica participativa en la subcuenca la Colorada:

La Subcuenca La Colorada está ubicada en las veredas Monte Suarez (Municipio de Arcabuco) y Capilla (Municipio de Villa de Leyva), con un área de drenaje aproximado de 4.244,62 ha que corresponden al 20,73% de la cuenca Cane Iguaque. Las alturas van desde 2.200 hasta 3.750 msnm. La precipitación anual promedio es de 1.600 mm al año. El caudal de la Quebrada La Colorada en época de estiaje es de aproximadamente 180 l/s aguas arriba de la bocatoma.

En la parte alta de la Cuenca, en el año 2010 específicamente en seis predios que suman 310.9 hectáreas, se implementó un sistema de pago por servicios ambientales (PSA) y se inició también una experiencia de restauración ecológica participativa en aproximadamente 5 hectáreas, en donde se sembraron especies nativas como Laurel (*Myrica parvifolia*), Encenillo (*Weinmannia tomentosa*), Mano de oso (*Oreopanax bogotensis*), Gaque (*Clusia multiflora*), Aliso (*Alnus acuminata*), Cucharo (*Myrsine guianensis*), Garrocho (*Viburnum triphyllum*), Tuno esmeraldo (*Miconia squamulosa*), Cedro (*Cedrela montana*) entre otras, en zonas utilizadas anteriormente para actividades agropecuarias en especial pastoreo.



Allí se da inicio al seguimiento del proceso de restauración mediante la implementación de tres parcelas con restauración asistida y otras tres parcelas donde se disminuyeron los tensionantes dando paso a la restauración pasiva; lo que se buscaba era tener información referente al progreso de las dos formas de restauración y hacer el comparativo; sin embargo, no se cuenta con los resultados escritos de dicho seguimiento en el centro de documentación del área protegida.

Existe un registro y es el seguimiento de este proceso de restauración ecológica a partir de fotografías desde el año 2011, tomadas una vez al año en el mes de mayo para dar cuenta del cambio a nivel de paisaje. Son fotografías tomadas desde los mismos puntos donde año tras año, se observa el cambio en las coberturas: de pastizales de kikuyo a coberturas nativas arbustivas y arbóreas (sembradas y las que aparecen por regeneración natural) que han venido creciendo y enriqueciendo por el arribo del bosque andino.

2. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS DEL PROGRAMA DE MONITOREO

2.1 OBJETIVO GENERAL

Generar e implementar un programa de monitoreo para la obtención de información oportuna y sistematizada sobre el cambio del estado de los valores objeto de conservación y las presiones que los afectan, de tal forma que se pueda verificar la efectividad del manejo del Área Protegida.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar para cada uno de los VOC seleccionados, la escala y la forma en que se abordará el monitoreo y generar insumos para establecer criterios de Línea Base para Investigación.
- Generar insumos para nutrir el portafolio de investigación del SFF Iguaque y establecer una Línea Base más completa
- Orientar diseños para el monitoreo de las presiones que afecten a los VOC por variabilidad y cambio climático.
- Organizar la dinámica del monitoreo en el SFF Iguaque, en busca de gestionar recursos y alianzas interinstitucionales.
- Implementar diseños de monitoreo para el monitoreo de los VOC seleccionados, que arrojen información sistematizada de acuerdo a los estándares de la plataforma SULA.



3. ARTICULACIÓN CON OTRAS ESTRATEGIAS

Los componentes del Modelo de Planificación del Manejo se encuentran interrelacionados y tienen en común el cumplimiento de los objetivos de conservación del Área Protegida. Con la información suministrada por el monitoreo se identifica el estado, nivel de amenaza y vulnerabilidad de los valores objeto de conservación, al tiempo que se determina el nivel de riesgo que corren. Este análisis de riesgo retroalimenta los objetivos y metas de las estrategias de manejo las cuales tienen como misión favorecer las posibilidades u oportunidades de éxito de la conservación de estos valores objeto (Flórez *et al.*, 2008).

El proceso de monitorear o hacer seguimiento a situaciones, escenarios, condiciones o características de los Valores Objeto de Conservación priorizados en el Plan de Manejo debe estar articulado con las demás estrategias del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque. Para ello fue necesario realizar talleres con todos los integrantes del equipo del AP para establecer estas estrategias y la manera en que serán implementadas para obtener la información requerida.

Desde la estrategia de divulgación se puede implementar la línea de **Educación Ambiental**, se debe facilitar la divulgación hacia los habitantes sobre el estado de los VOC y su importancia de conservación en el Santuario, pues es la comunidad local quien más conoce su territorio y puede aportar información relevante sobre el estado, amenazas y presiones de las especies y de los ecosistemas. La educación ambiental no es solamente referida a los talleres que son impartidos en las escuelas y colegios de los municipios de influencia sino que es a través del diálogo y acciones permanentes con la comunidad que se dan cambios positivos en la forma de pensar y en las actitudes frente a los servicios ecosistémicos y los ecosistemas que los proveen. Los resultados de la educación ambiental, la investigación y el monitoreo deben ser participativos e incluyentes para lograr un proceso de apropiación por parte de la comunidad.

El monitoreo de los VOC cuenta con un gran soporte que es la línea de **Control y Vigilancia**, pues es a través de los recorridos por el área protegida, que se realizarán la mayor parte de la toma de datos y de observaciones para el seguimiento periódico según los diseños que sean utilizados para cada caso.

A través de la **Gestión Técnica y Administrativa** del Santuario el monitoreo puede encontrar apoyo en Universidades, y Centros de Investigación, pues en la medida que se da respuesta a los vacíos de información surgen más preguntas que se convierten en proyectos investigativos los que a su vez requieren de diseños de monitoreo para el seguimiento y eventual toma de decisiones para controlar, mejorar y conservar los VOC del AP.

La **Investigación** acompañada por las instituciones académicas y las generadas desde el AP así como la información resultante de procesos de monitoreo proporciona un informe sobre el estado real de la biodiversidad y las presiones que la amenazan.



La información generada por el monitoreo es transversal a todas las estrategias del AP ya que define de manera específica cuál es la situación de las variables relacionadas con el estado de las coberturas vegetales, las poblaciones de fauna y flora, al igual que la calidad del agua y suelos entre otros; también como se reporta la situación de los indicadores de presión relacionados con las actividades antrópicas y fenómenos naturales que amenazan los valores objeto de conservación, de acuerdo con lo priorizado en los programas de monitoreo (Flórez *et al*, 2008).

En la figura 2 se muestra cómo se relacionan las líneas descritas con el monitoreo de los VOC en el área protegida:



Figura 2. Interrelación de las líneas estructurales que apoyan al programa de monitoreo en el SFF Iguaque

4. EL MONITOREO COMO MECANISMO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO INMERSO EN EL CAMBIO GLOBAL

Según Bernal G. (com. per.) el monitoreo es importante ya que puede dar cuenta de afectaciones a nivel de especies y ecosistemas por variabilidad climática y este debe estar orientado al seguimiento de cambios en: aspectos hidrológicos y climáticos a escala local y multitemporal, modelos de incremento térmico altitudinal, tasas de evapotranspiración, procesos fenológicos de las especies nativas y de las especies exóticas e invasoras, caudales ecológicos, balances hídricos



en sub y microcuencas y en humedales estratégicos, aforos y batimetrías en fuentes hídricas, capacidad de retención de agua, estudios ecohidrológicos de alta montaña, entre otros.

En el caso de los humedales y lagunas, como reservas de agua, es importante reconocer si representan un factor de resiliencia a la escasez permanente o estacional en los ecosistemas sometidos a dicho estrés. Por tal razón, los humedales son especialmente importantes en la conservación de ecosistemas áridos o con estaciones secas muy marcadas, en los cuales son vitales para la supervivencia de gran parte de la fauna, elevando la capacidad de carga y la biodiversidad de los mosaicos ecológicos en que participan (Alcaldía Mayor de Bogotá - SDA 2008). Los factores determinantes de la estructura y función del humedal son hidráulicos. Por lo tanto, la homeostasis del humedal se beneficia de la resiliencia de la red de drenajes, la cual suele ser alta, con una fuerte tendencia a mantener y recuperar su dinámica natural, salvo ante alteraciones hidráulicas o climáticas muy severas y extensas (Alcaldía Mayor de Bogotá - SDA 2008).

Los humedales y lagunas concentran flujos de agua, materiales, energía y organismos a escala regional, no sólo de su cuenca aferente, sino de otros muchos ámbitos. Por ello, su resiliencia se basa no sólo en la disponibilidad constante de tales elementos constitutivos, sino en la resiliencia respectiva de los procesos ecológicos regionales que los aportan (migraciones, inundaciones, erosión, etc.) (Alcaldía Mayor de Bogotá - SDA 2008). Monitorear cambios en el nivel de lámina de agua, de flujos (entradas y salidas) y de presencia/ausencia de especies asociadas a los humedales y lagunas ayuda a comprender como estos fenómenos podrían estar relacionados con la variabilidad climática.

Por otra parte, diversos estudios han señalado que el incremento de la temperatura global está directamente asociado con el aumento de las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), en especial del dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera (IPCC 2007, IDEAM, 2011 en Phillips *et al.*, 2011). En este sentido, la degradación y conversión de los bosques a otro tipo de coberturas destinadas a usos antropogénicos, han contribuido significativamente al aumento de las emisiones de estos gases (IPCC 2007 IDEAM, en Phillips *et al.*, 2011).

En este contexto, los proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los bosques, conocidos como REDD, se perfilan como iniciativas importantes para mitigar los efectos de la deforestación, y mantener o mejorar la capacidad de almacenamiento de carbono de estos ecosistemas a través de acciones de conservación o manejo sostenible. Por consiguiente, entre las principales actividades que se deben realizar en este tipo de proyectos, están: i) estimar las reservas o contenidos de carbono almacenadas en los bosques; ii) cuantificar y monitorear la localización y extensión de la deforestación de los bosques. En general, los bosques almacenan carbono en la biomasa aérea y subterránea de los árboles (biomasa viva), en la necromasa (masa muerta) y en el suelo (IPCC 2007, GOF-C-GOLD 2009 en Phillips *et al.*, IDEAM, 2011). Sin embargo,



la medición de las reservas de carbono en algunos compartimientos es difícil y costosa. Actualmente para los proyectos REDD solo se exige la estimación de las reservas de carbono almacenadas en la biomasa aérea (Phillips *et al.*, IDEAM, 2011).

Cambios en la susceptibilidad de las coberturas a los incendios forestales tienen también repercusiones en el clima global. La revisión Global de Incendios Forestales (Rowell & Moore, 2000 en Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2002) reporta que las evidencias sustentan que el planeta experimenta un ciclo de retroalimentación positiva en el cual, el Cambio Climático Global, exacerbado por los incendios forestales y la deforestación, incrementa la frecuencia de fenómenos climáticos como El Niño, que a su vez, causan más incendios forestales. A medida que el planeta se calienta, la frecuencia e intensidad de los fenómenos de El Niño puede incrementarse, lo cual significa que ocurran climas cálidos más extremos y mayor número de incendios forestales (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2002).

Los incendios forestales provocan contaminación térmica temporal en todos los componentes del ecosistema, emiten partículas nocivas a la atmósfera y compuestos que contribuyen al calentamiento global del planeta. Es evidente que los incendios forestales inciden negativamente en el cambio climático, incluyendo la pérdida de la vegetación es un sumidero natural de CO₂. Teniendo en cuenta lo anterior, el impacto es doble, ya que la vegetación deja de absorber CO₂ al mismo tiempo que la combustión contribuye a las emisiones de éste y otros gases (Mataix, 1999 en Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2002). Estas alteraciones inciden en el balance natural de emisiones y absorción de gases de efecto invernadero – GEI por parte de las coberturas vegetales (Cornejo & Fernández, 2000 en Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2002).

Las cenizas y carbones producto de la combustión de los incendios van a parar a las corrientes y cuerpos de agua, tornándolos turbios, disminuyendo considerablemente su calidad para ser consumida por el hombre y los animales; además, aportan a la sedimentación, contaminación e impacto negativo sobre la fauna acuática (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2002).

La quema de biomasa contribuye de manera importante a la contaminación del aire con partículas y gases tóxicos y de invernadero a nivel mundial. Los datos del inventario preliminar de Gases de Efecto Invernadero en Colombia (González, 2001 en Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2002) sugieren que el cambio de uso de la tierra y la silvicultura, representadas principalmente por actividades de tala y quema *in situ* de bosques, son responsables de cerca del 67% de los 167.046 Gg de dióxido de carbono CO₂ emitidos, así como de otros gases de efecto invernadero como el monóxido de carbono – CO (23%), óxido nitroso – N₂O (16%), otros óxidos de



nitrógeno – NO_x (13%) y metano – CH₄ (12%). (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2002).

5. ANÁLISIS DE PRIORIZACIÓN DE VALORES OBJETO DE CONSERVACIÓN Y ELEMENTOS PARA MONITOREO

5.1 Objetivos y valores objeto de conservación

A partir de la reformulación del Plan de Manejo para el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, mediante los talleres de discusión constructivos con el equipo del AP y de la retroalimentación del PM vigente del Santuario (2007-2012), se replantearon los siguientes tres objetivos de conservación y nueve valores objeto de conservación asociados:

- Objetivo de Conservación 1:** Conservar muestras representativas de los ecosistemas de páramo, humedales, bosque andino y ecosistema subxerofítico degradado del Santuario de Fauna y Flora Iguaque para mantener su biodiversidad asociada y favorecer la conectividad subregional.

Valores Objeto de Conservación asociados:

- ❖ Ecosistema de páramo (páramo propiamente dicho y subpáramo)
 - ❖ Bosque andino
 - ❖ Ecosistema subxerofítico
 - ❖ Grupo de frailejones (subtribu *Espeletiinae*, familia *Asteraceae*): a la fecha identificadas *Espeletia barclayana*, *Espeletia boyacensis*, *Espeletia murilloi*, *Espeletia tunjana* (En Peligro) *Espeletiopsis garciae* (En Peligro), *Espeletiopsis guacharaca*, *Espeletiopsis pleiochasia*, *Espeletiopsis pleichasia* var. *socotana*, *Paramiflos glandulosus* (Vulnerable) y dos especies más en revisión que pueden resultar endémicas para el Santuario.
 - ❖ Pava: *Penelope montagnii*
 - ❖ Venados: *Odocoileus virginianus goudotii* y *Mazama rufina*
- Objetivo de Conservación 2:** Conservar los ecosistemas asociados a las microcuencas de los ríos: Iguaque, La Colorada, El Roble, Campo Hermoso, Pomeca, Samacá y Leyva, al interior del SFF Iguaque, para aportar a la provisión de servicios ecosistémicos relacionados con la regulación hidrológica y climática, en los municipios del área de influencia.



- ❖ Valores Objeto de Conservación asociados:
 - ❖ Humedales o lagunas Ojo de Agua, Cazadero e Iguaque
 - ❖ Recurso hídrico, asociado a las microcuencas: Iguaque y La Colorada, al interior del Santuario
3. **Objetivo de Conservación 3:** Conservar los complejos lagunares asociados a la cultura Muisca, presentes en el Santuario, por la importancia histórica y cultural que ellos representan.

Valor objeto de Conservación asociado Conservar los complejos lagunares asociados a la cultura Muisca, presentes en el Santuario, por la importancia histórica y cultural que ellos representan:

- ❖ Laguna de Iguaque

5.2 Valores Objeto de Conservación priorizados para el monitoreo

Aunque se proyecta diseñar e implementar diseños de monitoreo para los valores objeto de conservación (VOC) mencionados algunos en articulación con instituciones académicas o de investigación; desafortunadamente el área no cuenta con la capacidad técnica y presupuestal para monitorear los nueve (9) VOC seleccionados. Por lo anterior, se realizaron talleres internos donde a partir de la concertación con el equipo, se priorizaron tres (3) de los nueve (9) VOC para dirigir la gestión del Área Protegida y enfocar tanto proyectos de investigación como el desarrollo de actividades de monitoreo en procura de la conservación de los mismos durante la vigencia del Plan de Manejo.

Respecto al monitoreo de la cobertura de los ecosistemas, se debe mencionar que desde el Nivel Central de PNNC se hace monitoreo a las coberturas de las áreas protegidas del sistema de Parques. Sin embargo, actualmente, la resolución cartográfica usada desde el nivel central no brinda mayores aportes al monitoreo de las coberturas vegetales específicamente para el SFF Iguaque; por lo anterior para los VOC que representan los ecosistemas presentes en el Santuario (bosque alto andino y andino; páramo y subpáramo; y subxerofítico) es necesario que nivel central realice un ajuste a la escala a 1:25000 para que de esta forma el área protegida, por su extensión, pueda ser visible. Es de aclarar que al momento del ajuste de esta escala desde el Nivel Central de PNNC, el área podrá utilizar esta información para incluirse en los procesos de monitoreo.

De acuerdo a lo planteado, los VOC priorizados por parte del equipo del Santuario para monitorear son:



- ❖ Grupo de frailejones (subtribu Espeletiinae, familia Asteraceae): a la fecha identificadas *Espeletia barclayana*, *Espeletia boyacensis*, *Espeletia murilloi*, *Espeletia tunjana* (En Peligro), *Espeletiopsis garciae* (En Peligro), *Espeletiopsis guacharaca*, *Espeletiopsis pleiochasia*, *Espeletiopsis pleichasia* var. *Socotana*, *Paramiflos glandulosus* (Vulnerable) y dos especies más en revisión que pueden resultar endémicas para el Santuario.

Los frailejones son un Valor Objeto de Conservación de Sistema de Parques Nacionales Naturales, así mismo la Dirección Territorial Andes Nororientales, ha priorizado que los frailejones se conviertan en un VOC a nivel regional ya que es en los departamentos de Boyacá, Santander y Norte de Santander donde se encuentran dos de los centros de especiación y endemismo de la subtribu *Espeletiinae*, y es por ello que se debe promover la gestión y conservación junto con las entidades competentes en la región y las comunidades locales.

Por tratarse de especies sensibles, representativas, de distribución restringida y muchas de ellas en categoría de amenaza, el Santuario de Fauna y Flora Iguaque ha identificado la necesidad de iniciar proyectos de investigación para avanzar en el levantamiento de línea base del conocimiento y a partir de ello generar el monitoreo para todas las especies de frailejones identificadas y por identificar en el área protegida.

Sin embargo, para las especies en categorías de amenaza como *Espeletia tunjana* (EN), *Espeletiopsis garciae* (EN) y *Paramiflos glandulosus* (VU) halladas en el Santuario, se hace urgente realizar monitoreo sobre el estado de estas poblaciones. El frailejón *Espeletia tunjana*, recientemente registrado para el Santuario es especialmente importante para el área protegida y para Parques Nacionales Naturales en general, pues de acuerdo con registros preliminares de la distribución de la Subtribu en las Áreas Protegidas Nacionales, esta especie solo ha sido registrada en el SFF Guanentá Alto Rio Fonce donde a la fecha solo se ha registrado un individuo, mientras que en el SFF Iguaque se observan poblaciones con más de 1000 individuos; por tanto se podría decir que el SFF Iguaque es la única área de conservación nacional que alberga poblaciones de *E. tunjana* una especie En Peligro de Extinción y notablemente afectada por ganadería y agricultura en su área actual de distribución en Boyacá (com. per. Betsy Viviana Rodríguez Cabeza, profesional investigación y monitoreo SGM Nivel Central PNNC).

Por ello, el monitoreo para la vigencia del actual Plan de Manejo se enfocará en estas tres especies de frailejón *Espeletia tunjana* (EN), *Espeletiopsis garciae* (EN) y *Paramiflos glandulosus* (VU)



consideradas en categoría En Peligro y Vulnerable de acuerdo con la Resolución 192 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible¹.

- ❖ Humedales o Lagunas Ojo de Agua, Cazadero e Iguaque y
- ❖ Recurso hídrico asociado a las microcuencas: Iguaque y La Colorada, al interior del Santuario

El Santuario de Fauna y Flora Iguaque ha priorizado los dos VOC hídricos: Humedales paramunos o Lagunas de origen glaciar Ojo de Agua y Cazadero; y el Recurso hídrico asociado a las microcuencas en este caso: Cane y Mamarramos, que se encuentran en el macizo de Iguaque, dado que son la única fuente hídrica para las comunidades campesinas y sus actividades agropecuarias para los tres municipios de influencia del Santuario (Arcabuco, Villa de Leyva y Chiquiza cabecera municipal San Pedro de Iguaque), así como de abastecimiento para las actividades de recreación y turismo de Villa de Leyva. Por lo anterior estos valores objeto de conservación representan una sentida importancia ecológica y social a nivel local.

De acuerdo a esto, el equipo consideró monitorear dos lagunas: Ojo de Agua y Cazadero por ser las más críticas debido a la alta presión por el uso directo de las comunidades campesinas, así como las dos microcuencas: el Río Cane y la Quebrada Mamarramos en donde existen concesiones de agua de PNN.

Con respecto a los avances del equipo del Santuario, el atributo “cantidad” ha venido siendo monitoreado por los funcionarios para las dos lagunas y las dos microcuencas mencionadas, esto sin dejar de lado la gestión que se realizará para contar con los apoyos contemplados en el marco de convenios con universidades para monitorear el atributo “calidad”.

Según lo mencionado, en adelante, se presentará el desarrollo de los siguientes capítulos orientado hacia el monitoreo de los tres VOC priorizados:

- 1- Grupo de frailejones subtribu *Espeletiinae*: *Espeletia tunjana* (EN), *Espeletiopsis garciae* (EN), *Paramiflos glandulosus* (VU);
- 2- Humedales o Lagunas Ojo de Agua y Cazadero;
- 3- Recurso hídrico asociado a las microcuencas: Iguaque y La Colorada al interior del Santuario (dos microcuencas: el Río Cane y la Quebrada Mamarramos)

¹ Resolución 192 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. “Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones.”



5.3 Presiones priorizadas para el monitoreo

❖ Ecoturismo

Por otra parte, también se ha determinado que se implementen actividades de monitoreo sobre una presión que ha sido identificada por el equipo del Santuario en el marco de la reformulación del Plan de Manejo como importante por su afectación a los diferentes VOC, se trata del turismo que se desarrolla en el área protegida. Este monitoreo en el presente programa, se enfocará en dos sentidos: aves afectadas por el turismo y el estado del sendero.

La actividad de turismo es una presión que impacta en los ecosistemas que son valores objeto de conservación como el bosque andino y el ecosistema de páramo (páramo propiamente dicho y subpáramo), este último altamente afectado por el sendero que conduce a la Laguna Sagrada de Iguaque. Adicionalmente la actividad genera un efecto indirecto sobre los VOC de filtro fino (frailejones, venados y pavas) por lo tanto se reconoce su importancia.

En el Plan de Manejo del SFF de Iguaque el turismo se contempla como una de las Situaciones de Manejo: “Actualmente se están desarrollando actividades turísticas sobre el páramo, ecosistema altamente frágil y de importancia vital principalmente para el suministro y regulación hídrica en la región, razones que soportan su carácter de intangibilidad; esta situación deteriora su estado y por lo tanto su capacidad de generación de servicios ecosistémicos acordes con su figura de protección”.

El turismo formal afecta los ecosistemas de bosque andino, altoandino y páramo seco, al ser atravesados por los senderos Clarinero y Bachue desde la entrada del Santuario hasta la laguna de Iguaque. Mientras que el turismo informal está presionando el ecosistema subxerófito por el tránsito de turistas y especialmente por motos y cuatrimotos; así como los ecosistemas altoandino y páramo seco por el paso de turistas que acampan, hacen fogatas, pisotean la vegetación y hacen uso de las lagunas no autorizadas para la visitancia. Vale la pena mencionar que la mayoría de incendios forestales que han ocurrido en el Santuario se presume han sido originados por acciones humanas, entre estos los turistas que ingresan por senderos no autorizados y hacen fogatas o dejan colillas de cigarrillos, residuos sólidos y vidrios en el área protegida, residuos que se han encontrado durante los recorridos de control y vigilancia.

Las actividades que se generan tanto por turismo formal e informal son pisoteo, terrazgo, residuos sólidos y líquidos, daño de vegetación, extracción de material vegetal y animal, ahuyentamiento de fauna, entre otras afectaciones. (Para mayor detalle ver: Evaluación de Impacto Ambiental - Actividad de senderismo sendero hacia la Laguna Sagrada de San Pedro de Iguaque. Anexo Plan de Manejo del SFF de Iguaque, 2017- 2021). Por lo anterior, es importante generar actividades de monitoreo teniendo en cuenta algunos indicadores como erosión, cobertura vegetal y ancho del sendero. Así mismo, se plantea monitorear la composición de aves de los ecosistemas que son



atravesados por los senderos turísticos y que están siendo afectados por esta actividad. Este monitoreo se facilitará con la implementación del Plan Uso Público (PUP) que el área protegida pretende implementar con sus respectivas fases comenzando con el diagnóstico en el año 2017; pues para este documento PUP que incluye la actividad del ecoturismo, se han planteado acciones de monitoreo a los VOC afectados por esta presión.

De igual forma, no se descarta que para desarrollar el monitoreo para la presión del ecoturismo, este será abordado al momento de contar con el apoyo de una Universidad o una Entidad Académica, que cuente con la experiencia y la disponibilidad de personal para este tipo de actividades.

❖ Incendios forestales

Relacionada con la anterior presión, existe en el SFF Iguaque una segunda presión que igualmente se ha priorizado como importante, referido a los incendios forestales que suceden con mayor frecuencia hacia la zona sur del Santuario, afectando principalmente las coberturas vegetales de ecosistemas subxerofítico, subpáramo seco y robledales asociados a cañadas y quebradas que surten de agua a los municipios principalmente de Chiquiza y Villa de Leyva.

Como se mencionó anteriormente, se infiere que las principales causas de los incendios que han ocurrido en el Santuario han sido por manos criminales, especialmente de turistas que ingresan a las áreas no autorizadas y cazadores que realizan esta actividad prohibida dentro del área protegida y que en la búsqueda de sus presas, hacen quemas localizadas para ahogar con el humo al animal obligándolo a salir de la cueva.

El monitoreo para la presión de incendios forestales, será abordado al momento de contar con el apoyo de una Universidad o una Entidad (Fundación, ONG, Institución Académica, entre otros) que cuente con la experiencia y la disponibilidad de personal que lideren un proceso de monitoreo formulado de manera conjunta y que responda a las necesidades y preguntas del área protegida para implementar acciones de prevención y de respuesta.

De otra parte, es importante resaltar que una presión que influye fuertemente tanto para las actividades de monitoreo como para las de restauración ecológica e investigación es la presencia de predios privados que representan cerca del 97% del territorio dentro del Santuario y esto limita las acciones de gestión del área, pues se depende de los acuerdos a que se lleguen con los propietarios para el desarrollo de acciones; por tanto la situación de manejo “uso, ocupación y tenencia” es otro tema que genera presión y resulta prioritario monitorear el proceso de saneamiento predial, lo cual se tiene proyectado a mediano y largo plazo desde la Dirección Territorial Andes Nororientales para el área protegida. Frente a este tema se debe hacer seguimiento y monitoreo al tema jurídico, a los acuerdos ambientales y sociales con los propietarios, a la liberación de los predios en el contexto de espacialización dentro de los



ecosistemas del AP y a las acciones que allí se implementen desde control y vigilancia, investigación, monitoreo y restauración.

6. ANÁLISIS DE ESTADO: ANÁLISIS DE INTEGRIDAD

A partir de los aportes y conocimiento de los funcionarios más antiguos y recientes del AP, de las discusiones constructivas del equipo en la reformulación del PM, de los talleres orientadores de la Dirección Territorial Andes Nororientales y de la Subdirección de Gestión y Manejo de Nivel Central, de la revisión de documentos como el Plan de Investigaciones y Monitoreo que hacen parte del Plan de Manejo del SFFI vigente, así como de la revisión de proyectos y tesis de investigación del centro de documentación del Santuario, se hace un análisis del estado de cada uno de los VOC que han sido identificados y priorizados para el monitoreo.

El lineamiento nacional del documento Manual de Monitoreo del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia (2007), expone que la primera fase de la ruta planteada es hacer un análisis de integridad. Este paso permite la priorización de un primer grupo de valores objeto a monitorear según su importancia desde el punto de vista de la integridad ecológica. Para puntualizar los valores objetos más relevantes en la evaluación de integridad; Parrish et al., (Plan de Manejo del SFF Iguaque 2016-2021), sugieren primero seleccionar sistemas o comunidades ecológicas como objetos de conservación y además de ello identificar especies individuales con características ecológicas únicas que no estén representadas en las comunidades o sistemas ecológicos antes escogidos.

Con la intención de ampliar el tema en mención, se cita textualmente el análisis de integridad ecológica que fue elaborado para la actual reformulación del Plan de Manejo del SFFI (2017-2021):

El área de estudio corresponde a un mosaico de 6.914 ha de extensión y posee 17 clases de coberturas distribuidas en 1.167 fragmentos. En su conjunto la clase bosque (denso y abierto) alcanza 1.972 ha que corresponden al 28,5% de la extensión total de las coberturas que conforman el AP. En relación con la configuración espacial, dicha extensión está distribuida en 202 fragmentos (parches) dentro de los cuales el más grande alcanza casi 12 ha. Según el índice del parche más grande, el bosque tiene el fragmento más grande (LPI 11,8), lo que quiere decir que un solo fragmento ocupa el 11,8% de la extensión total de todas las coberturas del AP. El área núcleo efectiva (TCA) total es de 561 ha; este índice mide el área interior de bosque eliminando el efecto de borde, es decir el espacio por dos parches vecinos de clases diferentes, dado que existe una zona transicional (ecotono) entre ellos. En otras palabras, mide la pureza todos los parches que pertenecen a una misma clase (bosque denso).



Después del bosque, las coberturas de herbáceas (altas y bajas) y arbustos (abiertos y densos) tienen los valores más altos de índices de área total (TA) y proporción, pero, contrariamente al bosque, los índices de parche más grande (LPI) son muy bajos, variando entre 1,11 y 3,3 ha con un total de 677 parches. Una síntesis de tales índices señala que en su conjunto las coberturas sin estructura de bosque, en total cubren el 5.529,9 ha que corresponde al 80% de la extensión total de las coberturas, distribuidas así: los herbazales (bajos, altos, con árboles) corresponden a 3.062,7 ha (52,1%) y los arbustos (abiertos y densos) a 1.934,1 ha (27,9%).

Por su parte son las coberturas correspondientes a uso agropecuario (cultivos, pastos limpios y pastos enmalezados) las que tienen una extensión total de 205,3 ha (2,97%) distribuidas en 144 fragmentos.

A partir del análisis de integridad ecológica, se cita la reflexión del profesional Villarreal que hace al interior del documento Plan de Manejo del SFFI (2016-2021):

Dado el nivel de alteración alcanzado de los ecosistemas originales del AP y la dificultad de discriminar las coberturas naturales de las transformadas incluidas en una misma clase, por ejemplo, entre herbáceas bajas de formaciones naturales de páramo y herbáceas bajas sucesionales de áreas degradadas, para nuestros propósitos interesan los índices del bosque andino denso y abierto (VOC). No obstante, se dificulta la interpretación de algunos de ellos. Adicionalmente, los índices de cuantificación de la estructura del mosaico (parches, corredores, matriz) son sensibles al área mínima que puede representarse cartográficamente (resolución) de las unidades de análisis.

Además, en consideración a que en el mapa original de coberturas del AP (Baptiste 2007) no es posible diferenciar las coberturas de vegetación secundaria, derivadas mayormente de la ocurrencia de incendios forestales, se llevó a cabo un proceso de generalización categórica de las clases que conforman dicho mapa, para lo cual se determinaron las coberturas (polígonos) de origen natural, seminatural y transformadas; esto revela que existen dos grandes zonas muy contrastantes en cuanto al tipo de coberturas dominantes en cada caso, cuyo límite lo establece el río Cane, así:

Zona sur: Ampliamente dominada por coberturas vegetales secundarias en diversos estados de sucesión vegetal como resultado de la ocurrencia frecuente de incendios forestales (ej. los más recientes 1994, 2003 y 2010), dando origen a un paisaje muy degradado bajo condiciones climáticas con déficit de humedad ambiental (<850 mm/año) distribuido entre los límites inferior (2.400 m) y superior (3.100) en este sector del área protegida. La vegetación dominante está compuesta por herbazales y arbustales, donde son frecuente especies de gramíneas invasoras. Se resalta la existencia de un bloque continuo remante de bosque andino distribuido en las laderas occidentales de la cuchilla Morronegro.

Zona norte: Esta zona se localiza al norte del río Cane y defiende ampliamente de la zona sur, pues presenta un notable aumento de la precipitación (1.200-1.800 mm/año) y se presenta una cobertura vegetal de bosque y arbustos naturales casi continua altitudinal (2.700-3.100 m) y latitudinalmente en buen estado de conservación, en términos generales. Esta situación puede ser extensiva al páramo, al eliminar casi enteramente las presiones por ganadería.

En ambas zonas las áreas dedicadas a uso agropecuario son dispersas y están confinadas en pequeños sectores, especialmente al suroriente del territorio del AP.

Se puede concluir que la cobertura vegetal origen natural (bosque y arbustales y herbazales de páramo) corresponden al 68.6% (4.750,1 ha) de la extensión del SFF Iguaque; las coberturas seminaturales (vegetación sucesional) al 28,4% (1.968,2 ha); y las coberturas y transformadas (cultivos y pastos) al 3,0% (205,0 ha). En conjunto esta dos últimas conforman el 31,4% (2.173 ha). Es decir, que la tercera parte del AP ha sido transformada mayormente en coberturas vegetales secundarias. Se reconoce en este ejercicio, sin precedentes, la primera aproximación al conocimiento cercano del estado de alteración del SFF Iguaque. Lo que se aprecia en el siguiente mapa del estado-presión del SFF Iguaque:

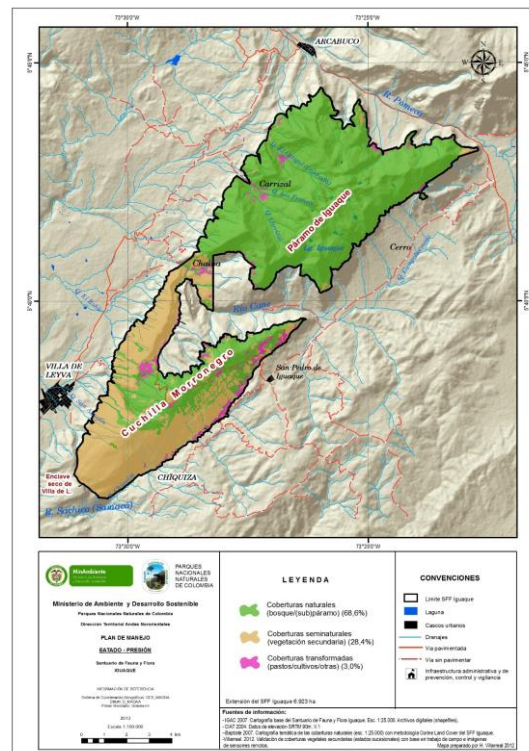


Figura 3. Mapa de Estado-Presión del SFF Iguaque



7. ANÁLISIS DE AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO

La vulnerabilidad junto con la amenaza resulta en una función denominada riesgo, que expresa la probabilidad de extinción de un valor objeto de conservación (Arango & Chavez, 2003; Chavez, 2002; Restrepo 2003, Citados por Montenegro 2005 en Plan de Manejo, 2017-2021). El análisis de riesgo para los VOC del SFF Iguaque fue realizado a partir de la herramienta estructurada por Eraso, *et al.* (2013), y por medio de la calificación de los atributos de intensidad, extensión y persistencia obtiene el nivel de importancia de las amenazas, entendido como la severidad de impacto de una amenaza sobre los valores objeto de conservación, las amenazas pueden ser de origen natural, antrópico o climático, de otra parte orienta el análisis de vulnerabilidad que a su vez integran los escenarios de riesgo para cada uno de los VOC.

Antes de pasar a los resultados obtenidos en el análisis de riesgo a continuación se presentan las principales presiones identificadas por el equipo del Santuario, destacándose en negrilla aquellas que inciden más directamente sobre los valores objeto de conservación priorizados para el monitoreo son las siguientes:

- ❖ **Incendios forestales**
- ❖ **Ecoturismo**
- ❖ **Captaciones de agua no reglamentadas**
- ❖ **Especies Invasoras y Exóticas**
- ❖ **Agricultura y ganadería**
- ❖ Disminución de la precipitación por fenómeno del Niño
- ❖ Aumento de la precipitación por fenómeno de la Niña
- ❖ Cacería
- ❖ Leñateo
- ❖ Aserrío de especies exóticas en zonas aledañas al AP.

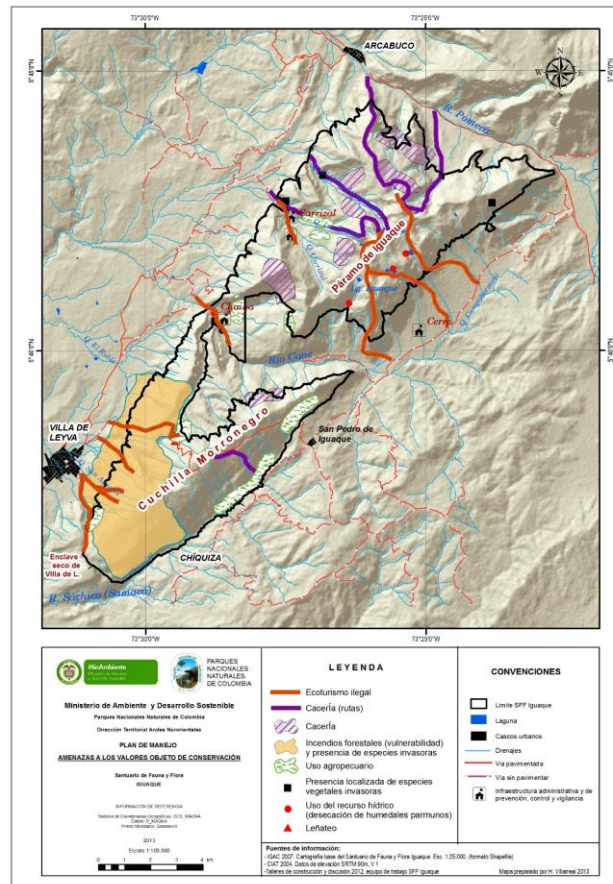


Figura 4. Distribución espacial de las amenazas a los objetos de conservación. Fuente: talleres internos del equipo de trabajo SFF Iguaque 2013, y ejercicio con O. Eraso 2012, GPM, según lineamientos institucionales.

Para la priorización de los VOC y las presiones a monitorear, se tuvo en cuenta especialmente el impacto de las presiones que afectan los VOC relacionados con el servicio ecosistémico recurso hídrico, dado el uso directo que sufre al convertirse en la única fuente de agua para los habitantes campesinos de los municipios de influencia del AP.

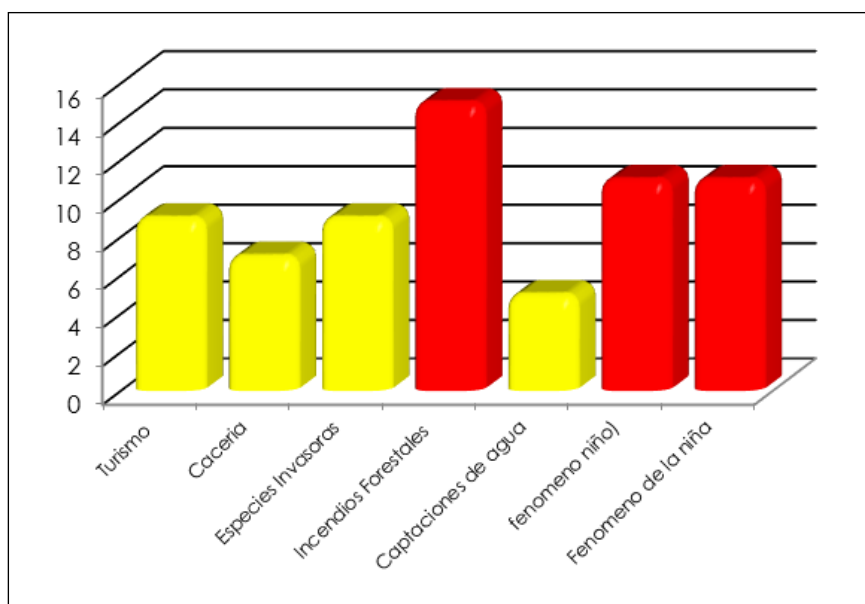
Conforme al contexto anterior el equipo de trabajo del Santuario, obtuvo el siguiente análisis vulnerabilidad para los VOC priorizados a monitorear:

- ❖ Grupo de frailejones (subtribu Espeletiinae, familia Asteraceae): *Espeletia tunjana* (EN), *Espeletiopsis garciae* (EN) y *Paramiflos glandulosus* (VU)

El análisis de vulnerabilidad indica que:

- ✓ Los frailejones por tener distribución restringida y hábitats tan específicos son más susceptibles a los cambios en su hábitat al igual que a la aparición de plagas y enfermedades.
- ✓ Los incendios forestales son una gran amenaza y en el Santuario, esta situación ha sido recurrente en los ecosistemas subxerofítico y páramo seco.
- ✓ Las especies priorizadas se encuentran en las categorías de amenaza EN y VU y en el Santuario se encuentran en los ecosistemas mencionados y en la transición de estos donde suelen presentarse los incendios De acuerdo a Calderón, *et al.* (2005) la principal amenaza que está operando sobre los frailejones es la transformación de su hábitat natural, entre ellas los incendios.
- ✓ Los fenómenos de la niña y el niño son eventos extremos del clima que afectan a los frailejones, por ser especies restringidas y especialistas a condiciones climáticas, de humedad y de tipo de relieve.

La siguiente gráfica presenta el análisis de riesgo, donde se evidencia el nivel de importancia de las amenazas y algunos elementos de vulnerabilidad



Gráfica 1. Análisis de riesgo VOC Grupo de frailejones de la subtribu Espeletiinae (amarillo: Leve, rojo: Crítico).

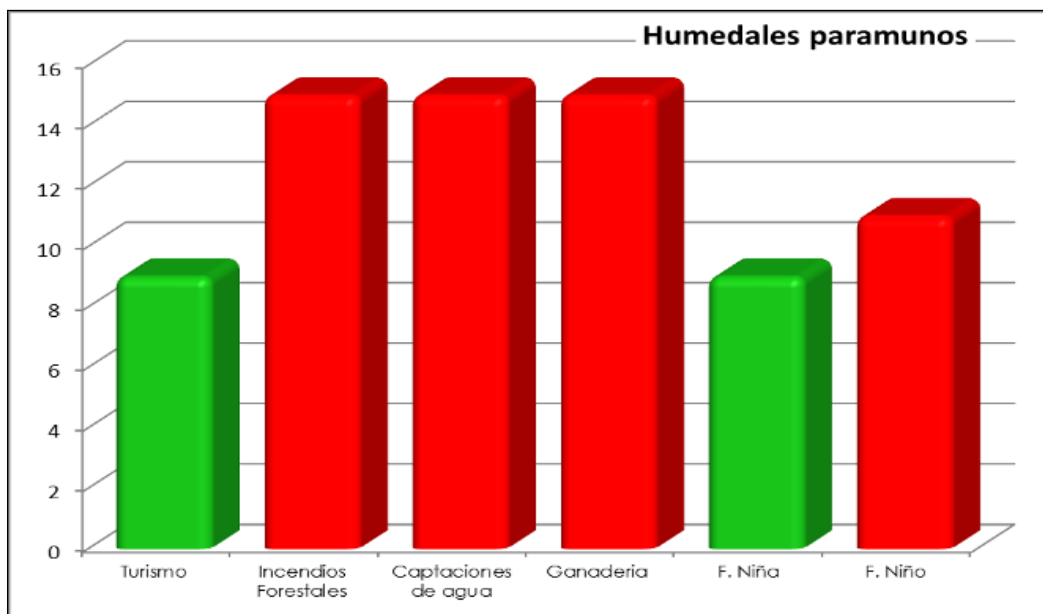
Se considera a este VOC en alto riesgo dado su vulnerabilidad crítica por su condición de distribución restringida, su sensibilidad a eventos de variabilidad y cambio climático, sumando su susceptibilidad ante eventos de incendios forestales.

❖ VOC Humedales paramunos de origen glaciar: lagunas Ojo de Agua y Cazadero

Por su parte la vulnerabilidad analizada para los humedales o lagunas paramunas esta condicionada por:

- ✓ Alta demanda de agua en la región por ser las únicas fuentes de agua
- ✓ Sensibilidad alta al cambio y la vulnerabilidad climática
- ✓ Las lagunas más expuestas a la radiación solar presentan mayor vulnerabilidad y sensibilidad a los eventos de variabilidad climática del ecosistema de páramo, ya que hace parte de este ecosistema, adicionalmente
- ✓ sufre perturbaciones por la alta demanda de recurso hídrico de la región que hace uso de ellos, por ser las únicas fuentes oferentes.

En consecuencia, la figura presenta los escenarios de riesgo, donde se evidencia el nivel de importancia de las amenazas y algunos elementos de vulnerabilidad.



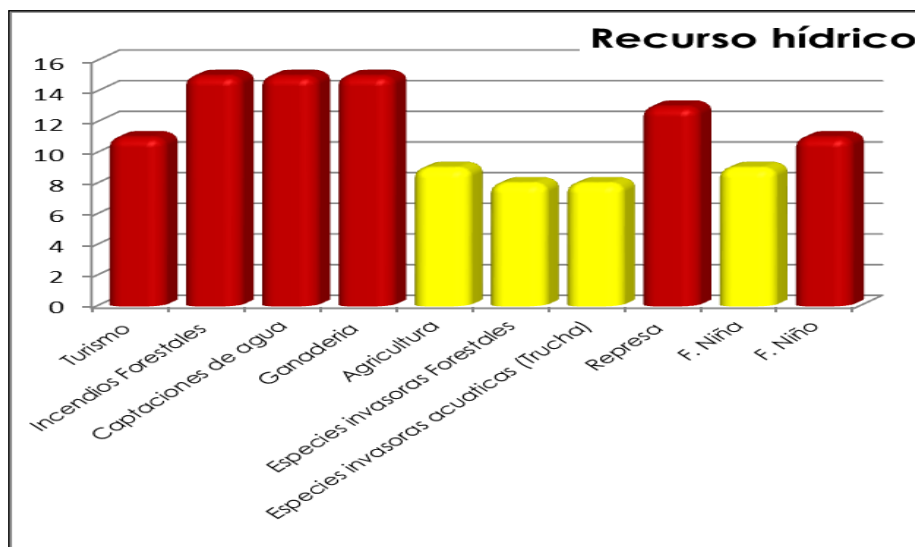
Gráfica 2. Análisis de riesgo VOC Humedales Paramunos de origen glaciar: Ojo de Agua, Cazadero y de Iguaque (en verde: leve, rojo: crítico)

- ❖ VOC Recurso hídrico asociado a las microcuencas: Iguaque y La Colorada al interior del Santuario

Las microcuencas mencionadas que han sido identificadas para monitoreo presenta el siguiente análisis de vulnerabilidad:

- ✓ Sensibilidad a la variabilidad climática (PP)
- ✓ Dependencia del estado de conservación del páramo y bosque andino
- ✓ En el contexto regional las microcuencas del SFFI son la única fuente de abastecimiento de agua
- ✓ Afectación en la capacidad de regulación y provisión, por turismo, incendios forestales, captaciones de agua, fenómeno del niño y potencialmente la construcción de la represa
- ✓ adicionalmente se ha calificado en vulnerabilidad alta, debido a la dependencia que tiene el servicio del buen estado de conservación del ecosistema que lo provee y la alta demanda de este en la región.

A continuación, se presenta en la figura el análisis de riesgo considerado por el equipo del santuario:



Gráfica 3. Análisis de riesgo VOC Recurso hídrico asociado a las microcuencas al interior del Santuario (en amarillo: moderado, rojo: crítico)

En este orden de ideas, el análisis arroja un nivel de vulnerabilidad crítico para los tres VOC priorizados para monitoreo teniendo en cuenta las principales amenazas mencionadas arriba, como se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1. Vulnerabilidad de VOC priorizados para monitoreo en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque.

VOC SFFIGUAQUE	NIVEL DE VULNERABILIDAD
Grupo de frailejones de la subtribu <i>Espeletiinae</i> : <i>Espeletia tunjana</i> (EN), <i>Espeletiopsis garciae</i> (EN), <i>Paramiflos glandulosus</i> (VU)	CRITICO
Humedales paramunos de origen glacial: Ojo de Agua y Cazadero	CRITICO
Recurso hídrico asociado a las microcuencas: Cane y Mamarramos, al interior del Santuario	CRITICO

8. ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS DE MANEJO

De acuerdo al plan estratégico expuesto en el Plan de Manejo del SFF Iguaque (2017-2021) el Objetivo Estratégico es: Mantener y recuperar los atributos de los ecosistemas representativos del SFF Iguaque, que contribuyan a la protección de la biodiversidad, a la generación de servicios ecosistémicos y a la conectividad y complementariedad subregional, como medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, en el marco del cambio global. Para ello, se plantean Objetivos de Gestión para garantizar la conservación de los VOC y disminuir las presiones que los afectan así:

- 1- Incrementar la gobernabilidad del AP, mediante acciones de saneamiento predial, prevención, control y vigilancia, para el logro de los objetivos de conservación.
- 2- Establecer medidas de prevención y restauración, mediante la implementación del Plan de emergencia y contingencias y el programa de restauración ecológica, que aporten a la recuperación de los ecosistemas, en especial de aquellos que han sido transformados.
- 3- Regular la actividad ecoturística y uso del recurso hídrico, en las zonas de recreación general exterior y de recuperación; y de educación en la zona histórico-cultural, mediante la formulación e implementación de los instrumentos de ordenamiento de uso público, educación, interpretación ambiental e incentivos a la conservación.
- 4- Generar información para la toma de decisiones de manejo efectivo del área, mediante la implementación del portafolio de proyectos de investigación y el programa de monitoreo.
- 5- Generar capacidad instalada en el equipo, a través de la cualificación del personal y el fortalecimiento técnico, operativo y financiero, para el manejo efectivo del Santuario.

- 6- Coordinar con las autoridades competentes y las organizaciones sociales los procesos e instrumentos de ordenamiento territorial, que aporten a la integridad ecológica del Santuario de Fauna y Flora, en el contexto de las cuencas de la jurisdicción, la Zona Amortiguadora propuesta y los corredores de conservación, garantizando así los servicios ecosistémicos para el desarrollo regional.

9. INDICADORES SELECCIONADOS PARA EL MONITOREO

En la tabla 2 que se presenta a continuación, se muestran los indicadores que se incluyen para cada diseño de monitoreo en implementación desde el año 1, así:

Tabla 2. Indicadores propuestos para el monitoreo en el SFF Iguaque.

Elemento priorizado de monitoreo	Nombre diseño de monitoreo	Indicadores		
		Estado	Presión	Respuesta
VOC: Recurso hídrico asociado a las microcuencas: Iguaque y La Colorada, al interior del Santuario	Oferta hídrica disponible para el Río Cane. Objetivo del monitoreo: Detectar cambios en la oferta hídrica disponible de un voc asociado a fuentes lógicas descontando la demanda por concesiones y el caudal ambiental.	Caudal disponible $Q_{disp} = Q_m - (Q_{mmm} * 0.25) - Q_{conc}$ Donde: Q_{disp} : Oferta hídrica disponible en el río Cane Q_m : Es el caudal mensual reportado para el río Cane (L*s) Q_{mmm} : Es el caudal mínimo medio mensual histórico. Hasta momento corresponde a 131 L*s registrados en el mes de febrero de 2016 durante la ocurrencia del fenómeno del niño. Este cambiaría si se registra un caudal más bajo. Q_{conc} : Es el caudal total concesionado por PNN para el río Cane a la fecha. En este momento es una constante de 45L*s. En el momento que se otorgue otra concesión deberá sumarse el caudal concesionado.	N.A.	N.A.
VOC: Ecosistemas Bosque andino y subxerofítico	Cambio en las coberturas vegetales Objetivo del monitoreo:	$\% Cob = (\sum \text{cobertura de especies nativas} / \text{Área total muestreada}) * 100$ $\% S$ (Porcentaje de supervivencia) = $\# \text{vivos (N}^\circ \text{ individuos vivos)} / \# \text{sembrados (N}^\circ \text{ individuos sembrados)}$ Estratos de vegetación es la estructura de	N.A.	N.A.



	<p>Detectar cambios en las coberturas vegetales al iniciar un proceso de restauración ecológica con diferentes estrategias entre ellas la erradicación de especies exóticas y siembra de especies nativas con el fin de promover procesos de sucesión ecológica secundaria.</p>	<p>especies: arbóreas, arbustivas, herbáceas</p>		
--	---	--	--	--

Se aclara que para los diseños en formulación, se tendrá claridad sobre los indicadores a partir del año 2.

8. DISEÑOS DE MONITOREO PARA LOS VALORES OBJETO DE CONSERVACIÓN Y PRESIONES PRIORIZADAS EN EL SFF IGUAQUE

8.1 Diseños de monitoreo en implementación en el primer año de vigencia del Programa de Monitoreo

8.1.1 Monitoreo del recurso hídrico asociado a la microcuenca del río Cane al interior del Santuario.

Antecedentes

El macizo de Iguaque, en el que se enmarca territorialmente el SFF Iguaque, constituye una zona de vital importancia para el abastecimiento de agua para el consumo humano y las actividades agropecuarias de los municipios localizados en su periferia Villa de Leyva, Chíquiza, Sáchica y Arcabuco.



La escorrentía superficial del macizo de Iguaque conforma parte de la red de drenaje de las cuencas de los ríos Cane y Pómeca, que, a su vez, de acuerdo con la zonificación hidrológica del IDEAM, hacen parte de la Subzona hidrográfica del Río Suarez, de la Zona hidrográfica Sogamoso, perteneciente al Área Hidrográfica Magdalena- Cauca.

El SFF Iguaque constituye un área vital por los servicios ecosistémicos hídricos que provee; sin embargo, conforma una verdadera isla inmersa en una matriz intensamente transformada, dominada por pastos y cultivos y por áreas severamente erosionadas bajo condiciones climáticas secas, lo que obliga a dirigir esfuerzos de conservación del agua que provee el Santuario para garantizar su provisión de agua para la creciente demanda. (Plan de Manejo SFF Iguaque, 2017-2021).

En la región los esfuerzos interinstitucionales, con la participación del AP, han venido implementando proyectos de incentivos económicos (pago por servicios ambientales) para la conservación o recuperación de los recursos hídricos en áreas estratégicas. A la fecha, dos proyectos están operando exitosamente del AP o en la ZA y uno más está en proceso de implementación. Tales iniciativas se convierten en una estrategia de intervención para dar solución a los conflictos socioambientales generados por la disponibilidad y demanda de agua para el consumo humano y para las actividades agropecuarias, y permiten adoptar decisiones durante el proceso de planificación del AP, que reduzcan los riesgos asociados a la disminución y optimicen los beneficios socioeconómicos derivados de la conservación. (Plan de Manejo SFF Iguaque, 2017-2021)

Como se ha dicho con anterioridad, para desarrollar actividades de monitoreo es indispensable apoyarse en proyectos de investigación que aporten en la construcción de línea base sobre el conocimiento de los valores objeto de conservación. En ese sentido, para el caso del recurso hídrico existen muchos temas por explorar desde el componente biótico, físico químico, de valoración económica y social, entre otros, siendo este último de gran importancia para los habitantes de la región por ser el Macizo de Iguaque la única fuente que provee este recurso.

Por ello, la metodología para monitoreo se debe articular con la implementación de investigaciones alrededor del tema. Actualmente el equipo del Santuario viene desarrollando acciones que sirven como insumo al monitoreo de cantidad de agua que ofrecen las fuentes hídricas priorizadas para el área protegida. Por lo que se cuentan con datos de monitoreo por medio de aforos con método de flotadores.

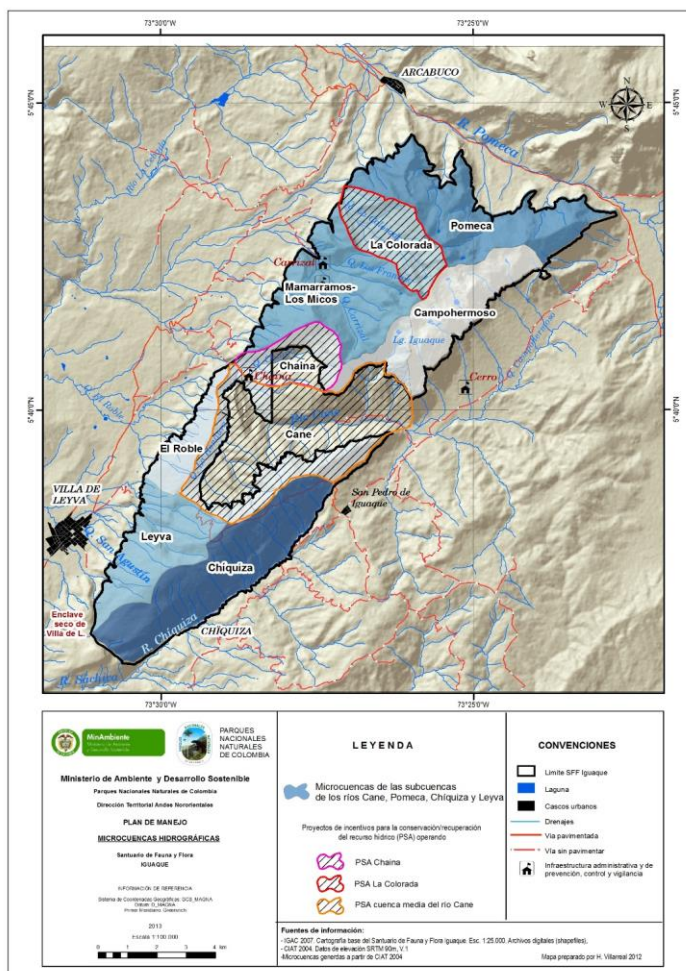


Figura 5. Microcuencas al interior del SFF Iguaque. Tomado Plan de Manejo SFFI 2016-2021

Aunque no se cuenta con las herramientas y equipo sofisticado de medición, estas actividades han arrojado información clave tanto para la determinación de la disponibilidad del recurso como para decisiones en el seguimiento de las concesiones otorgadas por el Santuario. Por ello, en la tabla se presenta el resumen de las actividades insumos del monitoreo que se han venido implementando:

Tabla 3. Actividades insumo para monitoreo y que se vienen desarrollando en el área alrededor del VOC recurso hídrico de las microcuencas Quebrada Mamarramos y Río Cane.

Objetivo de monitoreo	Actividades que el equipo del Santuario ha venido adelantado	Temporalidad	Indicadores propuestos en el diseño de monitoreo del RH	Atributos a monitorear
Evidenciar la oferta hídrica de la que dependen los ecosistemas y habitantes de la zona amortiguadora del Santuario, con el fin de generar información relevante para la toma de decisiones que permitan el mantenimiento y la protección del recurso hídrico asociado a las microcuencas de los ríos: Cane y Mamarramos al interior del SFF Iguaque.	Aforos en las fuentes hídricas priorizadas en época en periodo seco y lluvioso.	Mensual	Caudal disponible	Caudal medio mínimo mensual más bajo (Q mmm) y Umbral mínimo de gestión de recurso hídrico (%Q mmm)
Evaluar calidad de agua en las fuentes hídricas Quebradas Carrizal y Los Francos para constatar si el funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales es efectivo para el mejoramiento hídrico en beneficio de las comunidades de la zona amortiguadora	Toma de muestras de calidad de agua para análisis de dos fuentes hídricas Quebradas Carrizal y Los Francos en compañía de habitantes de la comunidad de la zona amortiguadora, para determinar nivel de contaminación por ecoturismo, presencia de ganado y permanencia de funcionarios	Semestral		Calidad del recurso hídrico
Verificar el cumplimiento de los compromisos adquiridos según la normatividad que rige PNNC de las concesiones de agua otorgadas a las Juntas de Acueducto, Asociaciones, Empresas de servicios públicos y personas naturales (captaciones formalizadas)	Proceso de seguimiento a las concesiones de agua otorgadas en cumplimiento de la normatividad	Mensual	Caudal	Caudal concesionado según resolución de otorgamiento

Las actividades presentadas en la tabla, incluyen además de los aforos en las microcuencas priorizadas, otras actividades desarrolladas en fuentes hídricas de importancia para el área protegida. Así mismo, se realiza el seguimiento a las concesiones de agua otorgadas, pues esto a



su vez, hace parte del ordenamiento del recurso hídrico cuya línea base es la oferta del mismo a través de los aforos.

Durante el año 2015 entre agosto y diciembre, se inicia el desarrollo de la investigación “Construcción de un índice de calidad ecológica para la microcuenca Mamaramos (Boyacá, Colombia) a partir del análisis multivariante” por la Universidad Pontificia Bolivariana de Santander en la quebrada Mamarramos. Se tomaron muestras para analizar presencia de macroinvertebrados en temporada seca y durante el cierre temporal del SFFI al público por el fenómeno del niño. Esta investigación aún se encuentra en curso, por lo que a la fecha del presente documento no se cuenta con resultados o conclusiones sobre el tema.

Pregunta

¿Cuáles son los cambios en la oferta hídrica a través de aforos de caudal medio mensual, como soporte para la toma de decisiones frente a los caudales concesionados y el caudal ambiental?

Indicador

Mediante talleres orientados por los profesionales especializados para monitoreo y recurso hídrico de la DTAN, el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque identificó el indicador de “caudal disponible para fuentes hídricas lólicas, en nuestro caso para el Río Cane”.

La hoja metodológica de este indicador se puede observar en el Anexo 1.

Umbral

NIVEL CRITICO	aforo menor o igual a $2.0 * Q_{mmm}$
NIVEL ALERTA	aforo $(2.01 * Q_{mmm} - 2.5 Q_{mmm}) / 2$
NIVEL SATISFACTORIO	aforo $> 2.51 * Q_{mmm}$

Protocolo

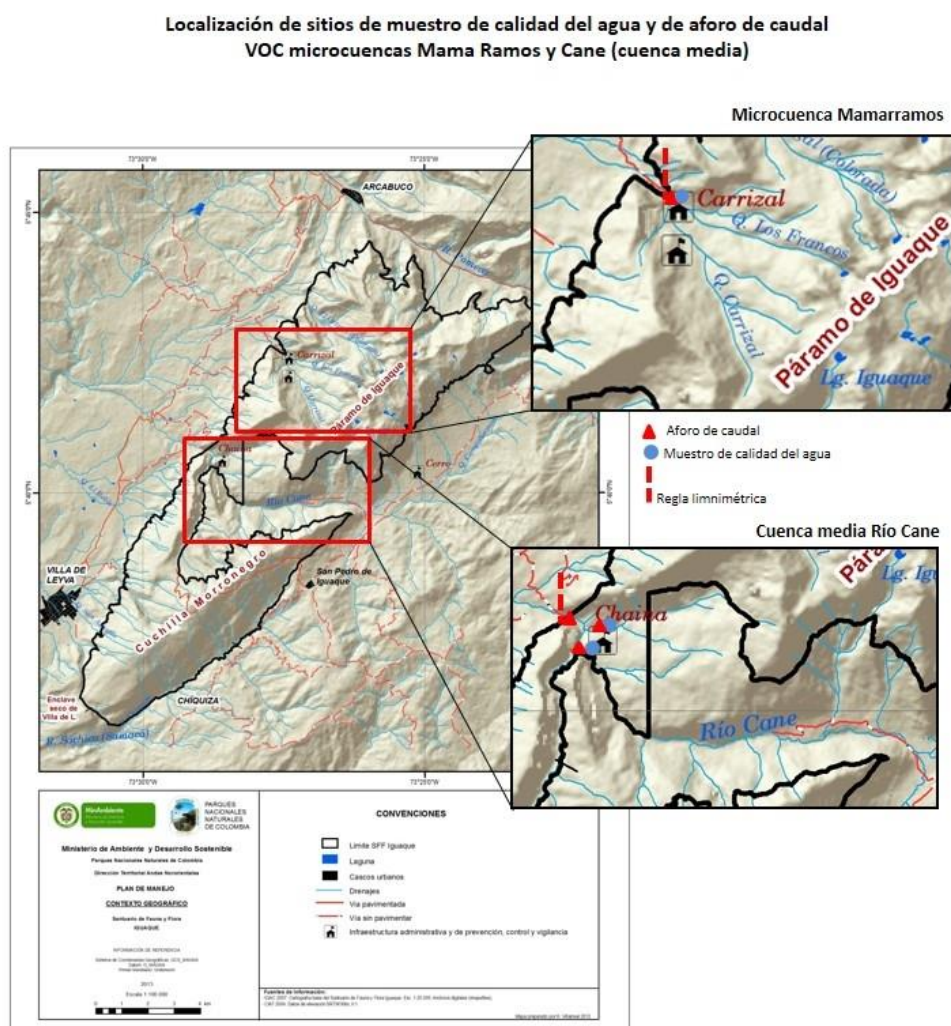
Temporalidad: Tres veces al mes, específicamente los días 10, 20 y 30 de cada mes

Área de estudio: Para este diseño, se tuvieron en cuenta los puntos de aforos que se han venido realizando desde el año 2015 por los funcionarios del Santuario, y que se han dispuesto en las captaciones de los Acueductos Esvilla y el Roble Segunda Etapa, separadas entre sí aproximadamente 100 m; con el fin de establecer la variación del caudal natural versus el caudal que queda después de la captación.

Los puntos de muestreo en el río Cane son los siguientes:

1. Antes de la captación del Acueducto Esvilla
2. Después de la captación del Acueducto Chaina (antes del límite del SFF Iguaque)
3. Antes de la captación del Acueducto Chaina sobre la Quebrada Chaina (debido a que la quebrada Chaina es un afluente del Río Cane)

A continuación, el mapa que muestra los puntos anteriormente descritos:





Métodos de campo

Una vez en el sitio de muestreo los funcionarios deberán realizar el aforo, consistente en:

Flotadores (Área/Velocidad)

Consiste en el lanzamiento de flotadores (pimpones) en un tramo de la fuente, con una distancia conocida de, generalmente 10 mts. Se toma el tiempo que demora el flotador en recorrer dicha distancia y se hace un promedio de diez lanzamientos. Posteriormente se toma el ancho de 3 puntos a lo largo de la distancia en la que se lanzaron los flotadores y en cada uno de los anchos se toman las profundidades promedio. Para el cálculo de caudal se hace un promedio de los tiempos de los flotadores y se calcula el área del tramo con la información de los promedios de los anchos y las profundidades y finalmente se determina un caudal promedio por medio de la división del área sobre la velocidad como se muestra a continuación (ver Tabla 4, Anexo 2).

Cada vez que se haga el registro de un aforo deberá ser registrado como en el siguiente formato ejemplo de Excel:

Tabla 4. Formato de campo para toma de información con método de flotadores

FORMATO DE CAMPO PARA TOMA DE INFORMACIÓN CON MÉTODO DE FLOTADORES						
FUENTE HIDRICA	RÍO CANE		CORDENADAS	N 5° 39' 48,8"	W 73° 26' 18"	
CLIMA	nublado sin lluvia		ALTITUD	2803 msnm +/- 3m		
MUNICIPIO	Chiquiza		VEREDA	Río abajo		
FECHA	15/09/2016		HORA	10:30		
AREA			VELOCIDAD			
SECCIONES	PROFUNDIDAD (mts)	ANCHO PROMEDIO (mts)	LANZAMIENTOS FLOTADOR	TIEMPO (seg)	DISTANCIA (mts)	
1	0,11	1,72	1	14	10	
2	0,16		2	15,5		
3	0,24		3	13		
4	0,39		4	13,7		
5	0,07	3,65	6	14		
6	0,135		7	13,2		
7	0,22		8	14,8		
8	0,13		9	13,4		
9	0,21		10	12,8		
10	0,23					
11	0,02					
12	0,08	2,6				



Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



13	0,7			
14	0,285			
15	0,35			
16	0,05			
PROMEDIO	0,211	2,657	PROMEDIO	13,82
AREA TOTAL (mts^2)	0,5612		VELOCIDAD SUPERFICIAL(mts/seg)	0,72
CAUDAL (mts^3/seg)		0,406		
CAUDAL (lts/seg)		406,03		

Una vez en la Sede Administrativa los datos registrados en campo deberán ser consignados en la estructura de datos de SULA.

Actualmente el monitoreo se realiza de manera sencilla mediante el aforo descrito previamente; no obstante, esto cambiaría en caso que en el marco del proyecto KFW se adquirieran equipos como:

1. Limnómetro: La mira o limnómetro es una regla graduada, que se utiliza para medir fluctuaciones de los niveles del agua en un punto determinado de una corriente o de un cuerpo de agua (lénticos y lóticos).

2. Molinete: Un molinete o micromolinete es un instrumento constituido por una rueda con hélices, la cual, al ser sumergida en una corriente gira proporcionalmente a la velocidad de la misma y permite medir el caudal.

En cuyo caso, al adquirir el molinete el método usado se describe a continuación:

Molinete (Área/Velocidad)

El tipo de micromolinete a emplear es de hélice; cuando más grandes sean los caudales o más altas sean las velocidades, mayor debe ser el tamaño del molinete.

Cada molinete debe tener un certificado de calibración en el que figura la fórmula para calcular la velocidad; que son calibrados en laboratorios de hidráulica: cuya fórmula general es la siguiente:

$$v = a n + b$$





Dónde: v = velocidad del agua (m / s)

n = número de vueltas de la hélice por segundo.

a = paso real de la hélice en metros.

b = velocidad de frotamiento (m / s)

Para obtener la velocidad media de un curso de agua se deben medir la velocidad en dos, tres o más puntos, ubicados a diversas profundidades de la sección del canal. Las profundidades sugeridas en las cuales se mide las velocidades son las siguientes:

Tirante de agua (d)	Profundidad de lectura del correntómetro
Cm	Cm
< 15	$d/2$
$15 < d < 45$	$0.6 d$
>45	$0.2d$ y $0.8d$ o también $0.2d$, $0.6d$ y $0.8d$

El lugar donde se va a efectuar la medición de la velocidad del agua, se conoce como la sección transversal del curso de agua, esta debe estar ubicada en un tramo del cauce o canal donde el flujo de agua tenga las siguientes características:

1. El flujo sea paralelo entre sí
2. Las velocidades sean suficientes para una buena utilización del correntómetro, en caso se use este instrumento.
3. Las velocidades sean constantes, para una misma altura del tirante de agua.

La primera característica exige a su vez:

1. Un tramo recto de cauce, que sus márgenes sean rectas y paralelas.
2. Un lecho estable, y
3. Una sección transversal de flujo relativamente constante a lo largo del tramo recto.

Las instrucciones de funcionamiento y uso del micromolinete hacen parte del archivo de bitácora del equipo y que estará disponible para los usuarios del mismo en la Sede Administrativa del Santuario.

Al momento de hacer la compra del micromolinete, se procederá hacer los ajustes y calibraciones correspondiente para que los datos de 2015 y 2016 puedan ser analizados junto con los que se

tomen a partir de 2017. Se harán las correcciones del método de flotadores para estandarización de datos con el método del molinete para reportar estos datos a la Plataforma SULA.

Cada vez que se haga el registro de un aforo con micromolinete, deberá ser registrado en el siguiente formato Excel (ver Tabla 5, Anexo 3. Ejemplo de formato interno construido por el equipo del Santuario que está sujeto a modificaciones):

Tabla 5. Formato para la toma de datos de aforo liquido por correntómetro

Anexo 3.							
Formato para la toma de datos de aforo liquido por correntometro (micromolinete)							
FECHA					HORA	Inicial	
ESTACIÓN O PUNTO MEDICION						Final	
CORRENTÓMETRO UTILIZADO / ECUACIÓN DE CALIBRACION					Coordenadas	Lat	
Micromolinete SFF Iguaque					Punto medición	Long	
Aforador:		Anotador:			Corriente :		
Distancia desde punto inicial [m]	PROFUNDIDADES [m]		REVOLUCIONES			VELOCIDADES [m/s]	
	Prof Total	Prof Medición	Vueltas	T	N/T	V Puntual	V media
	[m]	[m]	No	[Seg]		[m/s]	[m/s]

Análisis de datos

Para el cálculo de la oferta hídrica se utilizará la fórmula y las variables que se indican a continuación.

$$Q_{disp} = Q_m - (Q_{mmm} * 0.25) - Q_{conc}$$

Donde;

Q_{disp}: Oferta hídrica disponible en el río Cane

Q_m: Es el caudal mensual reportado para el río Cane (L*s)



Qmmm: Es el caudal mínimo medio mensual histórico. Conforme al monitoreo realizado para los años 2015-2016 periodo en el que presentó un evento El Niño, el caudal mínimo medio mensual registrado corresponde a 131 L*s ocurrido en el mes de marzo 2016. Se aclara que este valor podría cambiar en el momento que se registre un caudal mínimo medio mensual menor a este.

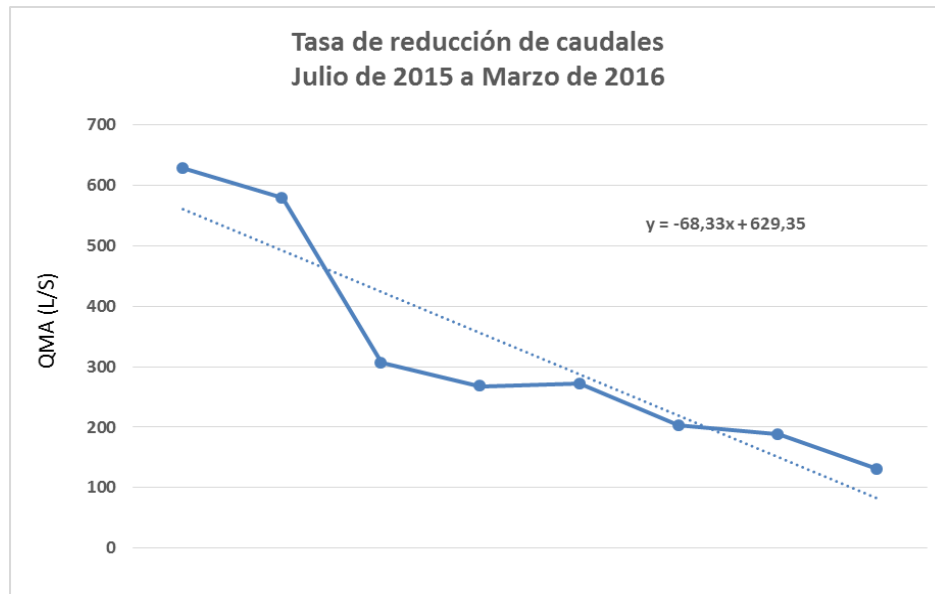
Este Qmmm es afectado por un porcentaje de descuento de 25% sugerida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) en 2004 para realizar la estimación de un caudal ambiental, se aclara que estas estimaciones que aunque rápidas no suelen ser demasiado precisas no obstante de acuerdo a los avances que se vayan logrando para construir un enfoque holístico o de calidad ecológica, se empleara este enfoque el cual es ampliamente usado por autoridades ambientales.

QConc: Es el caudal total concesionado por PNN para el río Cane a la fecha. En este momento el valor corresponde a una constante de 45 L*s. Se aclara que en el momento que se otorgue otra concesión bien por Corpoboyacá o por PNN a este valor constante se le deberá sumarse el valor del caudal concesionado.

Una vez calculado el valor se deberán tener en cuenta los siguientes umbrales

NIVEL CRITICO	aforo menor o igual a $2,0 * Q_{mmm}$
NIVEL ALERTA (media entre los valores)	aforo $2.01 * Q_{mmm} - 2.5 Q_{mmm}$
NIVEL SATISFACTORIO	aforo $> 2.51 * Q_{mmm}$

Dichos umbrales fueron establecidos tomando como base la información obtenida durante los aforos realizados por el equipo del Santuario para el periodo julio 2015 – julio 2016 correspondientes al fenómeno del niño, donde se pudo evidenciar una pendiente negativa de reducción de caudales cercana a 70 Litros por mes desde julio de 2015 hasta el marzo de 2016, como se ve en la gráfica, por tanto en opinión del equipo de trabajo la emisión de alertas por reducción de la disponibilidad debe considerar al menos 2 veces el valor de la tasa mencionada, es decir cuando se reporten caudales iguales a 267 L/s, de tal forma que se disponga de dos meses para tomar las acciones antes de llegar al caudal más bajo histórico de 131 L/s.



Gráfica 4. Tasa de reducción de caudales entre Julio 2015 y Marzo 2016 SFF Iguaque

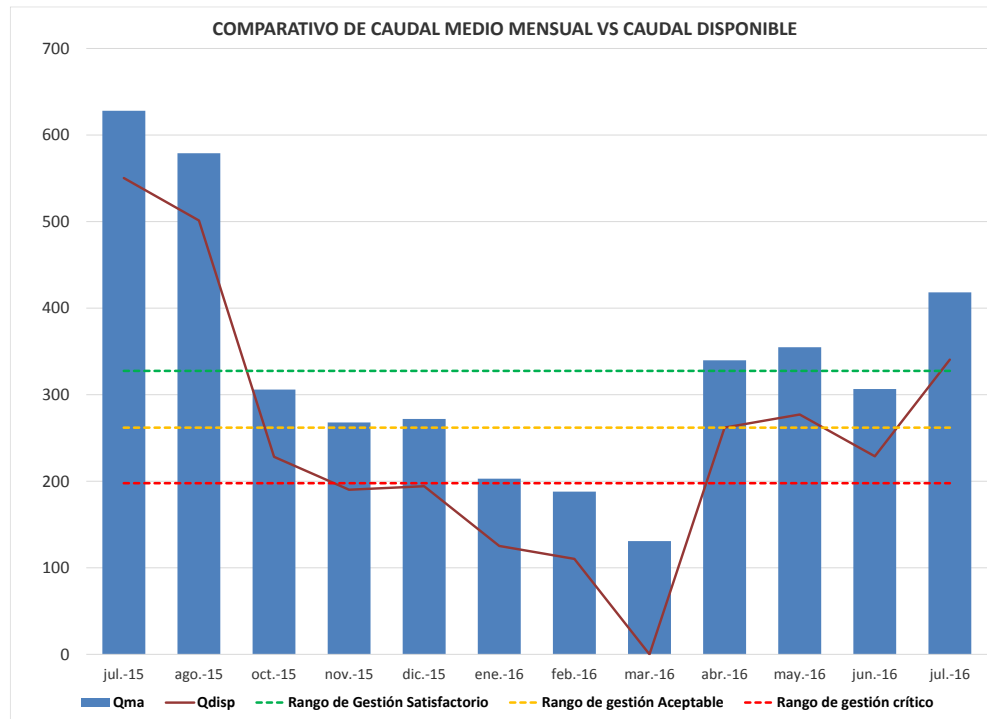
El nivel crítico corresponde al caudal igual o menor 198 L*s.

El nivel alerta corresponde al rango de meses que para el año de referencia (julio 2015 – julio 2016) presentó un caudal promedio de 262 L*s.

El nivel satisfactorio corresponde a un caudal de 328 L*s.

Estos umbrales están sujetos a ajustes en la medida que se disponga de una mayor serie de datos; incluso al momento de contar con datos fisicoquímicos y presencia de macroinvertebrados indicadores que serán apoyados por una investigación de una universidad, estos datos estarían sujetos a cambiar.

Para la visualización de los aforos de cada año que los funcionarios registran mensualmente se construirá un histograma con la distribución mensual de caudales del Río Cane que permiten ver el comportamiento de la fuente hídrica, tal cual como lo muestra la siguiente gráfica. Con estos datos se puede obtener un panorama aproximado del comportamiento de cada año respecto al umbral establecido a partir del caudal mínimo medio mensual histórico mientras este siga siendo el más bajo.



Gráfica 5. Visualización del indicador oferta hídrica en el Río Cane. (Caudales)

Para la interpretación de la gráfica se debe tener en cuenta que:

Las barras azules son el promedio de caudales netos en el mes, es decir antes de restar caudal ambiental y caudal concesionado.

La línea vinotinto representa el trazo del caudal disponible, esto es, el caudal que queda al restar al caudal medio mensual la fracción de caudal ambiental y el caudal concesionado.

La línea punteada verde es el límite inferior del rango de gestión satisfactorio; la línea punteada amarilla es el límite inferior del rango de gestión de alerta; y la línea punteada roja es el límite inferior del rango de gestión crítico.

Es importante aclarar que los niveles de gestión que se representan en la gráfica con colores son los rangos que se convierten en las alertas para la toma de decisiones; es decir para la gestión del recurso hídrico no se debe esperar a llegar a las líneas de colores punteadas de los niveles, sino que se deben monitorear los valores de los caudales que hay entre estos rangos para la toma de decisiones



Productos esperados

Contar con una línea base histórica de 5 años para la oferta hídrica del recurso hídrico para sustentar mejores decisiones de manejo en el SFF Iguaque.

Finalmente, se hace la aclaración que a finales del año 2016 comenzó el Convenio Interadministrativo CNV 2016 celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de Boyacá “Corpoboyacá” 021 y Parques Nacionales Naturales de Colombia 015 cuyo objeto es: aunar esfuerzos técnicos y financieros entre Parques Nacionales Naturales de Colombia y la Corporación Autónoma Regional de Boyacá “Corpoboyacá” con el fin de realizar la *Reglamentación de las microcuencas de los ríos Cane, la Cebada y Leyva, las microcuencas de las quebradas el Roble y Colorada, los canales Españoles y Rosita y sus tributarios, en los municipios de Arcabuco, Chíquiza, Villa de Leyva, y Gachantiva* en jurisdicción de Corpoboyacá y Parques Nacionales Naturales de Colombia de acuerdo a los lineamientos establecidos en el decreto 1076 de 2015. A través de esta reglamentación se espera como uno de los productos, la modelación de la Cuenca del Río Cane y el cálculo de la oferta hídrica del mismo, siendo uno de los puntos de cierre de cuencas, el inicio de la cuenca media en la vereda Rio Abajo, esto para saber la cantidad de agua que entra al área protegida, dato que será cruzado con las mediciones de los aforos que se vienen realizando allí; así mismo se pretende instalar en este sitio de la cuenca media pero en el sector del boquerón del sector Chaina, un limnómetro para la toma de datos, para hacer la lectura por lo menos tres veces a la semana.

Materiales, equipos y presupuesto

Tabla 6. Materiales, equipos y presupuesto para el monitoreo de la oferta hídrica del río Cane.

ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Cinta Métrica	Cinta métrica 50 m. Decámetro	2	20.000	40.000					40.000
Limnigrafo	Reglas Limnimétricas Stevens Estilo M N15423	5	600.000	3.000.000					3.000.000
Micromolinete	OTTC2/OTTZ400	1	20.115.000	20.115.000					20.115.000
Calibración anual de micromolinete	No Específica	1	350.000	350.000	350.000	350.000	350.000	350.000	2.100.000
Cronómetro	HS-3V Resistente al agua	1	200.000	200.000					400.000



Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



Gps	GPSMAP 62s GPS con conectividad inalámbrica	2	800.000	1.600.000					2.400.000
	Pantalla en color de 2,6" que puede leerse a la luz del sol								
	Mapa base integrado de todo el mundo con relieve sombreado								
	Antena GPS Quadrfilar Helix de alta sensibilidad para una recepción incomparable								
	1,7 GB de memoria interna								
	Brújula de tres ejes con altímetro barométrico								
	Compatible con las imágenes por satélite de BirdsEye, mapas personalizados y navegación por fotos								
Libreta de campo	No Específica	4	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	60.000
Pimpones	No Específica. Pimpones de plástico	12	1.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	61.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



Cámara Digital	Cámara Digital Semi-Profesional SX50 HS: Memoria Ram: 16MB, 12,1 Megapíxeles, Resolución máxima: 1920x1080, Zoom óptico: 50x, Grabación de video Full HD, Pantalla LCD de 2,8", Procesador Digic 5, Tipo de tarjeta: SD/SDHC/SDXC, Estabilizador Óptico de la Imagen de 4,5 pasos IS inteligente, Ayuda al Encuadre con Zoom mejorada, Smart Auto, Balance de Blancos.	1	1.500.000	1.500.000					1.500.000
Tarjetas memoria	Tarjetas memoria para cámara fotográfica de 64GB	2	50.000	100.000					100.000
Baterías recargables para Cámara digital	Baterías recargables AA (2000 Mah) para Cámara Digital Semi-Profesional	3	9.000	9.000		9.000		9.000	36.000
Cargador de baterías	Cargador Universal de Baterías Recargables para 8 AA/AAA.	2	80.000	160.000					240.000
Impermeables Femeninos	Chaqueta y pantalón resistentes al agua	3	300.000	300.000		300.000		300.000	900.000
Impermeables Masculinos	Chaqueta y pantalón resistentes al agua	3	300.000	300.000		300.000		300.000	900.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



Guantes mosquetero	Guantes de caucho extra-largo negro k 35 de 50 cm de largo, látex natural de bajo amonio, satinado, orillo de refuerzo en manga para evitar desgarre, forma curva dedos para ajuste	4	19.000	76.000					76.000
Fontanero tipo escafandra	Overol tipo fontanero elaborado en PVC con base en poliéster calibre 580+ 0,20, botas vulcanizadas al pantalón, con puntera de seguridad, alta resistencia al rasgado, resistencia aceites, combustibles y ácidos moderados, herméticamente sellado con la técnica de vulcanización, con refuerzo entre piernas	4	150.000	600.000					600.000
Tapabocas	Caja de 100 Tapabocas	1	5.000	5.000		5.000		5.000	15.000
Transporte (dos motocicletas)	Gasolina – Viajes	24	50.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	6.000.000
Raciones de campo (almuerzo)	No Específica	48	15.000	720.000	720.000	720.000	720.000	720.000	3.600.000
Manila de 15 metros	No especifica	1	1.000	1.000					1.000
Bote inflable	Bote inflable para dos personas con remos	1	300.000	300.000					300.000



Chalecos salvavidas	chaleco de 3 correas de ajuste graduables para pesos de hasta 95 kilos	2	150.000	300.000					300.000
Arnés	Arnés de rescate para anclarse en temporada de invierno con fuertes caudales	2	550.000	1.100.000					1.100.000
Medidor Multiparamétrico	Thermo scientific STARA 3295	1	12.942.000	12.942.000					12.942.000
Mantenimiento anual Medidor Multiparamétrico	No Específica	1	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	5.000.000
Análisis en laboratorio	Parámetros fisicoquímicos	1	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	5.000.000
TOTAL				46.940.000	4.292.000	4.906.000	4.292.000	4.906.000	65.336.000

* Es importante que se debe gestionar otra sonda multiparamétrica, para hacer un aforo por trazadores y establecer el balance de masa en el boquerón del Rio Cane. La gestión puede realizarse con Corpoboyacá, la Dirección Territorial Andes Nororientales o el Nivel central de PNNC. Para este ensayo se contempla el apoyo de seis personas.

8.1.2 Monitoreo de la restauración ecológica

ANTECEDENTES

- Antecedentes para Restauración en sector Chaina, predio El Carare:

En el marco de la implementación del Programa de Restauración del SFF Iguaque y del Protocolo de erradicación de especies exóticas maderables en el SFF Iguaque, se hace un Plan de Trabajo entre el Acueducto el Roble segunda etapa, Alcaldía de Villa de Leyva a través de la Secretaria de Desarrollo Económico, Competitividad y Asuntos Ambientales y el Santuario de Fauna y Flora Iguaque, para adelantar acciones de erradicación y restauración ecológica en el predio El Carare de 38 has, el cual se encuentra en tiene parte de la cuenca media del Rio Cane y cuenca alta de la quebrada Chaina de los municipios de Villa de Leyva y Chiquiza. Dentro del Plan de Manejo del área protegida, el predio hace parte de la Zona de Recuperación Vegetación Sucesional ZnRN1 (Plan de Manejo SFFI, 2017-2021).

El siguiente mapa muestra la localización del predio El Carare en Chaina (propietario Mario Pérez), donde se implementa el Protocolo de erradicación de especies exóticas e invasoras para especies maderables, en el marco del Programa de restauración ecológica para el SFF Iguaque (Figura 7).

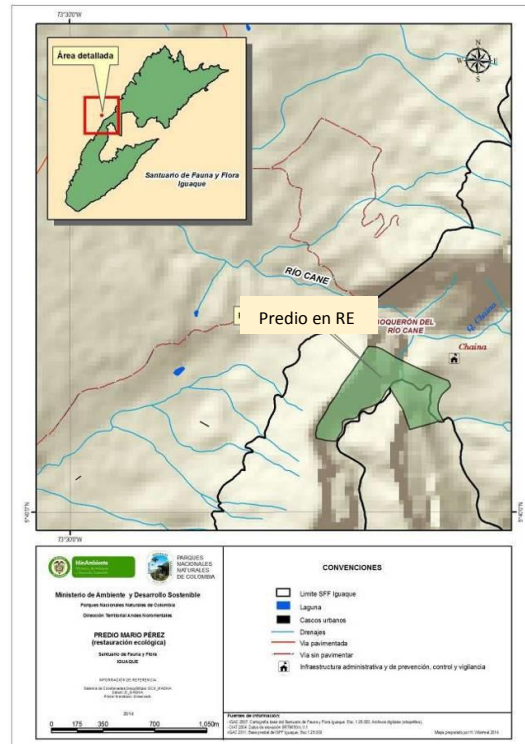


Figura 7. Mapa de localización del predio El Carare con 38 hectáreas en sector Chaina

El predio El Carare de 38 hectáreas, es de importancia estratégica ya que es un aporte de la quebrada Chaina que a su vez es afluente del Río Cane el cual suministra agua a los acueductos veredales de Villa de Leyva incluyendo el Roble segunda etapa. Entre el 30 de agosto y el 12 de septiembre del año 2015 ocurrió el más reciente incendio forestal que afectó 878 hectáreas entre los municipios de Villa de Leyva y Chiquiza, de estas 625 hectáreas fueron quemadas al interior del Santuario; el predio El Carare fue alcanzado por este incendio donde se quemaron coberturas nativas y exóticas (pinos, eucaliptos y acacias). Así mismo, el predio también fue afectado por los incendios ocurridos en el 2010 y 2012.

Al respecto sobre el incendio ocurrido en el año 2015, el equipo del SFFI con el apoyo de profesionales del Nivel central y de la Dirección Territorial Andes Nororientales de PNNC, Corpoboyacá y el IAvH adelantaron la evaluación del impacto ambiental causada por el incendio forestal en área dentro del Santuario y en zona amortiguadora. Según este documento, la superficie afectada de la microcuenca Chaina, sitio donde se desarrolla el proceso de restauración ecológica, fue de 227,40 hectáreas lo que representa el 44,16% del total de la quema. Es por ello, que la microcuenca, con una de las más altas superficies afectadas por el incendio es Cane en el sector de Chaina principalmente.



Las coberturas más afectadas en Chaina fueron: herbazal denso de tierra firme con arbustos (50,6 hectáreas), seguido de herbazal denso de tierra firme no arbolado (48,8 hectáreas).

Dados los resultados obtenidos en la caracterización florística de la Microcuenca Chaina se puede afirmar que la afectación del incendio sobre el componente de vegetación fue severo, donde en la mayoría de los casos la vegetación que quedó en pie fue la del estrato arbóreo y en menor grado el estrato arbustivo, en el caso del estrato herbáceo se puede afirmar que desapareció en la mayoría de los casos. Así mismo se observó que el fuego afectó el suelo al menos superficialmente, en especial en los robledales donde la capa de hojarasca fue incinerada en su totalidad, de igual manera el cambio más notable en suelos afectados se observó en la estructura del horizonte mineral, lo anterior conforme a las condiciones evaluadas en campo. La mayor afectación en los suelos ocurre en las propiedades físicas, particularmente en la degradación de la estructura de los primeros 4 a 6 centímetros del horizonte mineral, así como el sellamiento de los poros, lo que favorece la escorrentía superficial y, consecuentemente, la erosión hídrica bajo las condiciones de fuertes pendientes que caracterizan al macizo de Iguaque.

Debido a la severidad de este incendio de la Microcuenca Chaina que alcanzó afectar al predio El Carare, una de las actividades de restauración ecológica fue la implementación de ocho trinchos en los sitios de mayores pendientes que son críticos para el arrastre del suelo y cenizas hacia la Quebrada Chaina y el Río Cane como una medida de mitigación de la erosión hídrica. Los trinchos se hicieron con tablas de la madera de los eucaliptos erradicados con una altura de 60 cms aproximadamente, dispuestos en diferentes sitios a lo largo de la montaña, con longitudes diferentes dependiendo de la erosión que se observó en el predio. En la parte baja del trincho, se acomodaron piedras, madera y tierra para tapar los espacios entre el suelo y la madera y así evitar la pérdida de agua y del mismo suelo. Allí se adicionaron semillas de cascabelito *Crotalaria micans*, que por ser una especie arbustiva de crecimiento rápido, ayuda en la creación de suelo y coberturas pioneras.

Debido a los incendios recurrentes en esta zona y en el predio El Carare, la vegetación es producto de sucesiones secundarias con porte herbáceo; antes del incendio de 2015 correspondían a especies nativas en recuperación como: *Clusia multiflora*, *Quercus humboldtii*, *Puya goudotiana*, *Befaria resinosa*, *Clethra fimbriata*, *Hypericum laricifolium*, *Pteridium aquilinum*, *Cortadeira aff. nitida*, *Baccharis bogotensis*, *Duranta mutisii*, *Dodonea viscosa*, *Miconia squamulosa*, *Myrica parvifolia*, entre otras. Mientras que las especies exóticas arbóreas presentes eran: *Eucalyptus globulus*, *Acacia decurrens*, *Pinus patula* y herbáceas como *Pennisetum clandestinum*, *Melinis minutiflora*, *Pteridium aquilinum*. Estas plantas exóticas ocupaban un área alrededor de una (1) hectárea. Se calcularon alrededor de 200 pinos, 5 cipres, 4 urapanes y 10 acacias con un promedio del DAP de 26.10 cms para árboles medianos y DAP de 66.84 cms para los individuos más grandes.



El control y erradicación de especies exóticas e invasoras al interior del Santuario y en la zona amortiguadora, se hace necesaria debido a la importancia para el área protegida para conservar y mantener la biodiversidad de especies nativas de fauna y flora de uno de los Valores Objeto de Conservación (VOC) referido al Bosque Andino; lo que a su vez incluye que bajo el principio de prevención se debe controlar y/o erradicar especies vegetales exóticas e invasoras que representan una alta amenaza, más aún si se tienen en cuenta las estrategias de reproducción de pinos y eucaliptos con claros potenciales de dispersión y alta fuente de semillas y propágulos que pueden poner en peligro de invasión un sector del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, tal como está planteado en el documento denominado Programa de Restauración Ecológica. De igual forma la erradicación de especies exóticas como pinos y eucaliptos, es importante para el control de incendios forestales, presión que ha sido identificada en el Plan de Manejo del Santuario de tipo antrópica, histórica y recurrente; lo anterior responde a su vez a las acciones del Plan de Contingencias del mencionado Plan de Manejo (Programa de Restauración Ecológica SFF Iguaque 2017-2021; Plan de Manejo SFF Iguaque 2017-2021).

Las actividades de restauración ecológica desarrolladas a la fecha en el predio El Carare han sido:

- ✓ Caracterización de la vegetación del predio
- ✓ Erradicación de especies exóticas pino (*Pinus patula*) y acacia (*Acacia decurrens*), Urapán (*Fraxinus chinensis*) fuertemente afectadas durante el incendio del año 2015. El incendio quemó totalmente estas plantas, así es que el equipo del área protegida procedió a erradicarlas.
- ✓ Remoción de acículas y de semillas de pino (limpieza del suelo)
- ✓ Implementación de ocho (8) trinchos de madera para control de erosión en diferentes sectores críticos: 3 trinchos de 50 metros de largo por 60cm alto; 5 trinchos de 15 metros de largo por 60cm alto; 3 de trinchos de 5 metros de largo por 60cm de alto.
- ✓ Ahoyado y siembra de 8500 plantas de 16 especies nativas diferentes (a la fecha de elaboración del presente documento)
- ✓ Adición de hidroretenedor para garantizar la retención de la humedad en cada planta sembrada
- ✓ Adición de suelo y semillas nativas de cascabelito *Crotalaria micans* en los trinchos
- ✓ Riego de plantas sembradas especialmente en época seca



- ✓ Control de rebrotes de especies exóticas (acacia y pino): Los rebrotes de acacia se erradican manualmente cada dos meses; mientras que el pino cada cuatro meses, esto depende de la rapidez del crecimiento de estas plántulas.
- ✓ Mantenimiento de material vegetal: plateo de 30 cms y reemplazo de material muerto (en lo posible con las mismas especies, según disponibilidad en vivero)
- ✓ Aislamiento con alambre de púa: la cerca se instaló en 600 metros lineales, aislando el predio de un camino veredal para evitar el paso y tránsito de personas y ganado al interior del predio en restauración
- ✓ Y finalmente conteo de los individuos y especies plantados que no sobrevivieron (porcentaje de mortalidad)

En cuanto a las especies nativas que fueron sembradas están: roble (*Quercus humboldtii*), hayuelo (*Dodonea viscosa*), cedro (*Cedrela montana*), arrayán (*Myrcianthes lecouxyla*), gaque (*Clusia multiflora*), chicalá (*Tecoma stans*), encenillo (*Weinmannia tomentosa*), aliso (*Alnus acuminata*), juque o garrocho (*Viburnum triphyllum*), cucharo (*Myrsine guianensis*), laurel (*Myrica parvifolia*), salvio (*Cordia cylindrostachya*), trompeto (*Bocconia frutescens*), mortiño (*Hesperomeles goudotiana*), mano de oso (*Oreopanax bogotensis*).

La siembra de estas especies se hizo a tres bolillo a distancias de un metro (1mt) y metro y medio (1.5mt) con hoyos de una profundidad entre 30 y 40 cms según la altura de la planta. Las especies mencionadas fueron adquiridas según la disponibilidad del material vegetal en los viveros de la Alcaldía de Villa de Leyva, municipios cercanos y Carrizal del Santuario; éstas se distribuyeron procurando que quedaran en mezcla y que las arbóreas de la misma especie no quedaran cercanas para evitar la competencia entre ellas.

- Antecedentes para Restauración sector Capilla, predio Mamarramos 1 y 2:

Como fue descrito en el Capítulo 1 Antecedentes de la restauración ecológica en el área protegida, estos dos predios suman 171.9 hectáreas, se encuentran al interior del SFF Iguaque y los adquirió la Administración municipal de Villa de Leyva y por solicitud del equipo del Santuario fueron cedidos para actividades de conservación. Allí antes de la declaratoria del SFF Iguaque (1977), la actividad ganadera se llevó a cabo por más de 20 años, por lo que esta presión generaba impactos en el área protegida, como la homogenización de las especies especialmente en la zona plana y baja de ambos predios, siendo dominante la especie exótica pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Mientras que para la zona alta de montaña y boscosa de ambos predios, el ganado transitaba libremente por lo que el ramoneo de las especies juveniles era permanente, desapareciendo así el sotobosque que impedía la regeneración de las plantas. De igual forma este sector fue azotado por la tala selectiva y la cacería que se daba hacia los años 70's, esto contribuyó

a la pérdida de especies maderables importantes como amarillos, pinos colombianos, laureles, robles y encenillos.

La convocatoria fue dirigida a los usuarios del acueducto ASOCAPILLA DOS de la vereda Capilla para involucrarlos en el proceso de restauración. En la parte baja de los predios, se sembraron 932 individuos de 10 especies nativas con un trazado de 103 arreglos siguiendo 3 módulos florísticos, que fueron distribuidos al azar en la totalidad del área que corresponde a la zona de potreros del predio; estos módulos se pensaron teniendo en cuenta que los núcleos de sucesión estuvieran lo más cerca posible entre ellos para favorecer y potenciar los núcleos naturales del enriquecimiento natural.

El siguiente mapa muestra la localización de los predios Mamarramos 1 y 2 en donde se desarrolla la restauración ecológica (Figura 8).

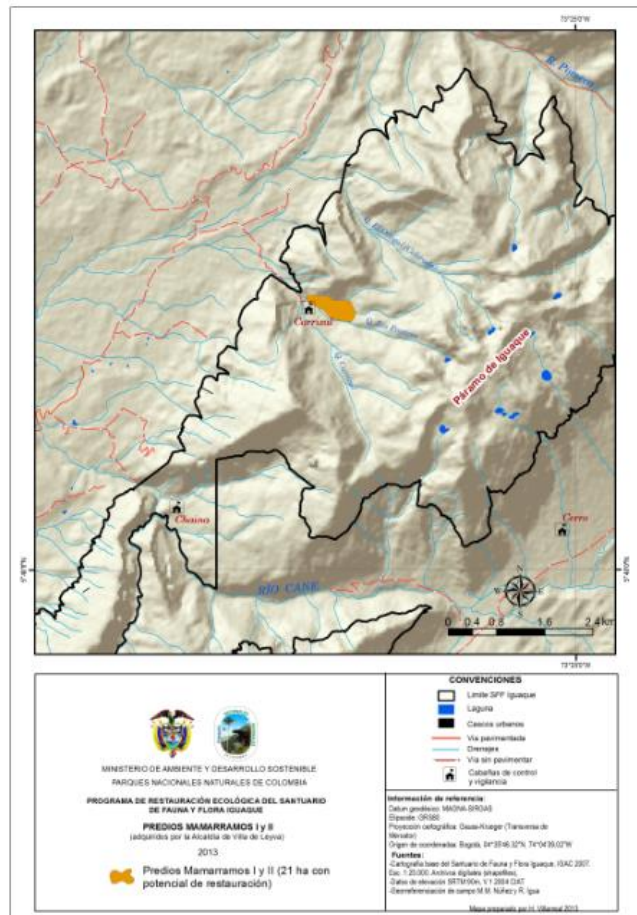


Figura 8. Mapa de localización de predios Mamarramos 1 y 2, sector Capilla



OBJETIVO GENERAL

Evaluar el éxito de las acciones de restauración implementadas en los predios

OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Realizar el seguimiento a las siembras realizadas en el área de intervención, con el fin de identificar factores de riesgo
- Monitorear cambios en coberturas de especies exóticas frente a vegetación nativa (la regeneración natural y ecosistema de referencia)
- Evaluar la supervivencia de las especies intermedias y tardías empleadas en las áreas en proceso de restauración

PREGUNTA

¿Cuál es el cambio en las coberturas vegetales a lo largo de cinco años, al iniciar un proceso de restauración ecológica con diferentes estrategias entre ellas erradicación de especies exóticas y siembra de especies nativas?

PROTOCOLO SECTOR CHAINA, PREDIO CARARE

ESCENARIO: MATORRALES DE BOSQUE ANDINO AFECTADOS POR INCENDIOS Y PLANTACIONES FORESTALES					
TRATAMIENTO: Módulos donde se realiza la erradicación manual de exóticas, plantación de núcleos de regeneración natural, dispersión de semillas, trinchos y manejo adaptativo.					
PLAZO	METAS RESTAURACION	OBJETIVO DEL MONITOREO	INDICADOR	CUANTIFICADOR	PERIODICIDAD DE MEDICION
CORTO (1 a 3 años)	Eliminar en un 70% la densidad de especies exóticas forestales.	Evaluar la disminución de densidad de especies exóticas forestales.	Número de individuos de especies forestales presentes en los sitios de restauración.	Número de rebrotes de especies exóticas.	Tres veces al año
	La supervivencia y desarrollo de los individuos plantados arbustivos y arbóreos corresponde 80%.	Evaluar la supervivencia y desarrollo de los individuos plantados	% de Supervivencia Tasa de crecimiento	Vivo/Muerto Altura Diámetro de copa	Tres veces al año

	Se generan cambios de coberturas vegetales de especies nativas sobre el suelo en un 20%	Verificar los cambios de las coberturas vegetales	% Cobertura Vegetal de especies nativas	Cobertura vegetal de nativas	Semestral
MEDIANO PLAZO (3 – 5 AÑOS)	Eliminar en un 100% la densidad de especies exóticas forestales.	Evaluar la disminución de densidad de especies exóticas forestales.	Número de individuos de especies forestales presentes en los sitios de restauración.	Presencia de rebrotes.	Tres veces al año
	Se generan cambios de coberturas vegetales de especies nativas sobre el suelo en un 30%	Verificar los cambios de las coberturas vegetales	% Cobertura Vegetal de especies nativas	Cobertura vegetal de nativas	Semestral
LARGO PLAZO (5 - 10 AÑOS)	Se generan cambios de coberturas vegetales de especies nativas sobre el suelo en un 70%	Verificar los cambios de las coberturas vegetales	% Cobertura Vegetal de especies nativas	Cobertura vegetal de nativas	Semestral
	La riqueza vegetal mejora de acuerdo al estadio sucesional	Comparar la diversidad biológica en los sitios de restauración de acuerdo a la etapa sucesional	Riqueza específica		Anual

Indicadores

A continuación se presentan los indicadores priorizados para el corto plazo, en el caso del mediano y largo plazo, los métodos de campo y hojas metodológicas se elaborarán durante la implementación del programa de monitoreo.

- ✓ % supervivencia del material vegetal plantado



Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



- ✓ % cobertura de especies nativas
- ✓ % cobertura de especies exóticas
- ✓ Riqueza
- ✓ Diversidad (Índice de Shannon)

Las hojas metodológicas del indicador se pueden observar en el anexo 4 y 8

Métodos de campo

El área de estudio corresponde al sector Chaina, predio Carare descritos con detalle previamente en el componente de antecedentes.

Los sectores donde se hicieron las siembras de plantas nativas, presentan diferencias en cuanto a la incidencia de factores climáticos, como el viento y la exposición solar. Así mismo, se infieren diferencias en contenidos de humedad del suelo, debido a los cambios de pendientes en la parte alta de la loma y de menor pendiente hacia la parte baja. Estos serán factores determinantes para la instalación de parcelas de monitoreo. Se implementarán en total cinco (5) parcelas de 5 x 5 metros cuadrados a favor de la pendiente así:

- Cara nor oriental de la montaña, ladera hacia la Quebrada Chaina:
 1. Sitio con menor pendiente; base de la montaña
 2. Sitio con pendiente media; a media ladera de la montaña (después de un trincho)
 3. Sitio con pendiente fuerte; en una zona alta de la montaña (antes de un trincho)
- Cara occidental de la montaña ladera hacia el Río Cane:
 4. Sitio con pendiente media; a media ladera de la montaña (no hay trinchos instalados)
- Cara sur oriental en la ladera hacia el Río Cane:
 5. Sitio con pendiente media; a media ladera de la montaña con alto grado de erosión

En la imagen se observa la ubicación de las parcelas mencionadas para el seguimiento de la restauración que se implementará (Figura 9):



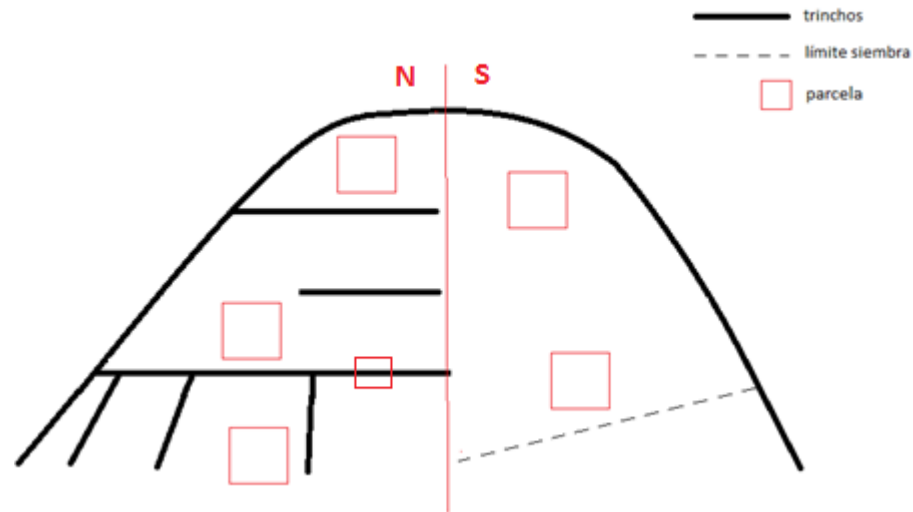


Figura 9. Representación de la zona de restauración con las 5 parcelas de monitoreo al proceso

A continuación se presentan las actividades de campo a realizar para dar respuesta a cada uno de los indicadores priorizados

- Número de rebrotes de especies exóticas

Para determinar el número de rebrotes de especies exóticas se realizan recorridos por todo el sector y se cuantifican uno a uno los rebrotes que se visualicen; posteriormente se hace el control manual (extracción) de los individuos presentes como parte del manejo adaptativo. Esta evaluación se realizará cada cuatro meses (Marzo – Julio – Noviembre), es decir tres veces al año.

- % supervivencia del material vegetal plantado

En el sitio de restauración del total de los individuos plantados se identificarán completamente al azar a lo largo del terreno el 30% de los individuos para cada una de las especies (leñosas y arbóreas) los cuales serán marcados con plaquetas de aluminio, codificados y serán objeto de remediación cada cuatro meses (Marzo – Julio – Noviembre), es decir tres veces al año. En estos individuos, se registrarán datos de supervivencia (vivo/ muerto) y crecimiento (altura total).

- % cobertura de especies nativas, exóticas, riqueza y diversidad

En el sitio en proceso de restauración, cada una de las cinco parcelas descritas previamente de 5m*5m, serán subdivididas en cuadrantes de 1 x 1 metros, donde se evaluará el porcentaje de cobertura del estrato rasante y herbáceo sobre el suelo desnudo y rocas a lo largo del tiempo, así como de exóticas con el fin de verificar los cambios de coberturas efecto del proceso de



restauración ecológica con una periodicidad semestral escogiendo meses de los dos períodos climáticos (Mayo – Diciembre).

Una vez se alcancen los umbrales estructurales referidos a cobertura vegetal del 30%, los individuos leñosos > a 70 cm de altura serán identificados al mayor nivel taxonómico posible con el fin de determinar la riqueza específica en las unidades muestrales ya definidas.

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas.

Monitoreo de soporte al ejercicio de restauración ecológica

Adicionalmente, como parte de un ejercicio que aporte información para realizar análisis de comparación de trayectoria y ajustes de umbrales, se tendrá en cuenta el ecosistema de referencia para el Sector Chaina, Predio Carare. En dicho predio que ha sufrido afectación por incendios en diferentes años, no hay un ecosistema de referencia al interior, sin embargo, existe un parche cercano que puede contener una muestra interesante de vegetación nativa representativa. Así es que se implementarán igual número de parcelas de 5 x 5 m para el monitoreo del reclutamiento de la vegetación, y contar con información sobre el cambio de coberturas exóticas por nativas. Para cada individuo se registrará crecimiento (altura total), DAP y mortalidad. Este monitoreo se hará cada año (a partir del primer año de implementación).

PROTOCOLO SECTOR LA CAPILLA, PREDIOS MAMARRAMOS 1 Y 2

ESCENARIO: BOSQUE ANDINO AFECTADO POR PASTIZALES.					
TRATAMIENTO: Módulos donde se realiza plantación de núcleos de regeneración natural, dispersión de semillas y manejo adaptativo.					
PLAZO	METAS RESTAURACION	OBJETIVO DEL MONITOREO	INDICADOR	CUANTIFICADOR	PERIODICIDAD DE MEDICION
CORTO (1 a 3 años)	Eliminar en un 40% la densidad de especies exóticas gramíneas.	Evaluar la disminución de densidad de especies gramíneas exóticas	Coberturas de especies gramíneas presentes en los sitios de restauración.	Porcentaje de coberturas de especies exóticas.	Tres veces al año



Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



	La supervivencia y desarrollo de los individuos plantados arbustivos y arbóreos corresponde 80%.	Evaluar la supervivencia y desarrollo de los individuos plantados	% de Supervivencia Tasa de crecimiento	Vivo/Muerto Altura Diámetro de copa	Tres veces al año
	Se generan cambios de coberturas vegetales de especies nativas sobre el suelo en un 20%	Verificar los cambios de las coberturas vegetales	% Cobertura Vegetal de especies nativas	Cobertura vegetal de nativas	Tres veces al año
MEDIANO PLAZO (3 – 5 AÑOS)	Eliminar en un 60% la densidad de especies exóticas forestales.	Evaluar la disminución de densidad de especies exóticas forestales.	Coberturas de especies exóticas presentes en los sitios de restauración.	Porcentaje de coberturas de especies exóticas.	Tres veces al año
	Se generan cambios de coberturas vegetales de especies nativas sobre el suelo en un 40%	Verificar los cambios de las coberturas vegetales	% Cobertura Vegetal de especies nativas	Cobertura vegetal de nativas	Semestral
LARGO PLAZO (5 - 10 AÑOS)	Se generan cambios de coberturas vegetales de especies nativas sobre el suelo en un 80%	Verificar los cambios de las coberturas vegetales	% Cobertura Vegetal de especies nativas	Cobertura vegetal de nativas	Semestral
	La riqueza vegetal mejora de acuerdo al estadio sucesional	Comparar la diversidad biológica en los sitios de restauración de acuerdo a la etapa sucesional	Riqueza específica		Anual





Indicadores

A continuación se presentan los indicadores priorizados para el corto plazo, en el caso del mediano y largo plazo, los métodos de campo y hojas metodológicas se elaborarán durante la implementación del programa de monitoreo.

- ✓ % de supervivencia del material vegetal plantado
- ✓ % de cobertura de especies nativas
- ✓ % de cobertura de especies exóticas
- ✓ Riqueza
- ✓ Diversidad (Índice de Shannon)

Las hojas metodológicas del indicador se pueden observar en el anexo 4 y 8

Métodos de campo

Por su parte, en los predios Mamarramos 1 y 2 existe una zona de baja pendiente aproximadamente de 2 hectáreas, en donde se realizó la restauración ecológica activa y se hizo la instalación de alambre de púa para controlar el paso de turistas y de ganado, así como la siembra de especies nativas. La otra zona es la parte alta de la montaña que corresponde a 163.9 hectáreas, que se encuentra en restauración pasiva, debido a que tuvo extracción de maderas finas como pinos colombianos, amarillos, lauráceas, entre otros y que está en recuperación al controlarse las presiones en la zona baja del predio.

Para facilitar el seguimiento al desarrollo de las plantas nativas, en el año 2014 se implementaron tres (3) parcelas de monitoreo de 5 x 5 m en el sector donde se realizaron las siembras, es decir donde hay restauración activa, en ellas se buscó que se conservaran los módulos que inicialmente fueron usados en la siembra; sin embargo, en algunos módulos no fue posible encontrar algunas de las especies por mortalidad de las mismas, pero se intentó que quedara representada la mayor diversidad de vegetación con la intención de hacer seguimiento al comportamiento y desarrollo de las plantas. Se pretende implementar dos parcelas más, para poder estandarizar la metodología con el monitoreo propuesto para el predio El Carare y que finalmente se cuente con cinco parcelas de monitoreo.

A continuación se presentan las actividades de campo a realizar para dar respuesta a cada uno de los indicadores priorizados



- % supervivencia del material vegetal plantado

En el sitio de restauración del total de los individuos plantados se identificarán completamente al azar a lo largo del terreno el 30% de los individuos para cada una de las especies (leñosas y arbóreas) los cuales serán marcados con plaquetas de aluminio, codificados y serán objeto de remediación cada cuatro meses (Marzo – Julio – Noviembre), es decir tres veces al año. En cada individuo, se registrarán datos de supervivencia (vivo/muerto) y crecimiento (altura total).

- % cobertura de especies nativas y exóticas, riqueza y diversidad

En el sitio en proceso de restauración, en cada una de las 3 parcelas de 5m*5m existentes, serán subdivididas en cuadrantes de 1 x 1 metros, donde se evaluará el porcentaje de cobertura del estrato rasante y herbáceo sobre el suelo desnudo y rocas a lo largo del tiempo, así como de exóticas con el fin de verificar los cambios de coberturas efecto del proceso de restauración ecológica con una periodicidad semestral (Mayo – Diciembre). Se aclara que tendrán que implementarse otras dos parcelas más para estandarizar los métodos, para tener 5 parcelas de 5m*5m.

Una vez se alcancen los umbrales estructurales referidos a cobertura vegetal del 30%, los individuos leñosos > a 70 cm de altura serán identificados al mayor nivel taxonómico posible con el fin de determinar la riqueza específica en las unidades muestrales ya definidas.

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas.

Así mismo en estas parcelas, se hará monitoreo de la especie invasora, específicamente de la graminéa kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) para verificar el cambio de esta cobertura en el tiempo en función del efecto de la restauración ecológica, usando los cuadrantes de 1 x 1 metros, lo que permitirá evaluar las coberturas de graminéas sobre el suelo desnudo y rocas.

Monitoreo de soporte al ejercicio de restauración ecológica

Adicionalmente, como parte de un ejercicio que aporte para realizar análisis de comparación de trayectoria y ajustes de umbrales, se tendrá en cuenta el ecosistema de referencia para el Sector La Capilla, predios Mamarramos 1 y 2.

Teniendo en cuenta, que en los predios Mamarramos a pesar de la extracción selectiva de especies maderables, en su zona alta aún existen parches con vegetación representativa del ecosistema que son referentes, se seleccionarán los sitios para implementar 5 parcelas de 5 x 5 m para el seguimiento del reclutamiento de la vegetación. En cada parcela se hará el monitoreo anualmente del crecimiento (altura total), DAP y mortalidad de cada individuos.



Para complementar el monitoreo de la restauración ecológica en los predios El Carare y Mamarramos 1 y 2, se tomarán fotografías a cada una de las parcelas y al área en general, siempre desde un mismo punto (a la misma altura, orientación y con la misma cámara) al momento de la toma de datos de las parcelas en los sitios de restauración activa y pasiva. Dichas fotografías serán organizadas y cargadas a SULA como evidencia de cada conjunto de datos de cada tiempo de muestreo.

ANÁLISIS DE DATOS

Todos los datos registrados en campo de los procesos de restauración ecológica (Predios Mamarramos 1 -2- y el Carare) deberán ser cargados a la correspondiente estructura de datos del Sistema de Información de Monitoreo SULA, para posteriormente realizar el análisis de acuerdo con los siguientes indicadores:

- **Riqueza específica**

$$S=N$$

S: Número de especies

N= Número total de especies

- **Porcentaje de supervivencia**

La supervivencia de las plántulas es uno de los factores que determina el reclutamiento de nuevos individuos, y con ello, la regeneración natural de los bosques (Harper 1977).

$$\%S = \left(\frac{\# \text{vivos}}{\# \text{sembrados}} \right) * 100 \quad \text{Donde:}$$

% S = Porcentaje de supervivencia

#vivos: N° individuos vivos

#sembrados: N° individuos sembrados

Para la interpretación del resultado tener en cuenta los siguientes rangos de gestión.

RANGOS DE GESTIÓN	
MUY BAJO	Menos del 22%
BAJO	Entre 20 y 50%
MEDIO	Entre 50 y 70%
ALTO	Más del 70%

- Diversidad. Índice de Shannon**

$$\Delta H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

S - número de especies (riqueza de especies)

p_i - proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): n_i/N

n_i - número de individuos de la especie i

N - número de todos los individuos de todas las especies

- Coberturas de especies nativas**

$$CEI = (P_i / T) * 100$$

P_i = Número de unidades muestrales con presencia de la especie i

T = Total de unidades

Para la interpretación del resultado tener en cuenta los siguientes rangos de gestión.

RANGOS DE GESTIÓN		
	MEDIANO PLAZO (3 AÑOS)	LARGO PLAZO (5 AÑOS)
NIVEL CRÍTICO	> 20%	>40%
NIVEL ACEPTABLE	30%	50%
NIVEL SATISFACTORIO	< 30%	<50%

- Coberturas de especies exóticas**

$$CEI = (P_i / T) * 100$$

P_i = Número de unidades muestrales con presencia de la especie i

T = Total de unidades



Para la interpretación del resultado tener en cuenta los siguientes rangos de gestión.

RANGOS DE GESTIÓN		
	MEDIANO PLAZO (3 AÑOS)	LARGO PLAZO (5 AÑOS)
NIVEL CRÍTICO	< 40%	< 30%
NIVEL ACEPTABLE	40%	20%
NIVEL SATISFACTORIO	>30%	>10%

Productos esperados:

Para obtener un monitoreo de la restauración implementada, se proyecta que, a futuro en el término de 5 años, se pueda contar con una línea base sobre el cambio de coberturas cercanas al ecosistema de referencia y la notable disminución de las especies exóticas e invasoras en el predio.

8.1.2.1 Diseño para formulación y/o implementación asociado a la restauración

Componente suelos

Ahora bien, se pretende tener un monitoreo al componente del suelo para los dos sitios de implementación de los procesos de restauración ecológica (Mamarramos y el Carare). En el año 3 de implementación del presente programa de monitoreo se realizará un análisis de suelos con el fin de establecer la presencia de micro y macro nutrientes, la acidez y la presencia de materia orgánica, para determinar si las condiciones del suelo son aptas para el sostenimiento y desarrollo de las especies establecidas, identificar los principales riesgos y definir medidas de manejo en función de la restauración ecológica, es decir para evaluar el enriquecimiento del suelo por el efecto de la restauración. Este análisis se deberá realizar cada dos años con el fin de llevar a cabo un registro de las condiciones fisicoquímicas del componente y los cambios obtenidos a través del tiempo con la implementación de las acciones de restauración.

Los sitios donde se tomarán las muestras de suelo, así como las cantidades de muestras, los indicadores y las hojas metodológicas serán diseñados en el año 3 de la implementación del monitoreo.



Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



Materiales, equipos y presupuesto

A continuación se presentan los materiales, equipos y presupuesto requerido para la implementación de los diseños de monitoreo para la restauración en el SFF Iguaque ([Tabla 7](#))

Tabla 7. Materiales, equipos y presupuesto para el monitoreo de la restauración ecológica.

EQUIPO	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Repulador de aluminio electrónico	Para marcaje de placas de aluminio	1	260.000	260.000					260000
Cinta Métrica	Cinta métrica 50 m. Decámetro	2	20.000	40.000		40.000			80.000
GPS	Gps con conectividad inalámbrica	1	800.000	800.000					800.000
	Pantalla en color de 2,6" que puede leerse a la luz del sol								
	Mapa base integrado de todo el mundo con relieve sombreado								
	Antena GPS Quadrifilar Helix de alta sensibilidad para una recepción incomparable								
	1,7 GB de memoria interna								
	Brújula de tres ejes con altímetro barométrico								
	Compatible con las imágenes por satélite de BirdsEye, mapas personalizados y navegación por fotos								





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



Libreta de campo	No Específica	5	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	50.000
Cámara Digital	Cámara Digital Semi-Profesional SX50 HS: Memoria Ram: 16MB, 12,1 Megapíxeles, Resolución máxima: 1920x1080, Zoom óptico: 50x, Grabación de video Full HD, Pantalla LCD de 2,8", Procesador Digic 5, Tipo de tarjeta: SD/SDHC/SDXC, Estabilizador Óptico de la Imagen de 4,5 pasos IS inteligente, Ayuda al Encuadre con Zoom mejorada, Smart Auto, Balance de Blancos.	1	1.500.000	1.500.000					1.500.000
Tarjetas memoria	Tarjetas memoria para cámara fotográfica de 64GB	3	50.000	150.000					150.000
Baterías recargables	AA (2000 Mah) para Cámara Digital Semi-Profesional	3	50.000	150.000					150.000
Impermeables Femeninos	Chaqueta y pantalón resistentes al agua	2	300.000	600.000		600.000			1.200.000
Impermeables Masculinos	Chaqueta y pantalón resistentes al agua	3	300.000	900.000		900.000			1.800.000
Análisis de suelo	Análisis en laboratorio de componentes físico químicos y orgánicos del suelo: 1 anual por cada sitio de implementación de RE (sectores: mamarramos, chaina, la colorada, los aljibes)	3	250.000	250.000		250.000		250.000	750.000
Imágenes Satelitales	Imágenes Satelitales Quik bird de 2.5 multiespectral. Una subescena de imagen de alta resolución	1	1.000.000	1.000.000					1.000.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



Cinta campo	Rollo de cinta reflectiva para campo	3	50.000	50.000		50.000		50.000	150.000
Cabuya	Cabuya para transectos y parcelas. 5000 gr. No específica	5	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	50.000
Medidor de pH e higrometro para suelos	Medidor para rango de pH: 3-8; rango de humedad: 1 (seco) - 8 (húmedo); con precisión: 1%, 0.2pH; profundidad de medición: hasta 6 cm; dimensiones: 160 x 50 mm y peso aproximado de 101g	1	1.000.000	1.000.000					1.000.000
Tijeras podadoras	Tijeras para vegetación	2	100.000	200.000					200.000
Machete	No Específica	3	20.000	20.000		20.000		20.000	60.000
Tubos de Aluminio	Tubos de Aluminio de 1,50cm alto de 1/2 pulgada de diámetro	100	20.000	2.000.000					2.000.000
Transporte (dos motocicletas)	Gasolina - Viajes	20	50.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	5.000.000
Raciones de campo (almuerzo)	No Específica	35	15.000	525.000	525.000	525.000	525.000	525.000	2.115.035
TOTAL				12.215.000	1.545.000	3.405.000	1.545.000	1.865.000	20.575.000





8.2 Diseño de monitoreo para formulación e implementación durante el segundo año de vigencia del PM

8.2.1 Humedales o Lagunas paramunas de origen glaciar (lagunas): Ojo de Agua y Cazadero

La formulación del diseño y la implementación del monitoreo para las dos lagunas mencionadas se iniciará a partir del segundo año de vigencia del Programa de monitoreo del SFF Iguaque.

Antecedentes

Las condiciones de los humedales o Lagunas del Área Protegida, tanto en biodiversidad como en su dinámica limnológica y sucesional, estructuran y definen su capacidad como reguladores de agua, que es utilizada por las comunidades humanas de las zonas aledañas, lo que implica que la sanidad ecológica y ambiental que tengan las cuencas superiores, los humedales del páramo, el páramo mismo y los bosques que componen el territorio vecino, definen la oferta de aguas que exista para la población asentada aguas abajo del Santuario.

Tal como ocurre en los páramos de Colombia, la cima de la zona norte del páramo de Iguaque alberga pequeñas lagunas (ocho) de origen glaciar, reconocidas por su belleza paisajística y escénica, amén de su valor cultural regional asociado a la Cultura Muisca (especialmente laguna de Iguaque), de fuerte arraigo en la población local. No obstante, ante la ausencia de fuentes alternas, el uso actual de algunas de ellas (ej. Cazadero y Ojo de Agua, figura 10) para la provisión de agua de consumo humano y uso agropecuario de unas pocas veredas del municipio de Chíquiza, está ocasionando la reducción del espejo de agua, con la consecuente desecación paulatina de estos cuerpos, esto se concluye según observaciones no sistemáticas realizadas a lo largo de varios años por los funcionarios más antiguos del AP. No se desestima que, en dicho proceso de degradación, parte sea atribuible a los efectos del cambio climático global y en este sentido la situación puede agudizarse si consideramos que según modelos predictivos de la variabilidad de las lluvias realizados por Bernal (2011), se estima una reducción de la mismas en un 30% para el SFF Iguaque durante la ocurrencia del Fenómeno del Niño.

Observaciones detalladas recientes dan cuenta de la desaparición de pequeños cuerpos de agua conectados entre sí que alimentaban el cuerpo principal remanente, dando origen a pantanos que son colonizados por especies de frailejón tolerantes a tales condiciones de humedad (ej. *E. murilloi*). A lo anterior, se suma que las áreas de captación de agua que alimentan a las lagunas paramunas son de muy poca extensión, estando confinadas a microcuencas cerradas (hoyas glaciáricas), sin posibilidades de escurrimientos superficiales alternos que las surtan (Figura 10).

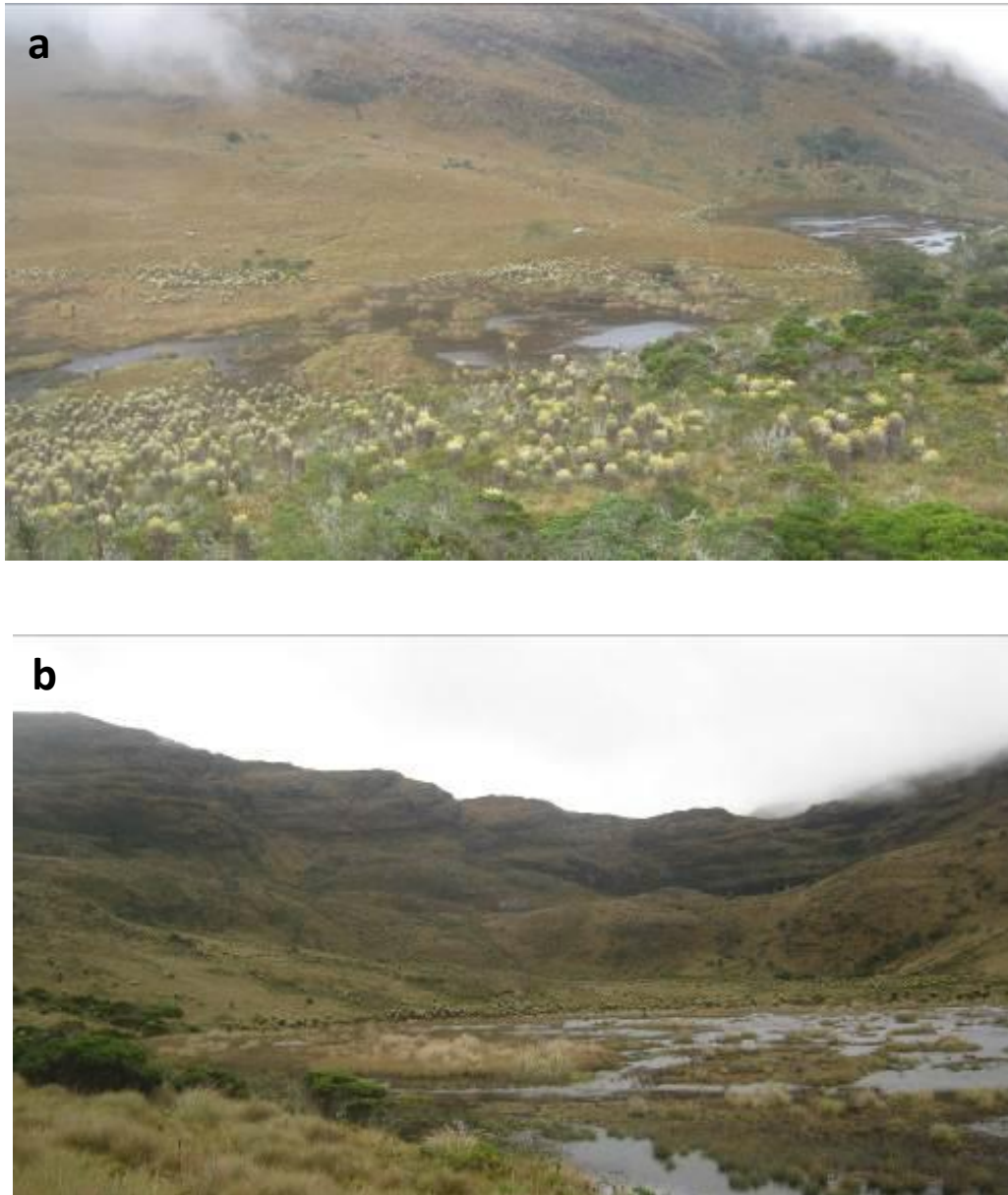


Figura 10. Lagunas de páramo de origen glaciar: a) Ojo de Agua suministra agua al acueducto rural de Guancha - b) Cazadero suministra agua al Acueducto de la vereda Cerro ambas en el municipio de Chíquiza. Fotos M. Núñez 2015.

Preguntas

- ¿Cómo varía en 5 años la cantidad y calidad ecológica de las lagunas Ojo de agua y Cazadero?
- ¿Cómo varía en 5 años el balance hídrico de las lagunas Ojo de agua y Cazadero?



Indicadores

Para los humedales paramunos de origen glaciar: Ojo de Agua y Cazadero se proponen los siguientes indicadores de estado y de respuesta:

Tabla 8. Indicadores para el monitoreo de las Lagunas Ojo de Agua y Cazadero.

Indicadores	Calidad	Cantidad	Calidad ecológica
Indicadores de estado	DBO DQO O ₂ pH Tº sólidos coliformes	Caudal	Macroinvertebrados algas índice de calidad ecológica BMWP
Indicadores de presión	Incluir otros parámetros como metales pesados, organofosforados, SAAM		Microcuenca Mamarramos: EEI: trucha
Indicadores de respuesta		Cumplimiento de las obligaciones de las concesiones otorgadas	

Sitios de muestreo propuestos

Los puntos identificados para tomar muestras de aforos, bioindicadores y de parámetros físico-químicos y bacteriológicos serán:

Laguna Ojo de Agua

- 1- En el desagadero o sitio de drenaje de la Laguna
- 2- En sitio de captación del acueducto Guancha

Laguna Cazadero

- 1- En el desagadero o sitio de drenaje de la Laguna
- 2 – En el sitio de captación del Acueducto de la vereda Cerro



Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



Materiales, equipos y presupuesto

A continuación se presentan los materiales, equipos y presupuestos para el diseño de monitoreo de humedales o Lagunas paramunas de origen glaciar (lagunas): Ojo de Agua y Cazadero (Tablas 9 y 10)

Tabla 9. Materiales, equipos y presupuesto para el monitoreo calidad hídrica Lagunas priorizadas

ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Cámara fotográfica	Cámara Digital Semi-Profesional SX50 HS: Memoria Ram: 16MB, 12,1 Megapíxeles, Resolución máxima: 1920x1080, Zoom óptico: 50x, Grabación de video Full HD, Pantalla LCD de 2,8", Procesador Digic 5, Tipo de tarjeta: SD/SDHC/SDXC, Estabilizador Óptico de la Imagen de 4,5 pasos IS inteligente, Ayuda al Encuadre con Zoom mejorada, Smart Auto, Balance de Blancos	1	1.500.000		1.500.000				1.500.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Baterías recargables para Cámara digital	Baterías recargables AA (2000 Mah) para Cámara Digital Semi-Profesional	6	9.000		54.000		54000		108.000
Cargador de baterías	Cargador Universal de Baterías Recargables para 8 AA/AAA.	2	80.000		160.000				160.000
Tarjetas memoria	Tarjetas memoria para cámara fotográfica de 64GB	2	50.000		100.000				100.000
GPS	Gps con conectividad inalámbrica	2	800.000		1.600.000				1.600.000
	Pantalla en color de 2,6" que puede leerse a la luz del sol								
	Mapa base integrado de todo el mundo con relieve sombreado								
	Antena GPS Quadrifilar Helix de alta sensibilidad para una recepción incomparable								
	1,7 GB de memoria interna								





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
	Brújula de tres ejes con altímetro barométrico								
	Compatible con las imágenes por satélite de BirdsEye, mapas personalizados y navegación por fotos								
Red Surber	Red Surber Nitex 500um (0.5 mm)	2	700.000		1.400.000				1.400.000
Pinzas Entomológicas	No Específica	4	30.000		120.000				120.000
Tarros plásticos	No Específica	120	300		36.000				36.000
Alcohol al 90%	1 litro	4	30.000		30.000	30.000	30.000	30.000	120.000
Papel pergamino	No Específica	15	3.000		45.000	45.000	45.000	45.000	180.000
Cinta Métrica	Cinta métrica 50 m. Decámetro	2	20.000		40.000				40.000
Bolsas Herméticas	No Específica	60	12.000		720.000		720.000		1.440.000
Estereoscopio	AmScope SE306R-PZ-E 20x-40x-80x	1	1.500.000		1.500.000				1.500.000
Guía Macroinvertebrados	Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del dpto. de Antioquia. (Roldán, 1996)	2	150.000		300.000				300.000
Machete	No Específica	4	20.000		40.000		40.000		80.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Impermeables Femeninos	Chaqueta y pantalón resistentes al agua	2	300.000		600.000		600.000		1.200.000
Impermeables Masculinos	Chaqueta y pantalón resistentes al agua	2	300.000		600.000		600.000		1.200.000
Guantes mosquetero	Guantes de caucho extra-largo negro k 35 de 50 cm de largo en látex natural de bajo amonio, satinado, con orillo de refuerzo en manga para evitar desgarre y forma curva en dedos para ajuste	4	19.000		76.000				76.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Fontanero tipo escafandra	Overol tipo fontanero elaborado en PVC con base en poliéster calibre 580+ 0,20, botas vulcanizadas al pantalón, con puntera de seguridad, alta resistencia al rasgado, resistencia aceites, combustibles y ácidos moderados, herméticamente sellado con la técnica de vulcanización, con refuerzo entre piernas	4	150.000		600.000				600.000
Tapabocas	Caja de 100 Tapabocas	4	5.000		5.000	5.000	5.000	5.000	20.000
Libreta de campo	No Específica	4	10.000		10.000	10.000	10.000	10.000	40.000
Rapidógrafo	No Específica	4	5.000		5.000	5.000	5.000	5.000	20.000
Transporte (dos motocicletas)	Gasolina - viajes	15	50.000		750.000	750.000	750.000	750.000	3.000.000
Raciones de campo (almuerzo)	No Específica	60	15.000		900.000	900.000	900.000	900.000	3.600.000
Bote inflable	Bote inflable para dos personas con	1	300.000		300.000				300.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
	remos								
Chalecos salvavidas	chaleco de 3 correas de ajuste graduables para pesos de hasta 95 kilos	2	150.000		300.000				300.000
Medidor Multiparamétrico	Thermo scientific STARA 3295	1	12.942.000		12.942.000				12.942.000
Mantenimiento anual Medidor Multiparamétrico	No Especifica	4	1.000.000		1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	4.000.000
Manila de 15 metros	No especifica	1	1.000		1.000	1.000	1.000	1.000	4.000
TOTAL				0	25.734.000	2.746.000	4.760.000	2.746.000	35.986.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



Tabla 10. Materiales, equipos y presupuesto para el monitoreo oferta hídrica Lagunas priorizadas

ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Cinta Métrica	Cinta métrica 50 m. Decámetro	2	20.000		20.000		20.000		40.000
Cronometro	HS-3V Resistente al agua	1	200.000		200.000				200.000
Gps	Gps con conectividad inalámbrica	2	1.000.000		2.000.000				2.000.000
	Pantalla en color de 2,6" que puede leerse a la luz del sol								
	Mapa base integrado de todo el mundo con relieve sombreado								
	Antena GPS Quadrifilar Helix de alta sensibilidad para una recepción incomparable								
	1,7 GB de memoria interna								
	Brújula de tres ejes con altímetro barométrico								





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
	Compatible con las imágenes por satélite de BirdsEye, mapas personalizados y navegación por fotos								
Libreta de campo	No Específica	4	10.000		10.000	10.000	10.000	10.000	40.000
Pimpones	No Específica	15	1.000		15.000	15.000	15.000	15.000	60.000
Cámara fotográfica	Cámara Digital Semi-Profesional SX50 HS: Memoria Ram: 16MB, 12,1 Megapíxeles, Resolución máxima: 1920x1080, Zoom óptico: 50x, Grabación de video Full HD, Pantalla LCD de 2,8", Procesador Digic 5, Tipo de tarjeta: SD/SDHC/SDXC, Estabilizador Óptico de la Imagen de 4,5 pasos IS inteligente, Ayuda al	1	1.500.000		1.500.000				1.500.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
	Encuadre con Zoom mejorada, Smart Auto, Balance de Blancos								
Baterías recargables para Cámara digital	Baterías recargables AA (2000 Mah) para Cámara Digital Semi-Profesional	2	9.000		9.000		9.000		18.000
Probetas	Probetas de 1 y 2 litros	2	15.000		30.000				30.000
Impermeables Femeninos	Chaqueta y pantalón resistentes al agua	2	150.000		300.000		300.000		1.200.000
Impermeables Masculinos	Chaqueta y pantalón resistentes al agua	2	150.000		300.000		300.000		1.200.000
Guantes mosquetero	Guantes de caucho extra-largo negro k 35 de 50 cm de largo, látex natural de bajo amonio, satinado, orillo de refuerzo en manga para evitar desgarre, forma curva dedos para	4	19.000		76.000				76.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
	ajuste								
Fontanero tipo escafandra	Overol tipo fontanero elaborado en PVC con base en poliéster calibre 580+ 0,20, botas vulcanizadas al pantalón, con puntera de seguridad, alta resistencia al rasgado, resistencia aceites, combustibles y ácidos moderados, herméticamente sellado con la técnica de vulcanización, con refuerzo entre piernas	4	150.000		600.000				600.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Tapabocas	Caja de 100 Tapabocas	2	5.000		5.000		5.000		10.000
Transporte (dos motocicletas)	Gasolina - viajes	15	50.000		750.000	750.000	750.000	750.000	3.000.000
Raciones de campo (almuerzo)	No Específica	60	15.000		900.000	900.000	900.000	900.000	3.600.000
Bote inflable	Bote inflable para dos personas con remos	1	300.000		300.000				300.000
Chalecos salvavidas	chaleco de 3 correas de ajuste graduables para pesos de hasta 95 kilos	2	150.000		300.000				300.000
Fotografías aéreas	Tres juegos de fotografías aéreas para análisis multitemporal (1956-1990-2014)	3	30.000		90.000				90.000
Medidor Multiparamétrico	Thermo scientific STARA 3295	1	12.942.000		12.942.000				12.942.000
Mantenimiento anual Medidor Multiparamétrico	No Específica	4	1.000.000		1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	4.000.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Batimetría para tres lagunas prioritizadas	Comisión topográfica para levantamiento topográfico cuatro días por laguna (Topógrafo, equipos y logística)	1	2.000.000		2.000.000				2.000.000
Limnigrafo	Reglas Limnimétricas Stevens Estilo M N15423	4	600.000		2.400.000				2.400.000
Drone	Drone que incluya: Estabilizador en tres ejes, cámara Full HD 1920 x 1080 píxeles a 60 fps, resolución de fotos mínima de 12 MP con estabilizador Gimbal de tres ejes integrado. Video en Full HP 1080p a 30 cuadros por segundo o 720p a 60 cuadros por segundo para crear efectos de	1	12.700.000		12.700.000				12.700.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
	cámara lenta. Tarjeta micro SD de 4 GB o mayor. Posibilidad de control de cámara a través de aplicaciones disponibles para dispositivos iOS y Android. Batería de Litio de 5200 mAh o mayor. Sistema de navegación basado en GPS y manual, debe permitir planificar rutas de manera automática. Al menos 2000 metros de altitud en sobrevuelo.								
	Incluye Tablet modelo Wi-Fi y Celular de 16 GB con Maletín duro para transporte								
TOTAL				0	38.447.000	2.675.000	3.909.000	2.675.000	47.106.000

*Comisión topográfica: Se debe tener en cuenta que esta comisión se trata del apoyo desde la Dirección Territorial Andes Nororientales, para realizar el estudio batimétrico de las lagunas priorizadas. El valor de este costo deberá ser asumido por la DTAN para que la comisión topográfica apoye al área protegida con todos los equipos y personal que se requiera.





8.2.2 Monitoreo de los frailejones *Espeletia tunjana* (EN), *Espeletiopsis garciae* (EN) y *Paramiflos glandulosus* (VU) para el segundo año de vigencia del PM

Para el caso de las tres especies de frailejones el diseño de monitoreo se formulará e implementará a partir del segundo año de vigencia del Programa de Monitoreo, dado que durante el primer año será necesario el levantamiento de información de línea base conforme a las directrices dadas desde la Subdirección de Gestión y Manejo del Nivel Central a través de “PROTOCOLO: GENERACIÓN DE INFORMACIÓN DE LÍNEA DE BASE DEL VOC DE SISTEMA FRAILEJONES EN LOS PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA” que será publicado a principios del año 2017 y que se convertirá en el principal insumo para la formulación el diseño de monitoreo para las tres especies priorizadas del VOC frailejones.

Antecedentes

La familia Asteraceae o de las Compuestas, es una de las más grandes y ampliamente distribuidas en Colombia. Uno de los grupos más distintivos dentro de las asteráceas es el grupo de frailejones que se encuentran agrupados taxonómicamente en la subtribu Espeletiinae. Los frailejones más que cualquier otro grupo de plantas, simbolizan y caracterizan el páramo, pues constituyen uno de los componentes principales en las comunidades de alta montaña (Sturm 1990 en Calderón, *et al.* 2005).

Los frailejones son los representantes vegetales más característicos de las zonas paramunas, por tratarse de especies vulnerables son muy sensibles a los cambios de temperatura, al tipo de suelo, el viento, la humedad incluso a su ubicación y su crecimiento está asociado a la presencia de ciertas especies de aves. Para nuestro país, existe un alto número de endemismos, el 90% de las especies de frailejones que crecen en Colombia son exclusivas. (Calderón, *et al.* 2005).

La subtribu *Espeletiinae* contiene cerca de 142 especies agrupadas en ocho géneros. En Colombia se conocen 68 especies, la mayoría exclusivas del país, las cuales representan cinco de ocho géneros que comprende la subtribu. Del total de las especies colombianas, 36, es decir el 53% están en alguna categoría de amenaza, y de éstas, 23 especies están en categoría En Peligro Crítico o En Peligro. (Calderón, *et al.* 2005)

Al parecer la ocurrencia de condiciones microclimáticas y de variaciones menores del sustrato, especialmente humedad edáfica, en el páramo de Iguaque generan distribuciones geográficas muy confinadas, como en el caso de algunas de las especies registradas (ej. *E. pleiochasia* y *E. garciae*). En adición a lo anterior, la ausencia de mecanismos especiales de dispersión hace que la reproducción sea muy lenta, de tal manera que en un valle profundo o una montaña alta pueden ser barreras eficaces para la dispersión; así, una población puede llegar a permanecer aislada durante mucho tiempo de otras poblaciones (Cuatrecasas 1986, en Calderón, *et al.* 2005).



Relacionado con lo anterior, regionalmente existen barreras naturales orográficas prominentes, como los cañones de los ríos Cane y Pomeca, que configuran espacios geográficos transversales que interrumpen la continuidad del cordón montañoso del macizo de Iguaque, al tiempo que establecen un límite (ej. cañón del Cane) del gradiente de humedad entre las zonas norte (húmeda) y sur (seca a subhúmeda). Lo anterior ha dado origen a una diferenciación notable de las especies presentes en estas zonas, y contribuye altos niveles de complementariedad de especies.

En este grupo a la fecha de elaboración del presente documento, para el SFF Iguaque se han identificado especies como *Espeletia tunjana* (EN), *Espeletiopsis garciae* (EN), *Paramiflos glandulosus* (VU), *Espeletiopsis pleiochasia*, *Espeletiopsis pleiochasia* var. *socotana*, *Espeletia murilloi*, *Espeletia barclayana*, *Espeletiopsis guacharaca* y *Espeletia boyacensis*.

Es de aclarar que las especies de este grupo se podrían ampliar, debido a que, en recorridos en el área, el equipo del Santuario con el apoyo de Nivel Central, ha identificado además de las ya mencionadas, 2 especies más “raras” y una al parecer endémica para el AP. Estos ejemplares se encuentran en proceso de determinación por parte de la profesional experta en el tema de nivel central de PNNC. Es importante señalar que actualmente el equipo del Santuario está levantando la línea base sobre la distribución espacial de las diferentes especies de frailejones y para ello se hacen recorridos por los diferentes sectores del Santuario para la identificación de estas plantas, así que por tratarse de una actividad en construcción, el VOC que se refiere al grupo de frailejones de la subtribu *Espeletiinae* queda abierto para dar espacio a las nuevas determinaciones de las especies en la medida que se identifiquen.

De forma general, las especies relacionadas se distribuyen en el páramo propiamente dicho (zona norte) a altitudes superiores a 3.500m (*E. murilloi*, *E. barclayana*, *E. guacharaca*); entre 3.400 m y el límite superior de bosque altoandino (3.200m) (*E. garciae*); y en el subpáramo (3.200-3.500m) en la zona sur del AP (*P. glandulosus*, *E. boyacensis* y *E. pleiochasia*). Sin embargo estas distribuciones no están claramente definidas, las especies mencionadas tienen amplios rangos de distribución y en ocasiones no obedecen exactamente a estas altitudes, pues hay factores de vientos, suelos, humedad entre otros aspectos que pueden influenciar la presencia o ausencia de especies.

Sin embargo, y como se ha mencionado con anterioridad, las especies en categorías de amenaza como *Espeletia tunjana* (EN), *Espeletiopsis garciae* (EN), *Paramiflos glandulosus* (VU) son las seleccionadas para realizar el monitoreo (Figura 11).



Figura 11. Especies de frailejón priorizadas para monitoreo en el SFF Iguaque en categorías de amenaza (García, et al. 2005) identificadas por Rodríguez-Cabeza B. (2012 -2015): a) *Espeletopsis garciae* (En Peligro) - b) *Paramiflos glandulosus* (Vulnerable), d) *Espeletia tunjana* ((EN).



Preguntas

¿Cómo varía en 5 años el estado de conservación de las poblaciones de *Espeletia tunjana* (EN), *Espeletiopsis garciae* (EN) y *Paramiflos glandulosus* (VU) en el SFF Iguaque con respecto a la disminución o control de sus presiones?

Indicadores

- Número de individuos por clases de edad
- Densidad poblacional
- Número de parcelas con evidencia de afectación natural (hongos, entorchamiento, insectos)
- Número de parcelas con evidencia de afectación antrópica
- Número de hectáreas donde habitan las poblaciones de frailejón recuperadas para la conservación y con presiones controladas.

Materiales, equipos y presupuesto

A continuación se presentan los materiales, equipos y presupuestos para el diseño de monitoreo de los frailejones *Espeletia tunjana* (EN), *Espeletiopsis garciae* (EN) y *Paramiflos glandulosus* (VU) para el segundo año de vigencia del PM ([Tabla 11](#))



Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



Tabla 11. Materiales, equipo y presupuesto para el monitoreo de los frailejones *Espeletia tunjana* (EN), *Espeletiopsis garciae* (EN) y *Paramiflos glandulosus* (VU).

ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Cámara semiprofesional con lentes	Cámara Digital Semi-Profesional SX50 HS: Memoria Ram: 16MB, 12,1 Megapíxeles, Resolución máxima: 1920x1080, Zoom óptico: 50x, Grabación de video Full HD, Pantalla LCD de 2,8", Procesador Digic 5, Tipo de tarjeta: SD/SDHC/SDXC, Estabilizador Óptico de la Imagen de 4,5 pasos IS inteligente, Ayuda al Encuadre con Zoom mejorada, Smart Auto, Balance de Blancos.	1	1.500.000		1.500.000				1.500.000
Baterías recargables para Cámara digital	Baterías recargables AA (2000 Mah) para Cámara Digital	2	9.000		18.000		18.000		36.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
	Semi-Profesional								
Cargador de baterías	Cargador Universal de Baterías Recargables para 8 AA/AAA.	2	80.000		160.000				160.000
Tarjetas memoria	Tarjetas memoria para cámara fotográfica de 64GB	2	50.000		100.000				100.000
GPS	Gps con conectividad inalámbrica	1	800.000		800.000				800.000
	Pantalla en color de 2,6" que puede leerse a la luz del sol								
	Mapa base integrado de todo el mundo con relieve sombreado								
	Antena GPS Quadrifilar Helix de alta sensibilidad para una recepción incomparable								
	1,7 GB de memoria interna								
	Brújula de tres ejes con altímetro								





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
	barométrico								
	Compatible con las imágenes por satélite de BirdsEye, mapas personalizados y navegación por fotos								
Cinta Métrica	Cinta métrica 50 m. Decámetro	2	20.000		20.000		20.000		40.000
Bolsas plásticas herméticas	No Específica	100	12.000		1.200.000				1.200.000
Machete	No Específica	3	20.000		60.000		60.000		120.000
Impermeables Femeninos	Chaqueta y pantalón resistentes al agua	2	300.000		600.000		600.000		1.200.000
Impermeables Masculinos	Chaqueta y pantalón resistentes al agua	3	300.000		900.000		900.000		1.800.000
Libreta de campo	No Específica	4	10.000		10.000	10.000	10.000	10.000	40.000
Rapidógrafo	No Específica	4	5.000		5.000	5.000	5.000	5.000	20.000
Binoculares	Binoculares 8x40mm	2	770.000		1.540.000				1.540.000
Sleeping Bags	Sleeping Bag para temperaturas	4	200.000		800.000				800.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
	bajo cero								
Carpas para camping	Carpa para acampar resistente a temperaturas bajo cero	1	1.500.000		1.500.000				1.500.000
Estufa de gas para camping	Estufa portátil de gas para camping	1	60.000		60.000				60.000
Cartucho de gas para camping	Cartucho Gas Válvula CV 300 Plus Campingaz	5	32.000		160.000				160.000
Raciones de campo (desayuno, almuerzo y cena)	No Específica	30	35.000		1.050.000	1.050.000	1.050.000	1.050.000	4.200.000
Transporte (dos motocicletas)	Gasolina - Viajes	10	50.000		500.000	500.000	500.000	500.000	2.000.000
Cabuya	Cabuya para transectos y parcelas. 5000 gr. No específica	3	10.000		30.000		30.000		60.000
Cinta campo	Rollo de cinta reflectiva para campo	3	50.000		150.000		150.000		300.000
Linternas de Cabeza cin baterías	Linterna led de cabeza recargable con baterías	4	80.000		320.000		320.000		640.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Tubos de Aluminio	Tubos de Aluminio de 1,50cm alto de 1/2 pulgada de diámetro	50	20.000		1000000				1.000.000
Placas de aluminio para marcar	Placa de aluminio (3*4) espesor de 0,05 mm (calibre 24), con perforación circular de 4 mm en la parte superior, lamina de aluminio delgada para repujar	500	3.500		1.750.000				1750000
Repujador de aluminio electrónico	Para marcaje de placas de aluminio	1	260.000		260.000				260000
TOTAL				0	14.493.000	1.565.000	3.663.000	1.565.000	21.286.000





8.2.3 VOC: Poblaciones de venado de los géneros *Odocoileus virginianus goudotii* y *Mazama rufina*

Antecedentes

Los venados en el Santuario de Flora y Fauna Iguaque son observados ocasionalmente, donde se evidencia la presencia de rastros comúnmente, y adicionalmente dos especies fueron priorizados como un Valores Objeto de Conservación para el monitoreo: *Odocoileus virginianus goudotii* y *Mazama rufina*; se, incluyen cuatro tratamientos: 1. zonas de bosque, 2. Páramo y pajonales, 3 y 4 dos zonas en proceso de restauración. En este contexto se propone utilizar el monitoreo de la ocupación de las especies de venado, como subrogados no sesgado de su abundancia. Adicionalmente, se ha venido implementando acciones de restauración ecológica en articulación con las comunidades y los entes locales. A medida que ha avanzado el proceso de restauración, se ha evidenciado un incremento de los rastros en estas zonas, lo cual es un primer signo de la mejora en la calidad del hábitat para estas especies que precisa ser evaluado. Lo anterior y dadas las características y relevancia del proceso surge como una alternativa para articular el monitoreo de la ocupación de las especies de venados con la acción de manejo, iniciando con la restauración ecológica con funcionalidad de los ecosistemas.

Para ello se ajustar el diseño, seleccionar los sitios para hacer los transectos, la frecuencia de toma de datos, diseño de la hoja metodológica y la implementación del monitoreo en el segundo año de implementación. Es importante comentar que este diseño de monitoreo se basa en los planteamientos generados en el programa de monitoreo del PNN Galeras.

A continuación se presenta una propuesta del monitoreo a los venados que servirá de orientación:

Objetivos de manejo:

Mantener el hábitat para las especies de venado (*Odocoileus virginianus goudotii* y *Mazama rufina*) y explorar los efectos de la restauración sobre la proporción de área ocupada.

Objetivo de Monitoreo: Detectar un cambio del 20% en la densidad de individuos de venados con una potencia del 80% y una confianza del 80%.

Indicador: Proporción de área ocupada.

VOC	Atributo	Indicadores	Tipo	Metodología	Diseño
Poblaciones de venado Cola blanca (<i>Odocoileus virginianus goudotii</i>) y	Abundancia	Proporción de área ocupada	Estado	Modelos de ocupación	El diseño se hará en bloques completos al azar (cada bloque es un tratamiento: bosque, pastizal, zona de restauración 1(Mamarramos), zona de restauración 2 (el



venado soche (<i>Mazama rufina</i>) en el Santuario de Fauna y Flora Iguaque					Carare)
--	--	--	--	--	---------

Nota: inicialmente se trabajará la ocupación de las dos especies como ocupación de Venados, se espera que al incrementar el conocimiento de los venados se puedan diferenciar rastros a nivel de especie.

Preguntas:

¿Cómo varía la proporción de área ocupada por las especies *Odocoileus virginianus goudotii* y *Mazama rufina*, en el SFF Iguaque?

Umbral: Una reducción del 20% en la proporción de área ocupada entre los tiempo de toma de datos para los venados.

PROTOCOLO

Temporalidad:

Al articular el monitoreo de las especies de venado, con el avance de la restauración ecológica se plantear estimar la ocupación de las especies cada 2 años, tiempo prudente para evidenciar cambios relacionados con el proceso de restauración ecológica. Se pronostica implementar este método así; T0=2017, T1=2019 y T2=2021. Las acciones de monitoreo se replantearan en función del desarrollo y los avances obtenidos desde el monitoreo.

Métodos

Diseño de muestreo:

En primer lugar se construye una grilla de 1x1 km (1km²) que corresponde al área de acción documentada para especies de venados. Esta grilla será sobrepuesta en conjunto al polígono del área protegida a las capas en formato shape de coberturas, fuentes hídricas, sectores de manejo, curvas de nivel y recorridos de PVC. Seguidamente y con apoyo del personal del Santuario, se reconocerán los cuadrantes que no pueden ser monitoreados por baja accesibilidad y dificultad logística. Se seleccionaran un total de 20 cuadrantes que presentaron viabilidad de muestreo y serán dispuestos 5 cuadrantes por tratamiento para los 4 tratamientos seleccionados. En cada uno de los cuadrantes se instaran 4 transectos con una longitud de 500 m cada uno para evaluar la ocupación de la especie. En 6 de los transectos seleccionados se instalaran equipos de foto trampeo, para evaluar la diferencia entre la capacidad de detección con rastros y con estos equipos.

Los cuatro transectos se ubicarán tratando de abarcar la mayor cantidad de área posible dentro del cuadrante, es decir buscando que queden separados uno del otro alrededor de 500 m. Los transectos serán de ancho variable, el registro que se toma es presencia no corregido por el área, por ende el ancho es irrelevante. Se colectarán los registros de presencia de ambas especies y los transectos tratarán de ser articulados con los recorridos de PVC.

En el siguiente mapa se observa el SFF Iguaque donde se muestran en color los ecosistemas y los sitios donde se desarrollan procesos de restauración ecológica para ser monitoreados con presencia de las dos especies de venados mencionados. Los tratamientos se implementarán en sitios que serán seleccionados así: T1 Páramo - pajonal (en lila); Bosque (en verde); Restauración 1 (Mamarramos 1 y 2, sector Carrizal); Restauración 2 (Carare, sector Chaina) (Figura 12):

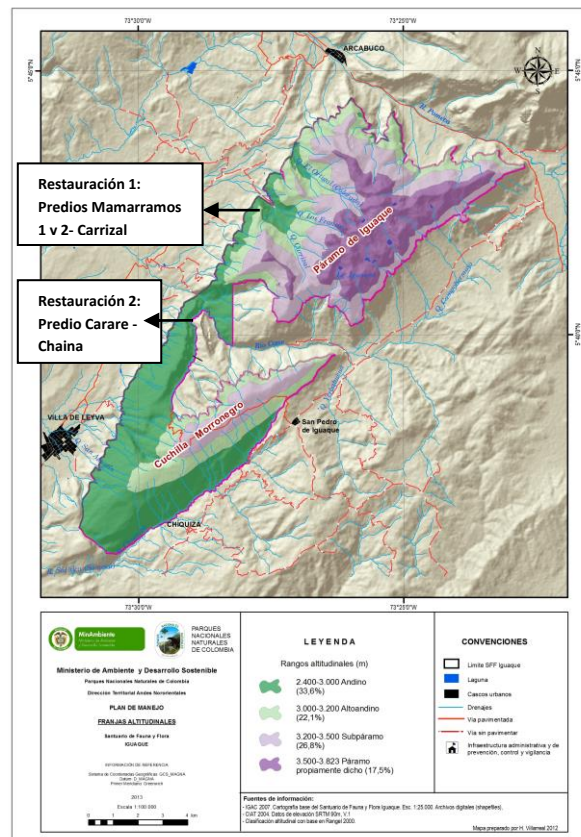


Figura 12. Mapa de SFF Iguaque para monitorear VOC venados y restauración ecológica con funcionalidad a los ecosistemas.

La proporción del área ocupada y su distribución potencial para los venados, será estimada mediante el registro de la presencia obtenida, mediante los cuadrantes como unidades de análisis y los cuadrantes como unidades de muestreo y se generaran moldeos de ocupación (MacKenzie et

al. 2002). Las réplicas serán los transectos y a través de estos, se podrá construir la historia de detección que a su vez permitirá determinar la probabilidad de detección. Este método fue propuesto para determinar la proporción de sitios ocupados por una especie teniendo en cuenta que ésta no siempre es detectada, es decir, la probabilidad de detección es menor a 1. Asimismo, el método asume que los sitios no experimentan cambios en el estado de la ocupación durante el tiempo de estudio, población cerrada. Los registros de presencia se harán con base en cualquier evidencia confiable de su actividad: observación directa, registro con cámaras trampa, huella, excretas, señales de forrajeo. En caso de que una señal no sea clara se eliminara del registro y una presencia confirmada se registrará con un 1 y la ausencia de rastros durante todo el recorrido de un transecto se registrará como 0.

Métodos de campo

Se implementaran métodos no invasivos mediante el muestreo de transectos para la identificación de la ocupación a través de rastros, el uso de cámaras trampa y ocasionalmente observación directa. Dado que uno de los principales supuestos del método es que la ocupación no experimenta cambios durante el periodo de muestreo, la toma de datos para cada estimación de la ocupación, es decir, todas las visitas a todos los cuadrantes seleccionados, debe ser ejecutada en el menor tiempo posible y en un lapso de tiempo no mayor a tres meses.

En un mapa cargado a los navegadores de GPS, deben ser marcados los cuadrantes seleccionados. Además de la presencia de los venados, se registrará si hay presencia de:

- Ganado
- Incendios
- Tala o entresaca de madera
- Cacería
- Actividades de agricultura
- Turismo no formal

Esto permitirá evaluar si la presencia de estas actividades humanas está asociada con probabilidad de ocupación o con la probabilidad de detección. Si al finalizar el recorrido en un transecto, no se obtuvo ningún registro, se consignará en la matriz de análisis como 0 (0= no detección).

Ejemplo de un historial de detección

Cuadrante (1-20)/ Transecto (A,B,C)	Tratamiento	A	B	C
1	Bosque	1	0	1
2	Paramo-Pajonal	1	0	0

.....	Restauración 1	0	0	0
20	Restauración 2	1	1	1

Análisis de información

Para el análisis de la proporción o cantidad de área ocupada se correrá una base de datos que contiene los cuadrantes y los transectos (visitas) con sus respectivos datos de presencia (1) o no detección tanto de las especies como de las actividades humanas. Se utilizarán modelos de ocupación Single Species - Single Season, a través del programa Presence 9.3 (Proteus Wildlife Research Consultants, <http://www.proteus.co.nz/>). Estimaciones de la potencia estadística para determinar si el indicador estimado permite evaluar el atributo definido (variaciones en la ocupación) en concordancia con el objetivo de monitoreo propuesto (detectar cambios de en la ocupación de al menos 20%), con una potencia de 0.80 y una significancia de 0.20.

El objetivo del análisis del método de ocupación, es ajustar los datos observados al modelo más verosímil y donde el menor número de parámetros explique con relación a la proporción de área ocupada y la probabilidad de detección. Básicamente el análisis se enfoca en desarrollar una prueba de hipótesis a través de un test Z.

- $H_0: \psi_t = \psi_{t0}$
- $H_1: \psi_t < \psi_{t0}$

Donde ψ = a la ocupación por temporada 0 y t (1, 2, 3,n).

Para esto se comparan modelos en el que la proporción de ocupación (ψ) y la probabilidad de detección sean constantes hasta modelos en donde la tasa de ocupación y la probabilidad varían entre unidades muestrales y visitas además de entre las covariables (ej. actividades humanas) que se incluyan. De esta forma, se puede obtener el valor real de la ocupación. Para hallar el modelo que mejor se ajusta, se usará el criterio de información de Akaike (AIC). El AIC es un método cuantitativo para la selección del modelo que mejor se ajusta a los datos y que emplea menor número de parámetros.

Manejo de la información:

La información generada en el programa de monitoreo tendrá una estructura de datos en SULA, se cargará para cada una de los momentos del monitoreo T0=2017, T1=2019 y T2=2021.

La hoja metodológica será elaborada durante el segundo año de vigencia del Plan de Manejo así como ajustes a los métodos, para ser implementadas en el Santuario de Fauna y Flora Iguaque.



Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



Materiales, equipos y presupuesto

A continuación se presentan los materiales, equipos y presupuestos para el diseño de monitoreo de ocupación de fauna venados (*Odocoileus virginianus goudotii* y *Mazama rufina*)

(Tabla 12)





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



Tabla 12. Materiales, equipo y presupuesto para el monitoreo ocupación de fauna venados (*Odocoileus virginianus goudotii* y *Mazama rufina*)

ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Cámara para fototrampeo	Cámara digital de rastreo, resolución de 8MP alta calidad a todo color; y Video HD Ref. Trophy 119547C Resolución de video 1280*720 píxeles. Autosensor día/noche; multi-modo de imagen (1-3 imágenes por disparo); duración del video 1 segundo a 60 segundos programable	12	600.000		7.200.000				7.200.000
Caja de seguridad para cámara fototrampeo	Caja de seguridad para cámaras de rastreo Ref: Trophy.	12	100.000		1.200.000				1.200.000
Baterías recargables para cámara fototrampeo	Baterías recargables AA (2000 Mah) x 10 UNIDADES por cámara fototrampeo	30	9.000		270000		270000		540.000
Memoria micro	Memoria micro SDHC 16GB estándar.	10	40.000		400000				400.000
Guaya para cámara fototrampeo	Guaya Ajustable Ref. Python 8417D, 180 cm.	10	40.000		400000				400.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Cargador de baterías	Cargador Universal de Baterías Recargables para 8 AA/AAA.	2	80.000		160000				160.000
Cámara semiprofesional	Cámara Digital Semi-Profesional SX50 HS: Memoria Ram: 16MB, 12,1 Megapíxeles, Resolución máxima: 1920x1080, Zoom óptico: 50x, Grabación de video Full HD, Pantalla LCD de 2,8", Procesador Digic 5, Tipo de tarjeta: SD/SDHC/SDXC, Estabilizador Óptico de la Imagen de 4,5 pasos IS inteligente, Ayuda al Encuadre con Zoom mejorada, Smart Auto, Balance de Blancos	1	1.500.000		1500000				1.500.000
Lente 40 mm para cámara D3100	AF-S DX Micro	1	1.300.000		1300000				1300000
Lente 18-300 para cámara D3100	AF-S DX Nikkor, f/3.5-6,3G ED VR	1	2.400.000		2400000				2400000
kit filtro Skylite de 67 mm	40 mm f/2.8G	1	70.000		70000				70000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Lente para cámara	EF-S 60 mm f/2.8, Macro USM	1	2.000.000		2000000				2000000
Baterías recargables para cámara digital	Baterías recargables AA (2000 Mah) para Cámara Digital Semi-Profesional	3	9.000		27000		27000		54.000
Cargador de baterías	Cargador Universal de Baterías Recargables para 8 AA/AAA	2	80.000		160000				160.000
Tarjetas memoria	Tarjetas memoria para cámara fotográfica de 64GB	2	50.000		100000				100.000
GPS	Gps con conectividad inalámbrica	1	800.000		800000				800.000
	Pantalla en color de 2,6" que puede leerse a la luz del sol								
	Mapa base integrado de todo el mundo con relieve sombreado								
	Antena GPS Quadrifilar Helix de alta sensibilidad para una recepción incomparable								
	1,7 GB de memoria interna								
	Brújula de tres ejes con altímetro barométrico								





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
	Compatible con las imágenes por satélite de BirdsEye, mapas personalizados y navegación por fotos								
Machete	No Específica	3	20.000		20.000	20.000	20.000		60.000
Impermeables Femeninos	Chaqueta y pantalón resistentes al agua	2	300.000		600000		600000		1.200.000
Impermeables Masculinos	Chaqueta y pantalón resistentes al agua	3	300.000		900000		900000		1.800.000
Libreta de campo	No Específica	4	10.000		10.000	10.000	10.000	10.000	40.000
Cinta Métrica	Cinta métrica 50 m. Decámetro	2	20.000		40000		40000		80.000
Raciones de campo (almuerzo)	No Específica	10	15.000		150.000	150.000	150.000	150.000	600.000
Transporte (una motocicleta)	Gasolina- viajes	2	50.000		100.000	100.000	100.000	100.000	400.000
Hipsometro digital	Hipsómetro digital multiusos a prueba de agua, que mida distancia actual, distancia horizontal, altura, ángulos y separación vertical y con la capacidad de caracterizar tres	1	1240000		1240000				1240000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
	puntos de medición simultánea (esta función agregada permite al usuario capturar toda la altura de un árbol incluso cuando la base o la copa de éste queda tapada por ramas o arbustos, y evita el uso de una medición de separación convencional en la que se necesita que el rayo láser llegue a estos puntos). Panel monitor interno y externo LCD: el externo despliega todos los resultados simultáneamente y el interno solo los resultados seleccionados. Dos modos de medición para ser programados.								





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Binoculares	Binoculares 10*42 H2O Waterproof. Fogproof Roof Prism Binocular. BAK4 Roof Prisms Multicoated Optics Nitrogen-Filled Fogproof/Waterproof Twist-Up Eyecups 17mm Eye Relief Textured Rubber armoring	4	650000		2600000				2600000
Señalador	Señalador para diapositivas de luz verde. Se usa para identificar y cuantificar individuos en grupos	4	50000		50000	50000	50000	50000	150000
Sleeping Bags	Sleeping Bag para temperaturas bajo cero	4	200.000		800.000				800.000
Carpas para camping	Carpa para acampar resistente a temperaturas bajo cero	1	1.500.000		1.500.000				1.500.000
Estufa de gas para camping	Estufa portátil de gas para camping	1	60.000		60.000				60.000
Cartucho de gas para camping	Cartucho Gas Válvula CV 300 Plus Campingaz	5	32.000		160.000				160.000
TOTAL				0	26217000	330000	2167000	310000	28.974.000





8.3 Monitoreo a las presiones que afectan VOC para el tercer año de vigencia del Plan de Manejo

8.3.1 Monitoreo de la actividad ecoturística

Es importante señalar que actualmente el Santuario no cuenta con información precisa sobre los impactos positivos o negativos que la actividad ecoturística pueda estar ocasionando en el área protegida, por tanto, se promoverá la formulación e implementación de diseños de monitoreo y de proyectos de investigación, que den cuenta de los aspectos positivos como herramienta de educación ambiental o base económica de los municipios aledaños y de aspectos negativos como las implicaciones o afectaciones sobre los VOC.

Teniendo en cuenta lo anterior durante el tercer año de implementación del programa de monitoreo el Santuario trabajará en la formulación de dos diseños de monitoreo para la actividad ecoturística. A modo de contexto a continuación se dan a conocer las preguntas e indicadores que el equipo del Parque ha priorizado y para los cuales se construirán los diseños de monitoreo.

Antecedentes

Para evaluar el efecto de la actividad ecoturismo el SFF Iguaque, se implementó un diseño de monitoreo para los años 2008 a 2010 cuyos resultados se presentan en el estudio “Desarrollo de la segunda fase para la determinación de manera participativa de la capacidad de carga en el marco de los límites de cambio aceptable (ICA) y Plan de Monitoreo en las zonas de uso recreativo para el SFF IGUAQUE” de Serrato (2010), el cual a su vez fue analizado por Jiménez (2011) a través del informe “Procesamiento de la información del monitoreo del ecoturismo en el marco del ejercicio de capacidad de carga bajo la metodología de límites de cambio aceptable, en el SFF Iguaque”.

En el análisis realizado por Jiménez (2011) se destacan las siguientes conclusiones y recomendaciones frente al diseño metodológico del monitoreo realizado y la calidad de la información de la consultoría de Serrato (2010):

“De acuerdo con las conclusiones que se obtienen a partir de la información de monitoreo, contrastada con la realidad del Santuario, se cuestiona la veracidad de los resultados de este monitoreo, sobre todo de los indicadores denominados biológicos (raíces, plantas, basuras, ancho del sendero, atajos), debido a que las condiciones actuales del sendero, muestran otra realidad. Lo anterior, se debe a lo siguiente:

- ✓ *Existen problemas en el diseño del monitoreo, evidentes en las preguntas que surgen con el análisis de algunos indicadores.*
- ✓ *Es una batería muy grande de indicadores. Si bien la propuesta intento integrar aspectos ambientales, económicos, sociales y experienciales, el manejo de tantos indicadores con*



tomas de información diaria, en la mayoría de los casos, hace este diseño metodológico inmanejable, poco costo efectivo, y muy susceptible a presentar vacíos de información de los indicadores o a generar información errónea que genera conclusiones erróneas.

- ✓ *Lo anterior, también se confirma al ver que el Santuario, solamente tomo información de 17 de los 32 indicadores propuestos, en función de la capacidad de manejo del Ap, que siempre debe ser tenida en cuenta al momento de formular un monitoreo que sea viable.*
- ✓ *También se observa que algunos indicadores propuestos sobrepasan las capacidades técnicas del personal del AP, como por ejemplo, número de especies de plantas con DAP mayor de 20cm en los costados del sendero, lo cual requiere tener un conocimiento de la botánica.*
- ✓ *Es posible, que el personal del Santuario no haya recibido la suficiente capacitación teórico-práctica en la aplicación de los indicadores, y que a esto se deban las inconsistencias que se identifican en el análisis. También es posible que el personal capacitado y encargado se haya cambiado, y que el personal nuevo no haya recibido la instrucción suficiente.*
- ✓ *Si bien el Santuario ha destinado personal para realizar por más de cinco años este monitoreo, estos resultados no han sido útiles para la toma de decisiones, debido a que de los análisis preliminares hechos por el AP, no se obtenían resultados claros y concretos que les permitieran modificar el manejo oportunamente, alcanzando los niveles de deterioro actuales del sendero. De igual forma, se ha perdido mucha de la información recolectada, correspondiendo este informe solamente a tres años, y a un solo año de información de indicadores biológicos.*
- ✓ *Este caso confirma que la Metodología de Límites de Cambio Aceptable concebida en el contexto norteamericano, no puede ser aplicada de forma estricta a un contexto tan diferente como colombiano, razón por la cual la entidad ha desarrollado una metodología que se ajuste a nuestras necesidades particulares."*

Finalmente, como recomendación del análisis de la consultoría de Serrato (2007), Jiménez (2011) propone que es necesario reformular el diseño del monitoreo de los impactos del ecoturismo, teniendo en cuenta los aprendizajes que se derivan de esta experiencia, buscando un monitoreo que permita hacer un seguimiento continuo de las principales afectaciones del ecoturismo y a la efectividad de las acciones de manejo implementadas para minimizarlas.

Teniendo en cuenta la experiencia obtenida con el monitoreo que se implementó entre los años 2008 a 2010, y evitar los errores entonces cometidos se tiene previsto implementar dos diseños de monitoreo para la actividad ecoturística teniendo en cuenta un diseño de monitoreo claro y con



indicadores sensibles que en el mediano plazo permitan al Santuario tomar decisiones de manejo efectivas.

8.3.1.1 Monitoreo del impacto del turismo en la comunidad de aves del bosque andino, altoandino, subpáramo y páramo del SFF Iguaque.

El monitoreo del impacto del turismo en la comunidad de aves de los ecosistemas que son atravesados por los senderos de turismo se formulará e iniciará a partir del tercer año de vigencia del Programa de Monitoreo.

Este diseño está sujeto a las orientaciones de los expertos en el tema de la Dirección Territorial Andes Nororientales o del Nivel central de PNNC y desde la Academia, que puedan orientar la metodología y análisis de información.

Los muestreos de las comunidades de aves son útiles para diseñar e implementar políticas de conservación y manejo de ecosistemas y hábitats. Además, aportan información técnica para la identificación de comunidades que necesitan protección e información científica para el desarrollo de estudios en biogeografía, sistemática, ecología y evolución.

El estudio de la estructura de las comunidades de aves proporciona un medio rápido, confiable y replicable de evaluación del estado de conservación de la mayoría de hábitats terrestres y acuáticos. También permite realizar comparaciones a lo largo de gradientes climáticos y ecológicos en cuanto a la riqueza, recambio y abundancia de especies.

En el SFF Iguaque se ha observado un aumento en la afluencia de visitantes a los senderos Clarinero y Bachué que llevan hacia la Laguna de Iguaque, estos senderos atraviesan los ecosistemas bosque andino, altoandino, subpáramo y páramo seco, razón por la cual es pertinente hacer un monitoreo para evaluar el impacto de esta actividad sobre algunas poblaciones de aves, entre ellas *Penelope montagnii* especie de importancia nacional.

De las 173 especies reportadas para el SFF Iguaque, se pretende seleccionar algunas especies de aves claves (sensibles y tolerantes a la presencia humana) para hacer muestreos en transectos determinados para los diferentes ecosistemas mencionados en los senderos ecoturísticos versus áreas conservadas donde no hay intervención por turismo.

Pregunta

¿Cómo varían en 5 años las comunidades de aves en los senderos turísticos que atraviesan el bosque andino, altoandino, subpáramo y páramo? Presiones /Densidad de la población



Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



¿Cómo varía en 5 años la abundancia de especies de aves en los diferentes tipos de hábitat en los senderos turísticos que atraviesan el bosque andino, altoandino, subpáramo y páramo? Uso de hábitat.

Indicadores

- Riqueza específica de especies
- Índice de Shannon-Wiener
- Equitabilidad del Pielou
- Curva de acumulación de especies (Chao 1 y Chao 2)
- Índice de similaridad de Jaccard
- Distribución por grupos funcionales
- Abundancia

Materiales, equipos y presupuesto

A continuación se presentan los materiales, equipos y presupuesto requerido para el monitoreo de las presiones que afectan VOC para el tercer año de vigencia del PM (Tabla 13)





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



Tabla 13. Materiales, equipos y presupuesto para el monitoreo del impacto del turismo en la comunidad de aves del bosque andino, altoandino, subpáramo y páramo del SFF Iguaque.

ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Cámara semiprofesional	Cámara Digital Semi-Profesional SX50 HS: Memoria Ram: 16MB, 12,1 Megapixeles, Resolución máxima: 1920x1080, Zoom óptico: 50x, Grabación de video Full HD, Pantalla LCD de 2,8", Procesador Digic 5, Tipo de tarjeta: SD/SDHC/SDXC, Estabilizador Óptico de la Imagen de 4,5 pasos IS inteligente, Ayuda al Encuadre con Zoom mejorada, Smart Auto, Balance de Blancos	1	1.500.000			1.500.000			1.500.000
Lente 40 mm para cámara D3100	AF-S DX Micro	1	1.300.000			1.300.000			1300000
Lente 18-300 para cámara D3100	AF-S DX Nikkor, f/3.5-6,3G ED VR	1	2.400.000			2.400.000			2400000
kit filtro Skylite de 67 mm	40 mm f/2.8G	1	70.000						70000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



Lente para cámara	EF-S 60 mm f/2.8, Macro USM	1	2.000.000			2.000.000			2000000
Hipsometro digital	Hipsómetro digital multiusos a prueba de agua, que mida distancia actual, distancia horizontal, altura, ángulos y separación vertical y con la capacidad de caracterizar tres puntos de medición simultánea (esta función agregada permite al usuario capturar toda la altura de un árbol incluso cuando la base o la copa de éste queda tapada por ramas o arbustos, y evita el uso de una medición de separación convencional en la que se necesita que el rayo láser llegue a estos puntos). Panel monitor interno y externo LCD: el externo despliega todos los resultados simultáneamente y el interno solo los resultados	1	1240000			1240000			1240000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



	seleccionados. Dos modos de medición para ser programados								
Baterías recargables para Cámara digital	Baterías recargables AA (2000 Mah) para Cámara Digital Semi-Profesional	3	9.000			9.000	9.000	9.000	27.000
Cargador de baterías	Cargador Universal de Baterías Recargables para 8 AA/AAA	2	80.000			160.000			160.000
Tarjetas memoria	Tarjetas memoria para cámara fotográfica de 64GB	2	50.000			100.000	100.000		200.000
GPS	Gps con conectividad inalámbrica	1	800.000			800.000			800.000
	Pantalla en color de 2,6" que puede leerse a la luz del sol								
	Mapa base integrado de todo el mundo con relieve sombreado								
	Antena GPS Quadrifilar Helix de alta sensibilidad para una recepción incomparable								
	1,7 GB de memoria interna								





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



	Brújula de tres ejes con altímetro barométrico								
	Compatible con las imágenes por satélite de BirdsEye, mapas personalizados y navegación por fotos								
Machete	No Específica	3	20.000			20.000	20.000	20.000	60.000
Impermeables Femeninos	Chaqueta y pantalón resistentes al agua	3	300.000			300.000	300.000	300.000	900.000
Impermeables Masculinos	Chaqueta y pantalón resistentes al agua	3	300.000			300.000	300.000	300.000	900.000
Libreta de campo	No Específica	3	10.000			10.000	10.000	10.000	30.000
Rapidógrafo	No Específica	3	5.000			5.000	5.000	5.000	15.000
Binoculares	Binoculares 10*42 H2O Waterproof. Fogproof Roof Prism Binocular. BAK4 Roof Prisms Multicoated Optics Nitrogen-Filled Fogproof/Waterproof Twist-Up Eyecups 17mm Eye Relief Textured Rubber armoring	4	650000			2600000			2600000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



Sleeping Bags	Sleeping Bag para temperaturas bajo cero	4	200.000			800000			800.000
Carpas para camping	Carpa para acampar resistente a temperaturas bajo cero	1	1.500.000			1.500.000			1.500.000
Estufa de gas para camping	Estufa portátil de gas para camping	1	60.000			60.000			60.000
Cartucho de gas para camping	Cartucho Gas Válvula CV 300 Plus Campingaz	5	32.000			160000			160.000
Raciones de campo (desayuno, almuerzo y cena)	No Específica	20	35.000			700.000	700.000	700.000	2.100.000
Transporte (dos motocicletas)	Gasolina- viajes	10	50.000			500.000	500.000	500.000	1.500.000
Linternas de Cabeza con baterías	Linterna led de cabeza recargable con baterías	4	80.000			320.000	320000		640.000
Grabadora Sonido Portátil	Marantz PMD 661	3	1.500.000			4500000			4.500.000
Micrófono Omnidireccional	Seinnheiser ME67	3	1.000.000			3000000			3.000.000
Audífonos	MDRZX300/BLK	3	100.000			100.000	100.000	100.000	300.000
Red de Niebla	BioTools. Bio-1230-70R-UV	10	150.000			1.500.000			1.500.000
Bolsas de Tela	No Específica	60	4.000			240.000			240.000
Fibra de propileno	5m	3	10.000			10.000	10.000	10.000	30.000
Guía de Aves	Aves de Colombia. Hilty y Brown (2001)	1	250.000			250.000			250.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



Guía de Aves	Guía Aves ProAves McMullan (2011)	1	80.000			80.000			80.000
Kit de disección	No Específica	2	50.000			100.000			100.000
Bolsas plásticas herméticas	No Específica	20	12.000			240.000	240.000	240.000	720.000
TOTAL				0	0	26.804.000	2.614.000	2.194.000	31.612.000





8.3.1.2 Monitoreo del estado de los senderos turísticos Clarinero y Bachué, rutas de acceso a la laguna de Iguaque.

El monitoreo para del impacto del turismo en el estado de los senderos se formulará e iniciará a partir del tercer año de vigencia del Programa de Monitoreo.

Este diseño está sujeto a las orientaciones de los expertos en el tema de la Dirección Territorial Andes Nororientales o del Nivel central de PNNC y desde la Academia, que puedan orientar la metodología y análisis de información y se harán modificaciones si se requiere en concertación con el SFF Iguaque.

En más de 30 años de ofrecimiento del servicio turístico en el SFF Iguaque, la Institución (PNNC) ha implementado mínimas adecuaciones y de mantenimiento integral a los senderos turísticos; específicamente el sendero Bachué que lleva del centro de visitantes hacia la Laguna de Iguaque requiere de una restauración ecológica, adecuaciones en pasos críticos (escaleras, puentes, miradores, etc), adecuación para un sendero confinado en el páramo y obras biomecánicas. Se espera que el diseño de este monitoreo con los indicadores que se propongan, informe oportunamente para tomar acciones preventivas y correctivas por parte de PNNC para implementar acciones de manejo frente a esta problemática.

Por las condiciones del terreno en cuanto a pendientes, geomorfología y condiciones climáticas los senderos presentan unas características particulares de dificultad de acceso, lo cual, sumado a la ausencia de adecuación y mantenimiento periódico, hacen que el estado actual de los senderos, especialmente el sendero Bachué, propicien la ocurrencia de accidentes (caídas, esguinces, torceduras, golpes, entre otros) para los turistas. Por su parte, la actividad de turismo genera un impacto en el estado de los senderos específicamente sobre los componentes suelo, vegetación y fauna. La pérdida de suelo y la generación de cárcavas que se incrementan con el pisoteo permanente, se suma a la amplitud de los senderos por el pésimo estado de los caminos, debido a que los turistas tratan de buscar otras alternativas para evitar caídas, generando que se amplíen o se crean nuevos senderos y en consecuencia se producen daños en las coberturas vegetales. Se espera que este tema sea abordado por PNNC en el Plan de Uso Público que el SFF Iguaque plantea para tener un diagnóstico del estado real de los senderos, estrategias para su adecuación (capacidad de carga, épocas de cierre de los senderos para descanso y recuperación de ecosistemas, etc) e implementación de acciones y obras que lo mejoren, esto con el fin de evitar el impacto que se está causando sobre los ecosistemas (bosque andino y alto andino, subpáramo y páramo), laguna de Iguaque, la fauna nativa y el recurso hídrico.



Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



Pregunta

¿Cómo varía en 5 años el estado de los senderos Bachué y el Clarinero que conduce a la Laguna de Iguaque, teniendo en cuenta tres variables: erosión, coberturas vegetales y ancho de senderos?

Indicadores

- Porcentaje de erosión
- Ancho del sendero
- Porcentaje de pérdida de cobertura natural

Materiales, equipos y presupuesto

A continuación se presentan los materiales, equipos y presupuesto requerido para el monitoreo del estado de los senderos turísticos Clarinero y Bachué, rutas de acceso a la laguna de Iguaque (Tabla 14)





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



Tabla 14. Monitoreo del estado de los senderos turísticos Clarinero y Bachué, rutas de acceso a la laguna de Iguaque.

ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Cámara semiprofesional con lentes	Cámara Digital Semi-Profesional SX50 HS: Memoria Ram: 16MB, 12,1 Megapíxeles, Resolución máxima: 1920x1080, Zoom óptico: 50x, Grabación de video Full HD, Pantalla LCD de 2,8", Procesador Digic 5, Tipo de tarjeta: SD/SDHC/SDXC, Estabilizador Óptico de la Imagen de 4,5 pasos IS inteligente, Ayuda al Encuadre con Zoom mejorada, Smart Auto, Balance de Blancos	1	1.500.000			1.500.000			1.500.000
Baterías recargables para Cámara digital	Baterías recargables AA (2000 Mah) para Cámara Digital Semi-Profesional	3	9.000			9.000	9.000	9.000	27.000
Cargador de baterías	Cargador Universal de Baterías Recargables para 8 AA/AAA	2	80.000			160.000			160.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Tarjetas memoria	Tarjetas memoria para cámara fotográfica de 64GB	2	50.000			100000			100.000
GPS	Gps con conectividad inalámbrica	1	800.000			800.000			800.000
	Pantalla en color de 2,6" que puede leerse a la luz del sol								
	Mapa base integrado de todo el mundo con relieve sombreado								
	Antena GPS Quadrifilar Helix de alta sensibilidad para una recepción incomparable								
	1,7 GB de memoria interna								
	Brújula de tres ejes con altímetro barométrico								
	Compatible con las imágenes por satélite de BirdsEye, mapas personalizados y navegación por fotos								
Machete	No Específica	3	20.000			20.000	20.000	20.000	60.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Impermeables Femeninos	Chaqueta y pantalón resistentes al agua	3	300.000			300.000	300.000	300.000	900.000
Impermeables Masculinos	Chaqueta y pantalón resistentes al agua	3	300.000			300.000	300.000	300.000	900.000
Libreta de campo	No Específica	3	10.000			10.000	10.000	10.000	30.000
Rapidógrafo	No Específica	3	5.000			5.000	5.000	5.000	15.000
Cabuya	Cabuya para transectos y parcelas. 5000 gr. No específica	3	10.000			10.000	10.000	10.000	30.000
Cinta Métrica	Cinta métrica 50 m. Decámetro	2	20.000			40.000	40.000		80.000
Varillas de hierro	Varillas de hierro de 25 cm	12	5.000			60.000			60.000
Tubos de Aluminio	No Específica	12	400.000			4.800.000			4.800.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
Odómetro	Contador de 6 dígitos Diámetro de la rueda 16 cm Dimensión recogido 48 cm Dimisión expandido 95 cm Mango telescópico o expansible en aluminio Material de la rueda pasta de alto impacto Maletín en Lona Certificado de calibración	1	100.000			100.000			100.000
Clinómetro	Medición de pendientes y ángulos de inclinación Medidas: 16 cm largo x 3 cm ancho x 7 cm alto Con funda Certificado de calibración	1	500.000			500.000			500.000
Raciones de campo (almuerzo)	No Específica	10	15.000			150.000	150.000	150.000	450.000
Transporte (una motocicleta)	Gasolina- viajes	2	50.000			100.000	100.000	100.000	300.000





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ITEM	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
TOTAL				0	0	8.964.000	944.000	904.000	10.812.000





9. MANEJO DE LA INFORMACIÓN

El manejo de la información tendrá tres componentes principales: un formato de datos de campo, la estructura de datos (Sula) y las salidas o proyectos de las herramientas de análisis. Los formatos de campo serán definidos para cada uno de los diseños de monitoreo en el nivel local y con el apoyo de la Dirección Territorial Andes Nororientales. La estructura de los datos se construirá de manera colectiva entre los tres niveles, posteriormente el Nivel Central realizará su validación y cargue al Sistema de información del monitoreo de PNN – Sula.

La estructura de los datos será diligenciada en las áreas por el profesional de monitoreo, el cuál debe estar capacitado conceptual y técnicamente con el método y Sula, y manejar aspectos básicos de bases de datos Excel y de cartografía, con el fin de que pueda manipular la estructura de datos y resolver inconsistencia que aparezcan en el formato de datos. Con base en la estructura de datos, derivada de la metodología, se desarrollará cada formato de toma de datos en campo, para que sea de fácil manejo y transferible directamente a la estructura de datos. El formato de datos de campo será diligenciado durante el muestreo por los observadores; estos deben haber recibido capacitación previa de cartográfica y uso de GPS, el modelo biológico (especies) y el método de cada diseño, de tal forma que puedan identificar las señales, hacer los registros adecuadamente y tengan claro por qué y para qué se toman los datos (calidad e integridad de los datos).

Una vez los formatos lleguen al profesional de monitoreo, este consignará la información en la estructura de datos verificando posibles inconsistencias de la información. Los formatos de datos de campo serán archivados y conservados de tal forma que puedan ser consultados nuevamente en cualquier momento. Posterior a que el o la profesional de monitoreo del Santuario diligencie la estructura de datos y la suba a Sula, el o la profesional del monitoreo de la Dirección Territorial Andes Nororientales, validará la información siguiendo el respectivo protocolo, igualmente lo hará el Administrador Nacional de la herramienta en la SGM. Una vez la estructura con sus datos este cargada en SULA, el sistema se encargará de estimar y visualizar los indicadores. Una vez visualizados el Área Protegida deberá realizar los análisis correspondientes al indicador y elaborar los informes de las tendencias de los VOC en el Santuario y se harán las recomendaciones para los ajustes de los programas.

En este sentido los profesionales de monitoreo de los tres niveles deberán estar capacitados conceptual (base estadística de las herramientas: pruebas de bondad de ajuste, asociaciones y comparación de frecuencia; pruebas de hipótesis, máxima verosimilitud y técnicas remuestreo), técnica y analíticamente en las metodologías y el uso de las herramientas de tratamiento y análisis

de los datos. Las salidas de las herramientas analíticas serán conservadas en archivos digitales de tal forma que los análisis puedan ser revisados y refinados cuando se considere necesario.

10. PLAN DE TRABAJO

A continuación, se presenta el plan de trabajo para la implementación del programa de monitoreo del SFF Iguaque (Tabla 15).

Tabla 15. Plan de trabajo para la implementación del monitoreo en el SFF Iguaque

ACTIVIDADES	2017	2018	2019	2020	2021	RESPONSABLES
Monitoreo recurso hídrico del río Cane						
Monitoreo del recurso hídrico asociado a la microcuenca del río Cane al interior del Santuario	X	X	X	X	X	SFFI
Interpretación de datos obtenidos	X	X	X	X	X	SFFI – DTAN
Generación de línea base	X	X	X	X	X	SFFI
Estructuración base de datos en plataforma SULA	X					DTAN
Cargue de datos al SULA	X	X	X	X	X	SFFI
Análisis de monitoreo para toma de decisiones frente al manejo del VOC	X	X	X	X	X	SFFI
Monitoreo restauración ecológica						
Monitoreo a la restauración ecológica en predios priorizados y parcelas	X	X	X	X	X	SFFI
Interpretación de datos obtenidos	X	X	X	X	X	SFFI - DTAN
Generación de línea base	X	X	X	X	X	SFFI
Estructuración base de datos en plataforma SULA	X					DTAN
Cargue de datos al SULA	X	X	X	X	X	SFFI



ACTIVIDADES	2017	2018	2019	2020	2021	RESPONSABLES
Análisis de monitoreo para toma de decisiones frente al manejo de los VOC	X	X	X	X	X	SFFI
Retroalimentación y ajuste de las estrategias de RE según lo obtenido en el monitoreo	X		X		X	SFFI
Formulación diseño monitoreo componente suelos en función de los procesos de restauración		X				SFFI - DTAN
Implementación diseño monitoreo de componente suelos en función de los procesos de restauración		X		X		SFFI
Diseño de monitoreo para formulación e implementación durante el segundo año de vigencia del Plan de Manejo del SFF Iguaque						
Formulación del diseño de monitoreo para Humedales o Lagunas paramunas de origen glaciar (lagunas): Ojo de Agua y Cazadero		X				SFFI - DTAN
Implementación del diseño de monitoreo para Humedales o Lagunas paramunas de origen glaciar (lagunas): Ojo de Agua y Cazadero		X	X	X	X	SFFI
Formulación del diseño de monitoreo de los frailejones <i>Espeletia tunjana</i> (EN), <i>Espeletiopsis garciae</i> (EN) y <i>Paramiflos glandulosus</i> (VU)		X				SFFI - DTAN - Nivel Central
Implementación diseño de monitoreo de los frailejones <i>Espeletia tunjana</i> (EN), <i>Espeletiopsis garciae</i> (EN) y <i>Paramiflos glandulosus</i> (VU)		X	X	X	X	SFFI
Formulación del diseño de monitoreo de ocupación de venados <i>Odocoileus virginianus goudotii</i> y <i>Mazama Rufina</i>		X				SFFI - DTAN -



ACTIVIDADES	2017	2018	2019	2020	2021	RESPONSABLES
Implementación diseño de monitoreo de ocupación de venados <i>Odocoileus virginianus goudotii</i> y <i>Mazama Rufina</i>		X	X	X	X	SFFI
Implementación diseño de monitoreo de ocupación de venados <i>Odocoileus virginianus goudotii</i> y <i>Mazama Rufina</i>		X	X	X	X	SFFI
Diseño de monitoreo para formulación e implementación durante el tercer año de vigencia del Plan de Manejo SFF Iguaque (monitoreo a las presiones que afectan VOC)						
Diseño del monitoreo del impacto del turismo en la comunidad de aves del bosque andino, altoandino, subpáramo y páramo del SFF Iguaque.			X			SFFI - DTAN - Nivel Central
Implementación del monitoreo del impacto del turismo en la comunidad de aves del bosque andino, altoandino, subpáramo y páramo del SFF Iguaque.			X	X	X	SFFI
Diseño del monitoreo del estado de los senderos turísticos Clarinero y Bachué, rutas de acceso a la laguna de Iguaque.			X			SFFI - DTAN - Nivel Central
Implementación del monitoreo del estado de los senderos turísticos Clarinero y Bachué, rutas de acceso a la laguna de Iguaque.			X	X	X	SFFI



11. PRESUPUESTO TOTAL

A continuación se presenta el presupuesto general para la implementación del programa de monitoreo del SFF Iguaque durante los siguientes cinco años (Tabla 16).

Tabla 16. Presupuesto general del programa de monitoreo del SFF Iguaque

DISEÑO DE MONITOREO	2017	2018	2019	2020	2021	Total Quinquenal
Monitoreo oferta hídrica río Cane	46.940.000	4.292.000	4.906.000	4.292.000	4.906.000	65.336.000
Monitoreo a procesos de restauración ecológica	12.215.000	1.545.000	3.405.000	1.545.000	1.865.000	20.575.000
Monitoreo de calidad hídrica (lagunas)	0	25.734.000	2.746.000	4.760.000	2.746.000	35.986.000
Monitoreo de oferta hídrica (lagunas)	0	38.447.000	2.675.000	3.309.000	2.675.000	47.106.000
Monitoreo de frailejones	0	14.493.000	1.565.000	3.663.000	1.565.000	21.286.000
Monitoreo para fauna, venados: <i>Odocoileus virginianus goudotii</i> y <i>Mazama rufina</i>	0	26.217.000	330.000	2.167.000	310.000	28.974.000
Monitoreo presión turismo vs avifauna	0	0	26.804.000	2.614.000	2.194.000	31.612.000
Monitoreo presión turismo vs estado de senderos clarinero y Bachué	0	0	8.964.000	944.000	904.000	10.812.000
TOTAL	59.155.000	110.728.000	51.395.000	23.294.000	17.165.000	261.687.000



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ - SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE, SDA. 2008. Protocolo de Recuperación y Rehabilitación Ecológica de Humedales en Centros Urbanos. Primera edición. Bogotá, Colombia.

BERNAL, J. 2012. Estudio de variabilidad de la precipitación para el SFF Iguaque. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Dirección Territorial Andes Nororientales. Informe técnico interno. PNN Subdirección Técnica. 44 pp.

CASTAÑO URIBE, C. & R. CARRILLO CARRILLO (Eds.). 2002. Sistema de Información Ambiental de Colombia: Conceptos, definiciones e instrumentos de la información ambiental de Colombia. IDEAM, SINCHI, IAvH, INVEMAR, IIAP. Bogotá-

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. 2002. Marco Teórico del Banco de Indicadores Sectoriales. Grupo Asesor de la Gestión de Programas y Proyectos de Inversión Pública.

FARINA, A. 1998. Principles and methods in landscape ecology. Chapman & Hall, London, 235 pp.

FLOREZ N., PARDO M. & LOPERA M. 2008. Estrategia Nacional de Monitoreo del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Subdirección Técnica. Bogotá.

FORMAN, R. T. T. 1995. Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

FORMAN, R. T. T. Y M. GODRON. 1986. Landscape ecology. John Wiley & Sons, New York. 619 pp.

IGUA CASTELLANOS R. & M. ECHEVERRIA ARAQUE. 2012. Informe de campo. Santuario de Fauna y Flora de Iguaque. Parques Nacionales y Naturales de Colombia.

IGUA CASTELLANOS R. & M. ECHEVERRIA ARAQUE. 2013. Informe de campo. Santuario de Fauna y Flora de Iguaque. Parques Nacionales y Naturales de Colombia.

ELFI CHÁVEZ, M. & N. ARANGO. 1998. Informe Nacional Sobre el Estado de la Biodiversidad 1997. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, PNUMA, Ministerio del Medio Ambiente. Volumen 3: 286-298. Bogotá.

JIMÉNEZ MORA ZORAIDA. 2011. Procesamiento de la información del monitoreo del ecoturismo en el marco del ejercicio de capacidad de carga bajo la metodología de límites de cambio



Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



aceptable, en el SFF Iguaque. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Subdirección Técnica. Bogotá.

KREBS, CH. J. 1989. Ecological Methodology. Harper & Row. Nueva York.

LADRERA FERNÁNDEZ R. 2012. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Revista de Información Ambiental: 32.

MAGURRAN, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.

Pardo-Pardo, E., M. Lopera Mesa & N. Flórez. 2007. Manual de monitoreo del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Subdirección Técnica. Grupo Planeación del Manejo Patrimonio Natural. Proyecto FAP Consolidación. Bogotá.

2002. Protocolo de restauración de coberturas vegetales afectadas por incendios forestales. Plan Nacional de Prevención, Control de Incendios Forestales y Restauración de Áreas Afectadas-PNPCIFRA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá.

MORENO, C.E. 2011. Métodos para medir la biodiversidad. M y T. Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Zaragoza 84 pago.

OCDE -Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. 1993. Modelo PER. www.oecd.org.

PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA. 2012. Guía metodológica para el diseño de indicadores. Subdirección Técnica. Bogotá, Colombia

PHILLIPS J.F., *et. al.* 2011. Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 32 pp.

SANTUARIO DE FAUNA Y FLORA IGUAQUE. Plan de manejo del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque. 2016-2021. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Dirección Territorial Andes Nororientales. Boyacá.

RODRIGUEZ, J. 2008. El concepto de Estado ecológico: Indicadores biológicos utilizados. Proceso de establecimiento de objetivos ambientales: Las condiciones de referencia y el ejercicio de intercalibración europea. España.





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ROSNEY, JOEL. 1975 Citado en: Teoría General de Sistemas Flórez Antonio y Thomas Javier. Revista Cartográfica 61. Enero a Junio 2002.

SHAROV, A. 1996. Quantitative population ecology. Department of Entomology Virginia Tech, Blacksburg, VA. Population Modeling of Insect Systems (Spring 1997)

SHARPE, C.J. 1988. Manual de monitoreo del sistema nacional de parques de Venezuela. EcoNatura. Caracas, Venezuela. 119 p.

SEBER, G.A.F. 1973. The estimation of animal abundance and related parameters. Griffin. Londres.

SERRATO O.E. 2007. Desarrollo de la segunda fase para la determinación de manera participativa de la capacidad de carga en el marco de los límites de cambio aceptable (ICA) y plan de monitoreo en las zonas de uso recreativo para el SFF Iguaque. Bogotá DC.

MUÑOZ-SABA, S., et al., 2013. Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. Mastozoología Neotropical. 20 (2): 301-365. Versión impresa ISSN 0327-9383 Versión on-line ISSN 1666-0536

TURNER, M.G. & R.H. GARDNER. 1991. Quantitative methods in landscape ecology. Ecological Studies 82. Springer-Verlag, New York. 536 pp.

VELOSA CAICEDO, R.I. 2013. Programa de monitoreo valores objeto de Conservación Área Natural Única Los Estoraques. Anexo No. 1 Dirección Territorial Andes Nororientales Área Natural Única Los Estoraques Parques Nacionales Naturales De Colombia.

VILLAREAL H.M, S. ALVAREZ, F. CORDOBA, G. ESCOBAR, F. FAGUA, H. GAST, H. MENDOZA, OSPINA & A. UMAÑA. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Segunda edición. Programa de inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá Colombia. 236 p.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE INVESTIGACIONES/ESTUDIOS DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN DEL AP RELACIONADAS CON VOC IDENTIFICADOS PARA EL SANTUARIO DE FAUNA Y FLORA DE IGUAQUE

VOC 1: Grupo de frailejones subtribu *Espeletiinae*. Especies: *Paramiflos glandulosus* VU; *Espeletiopsis garciae* EN; *Espeletiopsis pleiochasia*; *Espeletia murilloi*; *Espeletia barclayana*; *Espeletiopsis guacharaca*, *Espeletia sp*.

BERMUDEZ A, M. MORENO, M. HUERFANO, MONROY & W. ALVARO. 1999. Informe de Ecología General: Estimativo del modelo de distribución y densidad poblacional de *Espeletia* sobre un





gradiente altitudinal en la zona noroccidental del Páramo del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

VARGAS J.P. 2000. Demografía de un frailejón colonizador en zonas secas: *Espeleptiopsis glandulosa* (Asteraceae). En Estudios Ecológicos en el SFFI y sus alrededores. Departamento de Biología, Universidad Nacional. Bogotá.

VOC 2: Ecosistema de páramo: páramo propiamente dicho y subpáramo (subhúmedo a húmedo)

HERNANDEZ L.A., J. VARGAS & S. SENDOYA. 2000. Patrones de diversidad de los páramos Ojo de Agua, Cazadero e Iguaque en comparación con un páramo antrópico. Departamento de Biología. En: Estudios Ecológicos en el SFFI y sus alrededores. Departamento de Biología, Universidad Nacional. Bogotá.

PABÓN GONZALES, Y.M. & M.M. NÚÑEZ IZQUIERDO. 2002. Banco de semillas germinable en suelos de páramo en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque Boyacá. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

MEDINA QUINTERO, M.F. 2005. Tesis: Bancos de semillas en un sector del subpáramo del Santuario de Flora y Fauna de Iguaque. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

VOC 3: Humedales paramunos de origen glaciar

SALAVARRIETA, L.E. & J.L. ROMERO. 1990. Tesis: Inventario florístico y distribución de biotipos y fisiotipos de las plantas acuáticas (macrofitos) encontrados en la Laguna de San Pedro de Iguaque. (Boyacá Colombia). Universidad Pedagógica Nacional Facultad de Ciencia y Tecnología Departamento de Biología.

TINJACA, Z. 2005. Tesis: Plan de Manejo ambiental para el uso del recurso hídrico proveniente de la Laguna y Quebrada Cazadero Vereda Cerro Municipio Chiquiza. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL. Comportamiento físico-químico de la Laguna de Iguaque (Boyacá-Colombia) y dinámica de la comunidad zooplanctónica (crustácea). 1997. Facultad de Ciencia y Tecnología. Departamento de Biología. Bogotá.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL. Estudio Limnológico en el Santuario de Flora y Fauna de Iguaque. Relación Organismo – Ambiente. 1987. Universidad Pedagógica Nacional.



VOC 4: Bosque andino y alto andino

MARÍN CORVA, C.A. 1996. Tesis: Flora y vegetación del Santuario de Fauna y Flora Iguaque. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Departamento de Biología Santafé de Bogotá.

MORALES PUENTES, M.E. & A.S. PÉREZ SÁNCHEZ. 1992. Tesis: Introducción al estudio de la brioflora del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque Arcabuco Boyacá-Colombia. Universidad Pedagógica Nacional Facultad de Ciencia y Tecnología departamento de Biología. Santafé de Bogotá.

GALVIS RUEDA, M. 1992. Inventario preliminar de Flora del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque Boyacá. Corporación Colegio Verde, Villa de Leyva.

BARRERA LOBATÓN, J.L. 2005. Aspectos arquitectónicos y estructurales de tres Robledales en el Área de amortiguación del Santuario de Flora y Fauna de Iguaque. Universidad Javeriana.

TORRES NOVOA, D.L. & L.H. TORRES PERILLA. 1998. Tesis: Estructura, composición florística y crecimiento inicial de un bosque secundario y un bosque de roble en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque (Boyacá). Universidad Distrital Francisco José de Caldas Facultad del Medio Ambiente.

CASAS, A. 2004. Tesis: Composición y Estructura de la vegetación de cinco robledales del área de amortiguación de Santuario de Fauna y Flora de Iguaque. Universidad Javeriana

MONCAYO, L. 2001. Tesis: Estructura y composición de la avifauna de un bosque alto-andino. Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, Boyacá Colombia. Fundación Universitaria de Popayán.

ROSAS FOSCHI, M.L. 1986. Tesis: Estudio de la estructura de la comunidad de aves frugívoras en el sotobosque del cañón de Mamarramos en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque (Boyacá). Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Biología.

MUÑOZ PINTO, M. & J. VALENCIA BUITRAGO. 1994. Tesis: Mecanismos naturales de sucesiones vegetales secundarias en una zona afectada por un incendio.

CASAS CASTILLO, A.A. 2004. Tesis: Composición y Estructura de la vegetación de cinco robledales del área de amortiguación de Santuario de Fauna y Flora de Iguaque. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Estudios Ambientales y Rurales.

FANDIÑO LOZANO, M.T. Sf. A framework for ecological evaluation oriented at the establishment and management of protected areas a case study of the Santuario de Iguaque, Colombia. International Institute For Aerospace Survey And Earth Sciences. (ITC).



Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



VOC 5: Ecosistema subxerofítico degradado

BITRAGO, J.V. 1994. Mecanismos naturales de sucesiones vegetales secundarias en una zona afectada por un incendio forestal. Informe final orden de prestación de servicios técnicos No 17, entre INDERENA regional Boyacá-Casanare y la Asociación Profesional de Exalumnos de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

PUNTES AGUILAR, J.M. & MENDOZA H. 2010. Evaluación de impacto ambiental sobre la vegetación en los sitios incendiados en la zona de amortiguación y dentro del Santuario de Flora y Fauna de Iguaque. UAESPNN-SUT-REP PNN –IAvH

VOC 6: Recurso hídrico asociado a las microcuencas de los ríos Iguaque y La Colorada al interior del Santuario

RAMÍREZ OSPINA, M.M. & F.A. MEDELLÍN CADENA. 2002. Tesis: Trichoptera del Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Boyacá). Aspectos Ecológicos y su relación con la calidad del agua. Universidad Pedagógica Nacional Facultad de Ciencia y Tecnología Departamento de Biología Bogotá D.C.

BRAVO MONROY, G.L. Tesis: Iguaque, Construcción social del territorio y manejo del agua. Universidad de los Andes Facultad de Ciencias Sociales Departamento de Antropología.

RINCON FERNANDEZ, M.E., C.A. SIERRA DIOSA & I. LADINO OSPINA. Tesis: 1994. Biodiversidad y conservación de los Ecosistemas Acuáticos del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque (Boyacá). Universidad Pedagógica Nacional.

ARANGO, D. 1999. Proyecto: Recuperación integral de la Cuenca del río Cane o Iguaque. Consejo Ambiental de Villa de Leyva.

CAÑÓN FERRUCHO, S.J. & J.I. SUAREZ IGUA. Tesis: Diseño y elaboración de una guía ilustrada de macroinvertebrados acuáticos de sistemas loticos del SFFI. Universidad Pedagógica Nacional.

LUNA BERBESI, H.A. Tesis: Estudio preliminar del uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua en la quebrada mamarramos y en un sector del río Cane en el SFFI. Universidad Industrial de Santander.

VOC 7: Pava *Penelope montagnii*

ZULUAGA BONILLA, J.E. & A.S. ESPINOSA. 2005. Tesis: Las aves como dispersoras de semillas en la sucesión secundaria de un sector quemado del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, Boyacá. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.





Parques Nacionales Naturales de Colombia
Santuario de Fauna y Flora Iguaque



ZULUAGA BONILLA, J.E. 2007. Tesis: Caracterización de la comunidad de aves dependientes de los humedales altoandinos del Santuario de Flora y Fauna Iguaque como insumo para entender el estado y la funcionalidad de estos ecosistemas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

VOC 8: Venados *Mazama rufina* (venado soche) y *Odocoileus goudotii* (venado colablanca)

MENESES SALAS, V.P. 2008. Estudio preliminar sobre la distribución de las especies de venados (*Odocoileus goudotti* y *Mazama rufina*) en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque (Boyacá). Universidad de Antioquia.

