



RESERVA FORESTAL PROTECTORA REGIONAL MACHÍN

Documento Técnico



Nota. Fotografía volcán Cerro Machín tomada. Fuente: Rafael Orlando Tovar Vargas

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL TOLIMA - CORTOLIMA
SUBDIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE
SUBPROCESO DE ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS Y ÁREAS PROTEGIDAS

Ibagué – Tolima, febrero de 2022

COMITÉ DIRECTIVO

Dra. OLGA LUCIA ALFONSO LANNINI

Dirección General

Dr. ERNESTO MORA

Revisoría Fiscal

Dra. ELVIA MARÍA GARZON PACHECO

Subdirección Administrativa y Financiera

Dr. GUILLERMO AUGUSTO VALLEJO FRANCO

Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible

Ing. CARLOS ENRIQUE QUIROGA CALDERÓN

Subdirección de Planificación Ambiental y Desarrollo Sostenible

Ing. WILLER ANDRÉS RODRÍGUEZ GARCÍA

Subdirección de Administración de Recursos Naturales

Dr. JUAN CARLOS GUZMÁN CORTÉS

Subdirección Jurídica

Dr. SERGIO SERRANO

Dr. JORGE SECHAGUE

Oficina Asesora Dirección General

Dra. JENNY KATHERINE SILVA REY

Oficina Asesora de Direccionamiento Estratégico TIC

Dr. DANILO ANDRES BRAVO MORENO

Oficina Asesora Territorial

Dra. VIVIAN MARCELA SILVA SERRATO

Oficina Asesora de Control Interno Disciplinario

Dra. NUBIA MARTÍNEZ CUBILLOS

Oficina de Control Interno a la Gestión

Dr. HUMBERTO HURTADO LUCERO

Oficina Asesora de Planeación Institucional y Direccionamiento Estratégico

Dra. SANDRA ROCIO MORENO PAEZ

Oficina Asesora de Relacionamento Institucional

EQUIPO TÉCNICO

SUBPROCESO DE ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS Y ÁREAS PROTEGIDAS:

FREDY HERNÁN MAYORGA PEDREROS, Profesional Especializado Líder del Subproceso de Áreas Protegidas

BIBIAN ANDREA ACOSTA OVIEDO, Bióloga

SEBASTIAN ALZATE BELTRAN, Ingeniero Ambiental

MARÍA ALEXANDRA AYALA CÁRDENAS, Comunicadora Social - Periodista

LEYDI MARIANA CORTÉS ESGARRAGA, Bióloga

MAIRA ALEJANDRA MARTÍNEZ BABATIVA, Politóloga

SINDY NATALIA MONTEALEGRE BAJONERO, Ingeniera Ambiental y Sanitaria

LAURA MARÍA MONTEALEGRE SÁNCHEZ, Ingeniera Ambiental

IVÁN ERNESTO RODRÍGUEZ CASTAÑEDA, Tecnólogo en Dibujo Arquitectónico y de Ingeniería

CARLOS ANDRÉS TAFUR URUEÑA, Abogado

RUTH KATHERINE TORO SÁNCHEZ, Ingeniera Forestal

EDITH PAOLA TORRES BUSTOS, Ingeniera Geógrafa y Ambiental

YULIANA CAROLINA OSPINA JIMÉNEZ, Administradora Ambiental

Contenido

INTRODUCCIÓN	14
1. LOCALIZACIÓN	16
2. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA, SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL	20
2.1. Caracterización biofísica	20
2.1.1. <i>Clima</i>	20
2.1.2. <i>Suelos</i>	28
2.1.3. <i>Hidrografía</i>	36
2.1.4. <i>Cobertura y uso del suelo</i>	39
2.1.5. <i>Ecosistemas</i>	52
2.1.6. <i>Priorización</i>	54
2.1.7. <i>Irremplazabilidad Funcional.</i>	55
2.1.8. <i>Biodiversidad</i>	60
2.1.9. <i>Servicios Ecosistémicos</i>	164
2.2. Caracterización Socioeconómica y Cultural	169
2.2.1. <i>Estado del Arte de la Información</i>	169
2.2.2. <i>Canales de Comunicación – Espacios de Participación</i>	171
2.2.3. <i>Descripción de grupos humanos que habitan en el territorio y sus prácticas culturales</i>	181
2.2.4. <i>Descripción sobre Principales Actividades productivas Locales y Regionales</i>	186

2.2.3. Análisis Predial	190
2.2.4. Estimación del Número Aproximado de Familias y Viviendas al Interior del Área Protegida Propuesta	193
2.2.5. Identificación de Principales Actores E Instituciones, Descripción de sus Formas de Gobernanza y su Relación con el Área en Proceso de Declaratoria.	194
3. PRESIONES	202
3.1. Pérdida de Biodiversidad	202
3.2. Contaminación Ambiental por Turismo No Regulado	203
3.3 Riesgo Geológico.....	212
4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE CONSERVACIÓN	219
4.1. Objetivos de Conservación	221
4.2. Objetos Valores de Conservación	221
5. JUSTIFICACIÓN	223
6. DELIMITACIÓN	234
7. CATEGORIA PROPUESTA	240
8. ACCIONES ESTRATÉGICAS PRIORITARIAS	243
9. CONSULTA PREVIA.....	246
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	247
ANEXOS	262

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Límites expuestos por Caldas.	21
Tabla 2 Clasificación climática Lang.....	22
Tabla 3 Unidades climáticas según clasificación Caldas - Lang.	22
Tabla 4 Zonas de vida en los predios a declarar.	26
Tabla 5 Valores de gradiente de pendiente y erosión en suelo.	29
Tabla 6 Unidades de suelo de los predios a declarar.	30
Tabla 7 Unidades geológicas volcán Cerro Machín.....	33
Tabla 8 Coberturas de la tierra para los predios Machín año 2007.	40
Tabla 9 Imágenes utilizadas de PlanetScope.....	42
Tabla 10 Coberturas de la tierra para los predios Machín año 2019.	44
Tabla 11 Cambio de cobertura entre 2007 y 2019 para el área de los Predios Machín.	49
Tabla 12 Ecosistemas identificados en los predios a declarar.....	53
Tabla 13 Estaciones de muestreo establecidas en los predios del volcán Cerro Machín.	62
Tabla 14 Géneros de macroinvertebrados acuáticos colectados en los predios La Primavera y Pitalito - El Placer), del municipio de Ibagué.	64
Tabla 15 Estaciones de muestreo establecidas en los predios del volcán Cerro Machín, en el municipio de Ibagué.	69
Tabla 16 Composición y estructura de los predios ubicados en el volcán Cerro Machín (Las Brisas, La Esperanza, La Primavera, Machín 1, Machín 3, La Holanda y Pitalito - El Placer), del municipio de Ibagué.	72
Tabla 17 Listado de especies reportadas para el área de estudio del volcán Cerro Machín según información secundaria.	81

Tabla 18 Listado de especies reportadas para el área de estudio del volcán Cerro Machín según información primaria y secundaria.	82
Tabla 19 Composición de la riqueza de Herpetos registradas a partir de información primaria y secundaria en el área de estudio.	83
Tabla 20 Especies de interés ecológico de los predios del volcán Cerro Machín.	84
Tabla 21 Especies relevantes para la conservación presentes en los predios ubicados en el volcán Cerro Machín.	89
Tabla 22 Mamíferos registrados en los predios ubicados en el volcán cerro Machín, municipio de Ibagué.	91
Tabla 23 Número de familias, géneros y especies de los órdenes de mamíferos reportados mediante información primaria y secundaria en los predios ubicados en el volcán cerro Machín, municipio de Ibagué.	93
Tabla 24 Algunos aspectos ecológicos de la mastofauna reportada en los predios ubicados en el volcán cerro Machín, municipio de Ibagué.	94
Tabla 25 Especies reportadas mediante entrevistas en los predios ubicados en el volcán Cerro Machín, municipio de Ibagué.	95
Tabla 26 Ubicación de las parcelas realizadas en el volcán Cerro Machín.	97
Tabla 27 Listado de especies catalogadas en alguna categoría de amenaza según UICN.	102
Tabla 28 Localización y altura de los 8 puntos de muestreo.	105
Tabla 29 Ubicación de las parcelas realizadas.	114
Tabla 30 Números de Hill para cada parcela realizada.	120
Tabla 31 Ubicación de las parcelas realizadas.	133
Tabla 32 Números de Hill para cada parcela realizada.	140
Tabla 33 Especificación de los puntos de muestreo en el volcán Cerro Machín.	161

Tabla 34 Fortalezas y Oportunidades que la comunidad identificó en el análisis FODA	179
Tabla 35 Debilidades y Amenazas que la comunidad identificó en el análisis FODA. .	180
Tabla 36 Producción mensual en kilogramos de Peces.	188
Tabla 37 Principales actividades agrícolas de la comunidad de las veredas Coello San Juan y Guaico.	189
Tabla 38 Resumen de los predios, su extensión y propietarios.	192
Tabla 39 Actores sociales e institucionales presentes a alrededor del área de la declaratoria (2021).	196
Tabla 40 Capacidad de Carga	208
Tabla 41 Objetos valores de conservación en los predios a declarar.	222
Tabla 42 Coordenadas tomadas en campo.	234
Tabla 43 Distribución veredal predios de la RFPM	237

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización polígono a declarar.....	16
Figura 2 Ubicación de los predios a declarar en zona de la Reserva Forestal Central de Ley 2ª de 1959.....	18
Figura 3 Clasificación climática Caldas – Lang, predios Machín.	23
Figura 4 Distribución espacial de lluvias en los predios Machín.....	24
Figura 5 Temperatura media anual en los predios Machín.	25
Figura 6 Zonas de vida Holdridge en los predios a declarar.	26
Figura 7 Unidades de suelo presentes en los predios Machín.	28
Figura 8 Geología predios a declarar.....	35
Figura 9 Mapa de hidrografía y del humedal Laguna Machín en los predios a declarar.	38
Figura 10 Coberturas de la tierra de los predios Machín para el año 2007.	41
Figura 11 Mapa coberturas de la tierra de los predios Machín para el año 2019.	45
Figura 12 Análisis cambio de cobertura en el bosque de los Predios Machín entre 2007 y 2019.....	51
Figura 13 Puntos calientes 2007-2019 de los Predios Machín.....	51
Figura 14 Tipo de ecosistemas en los predios a declarar.	53
Figura 15 Mapa AICAS en los predios destinados a la conservación.....	59
Figura 16 Río Toche. Occidente de volcán Cerro Machín.....	60
Figura 17 Trabajo en campo con red entomológica y vista completa de la Trampa Van Someren - Rydon instaladas en las estaciones de muestreo.	70
Figura 18 Búsqueda activa de herpetos y registro fotográfico en el área de estudio.....	79
Figura 19 Sacrificio, fijación y preparación de individuos colectados.	80

Figura 20 Órdenes de aves con más de dos especies registradas en los predios ubicados en el volcán Cerro Machín.	86
Figura 21 Familias de aves con más de dos especies registradas en los predios ubicados en el volcán Cerro Machín.	87
Figura 22 Abundancia relativa de las especies agrupadas por categoría ecológica en los puntos de muestreo de los predios ubicados en el volcán Cerro Machín.....	88
Figura 23 Abundancia relativa de los órdenes de mamíferos registrados en los predios del volcán cerro Machín.	92
Figura 24 Imagen satelital Landsat del volcán Cerro Machín con la ubicación de las parcelas. Realizado con Google Earth	98
Figura 25 Categorías de Amenaza según la UICN.	102
Figura 26 Mapa del volcán Cerro Machín con los puntos de muestreo georeferenciados.	106
Figura 27 Las familias más representativas fueron Brachytheceaceae con 10 géneros, seguida por Lejeuneaceae con 9 géneros y en tercer lugar las familias Frullaniace y Neckeraceae con 7 géneros cada una.	107
Figura 28 Fotografías de campo y laboratorio.....	109
Figura 29 Fotografía aérea del volcán Cerro Machín. Servicio Geológico Colombiano.	112
Figura 30 Imagen satelital Landsat del volcán Cerro Machín con la ubicación de las parcelas.	114
Figura 31 Distribución de las especies de herbáceas según su hábito de crecimiento.	118
Figura 32 Porcentaje de especies encontradas en cada parcela.	119
Figura 33 Curva de acumulación de especies para los especímenes encontrados.....	119

Figura 34 Gráfico de similaridad según el índice de Sorensen.	122
Figura 35 Fotografía aérea del volcán Cerro Machín. Servicio Geológico Colombiano.	132
Figura 36 Imagen satelital Landsat del volcán Cerro Machín con la ubicación de las parcelas. Realizado con Google Earth	134
Figura 37 Distribución de las especies de herbáceas según su hábito de crecimiento.	138
Figura 38 Porcentaje de especies encontradas en cada parcela.	138
Figura 39 Curva de acumulación de especies para los especímenes encontrados.....	139
Figura 40 Gráfico de similaridad según el índice de Sorensen	141
Figura 41 Algunos ejemplares de Líquenes colectados en el Volcán Cerro Machín. ..	161
Figura 42 Termal de la quebrada Aguas Calientes, predio La Primavera del corregimiento de Toche.	168
Figura 43 Evidencias fotográficas reuniones equipo técnico del subproceso.	170
Figura 44 Evidencia fotográfica reunión interinstitucional.....	172
Figura 45 Evidencia Fotográfica Reunión Interinstitucional Secretaría de Ambiente y Gestión del Riesgo del Tolima.	172
Figura 46 Evidencia Fotográfica Reunión Interinstitucional Distrito de Riego y Adecuación de Tierras de los ríos Coello y Cucuana.	173
Figura 47 Evidencias Fotográficas reunión con actores sociales.	173
Figura 48 Evidencias fotográficas con actores sociales	174
Figura 49 Evidencias fotográficas taller de cartografía social con actores sociales.....	175
Figura 50 Evidencias fotográficas caracterización ambiental en los predios.	176
Figura 51 Evidencias fotográficas taller y ajuste de cartografía social.....	178
Figura 52 Producción de Arracacha corregimiento 6: Toche en toneladas anuales. ...	186

Figura 53 Producción de Fríjol corregimiento 6: Toche en toneladas anuales.	187
Figura 54 Población Bovina por corregimiento año 2017.	188
Figura 55 Esferas de categorización de actores.	194
Figura 56 Ubicación piscina termal comunitario en los predios a declarar.	206
Figura 57 Mapa sendero al volcán Cerro Machín desde el corregimiento de Toche. ..	207
Figura 58 Mapa de riesgo geológico amenaza volcán Cerro Machín.	214
Figura 59 Niveles de actividad volcánica.	218
Figura 60 Diagrama de sistemas, comunidades y especies según escala geográfica como criterio para determinar VOCs	219
Figura 61 Aves de interés.	227
Figura 62 Herpeto de interés.	227
Figura 63 Flora de interés.....	228
Figura 64 Delimitación veredal del área de los predios a declarar.	236

INTRODUCCIÓN

La consecuencia de la crisis ambiental evoca la necesidad de gestionar y proteger adecuadamente los bienes ambientales en cada territorio, con el fin de garantizar los servicios ecosistémicos, el bienestar y la calidad de vida del socio ecosistema.

El departamento del Tolima dentro de su potencial ambiental cuenta con diversos escenarios naturales, desde páramos en alta montaña hasta zonas semidesérticas, pasando por volcanes, nacimientos de fuentes hídricas, fauna y flora silvestre propia de los diferentes pisos térmicos dentro de la región.

Teniendo en cuenta lo anterior, la Gobernación del Tolima y la Corporación Autónoma Regional del Tolima - CORTOLIMA han hecho esfuerzos para lograr la protección de los diferentes ecosistemas en la región. En el año 2015 mediante convenio interadministrativo, se adquirieron predios rurales (aproximadamente 496,77 ha) en la parte alta de la zona donde se ubica el volcán Cerro Machín, entre los municipios de Cajamarca e Ibagué, con el fin de conservar y proteger este contexto socio natural de gran potencial hídrico y estratégico por los nacimientos de agua que tributan a una de las principales cuencas hidrográficas del Tolima (Coello) que beneficia a los municipios de Cajamarca, Coello, El Espinal, Flandes, Ibagué, Piedras, Rovira y San Luis, por la oferta de servicios ecosistémicos y presencia de especies tanto endémicas como transitorias. Es importante resaltar que el área del polígono a declarar, se enmarca dentro de un riesgo geológico por la amenaza volcánica del área.

En este sentido, se crea la necesidad institucional de declarar estos predios con la figura de reserva forestal protectora regional, para el beneficio de las comunidades ubicadas en la zona de influencia del volcán, específicamente los habitantes de los municipios del centro del departamento.

Es necesario decir que los predios se ubican en la zona de influencia directa del volcán Cerro Machín, y debido al riesgo geológico no se encuentra población asentada, las comunidades localizadas en el área de influencia se encuentran en las veredas de Coello San Juan y Guaico del municipio de Ibagué; dentro de los predios existen atractivos turísticos paisajísticos y un termal, los cuales recurrentemente son visitados.

Teniendo en cuenta lo anterior, CORTOLIMA en el año 2021, inicia el proceso de implementación de la ruta declaratoria para una nueva área protegida de importancia ambiental en la región, particularmente en los predios adquiridos sobre la zona de influencia del volcán Cerro Machín.

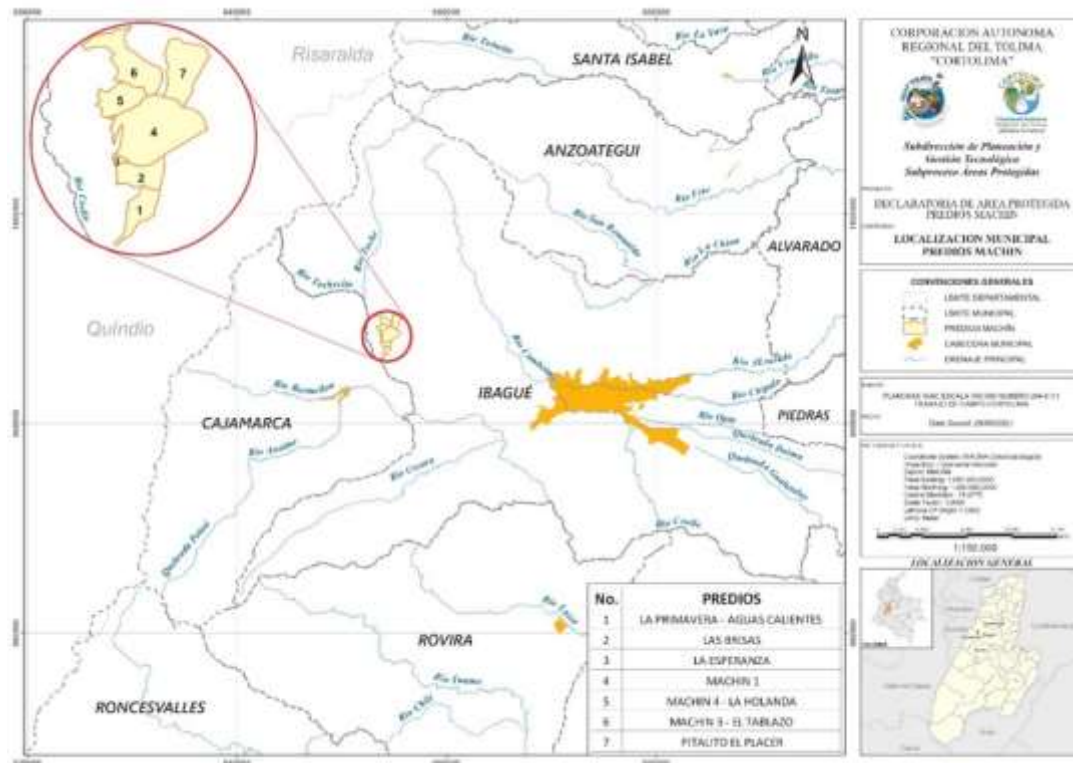
Finalmente, es pertinente reiterar que el objetivo primordial de esta declaratoria es la protección, conservación y cuidado del recurso hídrico, principalmente los cuerpos de agua que alimentan la cuenca del río Coello.

1. LOCALIZACIÓN

El departamento del Tolima ubicado en el centro occidente del país en las coordenadas 2°52'59" y 5°19'59" de latitud Norte, 74°24'18" y 76°06'23" de longitud Oeste; comprende altitudes desde los 200 m s. n. m., en la llanura del Magdalena hasta 5,200 m s. n. m., en el nevado del Ruíz sobre el flanco oriental de la cordillera Central. Limita al norte con el departamento de Caldas, al sur con el departamento del Huila, al oriente con los departamentos de Cundinamarca y Huila, y al occidente con los departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío, Valle del Cauca y Cauca. Por otra parte, en esta zona se localizan los Parques Nacionales Naturales: Los Nevados, Las Hermosas y nevado del Huila y la mayoría de las áreas protegidas de carácter regional declaradas en el departamento.

Figura 1

Localización polígono a declarar.



Fuente: Elaboración propia.

En la margen sur occidental del Tolima se localiza el denominado complejo volcánico Machín - Cerro Bravo, donde se encuentra el volcán Cerro Machín sobre la cordillera Central de los Andes Colombianos, en las coordenadas geográficas: Latitud 4° 29' Norte y Longitud 75° 22' Oeste. Su jurisdicción pertenece al municipio de Ibagué, ubicado a 17 km de su casco urbano, a 7 km de la cabecera municipal de Cajamarca y a 35 km de la ciudad de Armenia.

Dentro de la zona de influencia del volcán Cerro Machín se encuentra el área a declarar, compuesta por siete predios de propiedad estatal, seis de CORTOLIMA y uno de la Gobernación del Tolima, que conforman un polígono de 496,77 ha, generando un corredor de conectividad con el complejo de páramo Los Nevados. Al encontrarse inmerso en el área central de este importante ecosistema estratégico, permite conectar los municipios de Anzoátegui, Cajamarca, Casabianca, Herveo, Ibagué, Murillo, Santa Isabel y Villahermosa del departamento del Tolima y los demás municipios de los departamentos de Quindío, Risaralda y Caldas que convergen en este complejo.

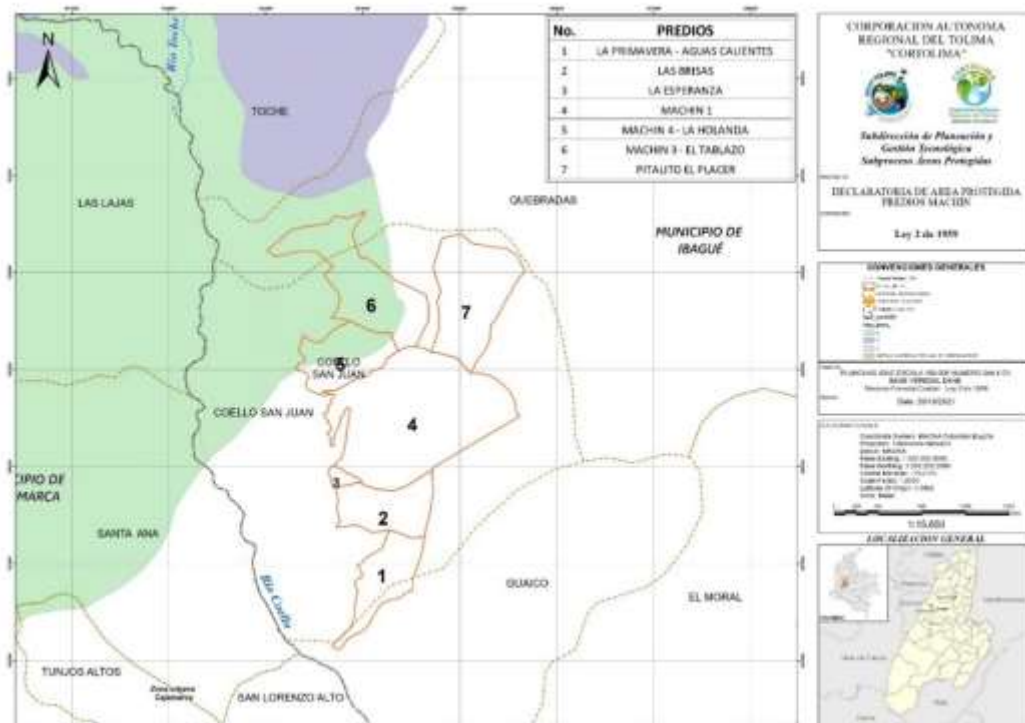
De acuerdo al Servicio Geológico Colombiano, el volcán cerro Machín lo conforma un edificio volcánico de forma anular compleja, resultado de un conjunto de relictos de anillos piroclásticos enlazados entre sí, la altura del cono no es mayor de 150 m sobre su base y posee un cráter de 2,4 km de diámetro mayor, relleno por dos domos de 250 m y 150 m de altura, de los cuales surgen fenómenos asociados a la actividad termal, expresados en campos fumarólicos sobre los domos y fuentes termales¹.

De igual manera, el polígono a declarar limita con las Reservas Forestales Protectoras: “Las Mirlas”, “La Suiza”, “La Esmeralda”, “El Humedal y La Santísima Trinidad” junto con “El Palmar y La Secreta”; las Reservas Naturales de la Sociedad Civil: “La Rivera” y “El Santuario

¹ Visto <https://www2.sgc.gov.co/sgc/volcanes/VolcanCerroMachin/Paginas/generalidades-volcan-cerro-machin.aspx>, 01/12/21.

Los predios a declarar se encuentran dentro de la Subzona Hidrográfica del río Coello donde convergen las quebradas “Santa Marta” en el predio “Pitalito El Placer”, la quebrada “San Juan” que atraviesa el predio “Machín 3 El Tablazo” y la quebrada “Aguascalientes” en el predio “La Primavera Aguas Calientes”, las cuales entregan sus aguas a dicha cuenca.

Ubicación de los predios a declarar en zona de la Reserva Forestal Central de Ley 2ª de 1959.



Finalmente, es pertinente decir que los predios a declarar traslapan en gran parte con un Área Importante para la Conservación de las Aves “AICAs” denominada como cuenca del

río Toche, y con la zona denominada como tipo A², según la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central de Ley 2^a de 1959, adoptada mediante Resolución No. 1922 del 27 de diciembre del 2013.

² Zona Tipo A, corresponde a áreas de mantenimiento de los procesos ecológicos básicos necesarios para la asegurar la oferta de los servicios ecosistémicos

2. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA, SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL

La contextualización del área a ser declarada parte del conocimiento de los elementos socioculturales, la riqueza natural y ambiental que sobresalen en la zona, así como la articulación con los actores sociales, su población y procesos derivados de sus actividades antrópicas para profundizar en su análisis.

2.1. Caracterización biofísica

La caracterización del área a proteger es de vital importancia para definir y construir herramientas de diagnóstico y planificación de la región, pues son un indicador del estado de los recursos naturales, servicios ecosistémicos y elementos biofísicos.

2.1.1. Clima

El análisis del componente climático está basado en las variables de precipitación y temperatura del IDEAM³, en la actualidad no existen datos puntuales de variables meteorológicas como brillo solar, humedad relativa, vientos, entre otras, que recubran la totalidad del área a proteger.

De acuerdo con el Servicio Geológico Colombiano - SGC, el área del volcán Cerro Machín corresponde a un *“clima templado a cálido, con una temperatura media de 20 °C, una precipitación pluviométrica anual de 1150 mm, humedad relativa promedio del 85%, las épocas secas y lluviosas fluctúan comúnmente en el transcurso del año”* (SGC, 2021). Así mismo, indica que al ser una región montañosa se *“caracteriza por tener relieves moderados a abruptos, cuya vegetación, según la clasificación de Holdridge (Espinal, 1977), va desde un bosque muy húmedo Premontano (bmh – PM) hasta bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh – MB) (SGC, 2021).*

³ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.

2.1.1.1. Clasificación Climática Caldas - Lang. Diferentes autores han abordado el análisis climático, sin embargo, los más utilizados hacen referencia a las investigaciones y/o métodos implementados por Caldas en el espacio intertropical, que tiene en cuenta variables como la temperatura específicamente a nivel de la variación de altitud. Por otro lado, otro autor, Lang, propone una clasificación que valida la relación entre la precipitación y la temperatura. A continuación, en la Tabla 1 se describe la relación climática según Caldas:

Tabla 1

Límites expuestos por Caldas.

Piso Térmico		Rango en Altura (m)	Temperatura (°C)	Variación de Altitud por Condiciones Locales
Cálido		0 a 1000	$T \geq 24$	Límite superior ± 400
Templado		1001 a 2000	$24 > T \geq 17,5$	Límite superior ± 500
				Límite superior ± 500
Frio		2001 a 3000	$17,5 > T \geq 12$	Límite superior ± 400
				Límite inferior ± 400
Páramo	Alto	3200 a 3700	$12 \geq T$	

Nota. Tomado de la Zonificación Climatológica según el modelo Caldas - Lang de la Cuenca Río Negro mediante el uso del Sistema de Información Geográfica SIG. Fuente: (Castañeda T., (s.f.), pág. 6).

La clasificación de Lang utiliza como “*variables de entrada la precipitación media anual en mm, y la temperatura media anual en °C, estos parámetros se miden entre el cociente de la precipitación y la temperatura, llamado Factor de Lang, el cual describe las condiciones de humedad*” (IDEAM, Atlas interactivo IDEAM, 2021) obteniendo como resultado seis clases de clima, seguidamente en la Tabla 2, se explica la clasificación climática según Lang.

Tabla 2*Clasificación climática Lang.*

Factor Humedad	Factor de Lang (P/T)
Desértico	0 a 20
Árido	20,1 a 40,0
Semiárido	40,1 a 60,1
Semihúmedo	60,1 a 100
Húmedo	100 a 160
Superhúmedo	>160

Nota. Tomado del Atlas interactivo IDEAM. Fuente: (IDEAM, Atlas interactivo IDEAM, 2021, pág. 11).

Se puede decir que el área de estudio, según la clasificación climática metodología Caldas-Lang del IDEAM, cuenta con tres unidades climáticas que corresponden a clima Frío Húmedo, Frio Semihúmedo y Templado Semihúmedo, la cual comprende alturas entre los 1,750 m s. n. m., y 3,000 m s. n. m., y temperatura entre 12 °C y 24 °C y una relación Presión y Temperatura (P/T) entre 60,1 y 160, comprendida para los predios del volcán Cerro Machín (IDEAM, Atlas interactivo IDEAM, 2021), como se puede observar en la Tabla 3:

Tabla 3*Unidades climáticas según clasificación Caldas - Lang.*

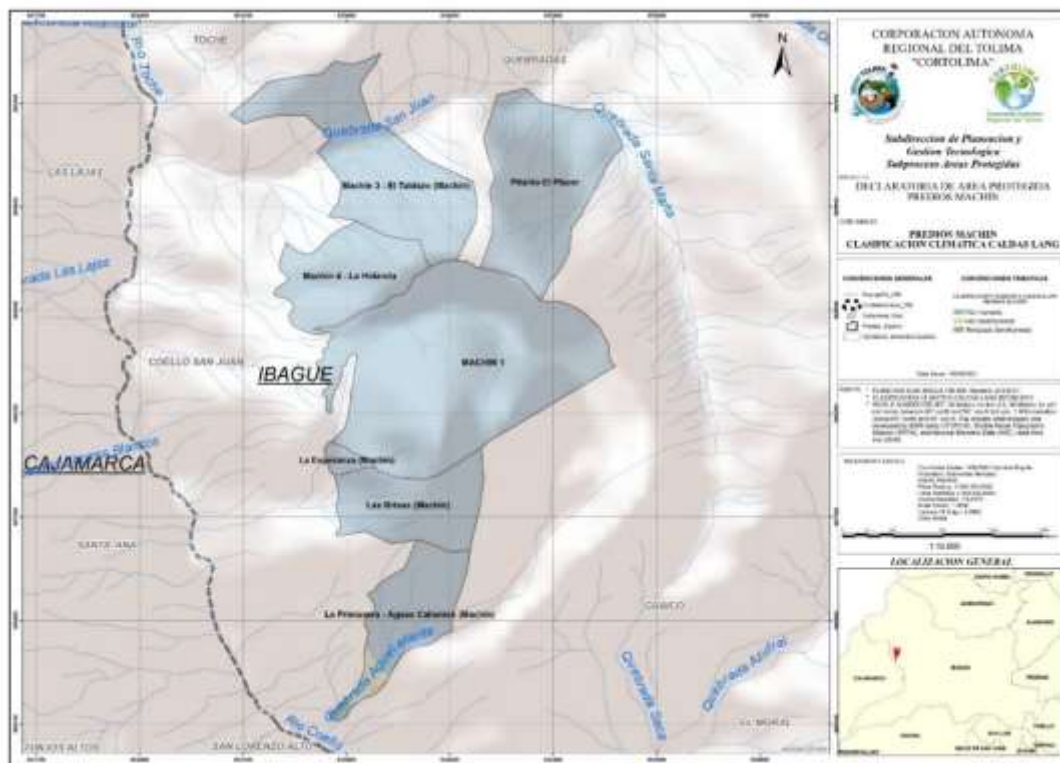
Caldas - Lang	Área (ha)	Porcentaje (%)
Frio Semihúmedo	4,67	0,94
Frio Húmedo	491,03	98,84
Templado Semihúmedo	1,07	0,215

Total	496,77	100
--------------	---------------	------------

Nota. Tomado del Atlas interactivo IDEAM. Fuente: (IDEAM, Atlas interactivo IDEAM, 2021). Finalmente, en la Figura 3, se puede visualizar las unidades climáticas en el polígono.

Figura 3

Clasificación climática Caldas – Lang, predios Machín.



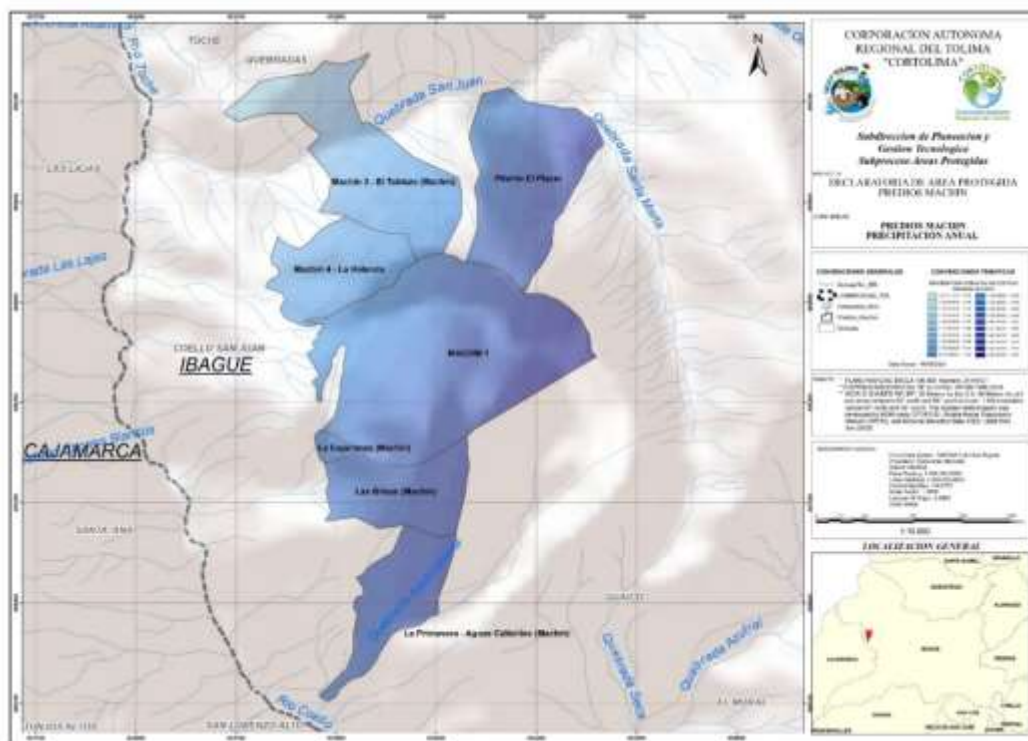
Fuente: Elaboración propia.

2.1.1.2. Precipitación. Los respectivos volúmenes pluviométricos fueron interpolados aplicando el método Distancias Inversas Ponderadas (IDW) el cual estima los valores de las celdas calculando promedios de los valores de los puntos de datos de muestra en la vecindad de cada celda del procesamiento.

Para el análisis de la precipitación de la Subzona Hidrográfica del río Coello, donde se localiza el área a declarar, se tuvo en cuenta la información suministrada por el IDEAM en el

Figura 4

Distribución espacial de lluvias en los predios Machín.



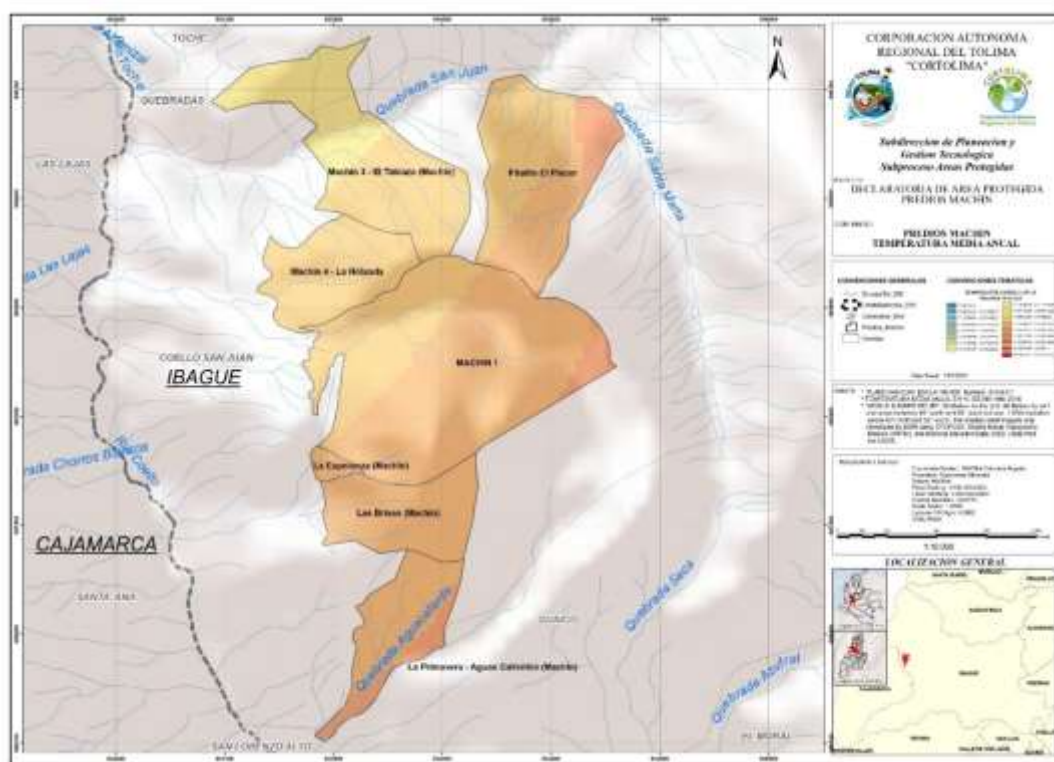
Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 4, la zona del volcán Cerro Machín cuenta con un clima de frío a templado, con valores de precipitación pluviométrica anual de 1,330 a 1,520 mm, y una humedad relativa promedio del 85 %, las épocas secas y lluviosas fluctúan comúnmente en el transcurso del año; las zonas más húmedas se presentan hacia la zona Oriental y Meridional, lugar en el que converge el municipio de Cajamarca, con valores de precipitaciones que oscilan entre los 1,450 y los 1,520 mm/año. Mientras que hacia el Noroeste donde está el predio “Machín 3 El Tablazo” se presenta la menor cantidad de lluvia, con valores que fluctúan entre los 1,330 y 1,400 mm.

2.2.1.3. Temperatura. Los valores de temperatura fueron obtenidos con base en la información proveniente de las estaciones meteorológicas del IDEAM.

Figura 5

Temperatura media anual en los predios Machín.



Nota. Tomado del Atlas interactivo IDEAM. Fuente: (IDEAM, 2021).

Como se puede ver en la Figura 5, se presentan muy pocas variaciones para el área que comprende el volcán Cerro Machín, en general cambia para la Subzona Hidrográfica según las condiciones del relieve; hacia la parte alta del domo volcánico, y la zona Norte (predio “Machín 3 El Tablazo”), con rangos altitudinales de entre los 2,100 y 2,700 m s. n. m., se encuentran las temperaturas más bajas del área, las cuales oscilan entre los 17,7 °C y 17,9 °C, a diferencia de la zona Sur donde se posiciona el predio “Primavera Aguas Calientes” y al Noreste del predio “Machín1” donde se ubica precisamente el humedal Machín, con rangos

altitudinales más bajos, se alcanza la mayor temperatura de la zona, encontrándose rangos desde los 17,9 °C y 18,1 °C. (IDEAM, 2021).

2.1.1.4. Zonas de Vida (Holdridge). Para el área propuesta a declarar del volcán Cerro Machín se encontraron dos zonas de vida según la clasificación de Holdridge (1967), Tabla 4:

Tabla 4

Zonas de vida en los predios a declarar.

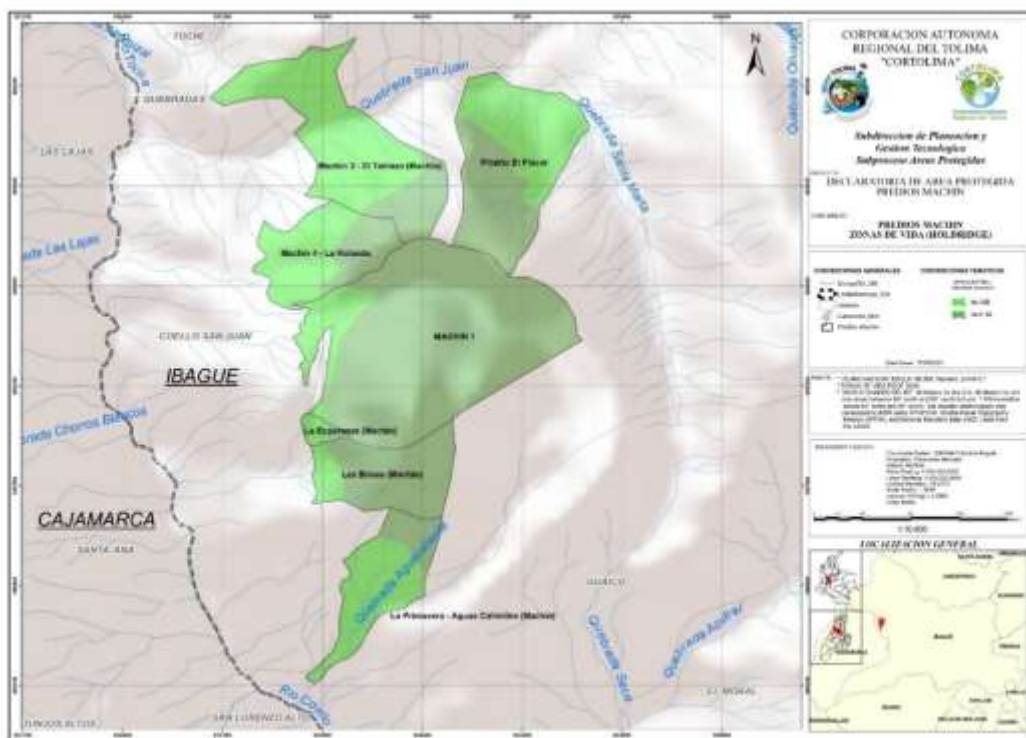
Zona de Vida	Área (ha)	Área (%)
Bosque Húmedo Montano Bajo	206.309	41,530
Bosque Muy Húmedo Montano	290.467	58.470

Nota. Tomado de Plan General de Ordenación Forestal para el Departamento del Tolima - PGOF. Fuente: (CORTOLIMA & UT., 2008).

Así mismo en la Figura 6, se visualiza la cartografía asociada a las zonas de vidas:

Figura 6

Zonas de vida Holdridge en los predios a declarar.



Nota. Tomado de Plan General de Ordenación Forestal para el Departamento del Tolima - PGOF. Fuente: (CORTOLIMA & UT., 2008).

Es preciso decir que el bosque muy húmedo montano (bmh-M) posee una temperatura que se encuentra aproximadamente entre 9 °C y 12 °C promedio anual, una precipitación media anual entre 1,000 y 2,000 mm, y se encuentra ubicado alrededor de los 3,000 y 3,600 m s. n. m., se presenta en las partes altas de la cima Andina, expuestas a los vientos húmedo que ascienden de las zonas inferiores, lo cual corresponde a lo que comúnmente se denomina como Páramo y Subpáramo y además limita en la parte superior con el páramo Pluvial Subandino y Andino. En esta zona de vida se encuentran los municipios de Cajamarca, Chaparral, Ibagué, Planadas, Rioblanco, Roncesvalles, Rovira y San Antonio.

Por otro lado, el bosque húmedo montano bajo (bh-MB) se caracteriza por presentar una temperatura media de 12 °C y la línea de temperatura crítica o línea de escarcha en zonas secas, que determina sus límites con las formaciones del piso subtropical, con un promedio anual de lluvias de 1,000 – 2,000 mm, con altitudes que van desde los 1,900 hasta los 2,900 m

s. n. m., en terrenos con pendientes inclinadas y de relieve quebrado. En el Tolima se distribuye en una franja discontinua que corre de Sur a Norte, por la vertiente Oriental de la cordillera Central; abarcando los municipios de Anzoátegui, Cajamarca, Chaparral, Ibagué, Planadas, Rioblanco, Roncesvalles, Rovira y San Antonio.

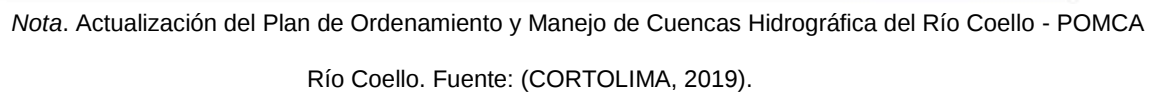
2.1.2. Suelos

2.1.2.1. Suelos. Son una unidad muy importante de los sistemas naturales y biofísicos, que ofrecen soporte y sustento a los diferentes ecosistemas, así mismo *“son el resultado de factores físicos, naturales y ambientales, que regulan los procesos geodinámicos, biogeoquímicos y ecológicos responsables de la estabilidad y oferta biológica, ligados en conjunto a la sostenibilidad”* (IDEAM, s.f., pág. 1), e influyendo en la conservación de la biodiversidad. Actualmente, muchos procesos y dinámicas naturales de los suelos se han venido alterando por la actividad antrópica desmedida, teniendo como consecuencia la degradación y afectación de su funcionalidad biológica (IDEAM, s.f.).

Basados en el componente de suelos de la actualización del POMCA del Río Coello (CORTOLIMA, 2019), se identificaron las unidades del suelo de los predios a declarar como se visualiza en la Figura 7.

Figura 7

Unidades de suelo presentes en los predios Machín.



La primera letra mayúscula identifica el paisaje, la segunda el clima y la tercera el contenido pedológico de la unidad de mapeo; las letras minúsculas indican fases por pendiente, pedregosidad e inundación, y el número arábigo el grado de erosión.

Tabla 5

Valores de gradiente de pendiente y erosión en suelo.

Gradiente de la pendiente
a: 0-3 %: Muy Plano
b: 3-7 %: Plano
c: 7-12 %: Casi Plano
d: 12-25 %: Ondulado
e: 25-50 %: Muy ondulado
f: 50-75 %: Escarpado
g: >75 %: Muy escarpado
Grado de erosión
1: Ligero.
2: Moderado.
3: Severo.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta el análisis de fisiografía y suelos, compilado en la actualización del Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas del río Coello (CORTOLIMA, 2019) se determinaron cuatro unidades de suelo representadas en la Tabla 6.

Tabla 6

Unidades de suelo de los predios a declarar.

Ucsuelo	Pendiente	Erosión	Paisaje	L_Clima	Clima	Áreas (Ha)	Porcentaje %
MKGc	c		M	L	Frio Húmedo	46,852	9.43
MKIb	b		M	L	Frio Húmedo	15,157	3.05

MQJg1	g	1	M	R	Templado Seco	15,214	3.06
MKBf1	f	1	M	L	Frio Húmedo	419,552	84.45
Total						496,775	100

Nota. Actualización del Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográfica del Río Coello - POMCA

Río Coello. Fuente: (CORTOLIMA, 2019).

El 9,43 % del área se encuentra en la unidad **MKGc- CONSOCIACIÓN TYPIC HAPLUDAND**, de acuerdo con el POMCA para el río Coello, esta unidad corresponde al tipo de relieve de lomas, caracterizado por elevaciones de terreno de poca altura y de configuración alargada. *“Se localiza en los municipios de Santa Isabel, Líbano, Villahermosa. Casabianca, Roncesvalles y San Antonio principalmente. El relieve es fuertemente ondulado ha quebrado y las pendientes de 7-12-25 y 50%”* (CORTOLIMA, 2019, pág. 146). Los suelos se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas que descansan sobre andesitas (CORTOLIMA, 2019).

La unidad **MKib - CONSOCIACIÓN FLUVENTIC HUMITROPEPTS**, representa el 3,05 % de la zona de estudio, esta unidad cartográfica se ubica en el tipo de relieve de abanicos hidrovolcánicos; geográficamente se localiza en los *“municipios del Líbano, Herveo, Chaparral y Ronces valles. La unidad es de relieve ligeramente inclinado, con pendientes de 3 a 7%; se encuentra en altitudes de 2000 a 3000 m, en clima frío húmedo”* (CORTOLIMA, 2019, pág. 147). Los suelos para esta unidad son desarrollados a partir de sedimentos Coluvio - Aluviales (CORTOLIMA, 2019).

La unidad **MQJg1- CONSOCIACIÓN TYPIC TROPORTHENTS**, representa el 3,06 % del área de interés, esta unidad corresponde al tipo de relieve denominado cañones y taludes, ubicado a lo largo de los ríos Guarinó, Gualí, Azufrado, Recio, Toche y Bermellón, entre otros. El relieve es muy escarpado con pendientes cortas, además se observa erosión ligera y frecuentes

fenómenos de deslizamientos localizados, y desprendimientos de rocas. Los materiales parentales son esquistos y arenas volcánicas, estas últimas principalmente en los taludes de los ríos Toche y Bermellón (CORTOLIMA, 2019).

Un 84,45 % del área de los predios a declarar, corresponde a la unidad **MKBf1-CONSOCIACIÓN ALIC HAPLUDANDS**, esta es la unidad más extensa dentro del clima frío húmedo y muy húmedo; se distribuye principalmente en los municipios de Anzoátegui, Cajamarca, Herveo, Ibagué, Murillo, Rovira y Santa Isabel en altitudes de 2,000 a 3,000 m s. n. m., con precipitaciones de 2,500 a 2,800 mm y temperaturas de 12 °C a 18 °C. Esta unidad corresponde al tipo de relieve de filas y vigas, caracterizado por presentar un relieve fuertemente escarpado con pendientes cortas y erosión ligera con algunos desprendimientos de roca (CORTOLIMA, 2019).

Las principales limitantes del uso del suelo son las pendientes fuertes, la susceptibilidad a la erosión debido a que su componente es a base de cenizas volcánicas y la poca profundidad efectiva.

2.1.2.2. Geología. La geología del departamento del Tolima es muy compleja por la variedad de rocas presentes y los diferentes fenómenos de vulcanismo y tectonismo que ha experimentado la corteza terrestre en la zona. Toda la región está afectada por numerosas fallas geológicas que atraviesan el departamento en diferentes sentidos, principalmente de Sur a Norte, las cuales en varios casos controlan el curso de algunos ríos.

Para el análisis de la información de este componente, se obtuvo información secundaria disponible de POMCA del Rio Coello el cual fue adoptado en el año 2019 a escala 1:25000; Se compiló y analizó la información, la cual se resume de manera generalizada para hacer parte de la información de línea base con la cual se lleva a cabo la cartografía para el área de interés del volcán Cerro Machín.

“El VCM se encuentra construido sobre un conjunto de rocas metamórficas Permo-Triásicas y Jurásicas denominadas Complejo Cajamarca, que constituyen el núcleo de la cordillera Central de Colombia y que está conformado por una variedad de rocas producto del metamorfismo regional de medio a alto grado, principalmente de esquistos de Clorita-Albita- epidota, clorita-albita-actinolita, cuarzo-seriecita-grafito, cuarcitas y cuarcitas bióticas” (Piedrahita, Aguilar-Casallas, Arango-Palacio, Murcia, & Gómez-Arango, 2018, pág. 31).

En la Tabla 7, se clasifican las unidades geológicas para el área del interés de acuerdo con la información secundaria obtenida de la actualización del POMCA río Coello en el 2019, escala 1:25000.

Tabla 7

Unidades geológicas volcán Cerro Machín.

Unidad Geológica	Área (ha)	Área (%)
NgQl	413,92156	83,32
NgQp	37,88524	7,62
Pzes	14,37	2,89
Pzev	30,60	6,16

Nota. Tomado del Mapa Geológico del Departamento Tolima. Fuente: (INGEOMINAS, Mapa Geológico del Departamento Tolima., 2001).

En el 34,08 % de los predios Machín se destaca la unidad geológica **Ngpa** equivalente a 169,317 ha aproximadamente; de acuerdo con la leyenda Geológica del POMCA del río Coello, documento anexo “estas unidades geológicas se caracterizan por tener texturas afaníticas y

porfiríticas con composiciones variables de Andesitas y Dacitas. En algunos de estos cuerpos se observa fracturamiento intenso y fallamiento por actividad tectónica reciente”. P. 25

El 8,13 % del área corresponde a conglomerados que conforman el “complejo de Cajamarca” con 40,42 ha, se trata de la unidad geológica **Pzen**, la cual se conforma por intercalaciones de esquistos cuarzo sericíticos y cloríticos, en menor proporción se presentan cuarcitas, de color negro a gris y/o verdes, siendo así que estas variaciones de color se deben a la composición mineralógica.

En menor proporción se encuentra la unidad geológica **NgQci** con 3,53 % equivalente a 17,56 ha, *“Son depósitos originados por la actividad volcánica del Nevado del Tolima. Principalmente se componen de flujos piroclásticos, Lahares y depósitos glaciáricos que se encuentran rellenando depresiones y drenajes derivados de las estructuras volcánicas mencionadas, presentan espesores variables”* (CORTOLIMA. & UT., 2019, pág. 23).

2.1.2.2.1. Geología estructural. El volcán Cerro Machín tiene una *“altura de 1524 y 2750 msnm, entre la base y la cima, incluyendo el domo”* Piedrahita & otros, 2018, p. 37. Y en el centro del complejo anular se encuentran *“tres domos que alcanzan la cota 2750 m en su cima, máxima altura del volcán”* (SGC, 2021).

El Cerro Machín, es un volcán que se ubica en la intersección de la falla Cajamarca con rumbo N20°E (Mosquera, 1978) y la falla Machín con rumbo N24°W con una componente dextral y movimiento normal (Cepeda, 1995). Esta área de interés se caracteriza por tener un basamento poli-metamórfico correspondiente al denominado en la literatura geológica como complejo Cajamarca, el cual lo conforman varios cuerpos ígneos hipoabisales de edad terciaria, de composición dacítica-andesítica; con base en los antecedentes y asociados a estos cuerpos rocosos que conforman el paisaje de geoformas en el flanco oriental de la cordillera Central, se encuentran varios depósitos cuaternarios generados por flujos piroclásticos o lahares, resultado de las erupciones del volcán Cerro Machín o incluso del volcán Nevado del Tolima

(CORTOLIMA, 2009). El área de influencia del volcán Cerro Machín se ve afectado por varias fallas de carácter regional sin embargo los estudios detallados de estos sistemas de fallas son muy escasos, *“El volcán Cerro Machín está construyéndose sobre un basamento metamórfico paleozoico (Grupo Cajamarca), en cruce de fallas de dirección NNE con otras de tipo transversal”* (SGC, 2021). De acuerdo con el Plan de Ordenación de la Cuenca Hidrográfica del río Coello para el año 2019, (CORTOLIMA, 2019) en la zona de interés, convergen las siguientes fallas:

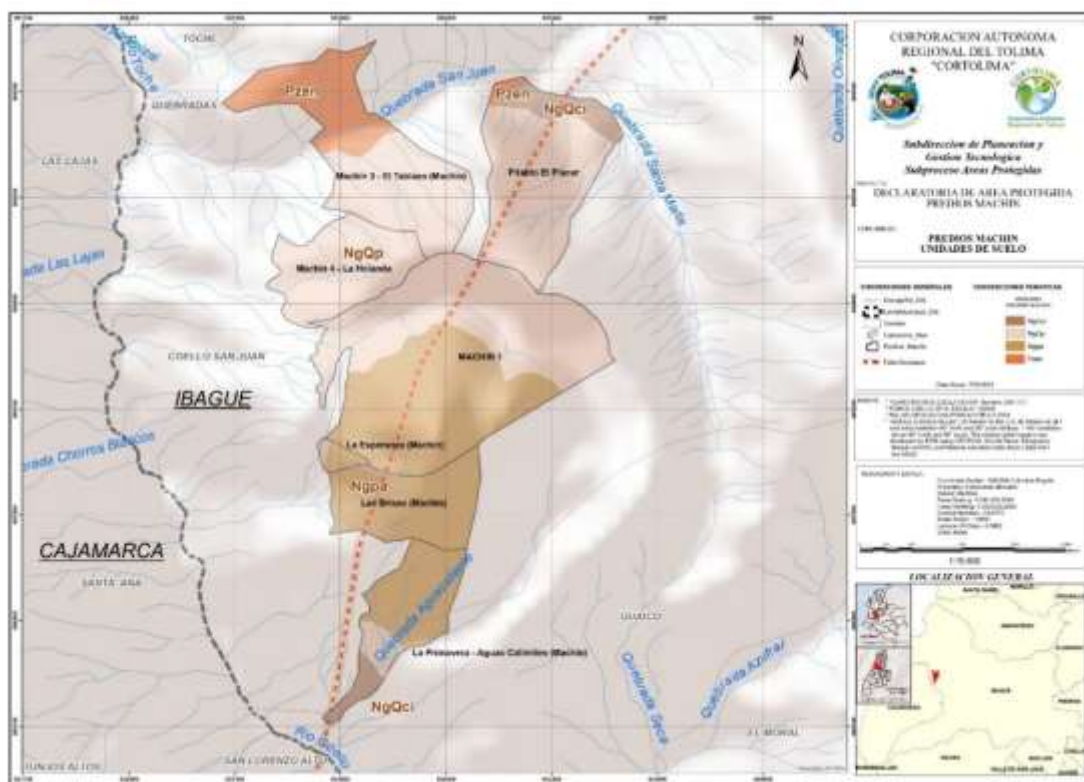
Falla Chapetón-Pericos: Falla de orientación Norte-Sur de tipo inversa con movimiento de rumbo en algunas zonas y planos de falla buzan hacia el oeste.

Falla de Ibagué: Falla de orientación Este-Oeste es considerada como activa con movimientos transversales de grandes bloques de cabalgamiento, de tipo dextral y una longitud de 100 km.

Falla Cajamarca: Es la falla más importante debido a que atraviesa el volcán Cerro Machín; la falla Cajamarca es considerada como la prolongación de la falla Buenos Aires y su orientación es noroeste, presenta movimiento de rumbo siniestral.

Figura 8

Geología predios a declarar.



Nota. Actualización del Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas del Río Coello - POMCA

Río Coello. Fuente: (CORTOLIMA, 2019).

2.1.3. Hidrografía

Teniendo en cuenta la zonificación y codificación de las cuencas hidrográficas formuladas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2013), la cual establece las bases técnicas para la clasificación y uso del territorio nacional, para los fines de la planificación y el ordenamiento ambiental del territorio, según lo establecido en el Decreto 1277 del 21 de junio de 1994.

El área a declarar como Reserva Forestal Protectora Regional Machín, hace parte del área hidrográfica Alto Magdalena y de la Subzona hidrográfica del río Coello; esta cuenca, tiene una zona de influencia con los municipios de: Cajamarca, Coello, El Espinal, Flandes, Ibagué, Piedras, Rovira y San Luis “desde su nacimiento hasta su desembocadura, posee una

longitud de 124,760 Km y sus aguas corren en sentido occidente-orienté, drenando una extensión de 181.770,93 ha correspondientes al 7.71% aproximados del área total del departamento del Tolima" (CORTOLIMA, 2019, pág. 11), además de surtir uno de los distritos de riego más grandes del país, USOCOELLO⁴, con una extensión de 71,900 ha y se encuentra localizado en la zona central del departamento del Tolima (CORTOLIMA, 2019).

Hay que señalar, que según datos del Servicio Geológico Colombiano⁵ en los últimos 10,000 años, se han presentado seis erupciones del volcán Cerro Machín, generando cambios en el curso de ríos como el Coello y el Magdalena.

Los vestigios producto de dichas erupciones se encuentran por el río Coello, desde aguas arriba hasta su desembocadura en el río Magdalena. En relación al cauce del río Coello, hay evidencias que permiten establecer que hace 9,000 años, esta fuente hídrica tenía otro recorrido, hasta que rompió la barrera de Gualanday, una cadena de montañas muy antigua, tomando el cauce actual. Las terrazas y abanicos, así como los suelos fértiles son productos de los lahares, que caracterizan hoy los suelos de los municipios de influencia del volcán ubicados en la planicie del Tolima.

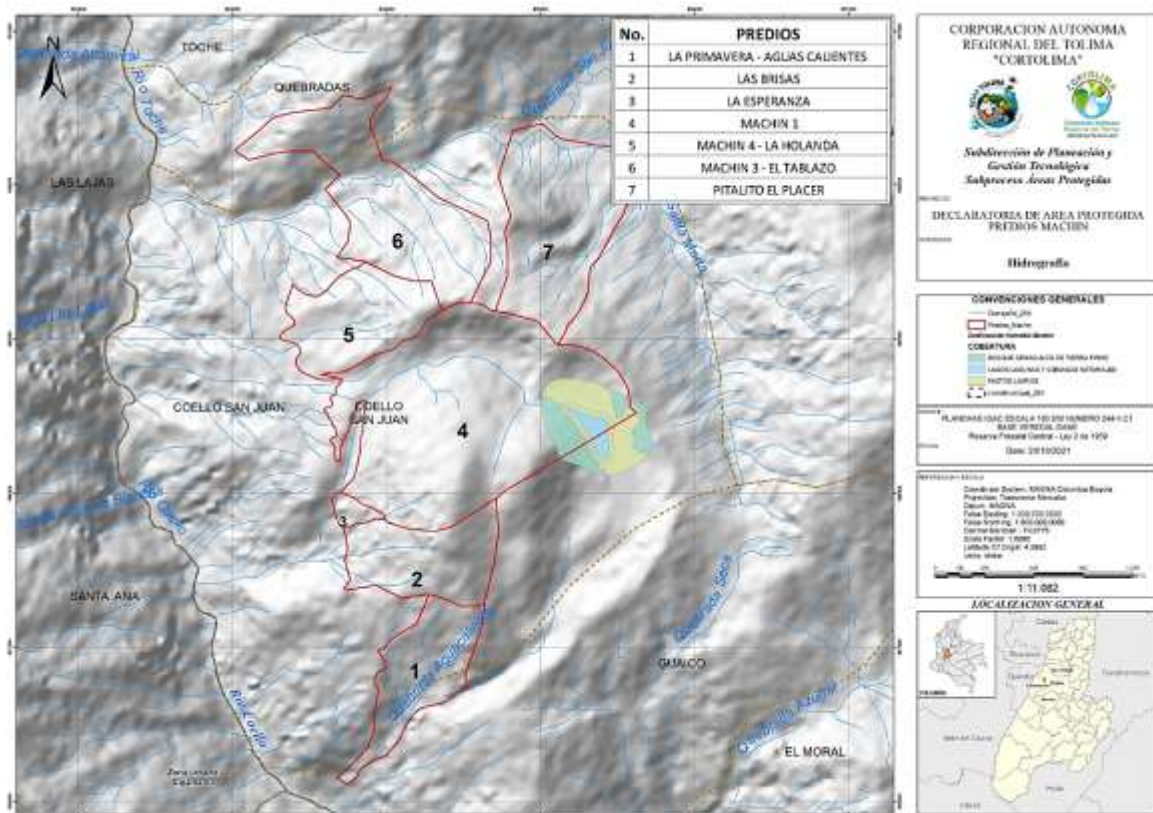
Estos procesos eruptivos a lo largo del tiempo han generado el desarrollo de lahares, los cuales corresponden a la mezcla entre material volcánico y agua que se moviliza desde las laderas de los volcanes, y que han sido tan grandes en su magnitud que han dado lugar a los abanicos aluviales de la zona, ejemplo de esta situación se revela en la quebrada "*Chagualá, en donde se observan los depósitos más antiguos de lahares del Holoceno, ocurridos hace 9,000 años, conocido como depósito de Coello*". Muy cerca, en una de esas terrazas, justo se construyó la población de Coello.

⁴ Asociación de usuarios del distrito de riego y adecuación de tierras de los ríos Coello y Cucuana.

⁵ <https://www2.sgc.gov.co/LibroGeologiaColombia/Paginas/los-avisos-del-volcan-machin.aspx>, visto el 16/12/21.

Figura 9

Mapa de hidrografía y del humedal Laguna Machín en los predios a declarar.



Fuente: Elaboración propia.

El recurso hídrico del área de protección del volcán Cerro Machín se encuentra asociado a diferentes nacimientos de agua, con una longitud acumulada de 20,54 km (20543,48 m), dentro de los cuales se encuentran las dos quebradas principales de la zona,

denominadas quebrada San Juan con una longitud de 312,74 m y quebrada Santa Marta con 744,85 m de extensión, la cual es un afluente del río Combeima; finalmente, ambos cauces depositan sus aguas al río Magdalena. Las quebradas San Juan y Santa Marta han sido caracterizadas por los tipos de depósitos que allí se encuentran, la primera de ellas con depósitos y flujo de ceniza y de pómez, y que la segunda tan sólo como flujo de pómez.

De igual forma, dentro del área a declarar se encuentra el Humedal “Machin”, con un área aproximada de 37796,51 m², su zonificación permite identificar que se encuentra rodeado por coberturas de Pastos limpios y Bosque alto de tierra firme, el cual es indispensable para el mantenimiento del cuerpo de agua y las condiciones ideales para sostener las especies asociadas a él. Los humedales juegan un papel muy importante en el mantenimiento de las dinámicas ecosistémicas naturales, principalmente para el sustento de especies endémicas, así como de especies migratorias; es pertinente decir, que el área a declarar traslapa con un “Área Importante para la Conservación de las Aves”, el AICA reconocida como Cuenca del río Toche, razón que ratifica la necesidad de proteger este cuerpo de agua.

2.1.4. Cobertura y uso del suelo

La cubierta biofísica que protege la superficie de la tierra “(Di Gregorio, 2005), en un término amplio no solamente describe la vegetación y los elementos antrópicos existentes sobre la tierra, sino que también describen otras superficies terrestres como afloramientos rocosos y cuerpos de agua”. (IDEAM, 2021).

2.1.4.1. Cobertura de la tierra 2007. La cobertura de la tierra para el año 2007, se obtiene a partir de la información compilada dentro del Plan de Ordenación Forestal de siglas PGOF, elaborado por la Corporación Autónoma Regional del Tolima y la Universidad del Tolima (CORTOLIMA & UT., 2008), con base en los datos recopilados se identificó como fuente

principal la Unidad de Ordenación Forestal número cinco (V) relacionado con Cajamarca e Ibagué según la carta elaborada por el Grupo Técnico del proyecto.

Debido a la inexistencia de la metodología actual CORINE LAND COVER, se utilizan imágenes satelitales procesadas a través de una clasificación en formato Raster, la cual tiene como eje principal la caracterización de los territorios fundamentados en una cuadrícula de pixeles, donde la cantidad de celdas multiplicadas por el tamaño o la resolución espacial asignada a cada celda permite determinar el área de la categoría específica. Posterior a estos procesos se convierte en un formato vector utilizando la herramienta de Raster a entidades de polígono. De esta forma se establecen unos códigos elaborados con una letra mayúscula y otra minúscula a escala regional, por ejemplo, el Código Aa correspondiente a la Cobertura de Áreas abiertas, sin o con poca vegetación; por consiguiente, se obtiene la siguiente información:

Tabla 8

Coberturas de la tierra para los predios Machín año 2007.

COBERTURA	DESCRIPCIÓN	Área (Ha)	Área (%)
Am	Arbustos y matorrales	22,55	4,54
Bpd	Bosque productor	92,66	18,65
Bpt	Bosque protector	17,05	3,43
Cat	Cultivos anuales o transitorios	40,23	8,10
Mv	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	21,74	4,38
Pm	Pastos manejados	83,53	16,81
Pn	Pastos naturales	42,69	8,59
Prs	Pastos enrastrados o enmalezados	60,73	12,23

Ra	Rastrojo	115,59	23,27
TOTAL		496,78	100,00

Fuente: Elaboración Propia.

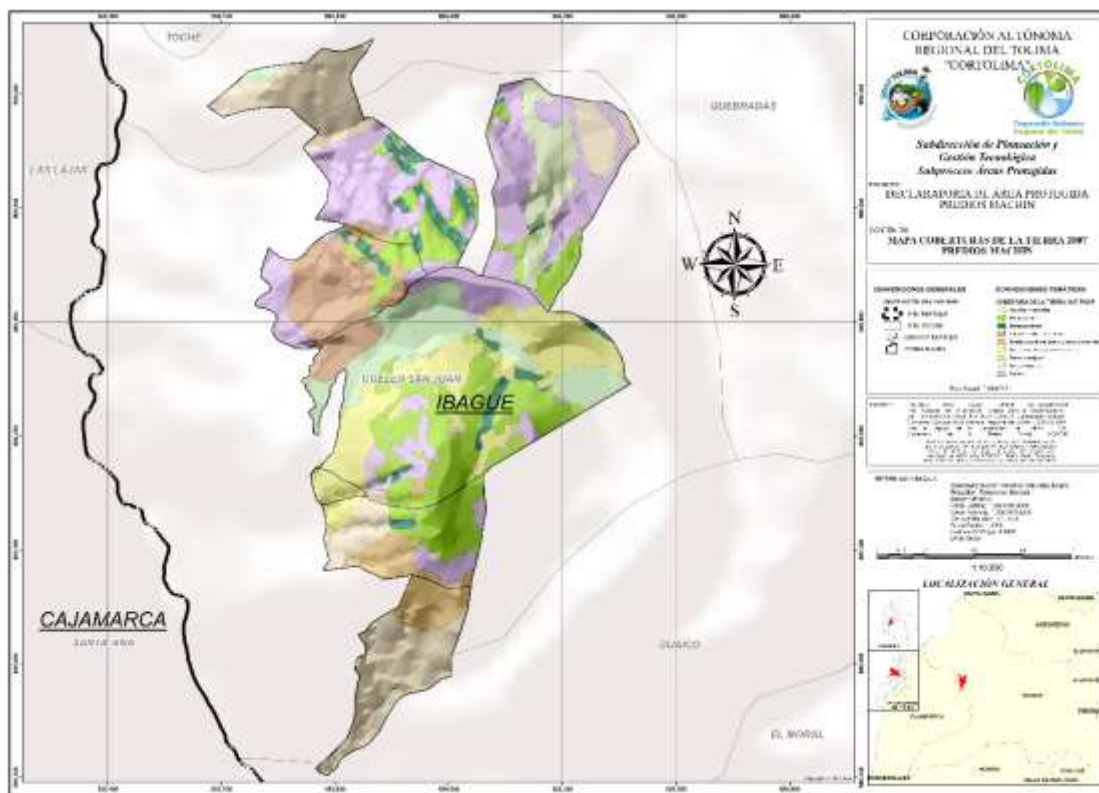
Bajo los parámetros referidos, se logró determinar dentro de los predios a declarar, que la mayor extensión del terreno pertenece a Rastrojo con 115,59 ha equivalente al 23,27 % del área total; representando un menor espacio se encuentra el Bosque protector con 17,05 ha correspondiente al 3,43 %.

Además, sobresalen tres coberturas como son el Bosque productor de 92,66 ha (18,65 %); los Pastos manejados con 83,53 ha (16,81 %) y los Pastos enrastrados o enmalezados con 60,73 ha (12,23 %) de la superficie. Por otra parte, se destacan en proporciones casi similares los Pastos naturales con un área de 42,69 ha (8,59 %) y los Cultivos anuales o transitorios con 40,23 ha (8,10 %). De igual modo, pero con menor dimensión aparecen los Arbustos y matorrales con 22,55 ha (4,54 %) y el Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales con 21,74 ha (4,38 %) del terreno total.

Para el año 2007, las cifras registran una posible afectación antrópica al interior de los predios de interés donde predominan los rastrojos resultantes de sesgar la cosecha; aunque se unan el área del Bosque de tipo Protector encargado de conservar el ecosistema y del Bosque de tipo Productor destinado a la economía verde (109,71 ha) no alcanzan las 186,95 ha, que suman los Pastos naturales, manejados, enrastrados o enmalezados. Lo anterior se representa en la Figura 10:

Figura 10

Coberturas de la tierra de los predios Machín para el año 2007.



Fuente: Elaboración Propia.

2.1.4.2. Cobertura de la tierra 2019. La cobertura de la tierra para esta periodicidad se obtiene a partir de imágenes satelitales de PlanetScope procesadas y clasificadas según la metodología de CORINE LAND COVER, la cual permite obtener mayor detalle sobre la cobertura y uso del suelo, a raíz de unas categorías que surgen desde lo general hasta lo particular, empezando por el nivel uno hasta alcanzar el seis. Sin embargo, para esta área de estudio se enfocará en el nivel tres, siendo suficientes para describir los comportamientos del terreno. Las imágenes utilizadas de PlanetScope para obtener la Cobertura de la Tierra, se compilan en la Tabla 9:

Tabla 9

Imágenes utilizadas de PlanetScope.

INSUMO
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141158_0c82_3B_AnalyticMS;20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141158_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141158_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170705_143842_101f_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141158_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS;20170214_141157_0c82_3B_AnalyticMS;20170214_141156_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS;20170214_141157_0c82_3B_AnalyticMS;20170214_141156_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141156_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141156_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS;20170214_141157_0c82_3B_AnalyticMS;20170214_141156_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141156_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141158_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141158_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170214_141157_1_0c82_3B_AnalyticMS;20170214_141157_0c82_3B_AnalyticMS;20170214_141156_0c82_3B_AnalyticMS
Planetscope_20170705_143842_101f_3B_AnalyticMS

Fuente: Elaboración Propia.

El área de los predios ubicados en el Machín, está formada por un paisaje parcialmente homogéneo, con predominancia de bosques abiertos (39,55 %), y en menor proporción zonas

de vegetación secundaria alta y mosaico de pastos y cultivos, 2,02 % y 4,45 % respectivamente. En la Tabla 10 y en la Figura 11 se encuentran las coberturas y usos del suelo para los predios Machín.

Tabla 10

Coberturas de la tierra para los predios Machín año 2019.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Área (ha)	Área (%)
2. Territorios Agrícolas	2.3. Pastos	2.3.1. Pastos limpios	130,42	26,25
		2.3.3. Pastos enmalezados	29,62	5,96
	2.4. Áreas Agrícolas Heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	22,11	4,45
3. Bosques y Áreas Seminaturales	3.2 Bosques	3.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	1,95	0,39
		3.1.2. Bosque abierto alto de tierra firme	196,49	39,55
		3.1.4. Bosque de galería y ripario	103,47	20,83
	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.3. Vegetación secundaria alta	10,04	2,02
4. Áreas Húmedas	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. Humedales y zonas pantanosas	2,24	0,45
5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos	0,42	0,09
Total			496,76	100

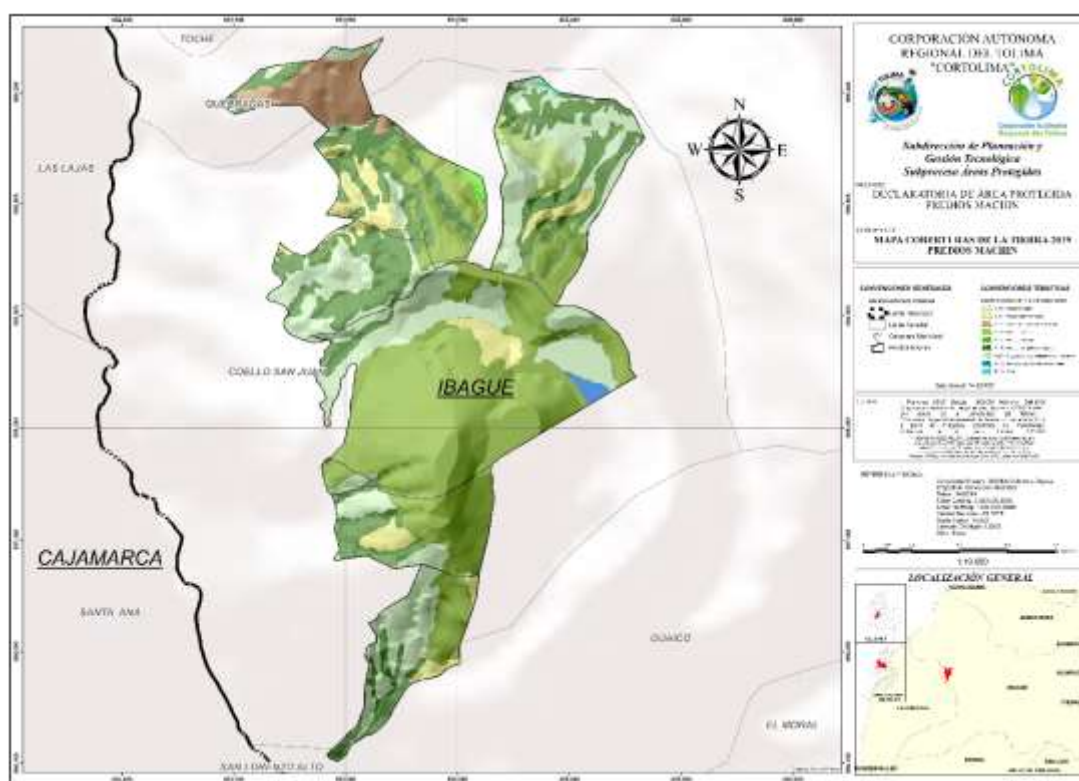
Nota. Tomado de Plan General de Ordenación Forestal para el Departamento del Tolima - PGOF. Fuente: (CORTOLIMA & UT., 2008).

En ese orden de ideas se determina que los Territorios Agrícolas ocupan una extensión de 182,16 ha correspondiente a un 36,67 % del área a declarar; específicamente por Pastos enmalezados con 29,62 ha con el 5,96 %, Pastos Limpios con 130,42 ha representado el 26,25 % del área total y Mosaico de Pastos y Cultivos con 22,11 ha equivalente al 4,45 %.

Los Bosques ocupan 311,96 ha (62,80 %) conformados en mayor proporción por Bosque Abierto con 196,49 ha (39,55 %), seguido por Bosque de galería y ripario con 103,47 ha (20,82 %) del área a declarar, las Áreas Seminaturales con 10,04 ha (2,02 %) constituido por Vegetación secundaria alta y para una categoría de Bosque Denso con 1,95 ha (0.39 %). Además, entre las Áreas Húmedas tan solo se destaca la categoría de Humedales y Zonas Pantanosas con 2,24 ha (0,45%). En cuanto a las superficies de agua se enfatiza en los ríos con 0,42 ha (0,09 %) superficies de agua.

Figura 11

Mapa coberturas de la tierra de los predios Machín para el año 2019.



Nota. Tomado de Estudio de Cobertura y Uso de la Tierra para el Tolima. Fuente: (CORTOLIMA. & UT., 2019).

De acuerdo a la metodología Corine Land Cover adoptada para Colombia (IDEAM., IGAC., & CORMAGDALENA., 2008) , para los predios Machín se tiene:

Bosque Denso. Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 0,39 % del área total de la unidad, y con altura del dosel superior a cinco metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC., 2004). Aunque el área comprendida por los predios ubicados en el volcán Cerro Machín, se encuentran bastante conservados, los estudios de cobertura vegetal diagnosticaron Bosques Abiertos en la mayoría de su extensión, que abarcan un ecosistema que conecta Cajamarca con Ibagué por el noroeste, esta cobertura cuenta con tan solo 1,954 ha.

Bosque de Galería y/o Ripario. Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario. Esta cobertura es una de las más extensas para el área de Machín, cuenta con una extensión de 103,47 ha y representa el 20,82 % del total del área.

Bosque Abierto. Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, con altura del dosel superior a cinco metros y cuya área de cobertura arbórea representa entre 30 % y 70 % del área total de la unidad. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales. Para el área del Machín esta categoría es la más extensa de las coberturas, la cual cuenta con 196,49 ha representado el 39,55 % del área total.

Pastos Limpios. Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70 %; la realización de prácticas de manejo (limpieza, enclamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas. Según la región y/o las condiciones de manejo, pueden encontrarse extensas parcelas de pastos limpios generalmente aprovechadas mediante pastoreo directo o parcelas pequeñas con un alto nivel de manejo tecnológico que se explotan (de manera intensiva o extensiva) con pastoreo directo mediante rotación de potreros o mediante el cultivo de pastos de corte. Para el área de los predios a declarar, esta cobertura se encuentra en una extensión de 130,424338 ha, que representan el 26,25 % del total del área a declarar.

Pastos Enmalezados. Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m. Para el área comprendida en el Volcán Cerro Machín, esta cobertura representa una extensión de 29,62 ha lo que se traduce en un 5,96 %.

Mosaico de Pastos y Cultivos. Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 1,56 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. En el área propuesta a declaratoria dentro del volcán Cerro Machín, se encuentra en una extensión de 22,11ha representando al 4,45 % del total.

Vegetación Secundaria o en Transición. Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales

la vegetación natural fue destruida. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre. En el área propuesta a declarar dentro del volcán Cerro Machín, se encuentra vegetación secundaria o en transición en una extensión de 10,03 ha o el 2,02 % del total de la zona.

Humedales y Zonas Pantanosas. Esta cobertura comprende las tierras bajas, que generalmente permanecen inundadas durante la mayor parte del año, pueden estar constituidas por zonas de divagación de cursos de agua, llanuras de inundación, antiguas vegas de divagación y depresiones naturales donde la capa freática aflora de manera permanente o estacional. Comprenden hondonadas donde se recogen y naturalmente se detienen las aguas, con fondos más o menos cenagosos. Dentro de los pantanos se pueden encontrar cuerpos de agua, algunos con cobertura parcial de vegetación acuática, con tamaño menor a 25 ha, y que en total representan menos del 30 % del área total del pantano. Esta cobertura para los predios a declarar, inmersos dentro del volcán Cerro Machín cuenta con 2,23 ha lo que hace referencia al 0,45 % del área total.

Por último, se debe decir que, aunque los índices de deforestación al interior de los predios Machín son bajos, existen fuertes procesos de cambios de uso del suelo alrededor del polígono a declarar, lo cual genera presión sobre la unidad de bosque el cual se pretende conservar.

2.1.4.3. Cambio de cobertura de los predios a declarar entre los años 2007 y 2019.

Teniendo en cuenta lo análisis de datos de cobertura de suelos, expuestos anteriormente para los años 2007 y 2019, se debe decir que, para el análisis y contraste de información de los dos años, se diseñan conjuntos de información similar, debido a que las coberturas de la tierra no coinciden por las metodologías utilizadas teniendo en cuenta las características de cada superficie, como se evidencia en la siguiente tabulación:

Tabla 11

Cambio de cobertura entre 2007 y 2019 para el área de los Predios Machín.

AGRUPACIÓN DE COBERTURAS		Área 2007		Área 2019		Cambios (Ha)
Año 2007	Año 2019	Ha	%	Ha	%	
Bosque (Productor y Protector)	Bosque (Denso y abierto alto de tierra firme, de galería y Ripario)	109,62	22,07	301,92	60,78	192,30
Pastos (Manejados, Naturales, en rastrojados o enmalezados)	Pastos (Limpios y Enmalezados)	184,81	37,20	160,05	32,22	-24,76
Arbustos y matorrales	Vegetación Herbácea Arbustiva	22,13	4,45	10,04	2,02	-12,09
Cultivos (Anuales, transitorios, mosaico y rastrojo)	Áreas Agrícolas (Mosaico de pastos y cultivos)	177,57	35,74	22,11	4,45	-155,46
COBERTURAS EXCLUIDAS		Ha	%	Ha	%	No Aplica
Pastos Naturales	Humedales y zonas pantanosas	2,15	0,43	2,24	0,45	Aclaración de coberturas
Bosque Productor		0,09	0,02			
Arbustos y matorrales	Ríos	0,42	0,08	0,42	0,09	
TOTAL		496,78	100	496,78	100	

Fuente: Elaboración Propia.

En síntesis, las áreas ocupadas por los Bosques en el 2007 corresponden al 22,07 % del área total, con una notable extensión sobre el territorio en el 2009 reflejado en un 60,78 %; por lo tanto, su aumento es de 38,71 % equivalente a 192,30 ha; los Pastos en el 2007 alcanzan el 37,20 % de la superficie total, pero para el año 2009 tan solo obtienen un 32,22 %, su disminución es del 4,98 % alrededor de 24,76 ha; respecto a los Arbustos y Matorrales en el 2007 registran un porcentaje 4,45 de la dimensión establecida, comparable con la Vegetación Herbácea Arbustiva en el 2009 con un 2,02 %; por lo tanto, se observa una depreciación de 2,43 % (12,09

ha); finalmente, los Cultivos en el 2007 corresponden al 35,74 % del territorio total confrontable con el 4,45 % de Áreas Agrícolas en el 2009; de manera que se reduce en un 31,29 % (155,46 ha).

No se relacionan 0,43 ha consideradas anteriormente como Arbustos y matorrales por ser clasificadas nuevamente como aguas continentales de tipo Ríos; de igual manera con 0,09 ha de Bosque productor y 2,15 ha de pastos naturales como Humedales o Zonas Pantanosas.

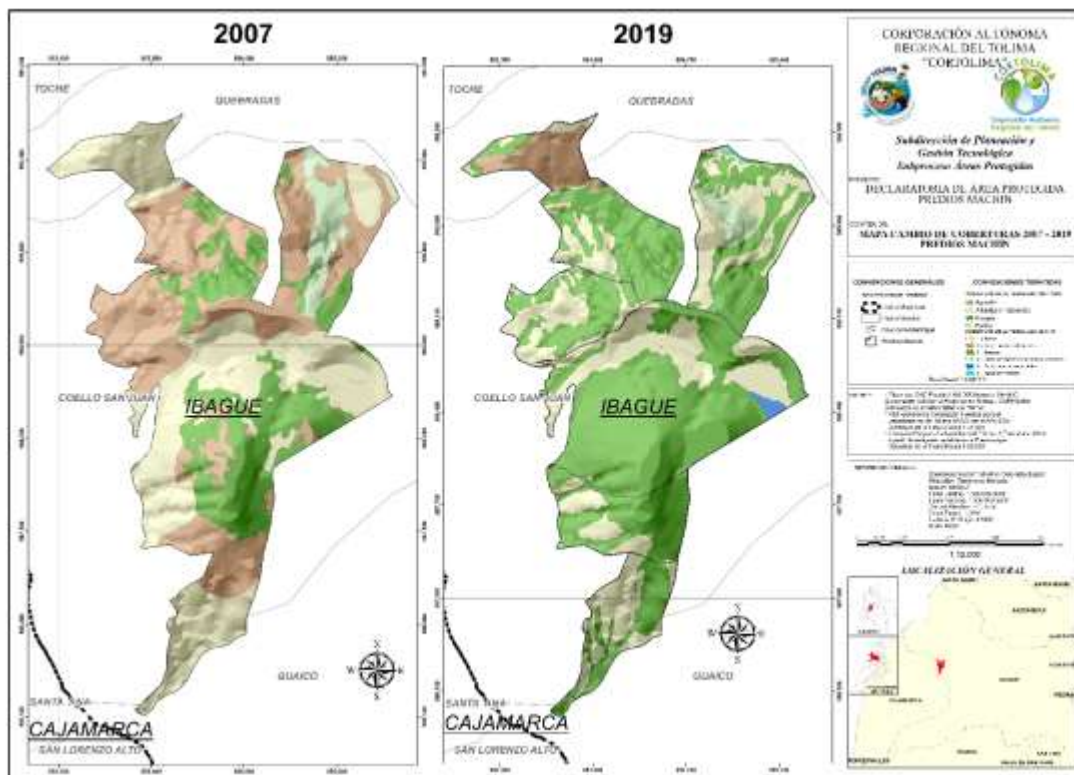
Luego de intersecar ambas áreas se determina que respecto a las formaciones agrícolas se mantienen 0,74 ha en ambas temporalidades consideradas como Mosaico de Pastos y cultivos, por el contrario, estas actividades cambian en 59,49 ha de Pastos Limpios; 17,34 ha de Pastos enmalezados y 4,39 ha de vegetación secundaria. Respecto a los arbustos y matorrales persisten 5,25 ha equivalente a Vegetación Secundaria Alta, mientras se transforman 6,01 ha en Pastos limpios y 1,20 ha en Pastos enmalezados. Los Pastos conservan 71,17 ha desde el 2007 hasta el año de estudio, de los cuales 62,96 ha pertenecen a Pastos Limpios y 8,21 ha a Pastos Enmalezados, por otra parte, se convierten 21,32 ha en Mosaico de Pastos y Cultivos junto con 0,11 ha en Vegetación Secundaria Alta.

En ese orden de ideas, al agrupar en categorías generales de Bosque, todos aquellos de tipo protector y productor presentes en el año 2007. De igual forma para el año 2019, agrupando los Bosques denso y abierto alto de tierra firme, de galería y Ripario en una única clase. Esto con el objetivo de obtener la diferencia entre las coberturas de Bosque - No Bosque entre ambas temporalidades.

Mediante este análisis multitemporal se determina un total de 104,43 ha de Bosque conservado entre los años 2007 y 2019, a nivel de detalle predomina el Bosque abierto alto de tierra firme ocupando un 82,61 % del área total correspondiente a 86,27 ha; seguido por el Bosque de Galería y Ripario con 17,29 ha (16,56 %); en menor proporción Bosque denso alto de tierra firme con 0,87 ha (0,83 %) de la superficie total conservada.

Figura 12

Análisis cambio de cobertura en el bosque de los Predios Machín entre 2007 y 2019.



Fuente: Elaboración Propia.

En ese mismo contexto se manifiesta que un total de 5,19 ha del Bosque desaparecen al interior de los predios a declarar en el año 2019, debido al cambio de uso en el suelo, donde se identifica una mayor transformación hacia Pastos con un 4,85 ha (93,50 %) de la superficie indicada, específicamente 2,88 ha (59,42 %) de Pastos enmalezados y 1,97 ha (40,58 %) de Pastos Limpios; otra cobertura significativa la ocupa la Vegetación Secundaria Alta con 0,29 ha (5,52 %) del área total y 0,05 ha (0,98 %) dedicada a las áreas agrícolas particularmente cubierta por el Mosaico de Pastos y Cultivos.

Figura 13

Puntos calientes 2007-2019 de los Predios Machín.



Con base en la metodología establecida por el IDEAM en el 2017, que generó el mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia a escala 1:100.000, para Colombia; definiendo desde el principio que la unidad de interés, en este caso, el ecosistema, se definió según lo establecido en la Convención de Diversidad Biológica - CDB⁶ como un conjunto de comunidades vegetales, animales y de microorganismos, dinámicos y complejos, en su medio no viviente, que interactúan como una unidad funcional materializada en un territorio, caracterizando por su homogeneidad, en sus condiciones biofísicas y antrópicas.

⁶ <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/mapa-ecosistemas-continentales-costeros-marinos>

La agrupación de los ecosistemas determinados según la superposición de la información disponible de clima, geopedología y coberturas de la tierra, se hizo basándose en la clasificación de biomas, generada por el IDEAM y asociada a las unidades bióticas desarrolladas por el Instituto Alexander von Humboldt. Con ello se buscó caracterizar cada una de las unidades, dentro de las macrounidades ambientales del país. Paralelamente, el Instituto de Investigación Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” - INVEMAR, desarrollo el mapa de ecosistemas marinos del país y esta información fue adicionada a toda la continental.

De acuerdo a esta información secundaria, se determinó que el área del polígono a declarar, está compuesta por dos tipos de ecosistemas específicos, en primer lugar, el ecosistema denominado como “Áreas Rurales Intervenidas No Diferenciadas” con una extensión total de 357 ha, en segundo lugar, se encuentra el ecosistema de “Bosques Alto Andinos – Húmedos y de Niebla” con una extensión de 140 ha (IDEAM et al, 2017), Tabla 12:

Tabla 12

Ecosistemas identificados en los predios a declarar.

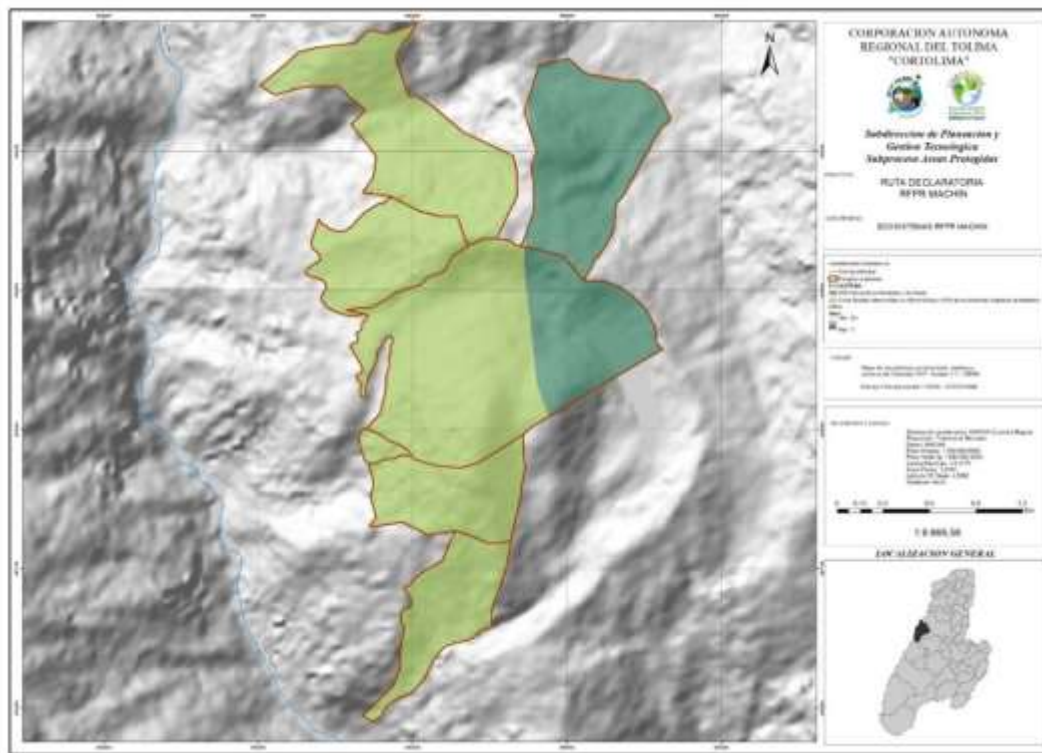
Tipo de Ecosistema	Área (ha)	Porcentaje
Áreas Rurales Intervenidas No Diferenciadas	357	71,83 %
Bosques Altoandinos - húmedos y de niebla	140	28,17 %
Total	497	100

Nota. Tomado del Mapa de cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena - Cuenca: Metodología CORINE LAND COVER adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Fuente: (IDEAM., IGAC., & CORMAGDALENA., 2008).

En la Figura 14, se evidencia los ecosistemas:

Figura 14

Tipo de ecosistemas en los predios a declarar.



Fuente: Elaboración propia.

Los Bosque Alto andinos – húmedos y de niebla se distribuyen entre los 2,800 a 3,200 m s. n. m., con árboles y arbustos entre tres y ocho metros de alto (INVEMAR., 2021). La importancia de proteger este tipo de ecosistemas radica en que allí no sólo se sostiene la producción del recurso hídrico que aprovechan diferentes comunidades, sino que también habitan especies indispensables para la regulación de los procesos ecosistémicos vitales para el mantenimiento y equilibrio de la biodiversidad de la región (IAvH., 2015).

2.1.6. Priorización

Dentro de los estudios de priorización realizados en la zona del corregimiento de Toche, la Corporación Autónoma Regional del Tolima, elaboró la Caracterización de la Palma de Cera (*Ceroxylon quindiuense*), flora y fauna asociada en tres áreas del Tolima y caracterización ambiental, biológica, física y química en humedales del departamento” (CORTOLIMA, 2019).

En primer lugar, se identificó la densidad y ocupación de la Palma de Cera, obteniendo como resultado para Alto Toche 641,700 ejemplares, Anaime 295,265 ejemplares y en Roncesvalles 40,650 palmas, en el polígono de estudio que se desarrolló en tres fincas: La Leona, Buenos Aires y Balsorita, posteriormente se realizó la respectiva socialización de los resultados. Así mismo, se reconoció la flora asociada en estas tres localidades en las que se registraron diferentes especies arbóreas y herbáceas; igualmente, se identificó fauna clasificada en lepidópteros diurnos, herpetos, mamíferos y aves.

De este modo, se explicó la propuesta de rehabilitación, conservación, proyección y uso sostenible, en la que se detectaron amenazas directas que comprenden la ganadería, cultivos rotativos, insectos- plagas, ausencia de otras fuentes de ingresos, sacrificio de animales asociados a la Palma de Cera y amenazas indirectas como el cambio climático, desconocimiento de las comunidades y deficiencia de nutrientes en el suelo.

En ese sentido, CORTOLIMA, elabora un plan de manejo teniendo en cuenta las amenazas identificadas para esta especie, con el fin de aunar esfuerzos interinstitucionales en pro de la preservación de las poblaciones existentes; dentro de las estrategias de conservación protección se definen la declaratoria de áreas protegidas, diseño de corredores de conservación e implementación de técnicas de propagación de Palma de Cera, entre otros.

Dentro del área de interés se realizó la caracterización del humedal Laguna Machín en el corregimiento de Toche, identificado como un ecosistema estratégico para la región, el cual cuenta con un plan de manejo para garantizar su gestión y conservación.

2.1.7. Irremplazabilidad Funcional.

En este ítem, se describen los principales grupos taxonómicos, partiendo de la importancia ecológica y especies de interés para su conservación presentes en el área de los predios a declarar:

- Lepidópteros

Al igual que otros insectos, los lepidópteros diurnos desempeñan un importante papel ecológico dentro de los ecosistemas terrestres tropicales, ya que ocupan el segundo nivel de la pirámide trófica, se alimentan a partir del primer nivel, constituido por plantas y luego ceden energía a los carnívoros de los niveles tróficos superiores, que son esencialmente pequeños insectívoros. Al mismo tiempo, desempeñan el papel de polinizadores facilitando así la propagación y persistencia de especies vegetales dentro de los ecosistemas boscosos (Villa, 2004). Esta función ecológica se debe en gran parte a los variados gremios (nectarívoros, hidrófilos, fermentadores, acimófagos) que se pueden encontrar dentro de este grupo taxonómico (Peña Cerpa, 2007). La gran abundancia y diversidad de lepidópteros diurnos se soporta con la presencia de sesenta y seis (66) especies en el área, constituyendo una gran importancia ecológica, no solo por la diversidad de especies sino también por su comportamiento herbívoro, su acción polinizadora y por constituirse como alimento para especies insectívoras; sumado, a su gran capacidad biológica para colonizar diversos hábitats.

- Avifauna

Se identificaron tres especies importantes para la conservación de esta área: *Atlapetes flaviceps*, *Leptotila conoveri* que se encuentran en categoría de amenaza en peligro (EN) y *Anthocephala berlepschi* en categoría de amenaza vulnerable (VU) según los criterios de asignación de especies amenazadas (UICN, 1975); consideradas endémicas de Colombia.

La *Atlapetes flaviceps* o Altapetes de anteojos es una especie con registros en pocas localidades de las cordilleras Central y Occidental de los Andes Colombianos, se distribuye entre 1,300 y 2,400 m s. n. m., en la vertiente Oriental de la cordillera Central con registros en algunos municipios y corregimientos del departamento de Tolima (Roncesvalles, Juntas y Toche), Huila (La Plata), Caldas (Samaná, Pensilvania, Manzanares y Marulanda) y Cauca (Inzá). También se ha registrado en la vertiente Occidental de la cordillera Central en el

departamento de Caldas, municipio de Aranzazu y en la cordillera Occidental en la vertiente Oriental, en el departamento de Risaralda, municipios de Apía y Santuario (Arango, Atlapetes de Antejos (*Atlapetes flaviceps*)., 2014). Finalmente, al ser una especie con distribución restringida, requiere para su conservación la toma decisiones idóneas con la implementación de estrategias.

En el caso de la *Leptotila conoveri*, endémica para Colombia y catalogada como especie en peligro a nivel nacional e internacional, se distribuye desde 1,600 hasta 2,500 m s. n. m., desde el departamento del Tolima en los valles del río Coello – Combeima hasta la cabecera del río Magdalena en el departamento del Huila; esta especie presenta una distribución restringida y se encuentra en un área de endemismo de las laderas interandinas colombianas, por lo cual, es necesario declarar bajo alguna figura de protección los remanentes de hábitat natural en los que se encuentra (Arango, 2017).

Para la especie *Anthocephala berlepschi*, su distribución se encuentra en los Andes Centrales a altitudes de 1,200 – 2,300 m s. n. m., se concentra en pequeñas poblaciones, las cuales han venido disminuyendo por la pérdida y conversión de su hábitat. Esta especie reviste gran importancia de conservación en el área correspondiente al volcán Cerro Machín, debido a que se encuentra en categoría vulnerable (VU) y es una especie endémica de Colombia.

- Mastofauna

El volcán Cerro Machín cuenta con la presencia de una especie sombrilla, cuya conservación beneficia la preservación de otras especies y la del ecosistema en general como es el caso del ocelote (*Leopardus pardalis*), su presencia dentro del área señala que los bosques tienen condiciones de tamaño y productividad ideales para sostener este tipo de mamíferos. Por otra parte, dada su condición de amenaza vulnerable (VU) especies como el venado (*Mazama rufina*) podrían ser objeto de conservación en el área de interés.

- Herpetofauna

La presencia de la especie *Atelopus simulatus* es de gran importancia por encontrarse en categoría de amenaza Peligro Crítico (CR), de acuerdo con las categorías de amenaza (UICN, 1975); la especie fue vista por última vez hace dieciocho años en el área de estudio (IUCN, 2015) y aunque ha pasado bastante tiempo desde que fue observado un individuo, es importante tener en cuenta que no se han realizado exploraciones faunísticas rigurosas en el área y la declaratoria de áreas protegidas en esta zona es de vital importancia para mitigar los riesgos y amenazas que puedan sufrir las poblaciones remanentes de esta especie.

Además de esto, en el área se ha reportado la especie *Centrolene robledo* la cual se encuentra en estado Vulnerable (VU) de amenaza y es endémica para Colombia; su presencia dentro del área, indica el grado de conservación del hábitat, ya que especies de esta familia crecen solo en ecosistemas muy conservados (González E. & Villate, 2018).

Dentro de la caracterización se identifica la presencia de cinco especies endémicas para Colombia, ratificando la importancia de conservar este hábitat, con el fin de garantizar procesos de conservación *in situ*, por ser especies de distribución restringida y de bosques con coberturas bien conservadas.

- Flora

La presencia de especies como el helecho arbóreo *Sphaeropteris quindiuensis* (H. Karst.) R.M. Tryo, la Boraginaceae *Tournefortia brantii* J.S. Mill y la *Miconia capitellata* Cogn, encontrándose en categoría de amenaza en peligro (EN) y Apéndice II⁷, nos ratifica que los bosques se encuentran poco intervenidos y soporta la importancia ambiental para su conservación.

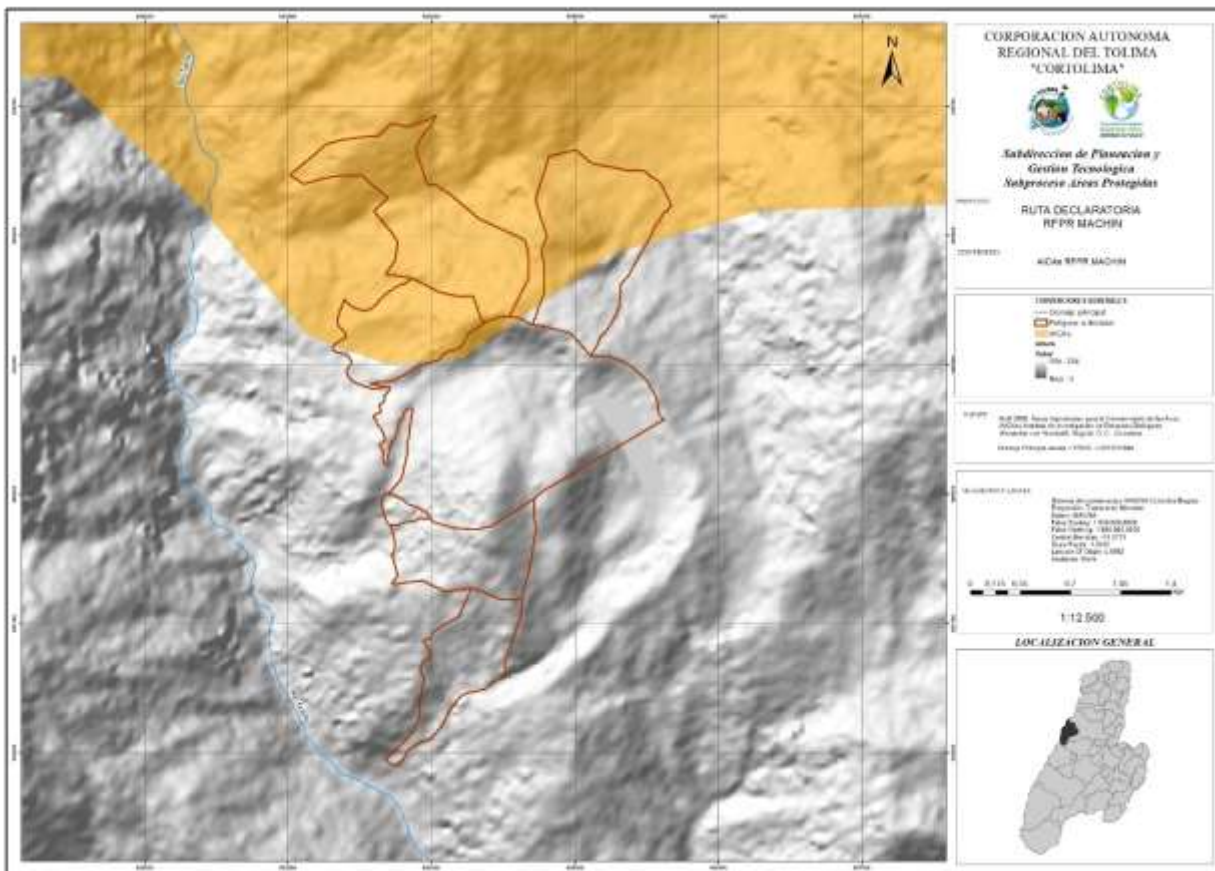
- Áreas Importantes para la Conservación de Aves “AICAS”

⁷ Apéndice II. Convención internacional de especies de fauna y flora silvestre CITES.

Gran parte del área correspondiente a los predios destinados a la conservación dentro del volcán Cerro Machín traslapan con un Área Importante para la Conservación de las Aves (AICAS) denominada como cuenca del río Toche; la conservación de este tipo de áreas es importante para la protección de la diversidad de aves que allí se encuentra contenida, generando la posibilidad de implementar diversas estrategias de conservación y garantizando la conservación de especies endémicas o que se encuentran en alguna categoría de amenaza.

Figura 15

Mapa AICAS en los predios destinados a la conservación.



Fuente: Elaboración propia.

2.1.8. Biodiversidad

Las áreas protegidas son una pieza fundamental para la conservación de la biodiversidad en el departamento, los recursos naturales de toda área protegida necesitan ser manejados de forma sostenible y a largo plazo con el objetivo de generar bienes y servicios a la sociedad, lo anterior justifica el desarrollo de estudios de amenaza y vulnerabilidad, como insumos para la evaluación del riesgo y la identificación de acciones, para disminuir el daño a la población y a la infraestructura, los que, a su vez, serán excelentes herramientas para la planificación y toma de decisiones relacionadas con el desarrollo sostenible de la región y del país.

Figura 16

Río Toche. Occidente de volcán Cerro Machín.



Nota. Tomado de Informe de inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA. & UT., 2019).

En los predios adquiridos con fines de conservación dentro del área del volcán Cerro Machín, se reporta una gran variedad de especies tanto de fauna y flora, que incluyen especies en diferentes grados de amenaza y endémicas, lo que reafirma la importancia de conservar esta área.

2.1.8.1. Fauna. La caracterización de fauna en el documento síntesis, se genera a partir de la identificación de especies que, por sus características ecológicas, biológicas y etológicas, presentan algún grado de endemismo o vulnerabilidad, reconociéndolas como especies de interés para la conservación, y por la revisión de información secundaria por medio de diversos estudios.

Para el componente faunístico a partir de información primaria y secundaria se reportaron un total de 145 especies y 20 géneros de macroinvertebrados acuáticos, distribuidas de la siguiente manera:

- **Macroinvertebrados Acuáticos**

Los macroinvertebrados que habitan ecosistemas acuáticos de agua dulce son organismos cuyo tamaño supera los 0,5 mm de longitud (Roldán & Ramírez, 2008c) Estos organismos pueden habitar sistemas lénticos y lóticos sobre una gran variedad de sustratos, ya sea en el fondo (bentos) o en los tallos de plantas acuáticas, madera, rocas, hojarasca (Roldán & Ramírez, 2008c) (Hanson, Springer, & Ramírez, 2010). Aquellos que habitan lagos, lagunas, estanques o ríos podemos encontrarlos a lo largo de la columna de agua, bien sea en la superficie (neuston), mientras que otros pueden permanecer suspendidos (plancton) o nadando activamente (necton) (Hanson, Springer, & Ramírez, 2010).

Sin embargo, los ambientes lóticos, especialmente los ríos de aguas limpias y bien oxigenadas son los ecosistemas de agua dulce que albergan la mayor diversidad de macroinvertebrados (Hanson, Springer, & Ramírez, 2010).

Metodología

La colecta del material biológico se realizó en diferentes puntos establecidos en la parte alta, media y baja de los cuerpos de agua presentes en el área de estudio, de tal forma que se establecieron dos estaciones de muestreo en los distintos predios ubicados en el volcán Cerro Machín (ver Tabla 13). En cada estación de muestreo se tomaron muestras en distintos microhábitats (arena, hojarasca y grava), para esto se empleó una red Surber de 250 μ (0.09 m²), siguiendo la metodología propuesta por Wantzen y Rueda (2009). Las muestras recolectadas se almacenaron en bolsas plásticas y se conservaron en formol al 10%, cada una de ellas fue debidamente sellada y rotulada de acuerdo con las características del microhábitat y la estación muestreada, para su posterior traslado al Laboratorio de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima.

Tabla 13

Estaciones de muestreo establecidas en los predios del volcán Cerro Machín.

Localidad	Quebrada	Abreviatura	Altura (m s. n. m)	Coordenadas	
				N	W
Predio La Primavera	Aguas calientes	P5AC	2268	04°28'37.25"	075°23'23.61"
Predio Pitalito – El Placer	San Juan	P6SJ	2044	04°30'18.8"	075°23'33.3"

Nota. Basado en el Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas (CORTOLIMA & UT, 2019). Fuente: Elaboración propia.

Las muestras colectadas se filtraron a través de un tamiz de 50 μ m, y con ayuda de un estereoscopio Motic SMZ-168 (10X) se limpiaron y separaron. Después de la separación, se procedió a la determinación taxonómica hasta el mínimo nivel taxonómico posible, empleando las claves taxonómicas de Cascarón Arias, (2009), Domínguez y Fernández, (2009), Fernández

y Domínguez, (2001), Merritt et al., (2008) y Borkent y Spinelli, (2007). Finalmente, los organismos fueron almacenados en alcohol al 70% e ingresados a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, sección macroinvertebrados acuáticos (CZUT-Ma).

Para evaluar la representatividad del muestreo se empleó las curvas de acumulación de especies (par este caso géneros), con el fin de establecer qué porcentaje de organismos quedaron registrados, empleando los estimadores Chao 1, ACE y Cole, mediante el uso del programa estadístico EstimateS.

Para el análisis de la composición y estructura de macroinvertebrados acuáticos se tuvo en cuenta la riqueza observada, es decir el número de géneros colectados. En el caso de las abundancias se empleó el análisis de abundancia relativa, con el fin de establecer qué proporción de individuos se encontraba por género en cada muestra analizada, para esto se empleó la siguiente formula: $AR\% = (n1 / N) \times 100$ Donde: AR=Abundancia relativa del taxón. n1= número de organismos capturados u observados por especie. N= número total de organismos capturados u observados.

En primera instancia para la determinación de la biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos, se recurrió al número de especies efectivas basadas en los tres primeros números de la serie de Hill, la diversidad de orden 0 conocida como riqueza efectiva (q0); la diversidad de orden 1, que es el exponencial de la entropía del índice de Shannon (q1); y la diversidad de orden 2, que es el inverso del índice de Simpson (q2). Por otro lado, con el fin de dilucidar la singularidad y el recambio de especies entre los puntos muestreados de las quebradas, se empleó el índice de similitud de Jaccard (coeficiente de similitud Ij) empleando el programa Past (Hammer, 2001).

Para determinar la calidad del agua de los ecosistemas evaluados se empleó el índice de bioindicación BMWP/Col, el cual aplica un puntaje que va de uno a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. La suma de los puntajes de

todas las familias por punto muestreado da el puntaje total BMWP/Col, el cual nos indica en qué clase de calidad se encuentra el agua de cada punto muestreado (Pérez, 2003) (González, 2007) (Roldán & Ramírez, 2008a).

Información secundaria

Con el fin de robustecer la información obtenida en el presente estudio, se realizó una búsqueda de información en bases de datos científicas, abarcando artículos de investigación, revistas y/o libros, con el fin de obtener datos relacionados con macroinvertebrados acuáticos registrados para las localidades muestreadas; esta información se depuro de acuerdo a la altitud en la cual se colectó el material biológico (2,000 a 2,500 m s. n. m.) y se organizó teniendo en cuenta las abundancias de estos organismos a nivel de orden, familia y género.

Resultados Macroinvertebrados Acuáticos

En total se colectaron 712 organismos en las localidades muestreadas, los cuales se distribuyeron en seis ordenes, 15 familias y 20 géneros (ver Tabla 14). Dentro de los órdenes de mayor abundancia fue Diptera con un 68.53 %, seguido por Tubificida (20.64 %), Tricoptera (8.14 %), Ephemeroptera (2.24 %), coleóptera (0.42%) y Neoophora (0.140 %).

Tabla 14

Géneros de macroinvertebrados acuáticos colectados en los predios La Primavera y Pitalito - El Placer), del municipio de Ibagué.

N°	Orden	Familia	Genero	P5AC	P6SJ	Total	AR %
						3	0.42
1	Coleóptera	Dryopidae	Dryops	0	1	1	0.140
		Collembola	-	1	0	1	0.140
		Isotomidae	Indeterminado	1	0	1	0.140
						488	68.5
2	Díptera	Ceratopogonidae	Alluaudomyia	0	1	1	0.140

3	Ephemeroptera	Chironomidae	Chironominae sp.	91	33	124	17.42		
			Orthoclaadiinae sp.	320	18	338	47.47		
			Tanypodinae sp.	3	1	4	0.56		
			Dolichopodidae	Aphrosylus	4	0	4	0.56	
			Muscidae	Limnophora	0	1	1	0.140	
			Simuliidae	Simulium	0	8	8	1.12	
			Tipulidae	Tipula	6	2	8	1.12	
							16	2.24	
		Baetidae	Americabaetis	6	6	12	1.68		
			Moribaetis	1	0	1	0.140		
		Leptophlebiidae	Leptohyphes	0	2	2	0.28		
			Thraulodes	0	1	1	0.140		
							1	0.140	
		4	Neoophora	Dugesiidae	Girardia	0	1	1	0.140
									58
5	Trichoptera	Hydropsychidae	Leptonema	0	1	1	0.140		
			Cerasmotrichia	2	0	2	0.28		
		Hydroptilidae	Hydroptila	1	0	1	0.140		
			Ochrotrichia	54	0	54	7.58		
6	Tubificida					147	20.64		
		Naididae	Tubifex	11	136	147	20.64		
Total general				500	212	712	100		

Nota. Basado en el Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas (CORTOLIMA & UT, 2019). Fuente: Elaboración propia.

De las 15 familias encontradas en estas localidades Chironomidae (65.4 %), Naididae (20.6%) e Hydroptilidae (8.01%) fueron las más abundantes y menor proporción aparecen Ceratopogonidae, Dryopidae, DugesIIDae, Hydropsychidae, Isotomidae y Muscidae con 0.14 %

(Ver Tabla 14). En el caso de los generos, Orthoclaadiinae presentó la mayor abundancia con 47.5%, seguido por Chironominae con 17.4%, en el caso de Tubifex (20.6%) y Ochrotrichia (7.58%) fueron los más abundantes y, con un 0.14% Alluaudomyia, Dryops, Girardia, Hydroptila, Leptonema, Limnophora, Moribaetis y Thraulodes fueron los de menor abundancia.

Discusión

Composición y estructura

La abundancia presenta por los macroinvertebrados acuáticos, en las localidades muestreadas se debe a que se encuentran presentes en ecosistemas dulceacuícolas del neotrópico; dentro de ellos, Insecta es quien presenta la mayor abundancia, siendo Diptera, Ephemeroptera, Trichoptera y Coleoptera los órdenes más abundantes, esto puede ser atribuido a su habilidad para habitar diferentes tipos de hábitats acuáticos que van desde aguas oxigenadas a poco oxigenadas, como también a su biología, la cual es sumamente diversa y variable entre sus familias (Merritt, 2009).

Dentro del papel de bioindicación, el Orden Diptera como son las familias Chironomidae (Chironominae, Orthocladinae y Tanypodinae), la de mayor abundancia en el muestreo, y Tipulidae (Limonia, Tipula, Molophilus, Hexatoma) se reconocen como indicadores de aguas mesotróficas, mientras que Simuliidae (Simulium) es propia de aguas oligotróficas (Roldán & Ramírez, 2008a). Esto sugiere que los cuerpos de agua muestreados poseen un nivel intermedio de productividad y de nutrientes, lo cual puede atribuirse a factores antropogénicos (Roldán G. &, 2008b). Cabe resaltar que a pesar de que los cauces se encontraban rodeados de vegetación riparia y con amplia cobertura vegetal, la mayoría se encontraban inmersos en zonas dedicadas a las pasturas y ganadería, incluso puntos como P5AC (quebrada Aguas Calientes) poseían un caudal muy reducido en medio de un terreno rocoso y carente de vegetación riparia, afectado principalmente por el desvío de sus aguas para recreación y mantenimiento de piscinas naturales para turismo.

Otro grupo taxonómico de gran abundancia y distribución en este estudio fue Ephemeroptera, el cual es propio de aguas con corrientes limpias y bien oxigenadas (Roldán G. , 1988b). Dentro de este orden, las familias más abundantes fueron Baetidae y Leptohyphidae, las cuales presentan cierto grado de tolerancia a la contaminación (Roldán G. , 1988b) (Flowers, 2010), sin embargo ningún género de estas familias puede sobrevivir niveles altos de contaminación, aunque algunos como Baetodes, Camelobaetidius y Tricorythodes, de baja abundancia en este estudio, pueden tolerar cierto nivel de contaminación y alteración de su hábitat (Roldán G. , 1988b) (Flowers, 2010).

Finalmente, la distribución altitudinal de Trichoptera abarca una amplia franja que va desde el nivel del mar hasta alrededor de los 3,000 m s. n. m, como es el caso de Helicopsyche (Helicopsychidae) quienes también pueden tolerar considerables niveles de contaminación orgánica (Springer, 2010). No obstante, las larvas de este orden son más frecuentes entre los 500 y 2,500 m s. n. m. como es el caso de Culoptila y Leptonema, identificadas en este estudio (García, 2003), Géneros como Polycentropus son poco frecuentes en las colectas ya que se les puede encontrar en una franja altitudinal reducida que va desde el nivel del mar hasta los 500 m s. n. m. y raramente alcanza los 1500 m s. n. m. (García, 2003), (Springer, 2010). Esta situación se asemeja a lo reportado por Villa et al. (2004) y Reinoso et al. (2007, 2008a), y a lo hallado en el presente estudio.

Calidad ambiental de los cuerpos de agua

En lo que respecta a los puntos P5AC y P6SJ, los cuales presentaron una marcada intervención antrópica, se evidencia la presencia de organismos capaces de tolerar niveles de contaminación, puesto que presentan baja disponibilidad de sustratos, como también reducción en sus caudales y cobertura vegetal. Cabe resaltar que, dentro del componente biológico, los macroinvertebrados acuáticos son el grupo más usado como indicador del estado ambiental de las quebradas y ríos por ser sensibles a los cambios de su ambiente (Roldán G. , 1999).

Muchos autores han considerado a Ephemeroptera como uno de los órdenes más sensibles a la contaminación del agua, junto con Plecoptera y Trichoptera.

Adicional a estos órdenes, también encontramos los organismos de algunas familias de Coleoptera y Diptera, los cuales determinan la buena calidad ambiental de sistemas lóticos y lénticos. Ejemplo de esto son las especies de Elmidae, Ptylodactilidae, Simuliidae, Tipulidae, Dixidae y Athericidae (Gamboa M. R., 2008).

Dentro del orden Díptera, las especies Chironomidae son consideradas como indicadores de aguas de baja calidad, estos organismos fueron los más abundantes en los puntos de muestreos P5AC y P6SJ.

Conclusiones

La baja riqueza presente en los puntos P5AC y P6SJ es el reflejo de una marcada alteración sobre estos cauces.

Dentro de los macroinvertebrados acuáticos no se encontró alguna especie en categoría de amenaza dentro de las listas de la UICN, como tampoco en ninguna categoría del CITES.

Lepidópteros Diurnos

Los lepidópteros constituyen un grupo de organismos diverso y amplio dentro de los insectos, su sensibilidad a los cambios de temperatura, humedad, radiación solar y disminución de plantas hospederas y alimenticias, los convierte en un buen grupo indicador, ideal para estudios de inventario o monitoreo de biodiversidad, conservación y endemismo (Vélez Lemos, 2015).

Esta característica hace de ellos una herramienta potencial e importante para predicciones y evaluaciones del grado de intervención o conservación en el que se encuentra un ecosistema (Ríos Málover, 2007).

Metodología

Para la colecta de ejemplares de mariposas diurnas se empleó los métodos de captura denominados jama o red entomológica y trampas van Someren-Rydon, siguiendo los parámetros establecidos en Andrade et al. (2013) y Villarreal et al. (2006) (Ver Tabla 15, Figura 17).

Para el trabajo realizado con la red entomológica se establecieron transectos libres abarcando claros entre la vegetación, caminos y/o trochas cercanas a los bosques, como también áreas circundantes de pastos para ganadería en las localidades de la Reserva Forestal Regional El Humedal y la Santísima Trinidad y en los predios La Holanda, La Esperanza, Las Brisas, La Primavera, Machín 1, 3, y Pitalito - El Placer (Ver Tabla 15).

Lo anterior en intervalos de tiempo comprendidos entre las 7:00 y 15:00 horas y entre las 17:00 y 18:30 horas para la captura de especies de hábitos crepusculares; esto se traduce en un esfuerzo de muestreo diario de 9 horas/persona.

Finalmente, con las trampas van Someren-Rydon se definieron transectos de hasta 300 m, cada una distanciada a 50 m entre sí y suspendida a tres m de altura del suelo. Las trampas fueron cebadas con pescado y camarón en descomposición y permanecieron establecidas en un tiempo máximo de 72 hrs. La revisión se realizó dos veces al día, una en la jornada de la mañana y otra en la tarde.

Los organismos capturados fueron sacrificados por presión digital al tórax y guardados, en sobres de papel milano blanco, para su posterior determinación en laboratorio y preparación para preservación, montaje e ingreso a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima.

Tabla 15

Estaciones de muestreo establecidas en los predios del volcán Cerro Machín, en el municipio de Ibagué.

Estaciones	Siglas	Altura (m s. n. m.)	Coordenadas	
			N	W
Predio la Primavera	PPAC	2,211	4°28'30.3"	75°23'23.6"
Predio Las Brisas	PB	2,360	4°28'50.5"	75°23'38.9"
Predio La Esperanza	PMIGAC-E	2,392	4°29'07.6"	75°23'40.8"
Predio Machín 1	PM1	2,436	4°29'27.3"	75°23'33.0"
Predio Machín 3	PM3	2,638	4°29'57.8"	75°23'43.7"
Predio La Holanda	PM4LH	2,306	4°29'45.3"	75°23'41.5"
Predio Pitalito - El Placer	PPEP	2,203	4°30'16.5"	75°23'32.15"

Nota. Basado en el Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas (CORTOLIMA & UT, 2019). Fuente: Elaboración propia.

Figura 17

Trabajo en campo con red entomológica y vista completa de la Trampa Van Someren - Rydon instaladas en las estaciones de muestreo.



Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Metodología de laboratorio: Para el montaje de los organismos colectados se siguió la metodología propuesta en Andrade Correa et al. (2013), en la cual se realiza en primera instancia la relajación o ablandamiento de los ejemplares en cámara húmeda para su posterior montaje y determinación taxonómica, utilizando las claves e ilustraciones de Warren et al. (2017) y Andrade Correa et al. (2017). Una vez los organismos fueron identificados se etiquetaron según las recomendaciones de Andrade Correa et al. (2013) y se ingresaron a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, sección Lepidópteros diurnos (CZUT-Lp).

Análisis de datos

Representatividad del muestreo: Para evaluar la representatividad del muestreo se empleó las curvas de acumulación de especies, con el fin de establecer qué porcentaje de organismos quedaron registrados, empleando los estimadores Chao 1, ACE y Cole, mediante el uso del programa estadístico EstimateS.

Composición y estructura: Para el análisis de la composición y estructura de lepidópteros diurnos se tuvo en cuenta la riqueza observada, es decir el número de géneros colectados. En el caso de las abundancias se empleó el análisis de abundancia relativa, con el fin de establecer qué proporción de individuos se encontraba por género en cada muestra analizada, para esto se empleó la siguiente formula:

$$AR\% = (n1/N) \times 100$$

Donde:

AR=Abundancia relativa del taxón.

n1= número de organismos capturados u observados por especie.

N= número total de organismos capturados u observados.

Diversidad y similitud del muestreo: Para la determinación de la biodiversidad de lepidópteros diurnos se empleó número de especies efectivas basadas en los tres primeros números de la serie de Hill: la diversidad de orden 0 conocida como riqueza efectiva (q_0); la diversidad de orden 1, que es el exponencial de la entropía del índice de Shannon (q_1); y la diversidad de orden 2, que es el inverso del índice de Simpson (q_2). Con el fin de dilucidar la singularidad y el recambio de especies entre los puntos muestreados, se empleó el índice de similitud de Jaccard (coeficiente de similitud I_j) empleando el programa Past (Hammer, 2001).

Información secundaria: Con el fin de fortalecer la información obtenida en el presente estudio, se realizó una búsqueda de información en bases de datos científicas, abarcando artículos de investigación, revistas y/o libros, con el fin de obtener datos relacionados con lepidópteros diurnos registrados para las localidades muestreadas; esta información se depuró de acuerdo a la altitud en la cual se colectó el material biológico (2,000 a 2,500 m s. n. m.) y se organizó teniendo en cuenta las abundancias a nivel de orden, familia y género.

Resultados Lepidópteros diurnos

En estas localidades se colectaron en total 323 organismos, pertenecientes a cuatro familias, 14 subfamilias y 66 especies, siendo *G. griphe*, *P. manis*, *T. anieta*, *A. antea*, *H. clysonymus*, *E. phiale columbia*, *H. harmonia*, *L. zapatoza*, *V. coryna*, *C. mendica*, *C. comyntas*, *A. alala*, *H. hanno*, *C. medeba* y *P. orcus* las más abundantes.

Tabla 16

Composición y estructura de los predios ubicados en el volcán Cerro Machín (Las Brisas, La Esperanza, La Primavera, Machín 1, Machín 3, La Holanda y Pitalito - El Placer), del municipio de Ibagué.

Especies	PPA	PB	PMIGAC-E	PM1	PM3	PM4L	PPEP	Total General
Hesperiidae	8	8	1	0	1	14	9	41
Eudaminae								5

<i>Urbanus dorantes</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Urbanus proteus</i>	2	0	0	0	0	0	0	2
<i>Urbanus teleus</i>	0	0	0	0	1	0	1	2
Hesperiinae								24
<i>Corticea mendica</i>	0	2	0	0	0	5	2	9
<i>Papias phaeomelas</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Pompeius pompeius</i>	0	1	0	0	0	1	1	3
<i>Vehilius vetula</i>	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Vettius coryna</i>	2	2	0	0	0	3	3	10
Pyrginae								8
<i>Bolla cf. Giselus</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Heliopetes laviana</i>	0	1	0	0	0	2	0	3
<i>Mylon zephus</i>	2	0	0	0	0	0	0	2
<i>Pyrgus adepta</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Theagenes aegides</i>	1	0	0	0	0	0	0	1
Hesperiida								4
<i>Hesperiidae</i> sp. 6	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Hesperiidae</i> sp. 7	0	1	1	0	0	0	0	2
<i>Hesperiidae</i> sp. 8	0	1	0	0	0	0	0	1
Lycaenidae	4	0	0	0		7	6	17
Polyommatainae								17
<i>Cupido comyntas</i>	1	0	0	0	0	6	1	8
<i>Hemiargus hanno</i>	1	0	0	0	0	1	5	7
<i>Leptotes cassius</i>	2	0	0	0	0	0	0	2
Nymphalidae	32	11	31	61	29	58	16	238
Biblidinae								16
<i>Cybdelis mnasylus</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Dynamine setabis</i>	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Epiphile epimenes</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Perisama humboldtii</i>	0	0	0	5	0	0	0	5
<i>Perisama humboldtii</i>	0	0	0	4	1	0	0	5
<i>Perisama lebasii</i>	0	0	0	2	0	0	0	2
<i>Perisama yeba</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
Danaina								5
<i>Greta andromica</i>	1	0	0	0	3	0	0	4
<i>Pteronymia artena</i>	1	0	0	0	0	0	0	1
Heliconiinae								41
<i>Actinote antea</i>	5	0	0	1	1	7	3	17
<i>Altinote alcione</i>	0	0	2	0	0	1	0	3
<i>Altinote dicaeus</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Altinote</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Altinote stratonice</i>	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Dione glycera</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Dione moneta</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Heliconius clysonymus</i>	5	0	1	0	5	4	1	16
Limenitidinae								7
<i>Adelpha alala</i>	0	0	0	7	0	0	0	7
Nymphalinae								23

<i>Eresia polina</i>	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Hypanartia lethe</i>	0	0	0	0	0	3	0	3
<i>Tegosa anieta</i>	4	1	5	0	0	7	2	19
Satyrinae								146
<i>Corades enyo</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Corades medeba</i>	0	0	1	3	2	0	0	6
<i>Eretris porphyria</i>	0	0	0	2	1	0	0	3
<i>Euptychoides laccine</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Graphita griphe</i>	6	5	5	1	1	18	1	37
<i>Hermeuptychia harmonia</i>	6	0	0	1	0	8	0	15
<i>Lasiophila zapatoza</i>	0	1	3	9	1	0	0	14
<i>Lymanopoda albocincta</i>	0	0	0	2	1	0	2	5
<i>Lymanopoda lecromi</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Mygona irmina</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Oressinoma typhla</i>	0	0	1	0	1	0	0	2
<i>Oxeoschistus simplex</i>	1	1	0	0	1	1	0	4
<i>Panyapedaliodes drymaea</i>	0	2	0	0	0	3	0	5
<i>Pedaliodes empusa</i>	0	0	1	2	0	1	0	4
<i>Pedaliodes manis</i>	0	1	10	10	7	5	2	35
<i>Pedaliodes plotina</i>	0	0	1	0	1	0	2	4
<i>Pronophila orcus</i>	0	0	0	6	0	0	0	6
<i>Pronophila unifasciata</i>	0	0	1	0	1	0	0	2
Pieridae	17	0	0	0	2	3	5	27
Coliadina								17
<i>Eurema albula</i>	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Eurema phiale columbia</i>	15	0	0	0	0	0	0	15
<i>Eurema xantochlora</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
Dismorphiinae								4
<i>Dismorphia lua</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Dismorphia medora</i>	0	0	0	0	1	1	0	2
<i>Lieinix nemesis</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
Pierinae								6
<i>Leptophobia aripa</i>	1	0	0	0	0	0	4	5
<i>Leptophobia penthica</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
Total general	61	19	32	61	32	82	36	323

Nota. Basado en el Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas (CORTOLIMA & UT, 2019). Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a las familias, en estas localidades también se evidencia una gran abundancia de mariposas pertenecientes a Nymphalidae (73.68%), seguida por Hesperidae (12.69%) y Pieridae (8.36%) y, finalmente, en menor abundancia Lycaenidae (5.26%).

Situación similar a nivel de subfamilia, ya que Satyrinae (Nymphalidae) fue de nuevo el taxón con mayor abundancia (45.2%); a esta le sigue Heliconiinae (12.69%), Hesperinae (7.43%), Nymphalinae (7.12%), Polyommatinae (5.26%), Coliadinae (5.26%) y Biblidinae (4.95%), mientras que Dismorphiinae (1.24%) fue el de menor abundancia.

Por otra parte, al analizar el número de especies compartidas con respecto al número total de especies exclusivas, se encontró que la mayor semejanza en composición de especies se encuentra en los puntos PB/PM4LH y PMIGAC-E/PM3, cada uno con un 35% de similaridad. El primer grupo comparte nueve especies, *Corticea mendica*, *Graphita griphe*, *Heliopetes laviana*, *Oxeoschistus simplex*, *Panyapedaliodes drymaea*, *Pedaliodes manis*, *Pompeius pompeius*, *Tegosa anieta* y *Vettius coryna*, y el segundo grupo ocho especies *Corades medeba*, *Graphita griphe*, *Heliconius clysonymus*, *Lasiophila zapatoza*, *Oressinoma typhla*, *Pedaliodes manis*, *Pedaliodes plotina* y *Pronophila unifasciata*.

Discusión

Composición y estructura

La gran abundancia y diversidad de lepidópteros diurnos en las localidades muestreadas se sustenta en la riqueza de especies que este orden posee dentro de los insectos, y su gran capacidad biológica para colonizar diversos hábitats (Powell, 2009) (Romero, 2009). Sin embargo, su distribución depende de varios factores climáticos y bióticos, los cuales favorecen o no la presencia de estos organismos en los ecosistemas terrestres (Powell, 2009).

En el Neotrópico las variadas condiciones topográficas y climáticas hacen de los territorios un ambiente con oferta de recursos heterogéneos que permiten el establecimiento de

una biota diversa con hábitos generalista o especialista, como es el caso de las mariposas. En el Tolima estos organismos se han distribuido ampliamente a lo largo de la cordillera Central, desde los 200 a 2,500 m s.n.m., dentro de los cuales destacan las seis familias características de Colombia y la región (Peña Cerpa, 2007) (Andrade Correa, 2017) encontrándose en el presente estudio Nymphalidae, Hesperidae, Pieridae y Lycaenidae.

La gran abundancia de organismos de Nymphalidae en este estudio se podría deber, en gran medida, a su amplia diversidad y a la presencia de organismos generalistas y especialistas de baja especificidad de hábitat, y de gran dispersión, lo que le permite con gran facilidad explotar una gran variedad de recursos frente a las demás familias (García Pérez, 2007).

La presencia de *P. drymaea* en las localidades y predios asociados al volcán Cerro Machín, se atribuye a la gran distribución y resiliencia que presentan estos organismos, pues estos especímenes de pocos requerimientos ecológicos se pueden hallar a lo largo de las tres cordilleras, exceptuando la parte norte de la cordillera Oriental, hasta gradientes altitudinales altos, siendo común también en bosques secundarios, áreas no forestadas y muy intervenidas, tanto dentro como en los alrededores de los bosques de clima frío (García Robledo, 2002); (Pyrz, 2004).

También comparten hábitat con otros satírinos de *Pedaliodes*, *Lymanopoda* y *Lasiophila*; situación que no es ajena en los predios evaluados ya que en cada una de ellas se encontraron especímenes de *Pedaliodes empusa*, *Pedaliodes peucestas*, *Pedaliodes plotina*, *Pedaliodes poesia*, *Lasiophila zapatoza*, *Lymanopoda albocincta*, *Lymanopoda altis* y *Lymanopoda obsoleta*, en zonas de borde de bosque, carretera, bosque de ribera, interior de bosque y potrero. Dichos aspectos se asemejan con *P. manis*, el cual también se puede encontrar en hábitats secundarios no boscosos a lo largo de los Andes, es una especie muy común en muchas localidades de Colombia (García Robledo, 2002); (Pyrz, 2004).

Los predios del volcán Cerro Machín presentaron una gran riqueza y diversidad, aunque su presencia podría ser mayor si no se contaran con presiones que se ejercen en dicha área como son expansión de frontera agrícola, sobrepastoreo, degradación de zonas cuyo objetivo principal debería ser la conservación, lo cual trae consigo la presencia de especies propias de ambientes perturbados y, en menor proporción, de aquellas especialistas o propias de ambientes altoandinos.

En términos de similitud, el bajo porcentaje presente entre las localidades permite deducir que estas no presentan comunidades propias de mariposas, puesto que en su gran mayoría comparten un número considerable de especies; esto puede suceder a un conjunto de variables en cada grupo tales como proximidad geográfica y altitud, que pueden influir en la distribución de las comunidades de mariposas, y otras como radiación solar y temperatura, que además de haber afectado la representatividad del muestreo, pudieron causar la presencia ocasional de algunas especies con aspectos ecológicos específicos, al presentarse lluvias y bajas temperaturas en sitios como los predios asociados al volcán Cerro Machín durante la las colectas.

Conclusiones

La diversidad general de mariposas diurnas, hacen de los predios del volcán Cerro Machín sitios con gran diversidad y de gran interés para la preservación y conservación en el municipio del Ibagué.

La gran riqueza de especies (70) en los predios asociados al volcán Cerro Machín, reconoce la importancia de implementar acciones que promueven y garanticen la permanencia y el mejoramiento de la diversidad de estos sitios, los cuales enfrentan presiones de carácter antropogénico que a futuro pueden afectar severamente la riqueza de mariposas en el área.

A pesar de que las áreas evaluadas denotan algún grado de intervención no se encontró alguna especie en categoría de amenaza dentro de la lista rojas de lepidópteros de la UICN, ni en el libro rojo de invertebrados terrestre de Colombia, como tampoco en ninguna categoría del CITES.

Ictiofauna

El punto muestreado fue Aguas Calientes donde no se colectaron peces, ya q son aguas termales en donde la temperatura del agua y algunas de sus características fisicoquímicas dificultan el establecimiento de ictiofauna.

Herpetofauna

Metodología

Para la caracterización de la diversidad de anfibios y reptiles se establecieron transectos de búsqueda de ancho variable, procurando cubrir todas las coberturas vegetales encontradas en las estaciones de muestreo. Posteriormente, para el encuentro y captura de las especies de anfibios y reptiles se utilizó la técnica de Búsqueda Libre y Sin Restricciones, propuesta por Angulo, et al. (2006), la cual consiste en caminatas donde se inspecciona la mayor cantidad de microhábitats hallados, esto permite registrar el mayor número de especies posibles. Esta técnica es utilizada idealmente cuando se dispone de poco tiempo y el objetivo es lograr un buen registro a nivel de diversidad.

Los muestreos fueron llevados a cabo en dos sesiones de búsqueda, entre las 8:00 y las 12:00 horas (sesión 1) y entre las 14:00 y las 21:00 horas (sesión 2), con el objetivo de registrar las especies de hábitos diurnos y nocturnos, respectivamente (Ver Figura 18). También, se realizó una descripción general del lugar de encuentro, teniendo en cuenta la hora de captura, presencia de cuerpos de agua, el tipo de sustrato donde se encontraba, temperatura del ambiente, condiciones climáticas y humedad relativa.

Figura 18

Búsqueda activa de herpetos y registro fotográfico en el área de estudio.



Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Los individuos registrados fueron debidamente fotografiados y, posteriormente, identificados a partir de características morfológicas observadas. Asimismo, para cada animal capturado se especificó la presencia y/o ausencia de características morfológicas como el tipo, forma, tamaño y color de estructuras tales como glándulas, membranas timpánicas, discos y almohadillas, escudetes, pliegues, tubérculos, rebordes cutáneos, membranas interdigitales manuales y pediales, espolones y espinas humerales, los cuales fueron consignados en fichas y libretas de campo, junto con el carácter morfométrico Longitud Rostro-Cloaca (LRC), el cual fue tomado con un calibrador manual SHERR-TUMICO, de precisión 0.1 mm. Por otra parte, los individuos que no pudieron ser identificados en campo fueron capturados y transportados en bolsas plásticas con vegetación hasta la estación, donde fueron sacrificados en solución de alcohol etílico (10%), y se les practicó una extracción de muestras de tejido para análisis moleculares (músculo e hígado) que fueron almacenadas en etanol (96%). Posteriormente, los

individuos fueron fijados en solución de formalina (10%) y fueron etiquetados, siguiendo el formato y número previamente registrados en la libreta de campo. Finalmente, los especímenes fueron transportados hasta el laboratorio del Grupo de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima.

Metodología de laboratorio

Los individuos previamente sacrificados y conservados en solución de formalina (10%) en campo, fueron manejados de la siguiente manera de acuerdo con el grupo taxonómico al que pertenecían (Ver Figura 19):

Anfibios: los individuos fueron lavados por 3 horas en agua destilada, con el objetivo de eliminar la mayor cantidad de formalina (10%) a la cual estuvieron expuestos. Posteriormente, fueron conservados en solución de etanol (70%) por 3 días y, finalmente, se cambiaron de nuevo a una solución de etanol (70%) limpia en la cual serán conservados hasta su ingreso a la colección.

Reptiles: los individuos pertenecientes a este grupo de vertebrados fueron dejados en solución de formalina por 10 o 15 días (dependiendo de su tamaño), contados a partir del día de fijación en campo. Una vez pasado este tiempo, el cual es necesario para la correcta fijación de todos los órganos y tejidos de los animales, se prosiguió con el proceso de lavado y conservación de los individuos por medio de agua destilada y solución de alcohol (70%), respectivamente, expuesto anteriormente para los anfibios.

Figura 19

Sacrificio, fijación y preparación de individuos colectados.



Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Tabla 17

Listado de especies reportadas para el área de estudio del volcán Cerro Machín según información secundaria.

Clase	Orden	Familia	Especie	UICN	Libro Rojo	Distribución
Amphibia	Anura	Bufonidae	<i>Atelopus simulatus</i>	CR	-	Endémica
		Centrolenide	<i>Centrolene robledo</i>	LC	-	Endémica
		Craugastoridae	<i>Pristimantis permixtus</i>	LC	-	Endémica
			<i>Pristimantis w-nigrum</i>	LC	-	-
		Dendrobatidae	<i>Leucostethus fraterda nieli</i>	LC	-	Endémica

Nota. Basado en el Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas (CORTOLIMA & UT, 2019). Fuente: Elaboración propia.

La comunidad de herpetos observada en el área estuvo compuesta por ocho especies, taxonómicamente organizadas en dos órdenes y seis familias.

La comunidad de herpetos observada en los diferentes predios estuvo compuesta por nueve individuos, correspondientes a cuatro especies, taxonómicamente organizadas en dos órdenes, tres familias y tres géneros (ver Tabla 18).

Tabla 18

Listado de especies reportadas para el área de estudio del volcán Cerro Machín según información primaria y secundaria.

Clase	Orden	Familia	Especie	UICN	Libro Rojo	Distribución
Amphibia	Anura	Bufonidae	<i>Atelopus simulatus</i>	CR	-	Endémica
		Centrolenidae	<i>Centrolene robledo</i>	LC	-	Endémica
		Craugastoridae	<i>Pristimantis permixtus</i>	LC	-	Endémica
			<i>Pristimantis w-nigrum</i>	LC	-	-
			<i>Pristimantis taeniatus</i>			
		Dendrobatidae	<i>Leucostethus fraterda nieli</i>	LC	-	Endémica
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Chironius monticola</i>	-	-	-
		Dactyloidae	<i>Anolis huilae</i>	-	-	Endémica

Nota. Basado en el Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas (CORTOLIMA & UT, 2019). Fuente: Elaboración propia.

La representatividad de anfibios y reptiles fue equitativa, debido a que cada grupo estuvo representado por el 50% de las especies reportadas en la localidad, al estar agrupados por dos especies cada uno.

A nivel de familias, Craugastoridae fue el grupo con mayor representatividad dentro de la comunidad con dos especies, equivalentes al 50% del total de las registradas. Las dos familias restantes (Colubridae y Dactyloidae) ocuparon el segundo lugar en cuanto a riqueza,

cada una con una especie registrada equivalente al 25% de la diversidad total (ver Figura xxxxx).

Diversidad Compilada de los predios del volcán Cerro Machín: El análisis de diversidad compilada de los predios del volcán Cerro Machín fue realizado a partir de la totalidad de especies reportadas a través de información primaria y secundaria. En conjunto, el área de estudio integra ocho especies agrupadas en un orden y cuatro familias para el caso de anfibios y dos especies de reptiles agrupadas en un orden y dos familias.

Tabla 19

Composición de la riqueza de Herpetos registradas a partir de información primaria y secundaria en el área de estudio.

Clase	Orden	Familia	Especie	Información primaria	Información secundaria
Amphibia	Anura	Bufonida	Atelopus simulatus		x
		Centrolenide	Centrolene robledo		x
			Pristimantis permixtus		x
			Pristimantis wnigrum	x	x
		Craugastoridae	Pristimantis taeniatus	x	
Reptilia	Squamata	Dendrobatidae	Leucostethus fraterdanieli		x
		Colubridae	Chironus monticola	x	
		Dactyloidae	Anolis huilae	x	

Nota. Basado en el Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas (CORTOLIMA & UT, 2019). Fuente: Elaboración propia.

El análisis de diversidad compilada de los predios del volcán Cerro Machín fue realizado a partir de la totalidad de especies reportadas a través de información primaria y secundaria. En conjunto el área de estudio integra seis especies agrupadas en un orden y cuatro familias para el caso de anfibios y dos especies de reptiles agrupadas en un orden y dos familias.

Especies de Importancia ecológica: Para el área de estudio se reporta una especie catalogada en la categoría CR de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), con relación a la escala nacional y no se reportan especies en los Libros Rojos de los Anfibios y Reptiles de Colombia. La mayoría de las especies cuenta con una amplia distribución geográfica, sin ninguna amenaza que alerte sobre riesgos de desaparición en un futuro próximo, no obstante, se identifican cinco especies endémicas para el territorio nacional (ver Tabla 20). En adición, no se reportan especies amenazadas en los listados de la Convención Internacional para el Comercio de Especies de Flora y Fauna Amenazadas de Extinción (CITES).

Tabla 20

Especies de interés ecológico de los predios del volcán Cerro Machín.

Clase	Orden	Familia	Especies	UICN	Distribución
Amphibia	Anura	Bufonidae	Atelopus simulatus	CR	Endémica
		Centrolenidae	Centrolene robledo	LC	Endémica
		Craugastoridae	Pristimantis permixtus	LC	Endémica
			Pristimantis taeniatus	-	-
			Pristimantis wnigrum	LC	-
		Dendrobatidae	Leucostethus fraterdanieli	LC	Endémica
Reptilia	Squamata	Colubridae	Chironus monticola	-	-
		Dactyloidae	Anolis huilae	-	Endémica

Nota. Basado en el Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas (CORTOLIMA & UT, 2019). Fuente: Elaboración propia.

En la localidad volcán Cerro Machín, la presencia de *Atelopus simulatus* es de gran importancia debido que se encuentra en Peligro Crítico (CR), de acuerdo con las categorías de amenaza de la UICN. La especie fue vista por última vez hace 18 años en el área de estudio (IUCN, 2015) y aunque ha pasado bastante tiempo desde que fue observado un individuo, es importante tener en cuenta que no se han realizado exploraciones faunísticas rigurosas en el área y la declaratoria de áreas protegidas en esta zona es de vital importancia para mitigar los riesgos y amenazas que puedan sufrir las poblaciones remanentes de esta especie.

De acuerdo con el Plan de Acción para la Conservación de Anfibios, ACAP por sus siglas en inglés, uno de los pasos más importantes en el camino hacia la conservación es la identificación y declaratoria de Áreas Claves de Biodiversidad (ACB o KBA por sus siglas en inglés) para protección de las poblaciones viables de especies amenazadas o de distribución muy restringida de este grupo de vertebrados (Gascon, y otros, 2007).

De acuerdo con esto, la declaratoria de la zona de estudio constituye la protección de unas de las mencionadas ACB, ya que los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que los anfibios registrados en esta localidad presentan distribuciones restringidas a secciones específicas de los Andes del territorio nacional, y algunas de estas especies se encuentran en alguna de las tres categorías de amenaza establecidas por la UICN.

Aunque el grupo de los Reptiles registrados para la zona de estudio fue el menos diverso y sus amplias distribuciones y tolerancia a ambientes antrópicos podría constituirlos como un grupo de baja prioridad para la conservación en los hábitats altoandinos, es muy importante resaltar que menos del 14% de los reptiles en el mundo han sido evaluados en los listados globales de la UICN (Böhm, 2013) y el hecho de que Colombia presente una de las

estadísticas de degradación de hábitat más altas (Hoekstra, 2010) amenaza de forma muy considerable sus poblaciones.

De esta manera, la ampliación y declaratoria de áreas protegidas puede asegurar el mantenimiento de las comunidades de reptiles en el sector de los Andes estudiado, mientras se adelantan investigaciones necesarias que revelen el verdadero estado de conservación de este grupo vertebrado en el país.

Conclusiones

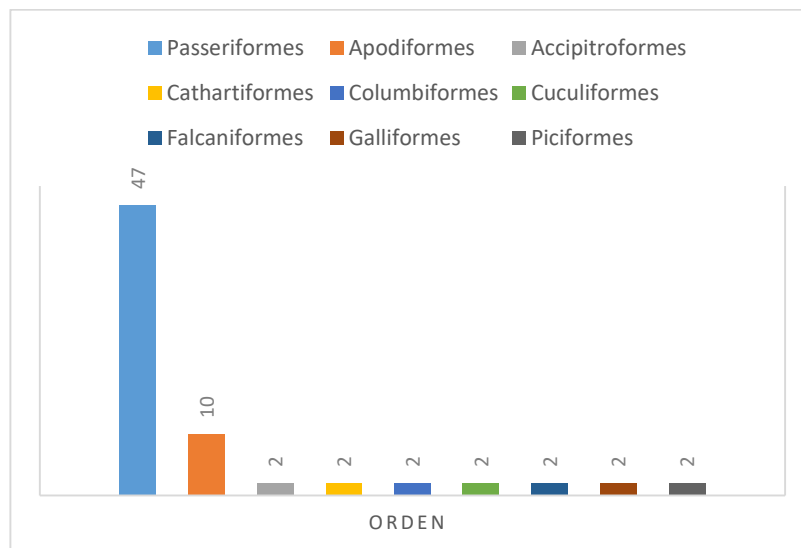
La identificación de especies en categorías de amenaza nacional e internacional, así como un alto número de especies endémicas en el área de estudio, soportan la imperativa necesidad de realizar acciones de conservación en el área de estudio, orientadas a garantizar la permanencia de las especies de interés ecológico.

Avifauna

Composición y estructura de la comunidad: Se registraron en total 13 órdenes, 25 familias, 49 géneros y 61 especies de aves en los diferentes puntos de muestreo en los predios asociados al volcán Cerro Machín (Anexo 4). El orden más representativo fue Paseriformes con 47 especies (62.66%), seguido de Apodiformes con diez especies (13.33%) (Ver Figura 20). La alta presencia de las especies de Paseriformes y Apodiformes, puede ser porque Paseriformes representan más del 60% de las especies vivientes; además, Apodiformes es uno de los órdenes más diversificados en zonas altas, y su abundancia y diversidad se relaciona con la oferta floral.

Figura 20

Órdenes de aves con más de dos especies registradas en los predios ubicados en el volcán Cerro Machín.

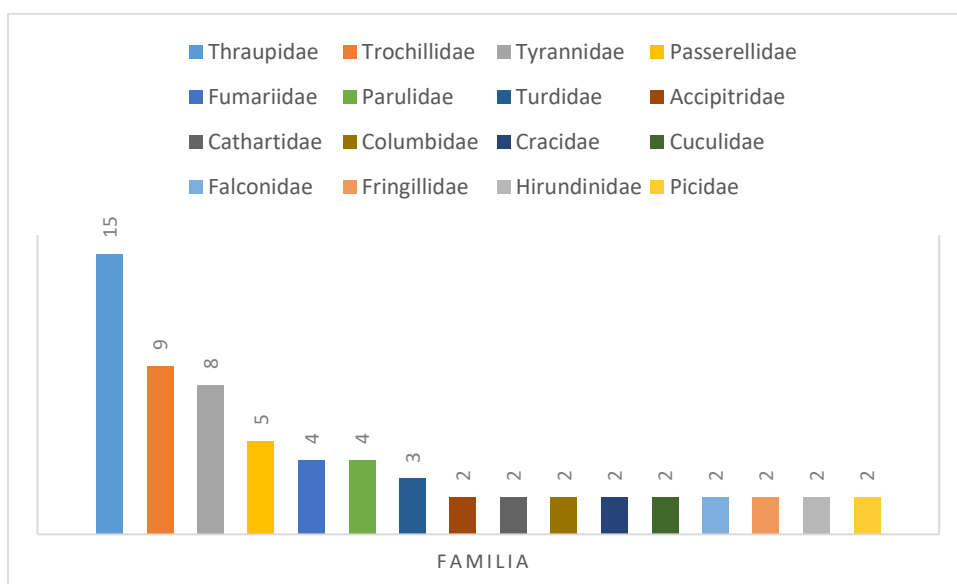


Nota. Basado en el Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas (CORTOLIMA & UT, 2019). Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a familias, las más representativas fueron Thraupidae con 15 especies (15.48%), Trochilidae con nueve especies y Tyrannidae con ocho especies (14.33%) (ver Figura 21). La alta prevalencia de Thraupidae puede estar dada a que al ser aves con bajos requerimientos alimenticios garantiza el establecimiento de las diferentes especies.

Figura 21

Familias de aves con más de dos especies registradas en los predios ubicados en el volcán Cerro Machín.



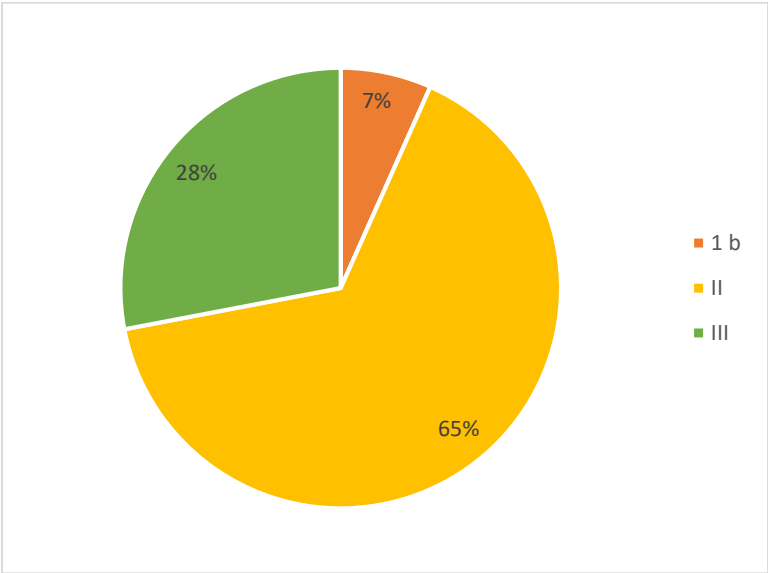
Nota. Basado en el Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas (CORTOLIMA & UT, 2019). Fuente: Elaboración propia.

Aspectos Ecológicos

Categorías ecológicas: Como resultado de la clasificación de especies en cuanto a su asociación con el hábitat, se encontró que 49 (65.33%) de las especies ocurren en áreas con algún grado de intervención (categorías II), comparados con las cinco especies (6.67%) que ocurren únicamente en bosques con o sin ninguna intervención (Categoría Ib) (Figura 22). Aun así, también se puede observar una alta presencia de especies que no necesitan a los árboles como percha o altamente tolerantes a intervenciones antropológicas (Categoría III), lo cual puede estar mostrando la intervención que afrontan estos puntos de muestreo.

Figura 22

Abundancia relativa de las especies agrupadas por categoría ecológica en los puntos de muestreo de los predios ubicados en el volcán Cerro Machín.



Nota. Basado en el Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas (CORTOLIMA & UT, 2019). Fuente: Elaboración propia.

Especies relevantes del estudio: De las especies observadas en los puntos de muestreo, una especie se encuentra en categoría VU (Vulnerable) y dos especies se encuentran en categoría EN (En peligro) según los criterios de asignación de la UICN. Además, se registraron cuatro especies endémicas y una casi endémica. Asimismo, se encontraron 15 especies en el apéndice II del CITES siendo estas especies que aun que no están peligro de extinción, pero si no se controla su comercio pueden llegar a estarlo (ver Tabla 21), finalmente, se registraron dos especies migratorias, estas especies relevantes para la conservación demuestran el grado de importancia de conservación de esta zona de muestreo.

Tabla 21

Especies relevantes para la conservación presentes en los predios ubicados en el volcán Cerro Machín.

Especie	Categoría de amenaza	CITES	ESTATUS
Atlapetes flaviceps	EN	-	E
Leptotila conoveri	EN	-	E
Anthocephala berlepschi	VU	II	E

<i>Chlorostilbon melanorhynchus</i>	LC	-	C-E
<i>Ortalis columbiana</i>	LC	-	E
<i>Catharus ustulatus</i>	LC	-	M
<i>Setophaga fusca</i>	LC	-	M
<i>Accipiter striatus</i>	LC	II	R
<i>Agelaiocercus kingii</i>	LC	II	R
<i>Caracara cheriway</i>	LC	II	R
<i>Coeligena torquata</i>	LC	II	R
<i>Colibri coruscans</i>	LC	II	R
<i>Colibri cyanotus</i>	LC	II	R
<i>Megascops choliba</i>	LC	II	R
<i>Milvago chimachima</i>	LC	II	R
<i>Ocreatus underwoodii</i>	LC	II	R
<i>Phaethornis syrmatorphorus</i>	LC	II	R
<i>Pionus chalcopterus</i>	LC	II	R
<i>Rupornis magnirostris</i>	LC	II	R
<i>Uranomitra franciae</i>	LC	II	R

Nota. Basado en el Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas (CORTOLIMA & UT, 2019). Fuente: Elaboración propia.

Presiones locales: En los diferentes puntos de conteo se pudo observar el uso de los suelos para pastoreo, lo cual dificultó la instalación de redes debido a la presencia de ganado. Adicionalmente se observó la presencia de árboles no nativos como eucaliptos y pinos, los cuales no son arboles de percha ni alimentación para la avifauna.

CONCLUSIONES

A pesar de que los diferentes puntos de muestreo en la zona correspondiente al volcán Cerro Machín mostraron diferentes grados de intervención (alto: La Primavera y La Holanda; bajo: La Esperanza y Las Brisas), todos ellos albergan especies endémicas de gran importancia a nivel regional, tales como aves endémicas (por ejemplo, *A. berlepschi* y *A. flaviceps*), migratorias, dentro de alguna categoría de amenaza de la UICN o dentro de los apéndices del CITES, dejando entre ver la necesidad de conservar y regenerar su paisaje

nativo, con el fin de garantizar la supervivencia de aquellas especies de interés para la conservación.

MASTOFAUNA

Durante el muestreo realizado en los predios ubicados en el volcán Machín se registraron diez especies de mamíferos, agrupadas en ocho familias y seis órdenes (ver Tabla 22). Los órdenes con mayor abundancia fueron Chiroptera (26 %) y Cingulata (26 %), seguidos por Didelphimorphia (17 %) (Figura 23).

Tabla 22

Mamíferos registrados en los predios ubicados en el volcán cerro Machín, municipio de Ibagué.

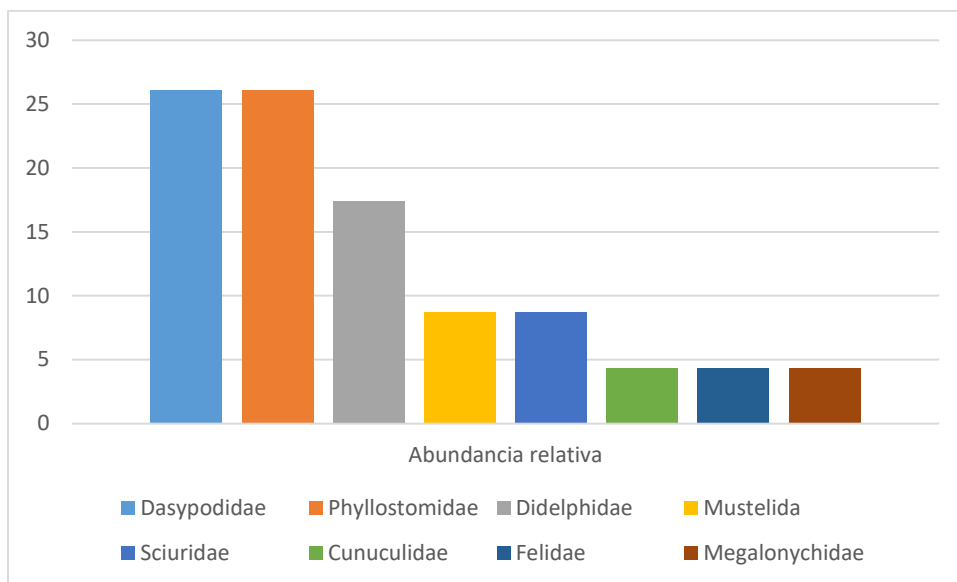
Orden	Familia	Especie	E	H	B	1	3	P
Carnivora	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	x					
	Mustelidae	<i>Mustela frenata</i>	X			X		
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Anoura peruana</i>						X
		<i>Sturnia bogotensis</i>	X					
	Caroliinae	<i>Carollia brevicauda</i>	X		X			
Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i>	X	X		X	X	
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosops sp.</i>	X		X		X	
Pilosa	Megalonychidae	<i>Choloepus hoffmanni</i>	X					
Rodentia	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>				X	X	
	Sciuridae	<i>Notosciurus granatensis</i>		X		X	X	

LE: La Esperanza – Machín IGAC; LH: La Holanda - IGAC; LB: Las Brisas; M1: Machín 1; M3: Machín 3; PP: Pitalito-El Placer.

Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Figura 23

Abundancia relativa de los órdenes de mamíferos registrados en los predios del volcán cerro Machín.



Nota. Basado en el Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas (CORTOLIMA & UT, 2019). Fuente: Elaboración propia.

Integración de la información obtenida en la zona.

Nueve especies habían sido previamente reportadas en la zona; mientras que durante el muestreo se registraron 10 especies, nueve de las cuales no habían sido reportadas. Dado que la información secundaria se restringía a especies quirópteros, se amplía el conocimiento de la mastofauna local especialmente de especies no voladoras.

La recopilación de la información reportada previamente en la zona junto con la registrada en el presente estudio señala la presencia de 18 especies, 12 géneros, ocho familias y seis órdenes. Chiroptera presenta la mayor riqueza específica, aunque todas las especies registradas se agrupan en una sola familia. De Rodentia se han reportado dos especies

medianas, lo que evidencia que no se han realizado estudios dirigidos al registro de pequeños mamíferos en la zona (ver Tabla 23).

Tabla 23

Número de familias, géneros y especies de los órdenes de mamíferos reportados mediante información primaria y secundaria en los predios ubicados en el volcán cerro Machín, municipio de Ibagué.

Orden	Familia	Género	Especie
Carnívora	2	2	2
Chiroptera	1	5	11
Cingulata	1	1	1
Didelphimorphia	1	1	1
Pilosa	1	1	1
Rodentia	2	2	2
Total	8	12	18

Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Aspectos ecológicos.

Gremios tróficos: Se reportan especies frugívoras (67%) representadas principalmente por murciélagos y algunas especies de roedores medianos, las especies omnívoras constituyen el 23% y corresponden a especies no voladoras de Carnívora, Didelphimorphia y Cingulata; también se reportan especies carnívoras (11%), herbívoras (11%), folívoras (6%) y nectarívoras (6%). Esto concuerda con otras revisiones (Kattan, 2003) en las que se señala la dominancia de especies frugívoras incluyendo quirópteros, roedores y prociónidos, y se encuentra una similaridad en las especies folívoras, carnívoras, herbívoras y omnívoras frente a las encontradas en la zona estudiada.

Hábito de vida: Se reportaron especies voladoras (61%), terrestres (22%), arborícolas (11%) y semiarborícolas (6%). Entre los mamíferos voladores, se evidencia la dominancia de especies frugívoras, especialmente sedentarias, especies típicas de hábitats en regeneración, como las zonas aquí estudiadas, dado que su dieta incluye plantas pioneras. Así mismo, se observa la presencia de varias especies de *Sturnira*, lo que se corresponde con los patrones de recambio o sucesión altitudinal reportados en otros estudios, en los que se han encontrado varias especies simpátricas del género, distintas a las dominantes en elevaciones menores (Rodríguez Posada, 2010).

Periodo de actividad: La mayor parte de las especies registradas presentan hábitos nocturnos (73%). El 17% de las especies presentan hábitos diurnos, mientras que el 10 % pueden tener actividad diurna o nocturna (10%) (ver Tabla 24).

Tabla 24

Algunos aspectos ecológicos de la mastofauna reportada en los predios ubicados en el volcán cerro Machín, municipio de Ibagué.

Especie	Gremio	Habito	Periodo de Act.	Método de registro
<i>Leopardus pardalis</i>	C	T	D-N	CT
<i>Mustela frenata</i>	C	T	D-N	Av
<i>Anoura peruana</i>	N-I	V	N	RN
<i>Artibeus lituratus</i>	Fr	V	N	IS
<i>Artibeus phaeotis</i>	Fr	V	N	IS
<i>Carollia brevicauda</i>	Fr	V	N	IS-RN
<i>Platyrrhinus ismaeli</i>	Fr	V	N	IS
<i>Sturnira aratathomasi</i>	Fr	V	N	IS
<i>Sturnira bogotensis</i>	Fr	V	N	RN
<i>Sturnira erythromos</i>	Fr	V	N	IS
<i>Sturnira lilium</i>	Fr	V	N	IS

<i>Sturnira ludovici</i>	Fr	V	N	IS
<i>Sturnira</i>	Fr	V	N	IS
<i>oporaphilum</i>				
<i>Dasypus</i>	O	T	N	CT-R-Cu
<i>novemcinctus</i>				
<i>Marmosops sp.</i>	O	SA	N	CT
<i>Choloepus</i>	Fo	A	N	Av
<i>hoffmanni</i>				
<i>Cuniculus</i>	Fr	T	N	CT
<i>taczanowskii</i>				
<i>Notosciurus</i>	Fr	A	N	Av
<i>granatensis</i>				

Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Especies relevantes para la conservación: Las especies reportadas no están catalogadas como amenazadas a nivel nacional o mundial. No se han registrado especies endémicas. El tigrillo (*Leopardus pardalis*) está incluido en el apéndice I de CITES.

Entrevistas: Las entrevistas a pobladores indican la posible presencia de 17 especies de mamíferos medianos y grandes en los predios del volcán cerro Machín. Doce especies no han sido registradas mediante los muestreos realizados en la zona, destacándose entre ellas el mono nocturno (*Aotus lemurinus*) catalogado como vulnerable a nivel nacional, global y que se encuentra incluido en el apéndice II de CITES; del venado (*Mazama rufina*) catalogado como vulnerable por la IUCN, y del perro zorro (*Cerdocyon thous*) incluido en el apéndice II de CITES. Entre los mamíferos reconocidos por la comunidad, el grupo con mayor cantidad de especies es Carnívora, seguido por Rodentia (ver Tabla 25).

Tabla 25

Especies reportadas mediante entrevistas en los predios ubicados en el volcán Cerro Machín, municipio de Ibagué.

Orden	Familia	Especie
Artiodactyla	Cervidae	<i>Mazama Rufina</i>
Carnívora	Canidae	<i>Cerdocyon thous</i>

	Felidae	<i>Leopardus sp.</i>
	Mustelidae	<i>Eira barbara</i>
		<i>Nasua nasua</i>
	Procyonidae	<i>Nasuella olivácea</i>
		<i>Potos flavus</i>
Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i>
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>
Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>
Pilosa	Megalonychidae	<i>Choloepus hoffmanni</i>
Primates	Aotidae	<i>Aotus lemurinus</i>
Rodentia	Cuniculidae	<i>Cuniculus taczanowskii</i>
	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>
	Erethizontidae	<i>Coendou sp.</i>
	Sciuridae	<i>Notosciurus granatensis</i>

Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA. & UT., 2019).

Presiones locales: A pesar de que los predios muestreados fueron adquiridos con fines de conservación, se evidenció la invasión de algunos de ellos con ganado. Adicionalmente, en la zona se evidencia que ocasionalmente se lleva a cabo la cacería con fines de consumo o de control, debido a la inferencia en cultivos o los conflictos con animales domésticos. La cercanía a carreteras y asentamientos humanos generalmente está asociada a mayores presiones de caza, que a mediano y largo plazo tienen efectos importantes sobre procesos ecológicos vitales como la dispersión de semillas, el control biológico de insectos o pequeños vertebrados, entre otros (Benítez López, 2017).

Flora

Arboles

La definición de vegetación arbórea puede llegar a ser confusa, sin embargo, para fines prácticos en este trabajo se evaluaron todas las especies que presentaran un diámetro a la altura del pecho (DAP) >3 cm, los árboles se caracterizan por presentar crecimiento secundario (engrosamiento de sus tallos) en general tienen gran importancia ecológica, pues cumplen

diversas funciones ambientales como la fijación de dióxido de carbono, protección de suelos frente a la erosión, además de ser parte de la cadena trófica al producir frutos así como tallos y hojas que son alimento de animales, protegen las márgenes de los ríos, producen oxígeno, entre muchas otras (Aguilar, 2019), teniendo en cuenta la importancia ecológica de la vegetación arbórea, los riesgos a los que se encuentran expuestos los bosques en el país y la falta de estudios en el área del volcán Cerro Machín surge este proyecto que tiene como objetivo la caracterización de la flora asociada, en los predios adquiridos por CORTOLIMA, en el área de influencia del volcán Cerro Machín, ubicado en el municipio de Ibagué, perteneciente a la subzona hidrográfica del río Coello, buscando con sus resultados, ampliar los conocimientos de la vegetación arbórea del departamento del Tolima y ecosistemas estratégicos a nivel nacional.

Información primaria

Metodología

Para el trabajo en campo se realizaron un total de seis salidas en diferentes periodos entre los años 2019 y 2020, en dichas salidas se realizó un levantamiento de ocho parcelas temporales las cuales se dividieron en 10 carriles de 20 x 50 m siguiendo la metodología de Gentry (1987) para la colecta en zonas poco estudiadas, las parcelas se establecieron en un gradiente altitudinal de 2,000 a 2,750 m s. n. m., con parcelas cada 200 m (ver Tabla 26).

Tabla 26

Ubicación de las parcelas realizadas en el volcán Cerro Machín.

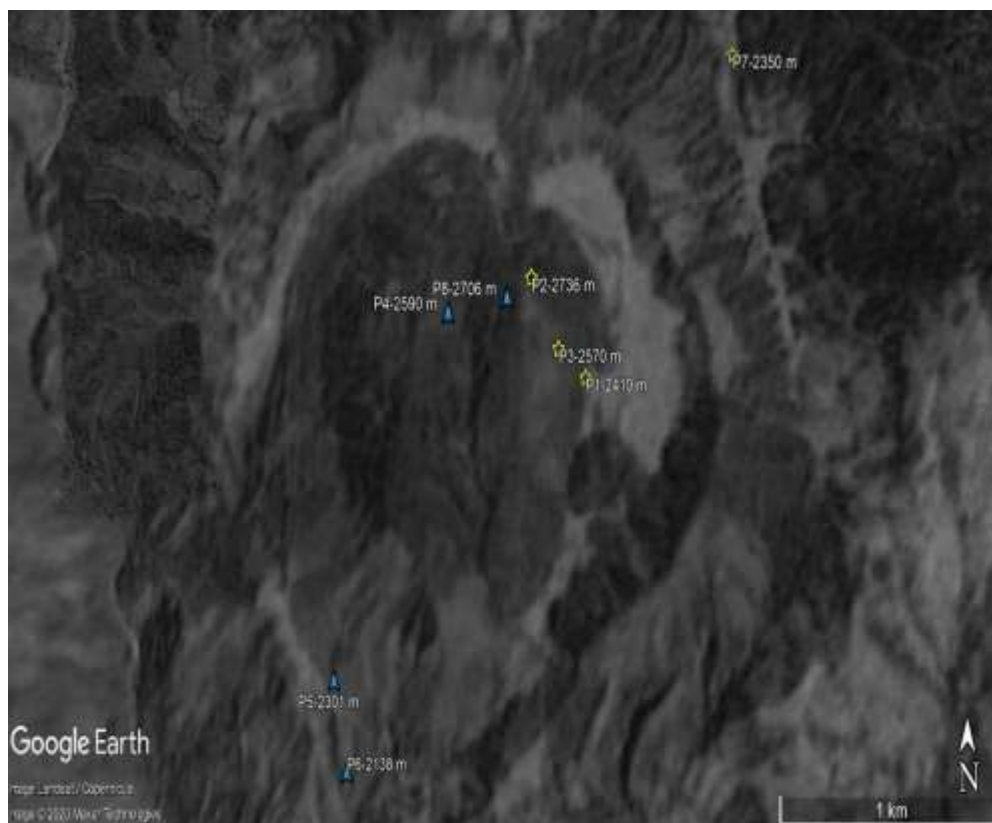
Parcela	Orientación	Altura	N	WO	Fecha
M1	Noreste	2410	4°29'11"	75°22'54"	01/02/2019
M2	Noreste	2736	4°29'20,4"	75°23'2,5"	16/04/2019
M3	Noreste	2570	4°29'13,6"	75°23'2,5"	07/03/2019
M4	Suroeste	2590	4°29'15"	75°23'15"	8-9/03/2019

M5	Suroeste	2301	4°28'37,5"	75°23'33,3"	7-8/10/2019
M6	Suroeste	2138	4°28'27,5"	75°23'31,7"	7-8/03/2020
M7	Noreste	2350	4°29'51"	75°22'28"	09/03/2020
M8	Suroeste	2706	4°29'16,5"	75°23'6,2"	7-8/03/2020

Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA. & UT., 2019).

Figura 24

Imagen satelital Landsat del volcán Cerro Machín con la ubicación de las parcelas. Realizado con Google Earth



Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA. & UT., 2019).

Las parcelas evaluadas presentaban condiciones ecológicas diferentes; las parcelas M1, M3, M4 y M7 se ubicaban en las laderas del domo central, contaban con una pendiente considerable y gran cobertura del estrato arbóreo, por otro lado la parcela M2 se encontraba en la zona superior del domo central, sin embargo contaba con una condición única ya que del suelo surgían vapores a través de agujeros conocidos como fumarolas los cuales aumentaban la temperatura de la zona en la cual se caracterizaba por la poca presencia de árboles respecto a las demás parcelas evaluadas., la parcela M5 se encuentra en una zona cercana a donde se ubica la vía principal que comunica los corregimientos de Tapias y Toche en esta se evidencio una menor dominancia del estrato arbóreo, la parcela M6 se realizó en un predio conocido como la primavera el cual anteriormente fue empleado con finalidades agrarias, pero en la actualidad se encuentra en un proceso de sucesión natural, sin embargo, aún permanecen especies cultivadas como el café (*Coffea arábica* L.) o la guayaba (*Psidium guajava* L.), finalmente la parcela M8 fue realizada en la cima del domo central, que presentaba un terreno plano, sin pendiente, esta se caracterizaba por la presencia de vegetación Arborea abundante y gran cantidad de plantas epifitas, es una zona de transición de bosque andino a bosque altoandino también conocido como bosque de niebla (Morales, 2013).

Colecta de especies arbóreas

Para la ubicación de cada parcela se tuvo en cuenta dos criterios: bosques sin evidencia de acción antrópica además de evitar zonas de relictos debido a que poseen un microclima característico que puede generar cambios al momento de analizar la composición florística (Villareal, Álvarez, Córdoba, & Escobar, 2004).

A cada uno de los individuos evaluados se tomaron las medidas de: DAP (diámetro a la altura del pecho), Altura total, Altura de reiteración (aparición de la primera ramificación) y

diámetro de copa, todas estas medidas necesarias para el cálculo del IVI (Bohórquez *et al.* 2012)

En cada parcela se colectó el material arbóreo presente siguiendo la metodología de Bowles (2004), iniciando con una desinfección con alcohol al 90%, evitando así el ataque de hongos e insectos, posteriormente el material fue prensado en campo, anotando datos de importancia ecológica y taxonómica (color de corteza, flores, presencia ausencia de exudados). Finalmente, el material fue transportado al herbario TOLI para su identificación taxonómica; Asimismo, se realizaron recorridos al interior del bosque y en áreas alejadas de los caminos, donde se recolectaron ejemplares fértiles (con presencia de flores, frutos o soros) (Sanín, Sierra-Giraldo, & Posada H., 2014).

Las muestras colectadas fueron prensadas y secadas en el Herbario TOLI de la universidad del Tolima, sin embargo, solo se montaron individuos representativos para cada sitio de muestreo para evitar el ingreso de ejemplares repetitivos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la zona evaluada se censaron un total de 223 individuos, agrupados en 37 familias, 49 géneros y 74 especies (Anexo 6), del total de individuos censados, se montaron un total de 52 individuos los cuales fueron ingresados en la colección del herbario TOLI.

Las familias con mayor abundancia fueron Chloranthaceae con 49 individuos, Melastomataceae con 21 individuos, Araliaceae con 14 individuos y Coriariaceae con 12 individuos. Estas familias son reportadas frecuentemente como las de mayor abundancia dentro de los ecosistemas andino de montaña, además la presencia de *Hedyosmum bonplandianum* Kunth se refiere como indicadora de bosques andinos nativos, sin embargo, en este caso sería mejor entenderla como indicadora de zonas poco intervenidas (Bohórquez *et al.*, 2012) (Montenegro & Vargas, 2008), también es importante destacar la presencia del

helecho arbóreo *Sphaeropteris quindiuensis* (H. Karst.) R.M. Tryon nos indica que nos encontramos en una zona poco afectada, ya que este grupo vegetal es asociado tradicionalmente con ecosistemas conservados o poco intervenidos (Paciencia, 2004).

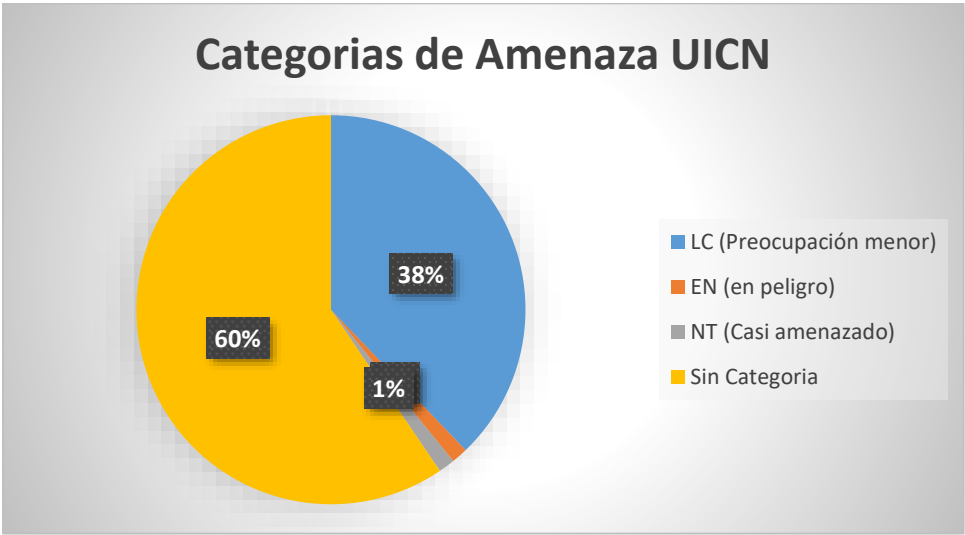
Ninguna de las especies es mencionada en el libro rojo de especies maderables de Colombia, no hace parte de ningún decreto nacional que las catalogue como prioridad de conservación, sin embargo al contrastar el listado de especies con los listados internacionales de la UICN (Union internacional para la conservación de la naturaleza) y el CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres), destaca que para el segundo listado solo se encuentra mencionado la especie de helecho arboreo *Sphaeropteris quindiuensis* (H. Karst.) R.M. Tryo, el cual aparece en el segundo apéndice, en el cual figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio (CITES, 2021).

Por otro lado, en el listado de la UICN (2021), aparecen un total de 30 especies en alguna categoría de amenaza mientras que los 44 restantes no están bajo ningún nivel de amenaza (ver Figura 25), es importante mencionar que la Boraginaceae *Tournefortia brantii* J.S. Mill. Se encuentra en la categoría EN es decir amenazada por lo cual debería ser priorizada su conservación, otra especie a destacar es *Miconia capitellata* Cogn (Tabla 27) la cual está en la categoría NT, es decir casi amenazada por lo cual sería importante aumentar esfuerzos en su preservación para evitar que el mismo pase a estado de amenazada, además es importante destacar la presencia de las especies *Hedyosmum bonplandianum* Kunth y *Miconia theaezans* Cogn. Típicas de bosques subandinos nativos (Rodríguez-Lombana et al., 2018), lo que nos indicaría la existencia de relictos poco intervenidos en el área del volcán, dato respaldado por la elevada frecuencia de la especie *Sphaeropteris quindiuensis* (H. Karst.) R.M. Tryo, ya que como

es bien sabido los helechos arbóreos de gran porte son categorizados como indicadores de áreas poco intervenidas y de importancia ambiental para la conservación (Rodríguez, 2002).

Figura 25

Categorías de Amenaza según la UICN.



Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 27

Listado de especies catalogadas en alguna categoría de amenaza según UICN.

Nombre científico	Familia	Categoría Amenaza IUCN
Adenaria floribunda Kunth	Lythracea	LC
Alchornea latifolia Sw.	Euphorbiaceae	LC
Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers.	Asteraceae	LC
Cavendishia guatapeensis Mansf.	Ericaceae	LC
Cavendishia pubescens (Kunth) Hemsl.	Ericaceae	LC
Clusia multiflora Kunth	Clusiaceae	LC
Crotalaria micans Link	Fabaceae	LC
Croton pungens Jacq.	Euphorbiaceae	LC

<i>Erythrina edulis</i> Micheli	Fabaceae	LC
<i>Eucalyptus globulus</i> Labil I.	Myrtaceae	LC
<i>Ficus dendrocida</i> Kunth	Moraceae	LC
<i>Guettarda tournefortiopsis</i> Standl.	Rubiaceae	LC
<i>Inga c.f. oerstediana</i> Benth.	Fabaceae	LC
<i>Inga edulis</i> L.	Fabaceae	LC
<i>Leandra subseriata</i> (Naudin) Cogn.	Melastomataceae	LC
<i>Miconia capitellata</i> Cogn	Melastomataceae	NT
<i>Miconia caudata</i> (Bonpl.) DC.	Melastomataceae	LC
<i>Miconia desmantha</i> Benth	Melastomataceae	LC
<i>Miconia theaezans</i> Cogn.	Melastomataceae	LC
<i>Myrcia popayanensis</i> Hier on.	Myrtaceae	LC
<i>Palicourea angustifolia</i> Kunth	Rubiaceae	LC
<i>Piper friedrichsthali</i> C.DC.	Piperaceae	LC
<i>Roupala cf. monosperma</i>	Proteaceae	LC
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Proteaceae	LC
<i>Roupala pachypoda</i> Cuatrec.	Proteaceae	LC
<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	Actinidaceae	LC
<i>Solanum asperolanatum</i> Ruiz & Pav.	Solanaceae	LC
<i>Solanum ovalifolium</i> Dun al	Solanaceae	LC
<i>Tournefortia brantii</i> J.S.Mi Il.	Boraginaceae	EN
<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze	Anacardiaceae	LC

Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Briófitas

Los musgos, las hepáticas y las antocerotas son pequeñas plantas no vasculares que constituyen el grupo de los briófitos. Este grupo de plantas se caracteriza por tener un ciclo de vida que presenta alternancia de generaciones haploides y diploides con un gametofito

dominante, además de ser las únicas plantas en tener un gametofito ramificado (Vanderpoorten, 2009).

Estos organismos cumplen funciones importantes en cada ecosistema que ocupan, su gran capacidad de almacenar agua las convierte en plantas clave en la regulación del ciclo hídrico, reteniendo grandes cantidades de agua después de una precipitación. Esto permite a los bosques liberar gradualmente agua en los cursos de agua, evitando inundaciones repentinas, erosión y deslizamientos de tierra río abajo (Hallingback, 2000); (Parolly, 2004). Otros beneficios que obtienen diferentes ecosistemas con la presencia de musgos y hepáticas es la formación, estabilización y protección de suelos. A menudo los briofitos son las primeras plantas en colonizar suelo recientemente expuesto, rocas desnudas y otras superficies abióticas (Hallingback, 2000). También ayudan a estabilizar la superficie del suelo contra la erosión del viento y el agua al unir partículas de suelo propensas a la erosión en agregados del suelo más estables (Vanderpoorten, 2009).

Las características del volcán Cerro Machín lo hacen un lugar predilecto para los briófitos, ya que los valores más altos en riqueza de especies tanto en musgos como hepáticas, se pueden encontrar en un rango altitudinal entre los 2,000 y 3,500 m s. n. m (Uribe, 2009).

Metodología

Área de estudio

El volcán Cerro Machín está localizado en la jurisdicción del Corregimiento de Toche, municipio de Ibagué, 17 km al noroeste de la capital del departamento del Tolima, 30 km al este de la ciudad de Armenia, capital del departamento del Quindío y 150 al suroeste de Bogotá, capital de la república. Tiene una altura de 2.750 m s. n. m y su cima está en las coordenadas geográficas 4° 29' N y 75° 22' W.

El clima corresponde de templado a cálido, con una temperatura media de 20 °C, una

precipitación pluviométrica anual de 1150 mm, humedad relativa promedio del 85%, las épocas secas y lluviosas fluctúan comúnmente en el transcurso del año. Se trata de una región montañosa que se caracteriza por tener relieves moderados a abruptos, cuya vegetación, según la clasificación de Holdridge, va desde un bosque muy húmedo Premontano (bmh – PM) hasta bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh – MB) (Servicio Geológico Colombiano, 2017).

Colecta y determinación de briofitos Se escogieron 8 puntos de muestreo entre los 2,000 m s. n. m., y los 2,750 m s. n. m., 4 por la cara suroriental y 4 para la noroccidental del domo principal del volcán (Tabla 1; Imagen 1). En cada uno de estos sitios se demarcó una parcela de 0.1 hectáreas dentro de la cual se realizó la colecta de briofitos en 3 tipos de sustratos: rocas, suelo y árboles mediante el uso de una plantilla de acetato de 20x20cm (Iwatzuki, 1960). Para los briófitos epifitos se muestrearon 5 árboles con un DAP >30, en un gradiente vertical de las primeras tres zonas (1, 2a y 2b) que identifica Johansson (1974) y Steege y Cornelissen (1998) para árboles. En el caso de las rocas se eligieron 5 con un diámetro mayor a 20cm por punto de muestreo y para el suelo se realizó un recorrido lineal de 50 m en el cual se ponía la plantilla de acetato cada 10 metros (metodología modificada y adaptada de Gradstein et al. (2003). Las muestras una vez colectadas fueron almacenadas en bolsas de papel con el fin de ser secadas y determinadas en el Herbario Toli con ayuda de claves taxonómicas especializadas. Para los ejemplares de hepáticas se utilizaron documentos realizados por Uribe y Aguirre (1995), Uribe y Aguirre (1997), Gradstein y Uribe (2011), Gradstein (2016a), Gradstein (2016b). En el caso de los musgos, textos como el de Calzadilla y Churchill (2014), las claves de Churchill y Linares, 1995 y las claves realizadas para el proyecto Andean Bryophytes en la página web de tropicos (s.f) fue lo más utilizado.

Tabla 28

Localización y altura de los 8 puntos de muestreo.

Parcela	Orientación	Altura (m s. n. m)	N	O
PM1	Noreste	2410	4°29'11"	75°22'54"
PM2	Noreste	2736	4°29'20,4"	75°23'2,5"
PM3	Noreste	2570	4°29'13,6"	75°22'58,3"
PM4	Suroeste	2590	4°29'15"	75°23'15"
PM5	Suroeste	2301	4°28'37,5"	75°23'33,3"
PM6	Suroeste	2138	4°28'27,5"	75°23'31,7"
PM7	Noreste	2350	4°29'51"	75°22'28"
PM8	Suroeste	2706	4°29'16,5"	75°23'6,2"

Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Figura 26

Mapa del volcán Cerro Machín con los puntos de muestreo georeferenciados.



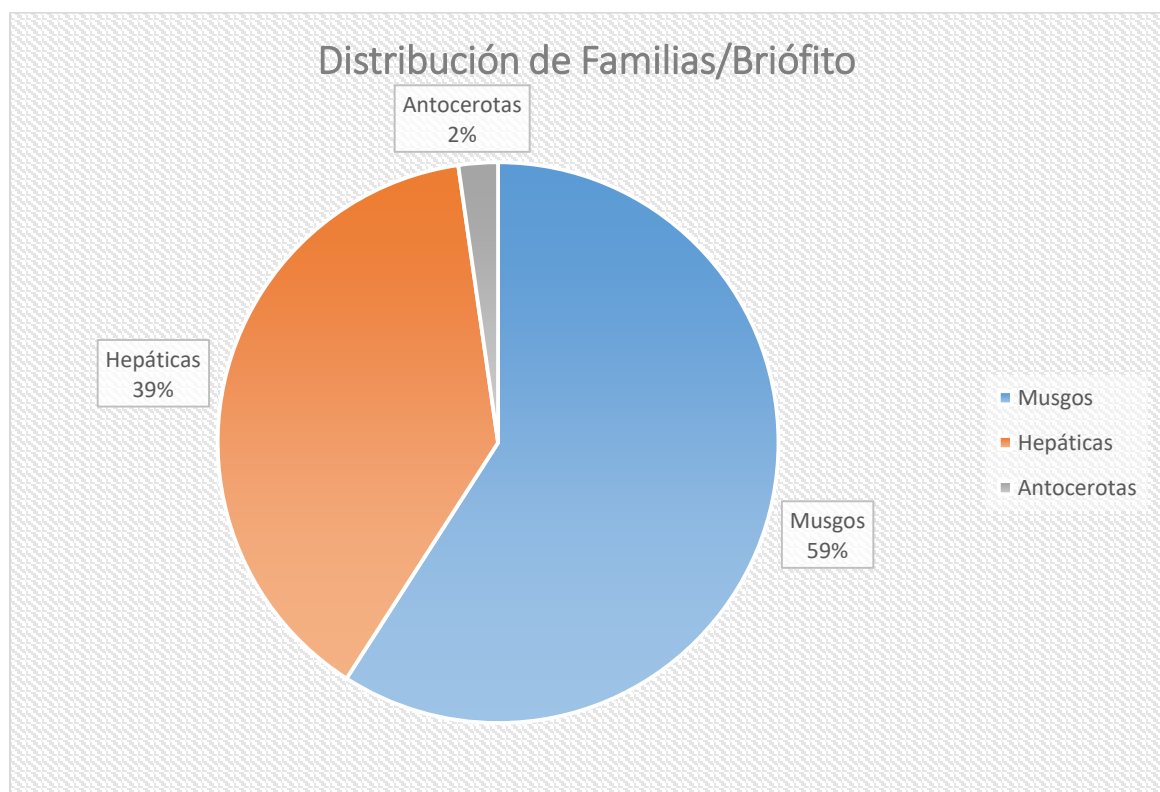
Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Resultados

Se encontraron un total de 81 especies y 70 géneros de briofitos, repartidos en 44 familias. De estos, 53 especies y 40 géneros fueron musgos, repartidos en 26 familias (59,1%), 28 especies y 29 géneros fueron hepáticas, repartidas en 17 familias (38,6%) y 1 género representó a las antocerotas, con 1 familia (2,3%).

Figura 27

Las familias más representativas fueron Brachytheciaceae con 10 géneros, seguida por Lejeuneaceae con 9 géneros y en tercer lugar las familias Frullaniace y Neckeraceae con 7 géneros cada una.



Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Análisis

De acuerdo a Guerra et al. (2020), los briofitos son efectivos bioindicadores de bosques alterados y no alterados por cuestiones microclimáticas, ya que tanto sus necesidades como su nivel de resistencia respecto a la luz, humedad y temperatura los hacen organismos sensibles ante los cambios en el lugar en el que habitan.

Algunos briófitos han sido reportados como organismos bien adaptados a las condiciones de ambientes alterados tales como bajos niveles de humedad y una alta exposición de los rayos solares (Guerra, 2020). Para los musgos, se ha reportado que *Cryphaea* es un género adaptado a desecaciones periódicas gracias a que crecen densamente para formar espacios capilares y así evitar la pérdida de agua (Rao, 2001). Por el contrario, *Porotrichodendron lindigii* y *Prionodon densus* y en general los musgos dendroides son intolerantes a periodos largos de desecación ya que no tienen un sistema muy efectivo para el transporte de agua hacia las partes superiores de las plantas (Frahm, 1991).

En el caso de las hepáticas, la presencia de modificaciones tales como los lóbulos sacciformes de gran tamaño les permiten almacenar agua en épocas de sequía (Glime, 2017), esta característica se puede ver en el género *Frullania*, especialmente en la especie *F. ericoides*, que es una de las hepáticas epífitas más tolerantes a la desecación (Gradstein, 2011).

La presencia de seis especies del género *Frullania* y de la especie *Cryphaea patens* en el punto de muestreo 6, sugiere que este es uno de los más secos y más alterados, seguido del punto de muestreo 5 ya que estos dos puntos comparten la ausencia de musgos del género *Prionodon* y por lo tanto se puede decir que son zonas con alteraciones. En contraste, el punto de muestreo 8 no presenta hepáticas de este género, pero sí registra las especies de musgos *P. densus* y *P. luteovirens*, siendo así tal vez la zona menos alterada de todas las muestreadas.

De acuerdo a Castroviejo & Ibañez (2005), las hepáticas talosas son plantas poco resistentes a la desecación, es por esto que *Metzgeria* actúa como indicador de un ambiente no alterado; esto se confirma al encontrarse en casi todos los puntos de muestreo exceptuando los puntos 5 y 6, que están alterados por la presencia de la carretera y caminos de acceso a fincas.

Figura 28

Fotografías de campo y laboratorio.



Nota. Izquierda. Arriba: *Plagiochila* sp. Derecha. Arriba: *Frullania riojaneirensis*,
Izquierda Abajo: *Cryphaea patens*. Derecha. Abajo: Determinación de las muestras
Fuente: Elaboración Propia

Los briofitos encontrados en el área, se pueden relacionar con las condiciones ambientales, los puntos de muestreo 5 y 6 son los más alterados debido a la presencia de este grupo taxonómico confirmar que es un ambiente con tendencia a sequias y mayor entrada de luz solar.

Herbáceas, epífitas y helechos

Son pocos los estudios centrados en herbáceas del bosque Andino en Colombia, esto puede deberse a la menor diversidad de este grupo vegetal en zonas de bosque ya que gran parte de ellas son heliófilas, además la mayor parte de los pastizales en la zona Andina de Colombia son originados por efecto antrópico por lo cual, estudios realizados en estas áreas no reflejan la verdadera diversidad de las zonas evaluadas y más bien muestran zonas con diversidad baja y alta dominancia de algunas especies de pastos (fam. Poaceae) principalmente. El Sistema de información Biológica de Colombia (SiB) reporta para el 2020 un total de 27.579 especies de plantas de las cuales el 93% corresponde al grupo de las Angiospermas, 0,3% a Gimnospermas y el 6,4% a Helechos (Monilophyta y Lycophyta) (Gómez, 2014). Bernal et al. (2019) reportan 18.491 especies vegetales para los Andes colombianos, de las cuales 49,25% corresponden a plantas de porte herbáceo. Los estudios recientes sobre vegetación herbácea o de porte bajo en áreas boscosas del país tienden a ser inventarios florísticos mas no estudios que evalúen su diversidad, analizándola a partir de índices de diversidad, dentro de estos se pueden destacar los estudios realizados por Sanín et. al (2014), Gonzales & López (2012), Alvear & Betancur (2010) y Fernández-Alonso (2009).

Dentro de los niveles de la biodiversidad, la diversidad taxonómica es la más utilizada para medirla, a partir de la medición de la riqueza, incluyendo especies y otras escalas taxonómicas (géneros, familias, clases, etc.). La medida de la biodiversidad se ha estudiado desde diferentes enfoques; uno de ellos es a partir de inventarios florísticos, en donde se obtiene la diversidad según su riqueza o números de especies (Diversidad alfa) contrastada por el recambio de especies (Diversidad beta). Luego, la integración del componente físico a partir de índices ecológicos que tienen en cuenta la riqueza y la diversidad específica (diversidad alfa), además del recambio de especies (Diversidad beta). Otro enfoque son los estimadores de riqueza específica que permiten observar a futuro lo que ocurre con las especies a partir de la

información de las mismas en el área. Por ende, la finalidad de este proyecto ha sido contribuir al conocimiento de la diversidad de especies herbáceas presentes en el sotobosque del área del volcán Cerro Machín, mediante su caracterización y estudio de la composición florística.

Metodología

Área De Estudio

El volcán Cerro Machín, también conocido como Alto Machín o El Hoyo, es un estratovolcán activo con un área de 13,5 Km² y diámetro de cráter de 2,4 Km. Está ubicado en el flanco oriental de la Cordillera Central de los andes colombianos perteneciente a la subzona hidrográfica del Río Totaré, a 17 Km al occidente del casco urbano de la ciudad de Ibagué del departamento de Tolima con coordenadas geográficas 4° 29' N y 75° 22' O (Figura 1.). La base del volcán se ubica a 2,000 m s. n. m mientras que su domo más alto se ubica a 2,750 m s. n. m, siendo el volcán activo con menor elevación en Colombia (Servicio Geológico Colombiano, 2017).

Se trata de una región montañosa con relieves moderados a abruptos, cuya vegetación, según las zonas de vida de Holdridge, va desde un bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM) hasta bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB). El volcán Cerro Machín posee temperatura media anual de 20°C con precipitación media anual de 1150 mm y humedad relativa del 85% (Servicio Geológico Colombiano, 2017).

Los estratovolcanes son edificios volcánicos formados por la acumulación de material piroclástico y lava almacenada, con explosividad variable, en el caso del volcán Cerro Machín posee un índice de 6 (erupción pliniana con columnas eruptivas de más de 25 Km de altura y más de 10 Km³ de volumen de material arrojado). La forma del relieve en el volcán Cerro Machín se debe a diferentes anillos piroclásticos que se interceptan; los cuales presentan alturas no mayores de 100 m sobre las rocas del basamento. En su interior se forman planicies en forma de media luna, una de ellas ocupada parcialmente, hasta hace unos 10 años, por una

laguna que en la actualidad es un humedal. En el centro del complejo anular se encuentran tres domos que alcanzan 2,750 m s. n. m en su cima, los cuales taponan el conducto volcánico debido a su última erupción hace 800 años, con depósitos de flujos piroclásticos de ceniza y pómez, ceniza y bloques, y de oleadas piroclásticas, así como depósitos provenientes de flujos de lodo (lahares). La mayor parte del volcán está irrigada por pequeños afluentes del río Toche (Coello) y el resto por la quebrada Santa Marta, afluente del río Combeima, a su vez, afluente del río Coello que tributa al río Magdalena. Presenta varios campos fumarólicos sobre los domos y fuentes termales localizadas dentro y fuera del edificio, además de sismicidad esporádica (Servicio Geológico Colombiano, 2017).

En la actualidad, el volcán Cerro Machín se considera un área de estudios vulcanológicos, también de zonas de reserva y reforestación pertenecientes a la Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA). Sin embargo, también hay predios privados con uso del suelo enfocado a la ganadería y la agricultura. Además, se considera un atractivo turístico para los pobladores de la zona.

Figura 29

Fotografía aérea del volcán Cerro Machín. Servicio Geológico Colombiano.



Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Metodología

Establecimiento De Parcelas

Se realizaron ocho parcelas temporales de 0,1 ha (Tabla x), de acuerdo con la metodología de Gentry (1987a), divididas a su vez en diez transectos de 2m x 50m, en sentido perpendicular a la pendiente (Figura x). Se censaron todos los individuos con DAP menor o igual a 2 cm, pues con esta modificación se obtiene una mejor representación del sotobosque (estrato herbáceo más cercano al suelo). Cada morfotipo fue catalogado según su hábito de crecimiento según Rodríguez et al. (2012), el cual define: Arbustos (planta leñosa con ramificaciones desde la base de la planta con DAP menor a 2 cm), subarbustos (planta subleñosa con ramificaciones desde la base de la planta y DAP menor a 2 cm), hierbas (plantas no leñosas con DAP menor a 2cm), epífitas (plantas que crecen sobre otras plantas) y plántulas (árboles en primer estadio de desarrollo luego de la germinación). Para la ubicación de las parcelas se tuvo en cuenta dos criterios: bosques no intervenidos por acción antrópica teniendo en cuenta una distancia mayor a 10 m para evitar efecto de borde y se evitaron zonas de relictos debido a que poseen un microclima característico que puede generar cambios al momento de analizar la composición florística. Además, las parcelas se establecieron en un gradiente altitudinal de 2,000 a 2,750 m s. n. m con parcelas cada 200 m (Villareal et al., 2004), también se realizó un registro fotográfico de las zonas evaluadas.

Asimismo, se realizaron recorridos al interior del bosque y en áreas boscosas alejadas de los caminos, donde se recolectaron ejemplares fértiles (con presencia de flores, frutos o soros) (Sanín, Sierra-Giraldo, & Posada H., 2014).

Tabla 29

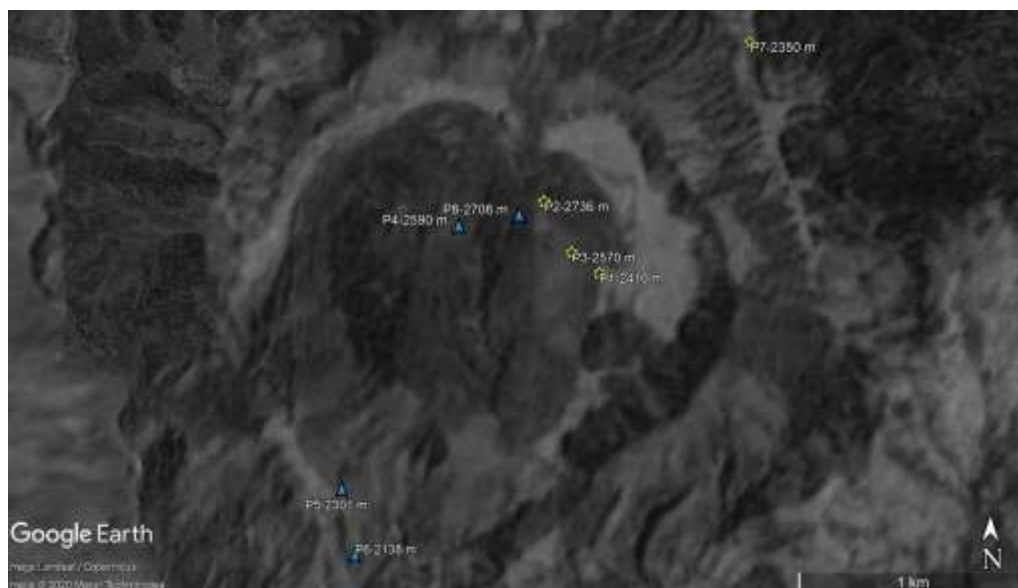
Ubicación de las parcelas realizadas.

Muestreo	Orientación	Altura	N	O	Fecha
P1	Noreste	2410	4°29'11"	75°22'54"	1/FEB/19
P2	Noreste	2736	4°29'20,4"	75°23'2,5"	16/ABR/19
P3	Noreste	2570	4°29'13,6"	75°23'2,5"	7/MAR/19
P4	Suroeste	2590	4°29'15"	75°23'15"	8-9/MAR/19
P5	Suroeste	2301	4°28'37,5"	75°23'33,3"	7-8/OCT/19
P6	Suroeste	2138	4°28'27,5"	75°23'31,7"	7-8/MAR/20
P7	Noreste	2350	4°29'51"	75°22'28"	9/MAR/20
P8	Suroeste	2706	4°29'16,5"	75°23'6,2"	7-8/MAR/20

Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Figura 30

Imagen satelital Landsat del volcán Cerro Machín con la ubicación de las parcelas.



Nota. Realizado con Google Earth Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Determinación Taxonómica

El material vegetal se colectó según la metodología de Bowles (2004), en donde se recogieron dos individuos por cada morfotipo, aplicando alcohol al 90% para evitar la proliferación de hongos y bacterias que afecten la morfología de los individuos. Las plantas vasculares pequeñas se recolectaron completas, además de raíces y tallos rastreros o subterráneos. Los ejemplares considerados como herbácea de gran tamaño, incluyeron hojas de la base, tallo suficiente como para mostrar la variación en sus hojas, así como material en floración y fructificación. Si era necesario, las partes pequeñas como las semillas se guardaron en bolsas pequeñas de papel dentro del folder de periódico. Para minimizar el daño a los ejemplares, las ramas se cortaron con una podadora (Bowles, 2004; Frank & Perkins, 2004). A cada ejemplar recolectado se le asignó un número de colecta escrito claramente sobre la parte externa del pliego de periódico, anotando los datos ambientales en el cuaderno de campo. Cuando hubo suficiente material disponible, se prensaron al menos tres ejemplares, ya que la flora de la región es poco conocida (Frank & Perkins, 2004). Igualmente, se tomó fotografía de los individuos para tener la imagen del morfotipo in vivo y facilitar la identificación (ver Anexos). Los individuos fueron secados en horno y montados para el almacenamiento en el Herbario TOLI de la Universidad del Tolima.

La identificación de los morfotipos se realizó a partir de claves taxonómicas y catálogos como Gentry (1996), Esquivel (2015) para Asteraceae, Mendoza et al. (2004), Murillo-Pulido et al. (2008), Mendoza & Ramírez (2001), incluyendo bibliografía como Rodríguez (2002) y Alzate et al. (2012). Además, se tuvo en cuenta el Sistema de Clasificación APG IV (Stevens, 2016).

Representatividad de Muestreo

La forma más eficiente para determinar la representación del muestreo es por medio de curvas de acumulación de especies, para lo cual se contó con EstimateS 9.0 (Colwell, 2013), se utilizó la información de estimadores no paramétricos (ACE, ICE, CHAO 1, CHAO 2, JACKKNIFE 1, JACKKNIFE 2 y Bootstrap) para conocer qué porcentaje de las especies esperadas hemos colectado en el muestreo y así definir si la información generada pueda ser utilizada para realizar análisis de similitud o complementariedad, además, Singletons y Doubletons (especies que sólo cuentan con uno o dos individuos respectivamente en todo el inventario) reflejan información del muestreo. Si las curvas nos indican que obtuvimos más del 85% de las especies esperadas en un sitio de muestreo, es posible realizar este tipo de análisis.

Análisis de Diversidad Alfa y Beta

La diversidad alfa se analizó con números efectivos según Jost (2006), a partir de las abundancias relativas de las especies donde (a.) Número 0 o Riqueza total (b.) es el exponencial del índice de Shannon-Wiener y (c.) es el inverso del índice de Simpson. Donde p_i es la abundancia proporcional de la i -ésima especie y S el número de especies., siendo un indicador que determina cuántas especies son consideradas en la muestra analizada, dependiendo de su nivel de rareza (Hill, 1973).

$$\text{a. } \sum_{i=1}^S p_i^0 \quad \text{b. } \exp \left(-\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \right) \quad \text{c. } 1 / \sum_{i=1}^S p_i^2$$

La diversidad de orden cero ($q=0$) es completamente insensible a las abundancias de las especies; por lo tanto, el valor obtenido equivale simplemente a la riqueza de especies. Los valores de $q < 1$ sobrevaloran las especies raras; cuando $q=1$, todas las especies son incluidas con un peso exactamente proporcional a su abundancia en la comunidad; los valores de $q > 1$, toman más en cuenta las especies comunes (Hill, 1973).

Con el fin de conocer el grado de diferenciación de la diversidad entre sitios, se calculó el índice de Sorensen (1948), muy utilizado porque permite el análisis entre comunidades relacionando el número de especies compartidas con la media aritmética de las especies en ambos sitios.

$$I_s = 2c/(a+b)$$

Donde a es el número de especies encontradas en la comunidad A, b es el número de especies de la comunidad B y c es el número de especies comunes entre A y B.

Adicionalmente se calculó el índice de Morisita-Horn modificado por Wolda (1983) analizando las comunidades a partir de la riqueza y el tamaño de la muestra, pero evitando su propiedad sensible a la abundancia de especies. Lo anterior se realizó usando el software PAST 2.0 (Hammer, 2001).

$$C_{MH} = \frac{2\sum(an_i \times bn_j)}{(da + db)aN \times bN}$$

Teniendo en cuenta la anterior fórmula, en donde aN es el número total de individuos en el sitio A, bN es el número total de individuos en el sitio B, ani es el número de individuos de la i-ésima especie en el sitio A, bnj número de individuos de la j-ésima especie en el sitio B, da es la sumatoria de la división entre ani2 y aNa2, y db como la sumatoria de la división entre bni2 y bNb2.

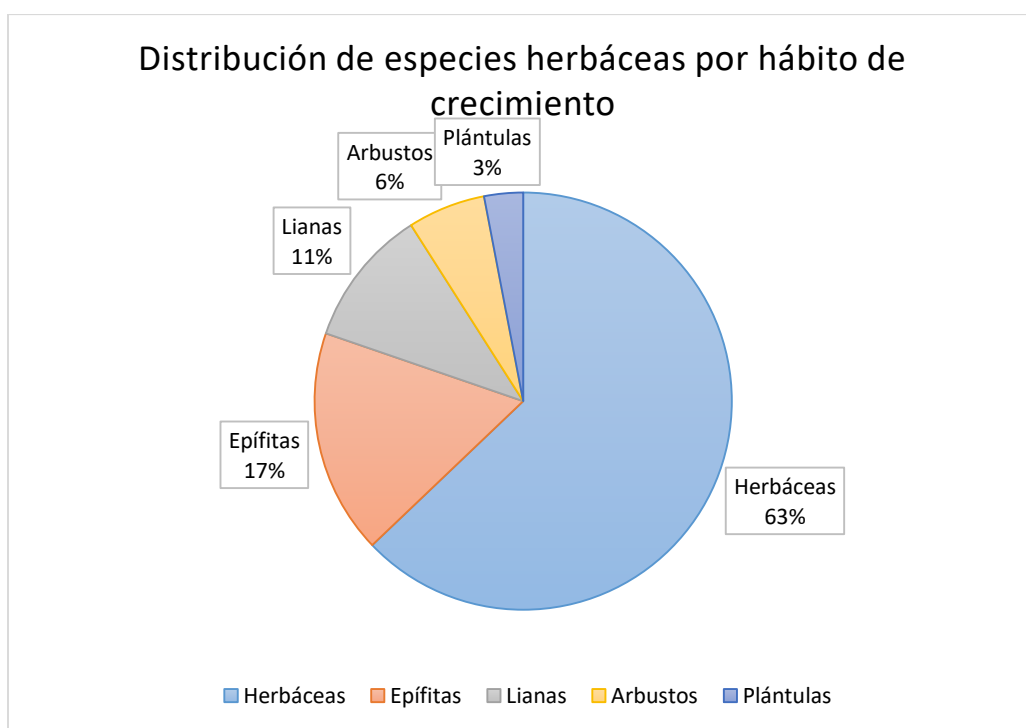
Resultados

Se recolectaron un total de 308 morfotipos de los cuales 246 fueron determinados hasta nivel de especie, 39 a género y 23 hasta familia. 173 especies son dicotiledóneas (56,17%), 93 son monocotiledóneas (30,19%) y 42 pertenecen al grupo de los helechos (13,64%). La familia con mayor número de especies fue Asteraceae o Compositae con 38 especies seguida por Orchidaceae con 35 especies y 33 familias solo presentan una especie (Figura 31). La parcela con mayor número de especies fue P5 ubicada a 2301 m s. n. m en orientación SO (90

especies) seguida por P7 ubicada a 2350 m s. n. m en orientación NE (78 especies), siendo P4 ubicada a 2590 m s. n. m en orientación SO la de menor número de especies (41). Del total de especies, 199 no se repitieron en más de una parcela y la especie *Galium hypocarpium* (L.) Endl. ex Griseb., estuvo presente en siete de las ocho parceladas realizadas. En cuanto a su hábito de crecimiento (Anexo. 2), las herbáceas tuvieron el mayor número de especies (188), seguido por las epífitas (52 especies), luego las lianas (32 especies), arbustos (18 especies), y finalmente las plántulas tuvieron el menor número de especies con solo nueve especies presentes en todas las parcelas.

Figura 31

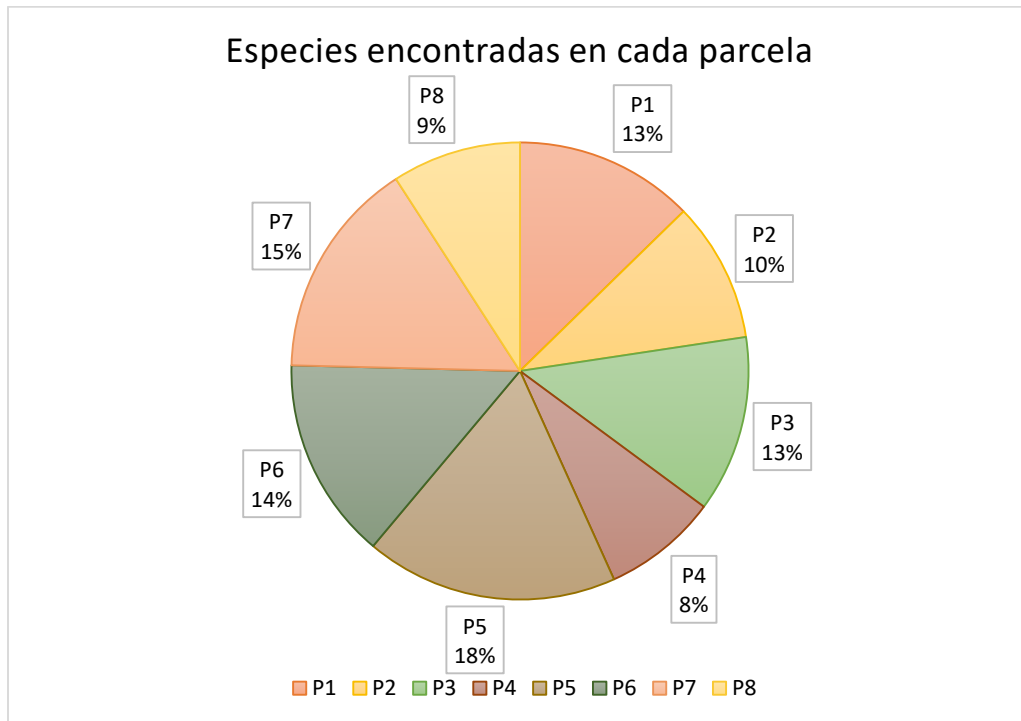
Distribución de las especies de herbáceas según su hábito de crecimiento.



Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Figura 32

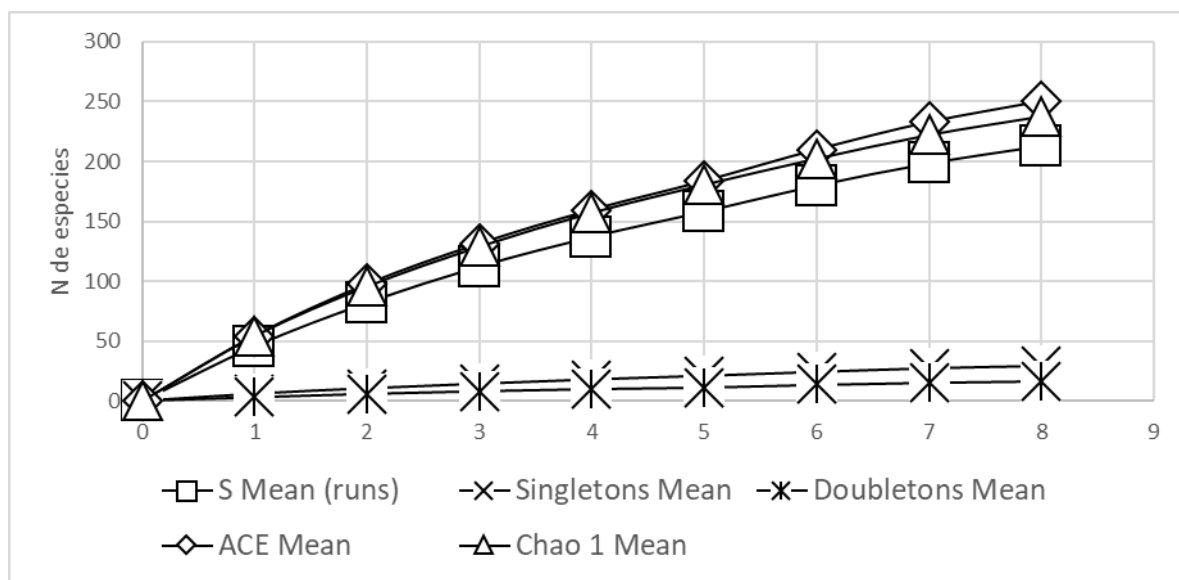
Porcentaje de especies encontradas en cada parcela.



Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Figura 33

Curva de acumulación de especies para los especímenes encontrados.



Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Para los análisis con curvas de acumulación y números efectivos, se tuvieron en cuenta únicamente las especies de hábito herbáceo, subarbustos y plántulas. Por lo anterior, se realizaron curvas de acumulación para 213 especies de las ocho parcelas evaluadas utilizando siete estimadores no paramétricos, singletons y doubletons (Figura 33). El muestreo fue significativo (mayor a 85%) para los estimadores ACE y CHAO1 con 85,13% y 89,59%, respectivamente. Bootstrap tuvo un porcentaje de 80,47%, seguido por JACKKNIFE1 con 64,16%, CHAO2 con 54,22%, JACKKNIFE2 con 52,58% y finalmente el menor valor fue para ICE con 44,36%. Los Singletons tuvieron un rango entre 2 y 5 especies en las parcelas realizadas mientras que los Doubletons tuvieron un rango entre 2 y 17 especies, ningún estimador logró alcanzar la asíntota en su curva.

Tabla 30

Números de Hill para cada parcela realizada.

Parcela	Números de Hill		
	N0	N1	N2
P1	35	14,2549523	10,2135874
P2	35	15,6699934	10,0300441
P3	48	23,0538378	15,2950677
P4	21	14,1144708	11,986098
P5	74	22,4182979	16,0030733
P6	56	15,2104431	7,32084205
P7	51	9,60729339	5,33256332
P8	30	16,5973858	11,7001336

Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

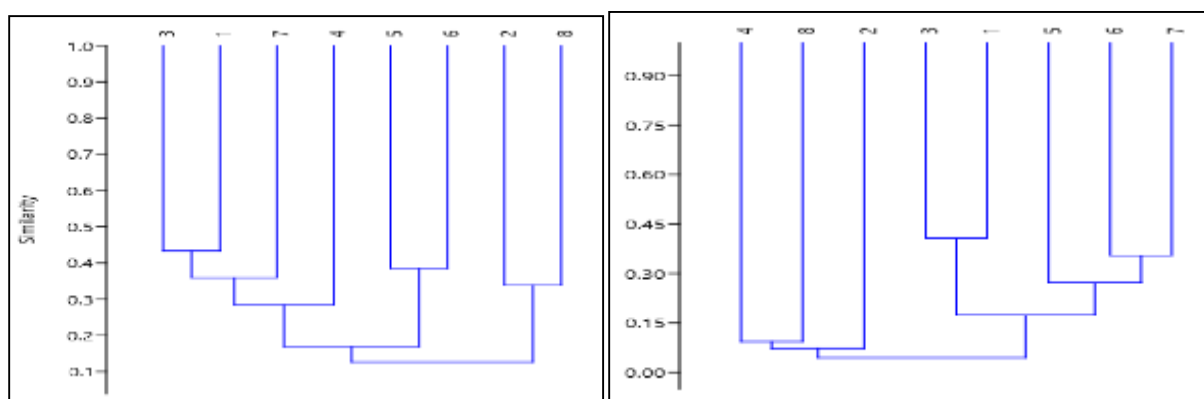
En cuanto a Diversidad alfa la parcela P5 ubicada a 2,301 m s. n. m., en orientación SO mostró un mayor N0 (Riqueza) con 74 especies, seguida por P6 ubicada a 2,138 m s. n. m., en orientación SO con 56 especies y P7 ubicada a 2,350 m s. n. m en orientación NE con 51 especies, mientras que P8 a 2,706 m s. n. m en orientación SO mostró menor N0 con 30 especies. La parcela P3 a 2,570 m s. n. m en orientación NE mostró mayor N1 (exponencial de Shannon) con 23,05 especies efectivas seguida por P5 con 22,41 especies efectivas y P8 con 16,59 especies efectivas, siendo P7 el de menor N1 con 9,60 especies efectivas. La parcela P5 mostró mayor N2 (inverso del índice de Simpson) con 16 especies efectivas seguida por P3 con 15,29 especies efectivas y P8 con 11,70 especies efectivas, siendo P7 el de menor N2 con 5,33 especies efectivas (Tabla 30).

Para la diversidad beta se obtuvieron dos valores de similitud, según Sorensen y Morisita-Horn (Figura 34). Para el índice de Sorensen, los valores más altos de similaridad fueron entre las parcelas P1 a 2410 m s. n. m en orientación NE con 35 especies y P3 a 2570 m s. n. m en orientación NE con 48 especies (0,4337), seguido por las parcelas P1 y P7 a 2350

m s. n. m en orientación NE con 51 especies (0,3953), finalmente las parcelas P5 a 2,301 m s. n. m en orientación SO con 74 especies y P6 a 2138 m s. n. m en orientación SO con 56 especies (0,3846). El valor más bajo de similitud según índice de Sorensen fue entre las parcelas P6 y P8 a 2706 m s. n. m en orientación SO con 30 especies y un valor de 0,0465. En cuanto al índice de Morisita-Horn, el valor más alto fue entre las parcelas P1 y P3 (0,4069), seguido por las parcelas P6 y P7 (0,3542), finalmente las parcelas P5 y P7 (0,3303). El valor más bajo de similitud según Índice de Morisita-Horn fue entre las parcelas P5 y P8 con 0,0006.

Figura 34

Gráfico de similitud según el índice de Sorensen.



Nota. (izquierda) y el índice de Morisita-Horn modificado por Wolda (derecha) para las parcelas evaluadas Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas.

Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Discusión de los Resultados

Las familias encontradas en este trabajo, como Melastomataceae, Araliaceae y Chloranthaceae se definen como típicas de ecosistemas boscosos (Gentry, 1995a; Rangel, 1995), además se confirma la familia Compositae como la de mayor riqueza en ecosistemas Andinos. Sin embargo, hay variación teniendo en cuenta la riqueza de las demás familias en diferentes bosques, por ejemplo, González & López (2012) reportan que en el bosque húmedo

Montano Bajo, las familias con mayor riqueza son Compositae, Fabaceae, Solanaceae y Poaceae, en este trabajo, las familias con mayor riqueza son Compositae, Orchidaceae, Poaceae y Piperaceae. Este cambio en la composición puede deberse a que se tuvo en cuenta las epífitas en este estudio. Teniendo en cuenta lo anterior, en este trabajo las familias de dicotiledóneas con mayor riqueza fueron Compositae, Piperaceae y Solanaceae, y de monocotiledóneas fueron Orchidaceae, Poaceae y Cyperaceae. En bosques Andinos del departamento de Antioquia entre 2,500 m s. n. m y 2,680 m s. n. m, las familias de fanerógamas con mayor riqueza son Orchidaceae, Asteraceae, Rubiaceae, Melastomataceae y Piperaceae, y de helechos son Dryopteridaceae, Polypodiaceae y Blechnaceae, en el volcán Cerro Machín las familias de helechos con mayor número de especies son Polypodiaceae, Dryopteridaceae y Pteridaceae.

En bosques Andinos surorientales de Yanacocha (Perú), Ramos & Suimer (2012) reportan entre 2,900 y 5,235 m s. n. m, especies como *Adiantum raddianum* C. Presl, *Blechnum occidentale* L., *Niphidium crassifolium* (L.) Lellinger, *Equisetum bogotense* Kunth y *Lycopodium clavatum* L. Para Colombia, el Instituto Alexander von Humboldt (2015) reporta especies de diferentes bosques de Colombia entre 3,120 m s. n. m y 3,360 m s. n. m que también estuvieron presentes en el volcán Cerro Machín, especies como: *Tillandsia compacta* Griseb., *Chusquea scandens* Kunth, *Miconia* spp. y *Stelis* spp. Además, en el catálogo vascular del Santuario de Flora y Fauna de Iguaque en el departamento de Boyacá ubicado entre 2,100 m s. n. m y 3,890 m s. n. m, Mendoza-Cifuentes (2017) reporta un total de 50 especies que también están presentes en el volcán Cerro Machín, de las cuales, ocho pertenecen a bosques de Roble o robledales, 12 al interior de bosque, 21 en zonas abiertas, 13 a matorrales, nueve a borde de caminos, tres a borde de quebradas (*Austroeupatorium inulaefolium* (Kunth) R.M.King & H.Rob., *Chusquea scandens* Kunth, *Monnina aestuans* (L.f.) DC.), tres a subpáramo (*Galium hypocarpium* (L.) Endl. ex Griseb., *Nertera granadensis* (Mutis ex L.f.) Druce, *Tillandsia*

complanata Benth.), tres en pastizales (*Cuphea racemosa* (L.f.) Spreng., *Stachys bogotensis* Kunth, *Trifolium repens* L.) y una a árboles aislados (*Tillandsia usneoides* (L.) L.).

Nueve de las cincuenta especies que comparten las dos zonas, están fuera del rango altitudinal estudiado, y solo cinco especies (*Anthoxanthum odoratum* L., *Axonopus compressus* (Sw.) P. Beauv., *Melinis minutiflora* P. Beauv., *Persicaria nepalensis* (Meisn.) Miyabe, *Trifolium repens* L.) son Introducidas, las demás son nativas. Bernal et al. (2011) analiza diferentes especies para la conservación vegetal en Colombia que también fueron halladas en el volcán Cerro Machín, tales como *Besleria solanoides* Kunth, *Columnnea dimidiata* (Benth.) Kuntze y *Stachys bogotensis* Kunth siendo especies exclusivas de Colombia, *Equisetum bogotense* Kunth, *Bidens pilosa* L y *Phyllanthus niruri* L. como especies del Neotrópico presentes en Colombia y a *Plantago major* L. como una especie introducida naturalizada. Barriga et al. (2016) reportan 10 géneros de un bosque alto Andino colombiano ubicado en la franja de 2,810-2,959 m s. n. m, también presentes en este estudio entre las que destacan, *Hymenophyllum* spp., *Elaphoglossum* spp., *Guzmania* spp., *Tillandsia* spp., *Epidendrum* spp., *Lepanthes* spp., y *Stelis* spp., debido a su alto grado de epifitismo. El alto número de epífitas registradas refleja un alto estado de conservación (Zots & Andrade 2002).

La distribución altitudinal para los Géneros, *Galium* spp., *Mannetia* spp., *Mitracarpus* spp., *Nertera* spp., *Palicourea* spp., *Psychotria* spp. y *Spermacoce* spp., todas de la familia Rubiaceae están presentes en el rango altitudinal reportado por Mendoza et al. (2004), y presentes en el Volcán Cerro Machín, excepto por *Gonzalagunia* spp. Así mismo, Avella (2016) reporta en bosques del Norte de la vertiente Occidental de la Cordillera Central a *Palicourea angustifolia* Kunth y *Dicksonia sellowiana* Hook en un rango de 2,550-3,415 m s. n. m. Lo mismo ocurre con el género *Clidemia* spp. (Melastomataceae), el cual posee un rango de 0 m s. n. m a 2,500 m s. n. m (Mendoza & Ramirez, 2006), sin embargo, en este trabajo fue encontrada la especie *Clidemia sericea* D. Don en la parcela P2 a 2,736 m s. n. m., en

orientación NE y P8 a 2,706 m s. n. m en orientación SO, por ende, posee un rango de distribución más amplio. Con respecto a los helechos, *Dicranopteris pectinata* (Willd.) Underw. también estuvo presente en P2, según Cetzal-Ix (2013), esta especie solo llega hasta los 1,700 m s. n. m. Además, Ocampo (2007) consideran a *Passiflora bogotensis* Benth. como una especie endémica de la Cordillera central entre el rango de 2,000 m s. n. m a 3,700 m s. n. m. En diferentes bosques de niebla de Colombia en los departamentos de Chocó, Cundinamarca, Quindío, Cauca, Antioquia, La Guajira, Santander, Nariño y Tolima se comparte con el volcán Cerro Machín un total de 65 especies (Forero & Gentry, 1989; Ramírez-Hernandez et al., 2001; Croat, 1992; Sudgen & Robins, 1979; Mendoza & Ramirez, 2001; Gonzalez & Jarvis s.f.; Carrizosa, 1991; Diazgranados, 1999; Girón, 2001; Esquivel & Nieto, 2003; Ospina-Bautista et al., 2004; Galindo-T et al., 2003; Lutey & Silva, 1999; Sudgen, 1982).

Sin embargo, también hay especies encontradas en la zona como exclusivas de bosque alto Andino, como *Histiopteris incisa* (Thunb.) J. Sm. y *Plantago australis* Lam. registradas entre 3,000 m s. n. m y 3800 m s. n. m (Fundación Pangea, 2007). También se encontraron especies pertenecientes a subpáramo, como *Uncinia hamata* (Sw.) Urb., *Munnozia senecionidis* Benth., *Bomarea setacea* (Ruiz & Pav.) Herb, *Anthoxanthum odoratum* L., *Galium hypocarpium* (L.) Endl. ex y *Nertera granadensis* (Mutis ex L.f.) Druce, (Caranqui & Suarez 2016; Fajardo & Yenedith, 2013). Son frecuentes *Hedyosmum bonplandianum* Kunth y *Miconia theaezans* Cogn. presentes en bosques subandinos nativos (Rodriguez-Lombana et al., 2018). Se considera a la Cordillera Central como la zona con mayor riqueza de helechos y aráceas, aunque también con la mayor alteración antrópica entre las tres cordilleras (Croat, 1992; Galeano, 1992; Murillo-Pulido et al., 2008; Sanín et al., 2008). Sierra-Giraldo & Sanín (2014) y Sierra Giraldo et al. (2019) reportan a *Anthurium myosuroides* (Kunth) Endl. y *Anthurium formosum* Schott presentes en bosques premontanos.

En la zona de las fumarolas del volcán, la presencia de especies como *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf, un pasto introducido desde África y naturalizado en regiones tropicales (CABI, 2016a), considerado por PIER (2001) como transformadora de sabanas con fuerte resistencia a procesos de restauración del bosque. Otra especie con gran abundancia dentro de las zonas de fumarolas es la orquídea *Epidendrum melinanthum* Schltr, la cual es una especie común en las franjas de matorrales subxerófiticos en el piedemonte Andino (Reina-Rodriguez & Otero, 2011) a 1,100 m s. n. m, además es común encontrarla en taludes y bordes de carretera entre el corregimiento de Coello (municipio de Ibagué) y Cajamarca entre 1,200 y 1,700 m s. n. m., en área de influencia del volcán Machín. *Epidendrum melinanthum* Schltr es una especie común en ecosistemas intervenidos (Gentry & Dodson, 1987b) con distribución altitudinal de 1,100 a 1,300 m s. n. m (Reina-Rodriguez & Otero, 2011) y endémica de Colombia (Castellanos-Castro & Torres-Morales, 2018). Lo anterior muestra que las fumarolas tienen especies en común con Bosques secos de baja distribución altitudinal, ampliando su distribución hasta los 2,700 m s. n. m, fenómeno que tiene su explicación por el calentamiento del suelo en este sector de las fumarolas.

CENGICAÑA (2013) reporta que *Cyperus odoratus* L. se presenta en suelos húmedos con baja luminosidad; *Ageratum conyzoides* (L.) L. en zonas de sucesión por potrerización, *Sida rhombifolia* L. en suelos cultivados y húmedos, *Euphorbia heterophylla* L. en sitios abiertos con suelos húmedos, *Desmodium tortuosum* (Sw.) DC. en bordes de camino y *Phyllanthus niruri* L. en suelos húmedos y sitios con baja luminosidad. Junto a las especies anteriores, Mickel & Smith (2004) consideran a *Blechnum polypodioides* Raddi como una especie presente en lugares abiertos. Aunque Jimenez (2011) determinó a las especies del Género *Kohleria* spp. como plantas de lugares abiertos, en el volcán Cerro Machín las especies están en parcelas de zonas abiertas, bordes de camino y al interior del bosque. Valois -Cuesta & Martinez-Ruiz (2017) concluyen que los géneros *Cyperus* spp., *Rhynchospora* spp. y las especies

Lycopodiella cernua (L.) Pic. Serm., *Spermacoce alata* Aubl. y *Scleria gaertneri* Raddi están en procesos de sucesión temprana del bosque. Además, *Phytolacca rugosa* A. Braun & C.D.Bouché y *Chusquea scandens* Kunth están presentes en bosques de restauración (Mendoza-Cifuentes, 2017).

Una característica del bosque premontano y Montano bajo o bosque Andino es su alto número de especies, como se observa en este trabajo, debido a su confluencia de elementos tropicales y montanos (Franco & Betancur, 1997; Gentry, 1995b; Rangel & Velazquez, 1997). *Nertera granadensis* (Mutis ex L.f.) Druce se encuentra en lugares húmedos y *Spermacoce* spp. en zonas abiertas y bordes de caminos. Mondragón & García (2011) concluyen que las especies de los géneros *Asplenium* spp., *Hymenophyllum* spp. y *Polypodium* spp. predominan en el sotobosque y junto a *Nephrolepis* spp. *Pleopeltis* spp. y *Thelypteris* spp. son típicas en ambientes boscosos, húmedos y sombríos (Jorgensen, 2005), siendo *Asplenium* spp. y *Polypodium* spp. colonizadoras de áreas de suelos volcánicos, lo cual se confirma en el presente estudio, al ser registradas en las áreas abiertas de las caras de este cerro volcánico.

Las especies *Oxalis corniculata* L., *Sonchus oleraceus* L., *Erigeron bonariensis* L., *Ageratum conyzoides* (L.) L., *Ageratum houstonianum* Mill., *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler, *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf, *Ipomoea purpurea* (L.) Roth, *Melinis minutiflora* P. Beauv., *Plantago major* L., *Ricinus communis* L. y *Triumfetta bogotensis* DC. se consideran arvenses competitivas (CABI, 2016b; PIER, 2007; Corpoica, 1995; Oviedo-Prieto & Gonzalez-Oliva, 2015). Aguirre & Aguirre (2010) reportan a *Bidens pilosa* L., *Cavendishia bracteata* (Ruiz & Pav. ex J. St. Hil.) Hoerold, *Rumex crispus* L. y *Sida rhombifolia* L. como indicadoras de suelos ácidos; *Pennisetum purpureum* Schumach. y *Trifolium repens* L. como indicadoras de suelos salinos y a *Lycopodium clavatum* L. como indicadora de clima frío. Alemán (2015) nombra a *Bidens pilosa* L. como una especie que crece en zonas abiertas entre 0 m s. n. m., y 2,500 m s. n. m., *Blechnum occidentale* L. indicadora de zonas muy húmedas y sombrías y *Browallia*

americana L. como arvense presente en pastizales, por ende, fue normal encontrar esta última en la parcela P6 a 2,138 m s. n. m., en orientación SO ya que la zona fue usada para cultivo y se encuentra en proceso de sucesión temprana.

Hyparrhenia rufa (Nees) Stapf es indicadora de suelos pobres y topografía variable (Peters et al., 2010), *Austroeupatorium inulaefolium* (Kunth) R. M. King & H. Rob. como arvense en potreros, *Ageratum conyzoides* (L.) L., *Bidens pilosa* L., *Phyllanthus niruri* L., *Cuphea racemosa* (L.f.) Spreng., *Arenaria lanuginosa* (Michx.) Rohrb., *Erechtites valerianifolia* (Link ex Wolf) Less. ex DC., *Oxypetalum cordifolium* (Vent.) Schltr., *Pseudechinolaena polystachya* (Humb., Bonpl. & Kunth) Stapf, *Browallia americana* L. y *Triumfetta bogotensis* DC. como arvenses en cafetales (Espinal, 1985).

En cuanto a la representatividad de muestreo, los estimadores no paramétricos más utilizados para la evaluación de métodos en especies herbáceas han sido ICE y CHAO2 (Carvajal et al., 2014; Muñoz, 2017; Torrejano et al., s.f.), lo anterior se debe a que son estimadores basados en presencia/ausencia de especies que tienen en cuenta las especies raras, únicas y duplicadas, haciendo que dichos estimadores sea insensibles al tamaño de muestra, generando un sesgo bajo (Colwell, 2009; López-G & Williams-L, 2006). Lo anterior se debe a que los estudios en herbáceas integran muchos hábitos de crecimiento (hierbas terrestres, lianas, bejucos, hemiepfitas, etc.), lo que disminuye la probabilidad de obtener una asíntota en las curvas, ya que las metodologías de muestreo son diferentes para cada hábito (Vásquez-Vélez et al., 2013). Debido a lo anterior, la bibliografía recomienda el uso de CHAO2 para estudios de herbáceas (Pauta, 2016). Sin embargo, en este estudio los estimadores ACE y CHAO1 fueron los que alcanzaron el porcentaje de especies esperadas, son estimadores que requieren un alto número de individuos para lograr la asíntota, por ende, son pocos los trabajos que llegan a lograr la asíntota en las curvas.

Los números de Hill en las parcelas realizadas mantienen una tendencia general según la riqueza de cada parcela, es decir, el aumento de número de especies conforme aumenta el número de individuos. Así pues, la parcela P5 a 2301 m s. n. m., en orientación SO posee los mayores valores, es una zona de borde de camino, lo que permite el crecimiento de especies de zonas abiertas y de bosque. La parcela P6 a 2,138 m s. n. m., en orientación SO y P7 a 2,350 m s. n. m en orientación NE se realizaron en un predio de Cortolima denominado La Primavera, un área de sucesión secundaria donde anteriormente era zona de cultivo, actualmente es un sector de arbustos y gran número de herbáceas. Las parcelas P1 a 2,410 m s. n. m., en orientación NE, P2 a 2,736 m s. n. m., en orientación NE, P4 a 2,590 m s. n. m., en orientación SO y P8 a 2,706 m s. n. m en orientación SO se realizaron dentro del bosque, al ser zonas con alto número de árboles de gran porte disminuye la luminosidad y aumenta la hojarasca, disminuyendo a su vez la distribución de herbáceas en la zona. La parcela P3 a 2,570 m s. n. m en orientación NE realizada dentro del bosque posee un mayor número de especies que las otras parcelas levantadas en el interior del bosque, sin embargo, es una zona de alta pendiente permitiendo una mayor luminosidad lo cual facilita, el crecimiento de un mayor número de herbáceas.

Sin embargo, el inverso del índice de Simpson (N2) que se define por las especies abundantes, muestran en general que las parcelas realizadas al interior del bosque poseen una alta influencia de la abundancia, mientras que las otras parcelas muestran gran influencia a la riqueza. En la parcela P3 se puede observar un mayor número exponencial de Shannon (N1) con relación a las parcelas con mayor riqueza (N0) tales como P5, P6 y P7, aunque posee un menor número de especies e individuos lo que hace que la abundancia influya en los números de Hill de la parcela P3.

En cuanto a la diversidad beta, las parcelas P1 y P3 poseen el mayor índice de similitud para Sorensen y Morisita-Horn (0,4337 y 0,4069 respectivamente), mostrando que hay una alta

diversidad beta en todas las zonas. Al observar la Figura x, podemos apreciar en la gráfica de similaridad para Sorensen tres agrupamientos, el primero formado por las parcelas P2 y P8, el segundo por P5 y P6 y el tercero por P3, P1, P7y P4. Lo anterior muestra una clara relación por el tipo de bosque, donde el primer agrupamiento corresponde a la zona de las fumarolas del volcán, el segundo por las zonas abiertas y el tercero por el interior del bosque.

Ahora bien, para el gráfico de similaridad de Morisita-Horn, al igual que Sorensen, se forman tres agrupamientos, sin embargo, posee un comportamiento diferente, el primer agrupamiento se compone por P4, P8 y P2, el segundo por P3 y P1 y el tercero por P5, P6 y P7. Lo anterior forma una correlación a la altitud del volcán, donde el primer agrupamiento corresponde a la cumbre del Cerro entre 2,590 m s. n. m., y 2,736 m s. n. m., el segundo a la cara Nororiental del Cerro entre 2,410 m s. n. m., y 2,570 m s. n. m., y el tercero a la zona externa al Cerro entre 2,138 m s. n. m., y 2,350 m s. n. m., Cabezas (2016) concluye que tanto el gradiente altitudinal como el tipo de bosque afectan directamente la similaridad, además que las abundancias de cada parcela, aumenta la heterogeneidad de las mismas. La alta heterogeneidad de las parcelas es un patrón común en los bosques tropicales, ya que, al no haber cambios ambientales marcados y diferencias topográficas en comparación a bosques templados, permiten el crecimiento de las especies (Halffter & Moreno, 2005; Condit, 2002). Además, otros autores afirman que el aumento de riqueza y disminución de dominancia de especies, libera recursos para especies menos competitivas aumentando la diversidad beta (Denslow, 1985; White & Pickett, 1985; Tilman & Pacala, 1993). Vásquez & Givnish (1998) indican que la diversidad beta en bosque tropicales es muy alta debido a la distribución agrupada de las especies, provocando una mayor distancia de similitud en las localidades o parcelas.

Metodología

Área de estudio

El volcán Cerro Machín, también conocido como Alto Machín o El Hoyo, es un estratovolcán activo con un área de 13,5 Km² y diámetro de cráter de 2,4 Km. Está ubicado en el flanco oriental de la Cordillera Central de los andes colombianos perteneciente a la subzona hidrográfica del Río Totare, a 17 Km al occidente del casco urbano de la ciudad de Ibagué del departamento de Tolima con coordenadas geográficas 4° 29' N y 75° 22' O (Figura x.). La base del volcán se ubica a 2,000 m s. n. m mientras que su domo más alto se ubica a 2,750 m s. n. m, siendo el volcán activo con menor elevación en Colombia (Servicio Geológico Colombiano, 2017).

Se trata de una región montañosa con relieves moderados a abruptos, cuya vegetación, según las zonas de vida de Holdridge, va desde un bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM) hasta bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB). El volcán Cerro Machín posee temperatura media anual de 20°C con precipitación media anual de 1150 mm y humedad relativa del 85% (Servicio Geológico Colombiano, 2017).

Los estratovolcanes son edificios volcánicos formados por la acumulación de material piroclástico y lava almacenada, con explosividad variable, en el caso del volcán Cerro Machín posee un índice de 6 (erupción pliniana con columnas eruptivas de más de 25 Km de altura y más de 10 Km³ de volumen de material arrojado). La forma del relieve en el volcán Cerro Machín se debe a diferentes anillos piroclásticos que se interceptan; los cuales presentan alturas no mayores de 100 m sobre las rocas del basamento. En su interior se forman planicies en forma de media luna, una de ellas ocupada parcialmente, hasta hace unos 10 años, por una laguna que en la actualidad es un humedal. En el centro del complejo anular se encuentran tres domos que alcanzan 2,750 m s. n. m en su cima, los cuales taponan el conducto volcánico debido a su última erupción hace 800 años, con depósitos de flujos piroclásticos de ceniza y pómez, ceniza y bloques, y de oleadas piroclásticas, así como depósitos provenientes de flujos de lodo (lahares). La mayor parte del volcán está irrigada por pequeños afluentes del río Toche

(Coello) y el resto por la quebrada Santa Marta, afluente del río Combeima, a su vez, afluente del río Coello que tributa al río Magdalena. Presenta varios campos fumarólicos sobre los domos y fuentes termales localizadas dentro y fuera del edificio, además de sismicidad esporádica (Servicio Geológico Colombiano, 2017).

En la actualidad, el volcán Cerro Machín se considera un área de estudios vulcanológicos, también de zonas de reserva y reforestación pertenecientes a la Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA). Sin embargo, también hay predios privados con uso del suelo enfocado a la ganadería y la agricultura. Además, se considera un atractivo turístico para los pobladores de la zona.

Figura 35

Fotografía aérea del volcán Cerro Machín. Servicio Geológico Colombiano.



Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Metodología

Establecimiento de Parcelas

Se realizaron ocho parcelas temporales de 0,1 ha (Tabla 31), de acuerdo con la metodología de Gentry (1987a), divididas a su vez en diez transectos de 2m x 50m, en sentido perpendicular a la pendiente (Figura x). Se censaron todos los individuos con DAP menor o igual a 2 cm, pues con esta modificación se obtiene una mejor representación del sotobosque (estrato herbáceo más cercano al suelo). Cada morfotipo fue catalogado según su hábito de crecimiento según Rodríguez et al. (2012), el cual define: Arbustos (planta leñosa con ramificaciones desde la base de la planta con DAP menor a 2 cm), subarbustos (planta subleñosa con ramificaciones desde la base de la planta y DAP menor a 2 cm), hierbas (plantas no leñosas con DAP menor a 2cm), epífitas (plantas que crecen sobre otras plantas) y plántulas (árboles en primer estadio de desarrollo luego de la germinación). Para la ubicación de las parcelas se tuvo en cuenta dos criterios: bosques no intervenidos por acción antrópica teniendo en cuenta una distancia mayor a 10 m para evitar efecto de borde y se evitaron zonas de relictos debido a que poseen un microclima característico que puede generar cambios al momento de analizar la composición florística. Además, las parcelas se establecieron en un gradiente altitudinal de 2000 a 2750 m s. n. m con parcelas cada 200 m (Villareal et al., 2004), también se realizó un registro fotográfico de las zonas evaluadas.

Asimismo, se realizaron recorridos al interior del bosque y en áreas boscosas alejadas de los caminos, donde se recolectaron ejemplares fértiles (con presencia de flores, frutos o soros) (Sanín et al., 2014).

Tabla 31

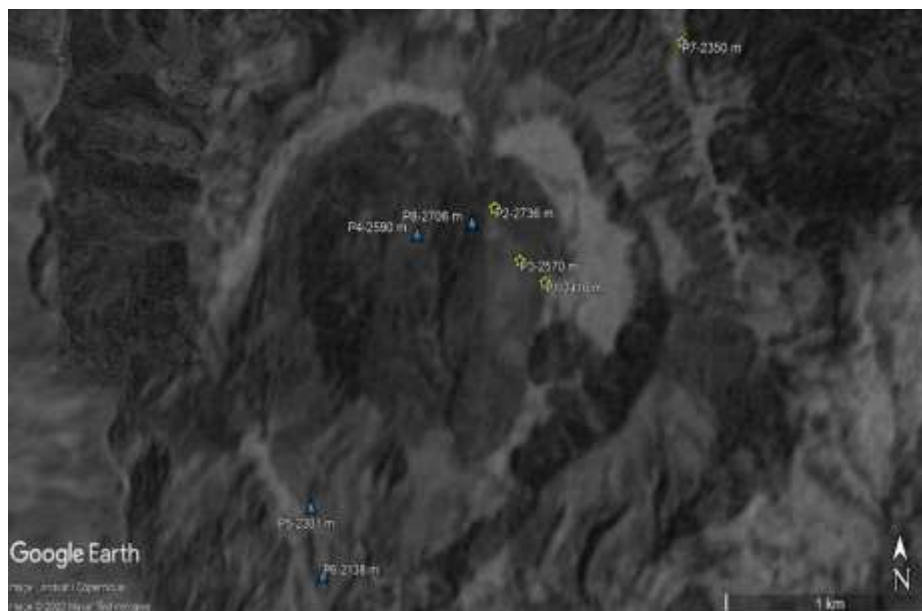
Ubicación de las parcelas realizadas.

Muestreo	Orientación	Altura	N	O	Fecha
P1	Noreste	2410	4°29'11"	75°22'54"	1/FEB/19
P2	Noreste	2736	4°29'20,4"	75°23'2,5"	16/ABR/19
P3	Noreste	2570	4°29'13,6"	75°23'2,5"	7/MAR/19
P4	Suroeste	2590	4°29'15"	75°23'15"	8-9/MAR/19
P5	Suroeste	2301	4°28'37,5"	75°23'33,3"	7-8/OCT/19
P6	Suroeste	2138	4°28'27,5"	75°23'31,7"	7-8/MAR/20
P7	Noreste	2350	4°29'51"	75°22'28"	9/MAR/20
P8	Suroeste	2706	4°29'16,5"	75°23'6,2"	7-8/MAR/20

Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Figura 36

Imagen satelital Landsat del volcán Cerro Machín con la ubicación de las parcelas. Realizado con Google Earth



Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Determinación Taxonómica

El material vegetal se colectó según la metodología de Bowles (2004), en donde se recogieron dos individuos por cada morfotipo, aplicando alcohol al 90% para evitar la proliferación de hongos y bacterias que afecten la morfología de los individuos. Las plantas vasculares pequeñas se recolectaron completas, además de raíces y tallos rastreros o subterráneos. Los ejemplares considerados como herbácea de gran tamaño, incluyeron hojas de la base, tallo suficiente como para mostrar la variación en sus hojas, así como material en floración y fructificación. Si era necesario, las partes pequeñas como las semillas se guardaron en bolsas pequeñas de papel dentro del folder de periódico. Para minimizar el daño a los ejemplares, las ramas se cortaron con una podadora (Bowles, 2004; Frank & Perkins, 2004). A cada ejemplar recolectado se le asignó un número de colecta escrito claramente sobre la parte externa del pliego de periódico, anotando los datos ambientales en el cuaderno de campo. Cuando hubo suficiente material disponible, se prensaron al menos tres ejemplares, ya que la flora de la región es poco conocida (Frank & Perkins, 2004). Igualmente, se tomó fotografía de los individuos para tener la imagen del morfotipo in vivo y facilitar la identificación (ver Anexos). Los individuos fueron secados en horno y montados para el almacenamiento en el Herbario TOLI de la Universidad del Tolima.

La identificación de los morfotipos se realizó a partir de claves taxonómicas y catálogos como Gentry (1996), Esquivel (2015) para Asteraceae, Mendoza et al. (2004), Murillo-Pulido et al. (2008), Mendoza & Ramírez (2001), incluyendo bibliografía como Rodríguez (2002) y Alzate et al. (2012). Además, se tuvo en cuenta el Sistema de Clasificación APG IV (Stevens, 2016).

Representatividad de Muestreo

La forma más eficiente para determinar la representación del muestreo es por medio de curvas de acumulación de especies, para lo cual se contó con EstimateS 9.0 (Colwell, 2013), se utilizó la información de estimadores no paramétricos (ACE, ICE, CHAO 1, CHAO 2,

JACKKNIFE 1, JACKKNIFE 2 y Bootstrap) para conocer qué porcentaje de las especies esperadas hemos colectado en el muestreo y así definir si la información generada pueda ser utilizada para realizar análisis de similitud o complementariedad, además, Singletons y Doubletons (especies que sólo cuentan con uno o dos individuos respectivamente en todo el inventario) reflejan información del muestreo. Si las curvas nos indican que obtuvimos más del 85% de las especies esperadas en un sitio de muestreo, es posible realizar este tipo de análisis.

Análisis de Diversidad Alfa y Beta

La diversidad alfa se analizó con números efectivos según Jost (2006), a partir de las abundancias relativas de las especies donde (a.) Número 0 o Riqueza total (b.) es el exponencial del índice de Shannon-Wiener y (c.) es el inverso del índice de Simpson. Donde p_i es la abundancia proporcional de la i ésima especie y S el número de especies., siendo un indicador que determina cuántas especies son consideradas en la muestra analizada, dependiendo de su nivel de rareza (Hill, 1973).

$$\text{a. } \sum_{i=1}^S p_i^0 \quad \text{b. } \exp \left(-\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \right) \quad \text{c. } 1 / \sum_{i=1}^S p_i^2$$

La diversidad de orden cero ($q=0$) es completamente insensible a las abundancias de las especies; por lo tanto, el valor obtenido equivale simplemente a la riqueza de especies. Los valores de $q<1$ sobrevaloran las especies raras; cuando $q=1$, todas las especies son incluidas con un peso exactamente proporcional a su abundancia en la comunidad; los valores de $q>1$, toman más en cuenta las especies comunes (Hill, 1973).

Con el fin de conocer el grado de diferenciación de la diversidad entre sitios, se calculó el índice de Sorensen (1948), muy utilizado porque permite el análisis entre comunidades relacionando el número de especies compartidas con la media aritmética de las especies en ambos sitios.

$$I_s = 2c/(a+b)$$

Donde a es el número de especies encontradas en la comunidad A, b es el número de especies de la comunidad B y c es el número de especies comunes entre A y B.

Adicionalmente se calculó el índice de Morisita-Horn modificado por Wolda (1983) analizando las comunidades a partir de la riqueza y el tamaño de la muestra, pero evitando su propiedad sensible a la abundancia de especies. Lo anterior se realizó usando el software PAST 2.0 (Hammer et al., 2001).

$$C_{MH} = \frac{2\sum(an_i \times bn_j)}{(da + db)aN \times bN}$$

Teniendo en cuenta la anterior fórmula, en donde aN es el número total de individuos en el sitio A, bN es el número total de individuos en el sitio B, ani es el número de individuos de la i-ésima especie en el sitio A, bnj número de individuos de la j-ésima especie en el sitio B, da es la sumatoria de la división entre ani2 y aNa2, y db como la sumatoria de la división entre bni2 y bNb2.

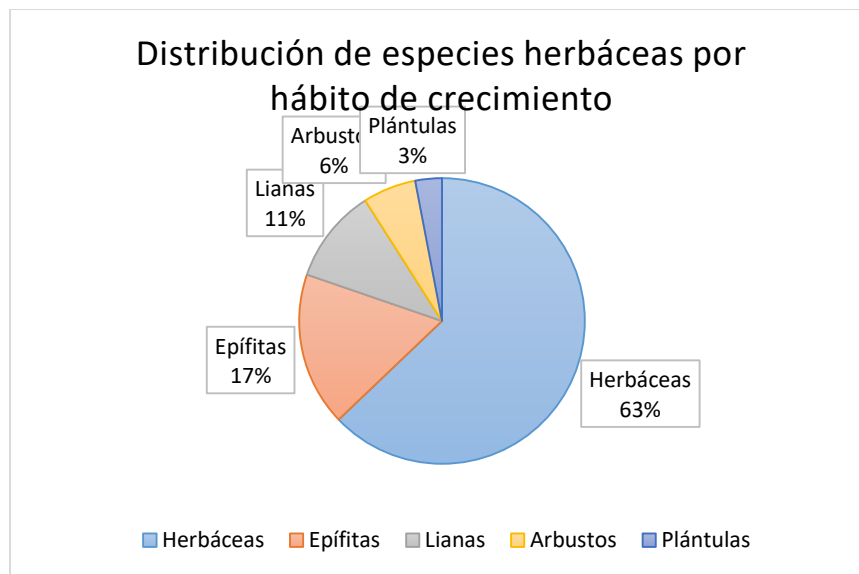
Resultados

Se recolectaron un total de 308 morfotipos de los cuales 246 fueron determinados hasta nivel de especie, 39 a género y 23 hasta familia. 173 especies son dicotiledóneas (56,17%), 93 son monocotiledóneas (30,19%) y 42 pertenecen al grupo de los helechos (13,64%). La familia con mayor número de especies fue Asteraceae o Compositae con 38 especies seguida por Orchidaceae con 35 especies y 33 familias solo presentan una especie (Figura 37). La parcela con mayor número de especies fue P5 ubicada a 2301 m s. n. m en orientación SO (90 especies) seguida por P7 ubicada a 2350 m s. n. m en orientación NE (78 especies), siendo P4 ubicada a 2590 m s. n. m en orientación SO la de menor número de especies (41). Del total de especies, 199 no se repitieron en más de una parcela y la especie *Galium hypocarpium* (L.) Endl. ex Griseb., estuvo presente en siete de las ocho parceladas realizadas. En cuanto a su hábito de crecimiento, las herbáceas tuvieron el mayor número de especies (188), seguido por

las epífitas (52 especies), luego las lianas (32 especies), arbustos (18 especies), y finalmente las plántulas tuvieron el menor número de especies con solo nueve especies presentes en todas las parcelas.

Figura 37

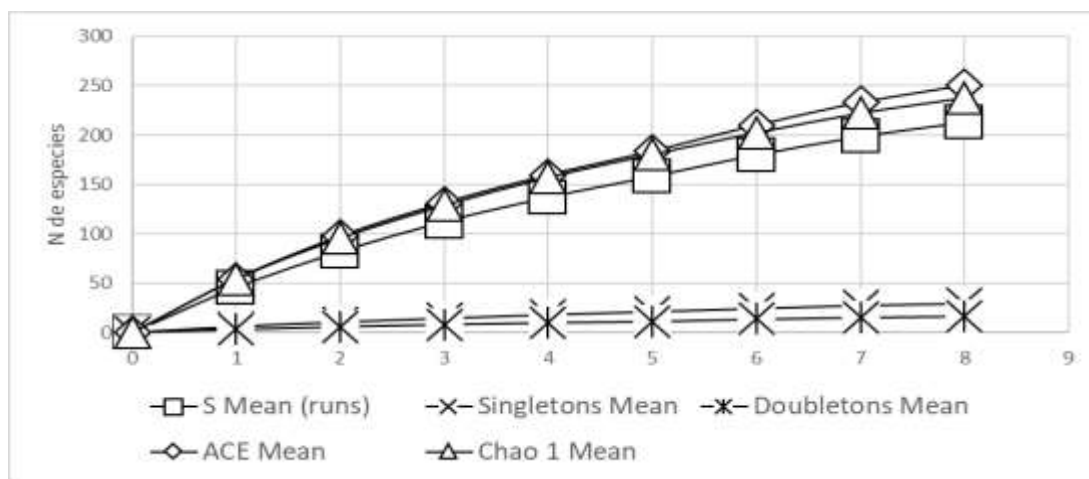
Distribución de las especies de herbáceas según su hábito de crecimiento.



Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Figura 38

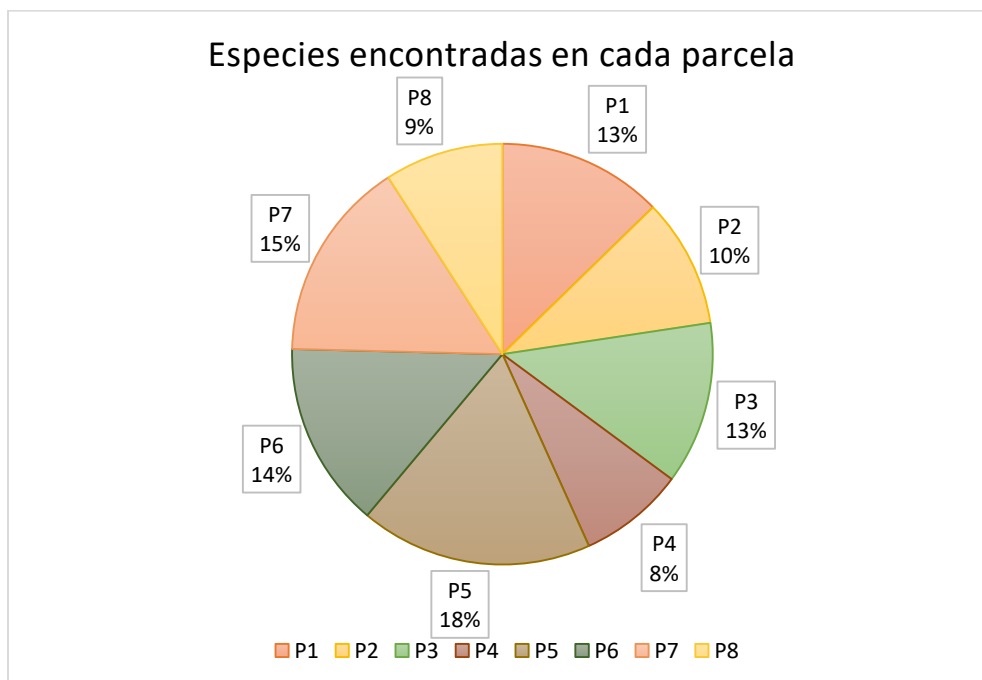
Porcentaje de especies encontradas en cada parcela.



Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Figura 39

Curva de acumulación de especies para los especímenes encontrados.



Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Para los análisis con curvas de acumulación y números efectivos, se tuvieron en cuenta únicamente las especies de hábito herbáceo, subarbustos y plántulas. Por lo anterior, se realizaron curvas de acumulación para 213 especies de las ocho parcelas evaluadas utilizando siete estimadores no paramétricos, singletons y doubletons. El muestreo fue significativo (mayor a 85%) para los estimadores ACE y CHAO1 con 85,13% y 89,59%, respectivamente. Bootstrap tuvo un porcentaje de 80,47%, seguido por JACKKNIFE1 con 64,16%, CHAO2 con 54,22%, JACKKNIFE2 con 52,58% y finalmente el menor valor fue para ICE con 44,36%. Los Singletons tuvieron un rango entre 2 y 5 especies en las parcelas realizadas mientras que los Doubletons tuvieron un rango entre 2 y 17 especies, ningún estimador logró alcanzar la asíntota en su curva.

Tabla 32

Números de Hill para cada parcela realizada.

Parcela	Números de Hill		
	N0	N1	N2
P1	35	14,2549523	10,2135874
P2	35	15,6699934	10,0300441
P3	48	23,0538378	15,2950677
P4	21	14,1144708	11,986098
P5	74	22,4182979	16,0030733
P6	56	15,2104431	7,32084205
P7	51	9,60729339	5,33256332
P8	30	16,5973858	11,7001336

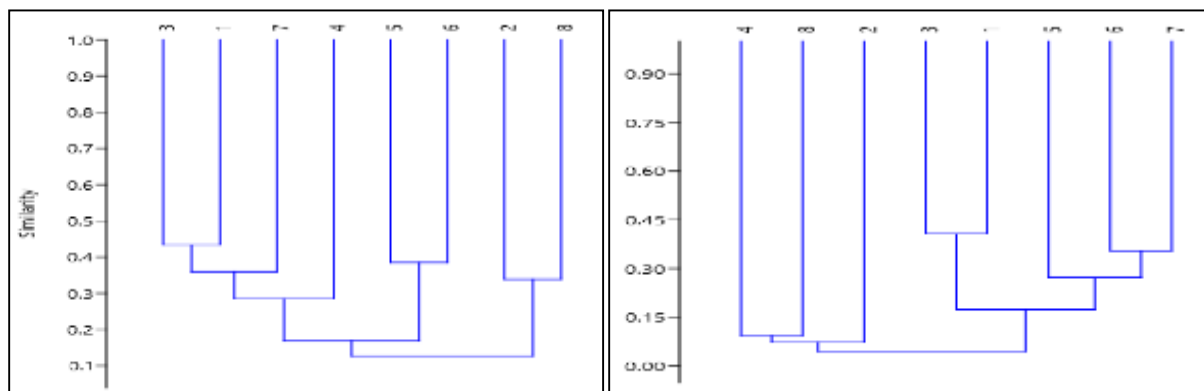
Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

En cuanto a Diversidad alfa la parcela P5 ubicada a 2,301 m s. n. m en orientación SO mostró un mayor N0 (Riqueza) con 74 especies, seguida por P6 ubicada a 2,138 m s. n. m en orientación SO con 56 especies y P7 ubicada a 2350 m s. n. m., en orientación NE con 51 especies, mientras que P8 a 2,706 m s. n. m en orientación SO mostró menor N0 con 30 especies. La parcela P3 a 2,570 m s. n. m en orientación NE mostró mayor N1 (exponencial de Shannon) con 23,05 especies efectivas seguida por P5 con 22,41 especies efectivas y P8 con 16,59 especies efectivas, siendo P7 el de menor N1 con 9,60 especies efectivas. La parcela P5 mostró mayor N2 (inverso del índice de Simpson) con 16 especies efectivas seguida por P3 con 15,29 especies efectivas y P8 con 11,70 especies efectivas, siendo P7 el de menor N2 con 5,33 especies efectivas.

Para la diversidad beta se obtuvieron dos valores de similitud, según Sorensen y Morisita-Horn (Figura x). Para el índice de Sorensen, los valores más altos de similaridad fueron entre las parcelas P1 a 2,410 m s. n. m en orientación NE con 35 especies y P3 a 2,570 m s. n. m., en orientación NE con 48 especies (0,4337), seguido por las parcelas P1 y P7 a 2,350 m s. n. m., en orientación NE con 51 especies (0,3953), finalmente las parcelas P5 a 2301 m s. n. m., en orientación SO con 74 especies y P6 a 2,138 m s. n. m en orientación SO con 56 especies (0,3846). El valor más bajo de similitud según índice de Sorensen fue entre las parcelas P6 y P8 a 2,706 m s. n. m en orientación SO con 30 especies y un valor de 0,0465. En cuanto al índice de Morisita-Horn, el valor más alto fue entre las parcelas P1 y P3 (0,4069), seguido por las parcelas P6 y P7 (0,3542), finalmente las parcelas P5 y P7 (0,3303). El valor más bajo de similitud según Índice de Morisita-Horn fue entre las parcelas P5 y P8 con 0,0006.

Figura 40

Gráfico de similaridad según el índice de Sorensen



Nota. (Izquierda) y el índice de Morisita-Horn modificado por Wolda (Derecha.) para las parcelas evaluadas Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Discusión de Resultados

Las familias encontradas en este trabajo, como Melastomataceae, Araliaceae y Chloranthaceae se definen como típicas de ecosistemas boscosos (Gentry, 1995a; Rangel, 1995), además se confirma la familia Compositae como la de mayor riqueza en ecosistemas Andinos. Sin embargo, hay variación teniendo en cuenta la riqueza de las demás familias en diferentes bosques, por ejemplo, González & López (2012) reportan que en el bosque húmedo Montano Bajo, las familias con mayor riqueza son Compositae, Fabaceae, Solanaceae y Poaceae, en este trabajo, las familias con mayor riqueza son Compositae, Orchidaceae, Poaceae y Piperaceae. Este cambio en la composición puede deberse a que se tuvo en cuenta las epífitas en este estudio. Teniendo en cuenta lo anterior, en este trabajo las familias de dicotiledóneas con mayor riqueza fueron Compositae, Piperaceae y Solanaceae, y de monocotiledóneas fueron Orchidaceae, Poaceae y Cyperaceae. En bosques Andinos del departamento de Antioquia entre 2,500 y 2,680 m s. n. m, las familias de fanerógamas con mayor riqueza son Orchidaceae, Asteraceae, Rubiaceae, Melastomataceae y Piperaceae, y de helechos son Dryopteridaceae, Polypodiaceae y Blechnaceae, en el volcán Cerro Machín las

familias de helechos con mayor número de especies son Polypodiaceae, Dryopteridaceae y Pteridaceae.

En bosques Andinos surorientales de Yanacocha (Perú), Ramos & Suimer (2012) reportan entre 2,900 y 5,235 m s. n. m, especies como *Adiantum raddianum* C. Presl, *Blechnum occidentale* L., *Niphidium crassifolium* (L.) Lellinger, *Equisetum bogotense* Kunth y *Lycopodium clavatum* L. Para Colombia, el Instituto Alexander von Humboldt (2015) reporta especies de diferentes bosques de Colombia entre 3,120 m s. n. m y 3,360 m s. n. m que también estuvieron presentes en el volcán Cerro Machín, especies como: *Tillandsia compacta* Griseb., *Chusquea scandens* Kunth, *Miconia* spp. y *Stelis* spp. Además, en el catálogo vascular del Santuario de Flora y Fauna de Iguaque en el departamento de Boyacá ubicado entre 2,100 m s. n. m y 3,890 m s. n. m, Mendoza-Cifuentes (2017) reporta un total de 50 especies que también están presentes en el volcán Cerro Machín, de las cuales, ocho pertenecen a bosques de Roble o robledales, 12 al interior de bosque, 21 en zonas abiertas, 13 a matorrales, nueve a borde de caminos, tres a borde de quebradas (*Austroeupatorium inulaefolium* (Kunth) R.M.King & H.Rob., *Chusquea scandens* Kunth, *Monnina aestuans* (L.f.) DC.), tres a subpáramo (*Galium hypocarpium* (L.) Endl. ex Griseb., *Nertera granadensis* (Mutis ex L.f.) Druce, *Tillandsia complanata* Benth.), tres en pastizales (*Cuphea racemosa* (L.f.) Spreng., *Stachys bogotensis* Kunth, *Trifolium repens* L.) y una a árboles aislados (*Tillandsia usneoides* (L.) L.).

Nueve de las cincuenta especies que comparten las dos zonas, están fuera del rango altitudinal estudiado, y solo cinco especies (*Anthoxanthum odoratum* L., *Axonopus compressus* (Sw.) P. Beauv., *Melinis minutiflora* P. Beauv., *Persicaria nepalensis* (Meisn.) Miyabe, *Trifolium repens* L.) son Introducidas, las demás son nativas. Bernal et al. (2011) analiza diferentes especies para la conservación vegetal en Colombia que también fueron halladas en el volcán Cerro Machín, tales como *Besleria solanoides* Kunth, *Columnea dimidiata* (Benth.) Kuntze y *Stachys bogotensis* Kunth siendo especies exclusivas de Colombia, *Equisetum bogotense*

Kunth, *Bidens pilosa* L y *Phyllanthus niruri* L. como especies del Neotrópico presentes en Colombia y a *Plantago major* L. como una especie introducida naturalizada. Barriga et al. (2016) reportan 10 géneros de un bosque alto Andino colombiano ubicado en la franja de 2,810-2,959 m s. n. m, también presentes en este estudio entre las que destacan, *Hymenophyllum* spp., *Elaphoglossum* spp., *Guzmania* spp., *Tillandsia* spp., *Epidendrum* spp., *Lepanthes* spp., y *Stelis* spp., debido a su alto grado de epifitismo. El alto número de epífitas registradas refleja un alto estado de conservación (Zots & Andrade 2002).

La distribución altitudinal para los Géneros, *Galium* spp., *Mannetia* spp., *Mitracarpus* spp., *Nertera* spp., *Palicourea* spp., *Psychotria* spp. y *Spermacoce* spp., todas de la familia Rubiaceae están presentes en el rango altitudinal reportado por Mendoza et al. (2004), y presentes en el Volcán Cerro Machín, excepto por *Gonzalagunia* spp. Así mismo, Avella (2016) reporta en bosques del Norte de la vertiente Occidental de la Cordillera Central a *Palicourea angustifolia* Kunth y *Dicksonia sellowiana* Hook en un rango de 2,550-3,415 m s. n. m. Lo mismo ocurre con el género *Clidemia* spp. (Melastomataceae), el cual posee un rango de 0 m s. n. m a 2,500 m s. n. m (Mendoza & Ramirez, 2006), sin embargo, en este trabajo fue encontrada la especie *Clidemia sericea* D. Don en la parcela P2 a 2,736 m s. n. m en orientación NE y P8 a 2706 m s. n. m en orientación SO, por ende, posee un rango de distribución más amplio. Con respecto a los helechos, *Dicranopteris pectinata* (Willd.) Underw. también estuvo presente en P2, según Cetzal-Ix (2013), esta especie solo llega hasta los 1,700 m s. n. m. Además, Ocampo (2007) consideran a *Passiflora bogotensis* Benth. como una especie endémica de la Cordillera central entre el rango de 2,000 m s. n. m a 3,700 m s. n. m. En diferentes bosques de niebla de Colombia en los departamentos de Chocó, Cundinamarca, Quindío, Cauca, Antioquia, La Guajira, Santander, Nariño y Tolima se comparte con el volcán Cerro Machín un total de 65 especies (Forero & Gentry, 1989; Ramírez-Hernandez et al., 2001; Croat, 1992; Sudgen & Robins, 1979; Mendoza & Ramirez, 2001; Gonzalez & Jarvis s.f.;

Carrizosa, 1991; Diazgranados, 1999; Girón, 2001; Esquivel & Nieto, 2003; Ospina-Bautista et al., 2004; Galindo-T et al., 2003; Lutey & Silva, 1999; Sudgen, 1982).

Sin embargo, también hay especies encontradas en la zona como exclusivas de bosque alto Andino, como *Histiopteris incisa* (Thunb.) J. Sm. y *Plantago australis* Lam. registradas entre 3,000 m s. n. m y 3800 m s. n. m (Fundación Pangea, 2007). También se encontraron especies pertenecientes a subpáramo, como *Uncinia hamata* (Sw.) Urb., *Munnozia senecionidis* Benth., *Bomarea setacea* (Ruiz & Pav.) Herb, *Anthoxanthum odoratum* L., *Galium hypocarpium* (L.) Endl. ex y *Nertera granadensis* (Mutis ex L.f.) Druce, (Caranqui & Suarez 2016; Fajardo & Yenedith, 2013). Son frecuentes *Hedyosmum bonplandianum* Kunth y *Miconia theaezans* Cogn. presentes en bosques subandinos nativos (Rodríguez-Lombana et al., 2018). Se considera a la Cordillera Central como la zona con mayor riqueza de helechos y aráceas, aunque también con la mayor alteración antrópica entre las tres cordilleras (Croat, 1992; Galeano, 1992; Murillo-Pulido et al., 2008; Sanín et al., 2008). Sierra-Giraldo & Sanín (2014) y Sierra Giraldo et al. (2019) reportan a *Anthurium myosuroides* (Kunth) Endl. y *Anthurium formosum* Schott presentes en bosques premontanos.

En la zona de las fumarolas del volcán, la presencia de especies como *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf, un pasto introducido desde África y naturalizado en regiones tropicales (CABI, 2016a), considerado por PIER (2001) como transformadora de sabanas con fuerte resistencia a procesos de restauración del bosque. Otra especie con gran abundancia dentro de las zonas de fumarolas es la orquídea *Epidendrum melinanthum* Schltr, la cual es una especie común en las franjas de matorrales subxerófitos en el piedemonte Andino (Reina-Rodriguez & Otero, 2011) a 1,100 m s. n. m, además es común encontrarla en taludes y bordes de carretera entre el corregimiento de Coello (municipio de Ibagué) y Cajamarca entre 1200 y 1700 m s. n. m en área de influencia del volcán Machín. *Epidendrum melinanthum* Schltr es una especie común en ecosistemas intervenidos (Gentry & Dodson, 1987b) con distribución altitudinal de 1,100 a

1,300 m s. n. m (Reina-Rodriguez & Otero, 2011) y endémica de Colombia (Castellanos-Castro & Torres-Morales, 2018). Lo anterior muestra que las fumarolas tienen especies en común con Bosques secos de baja distribución altitudinal, ampliando su distribución hasta los 2,700 m s. n. m, fenómeno que tiene su explicación por el calentamiento del suelo en este sector de las fumarolas.

Cengicaña (2013) reporta que *Cyperus odoratus* L. se presenta en suelos húmedos con baja luminosidad; *Ageratum conyzoides* (L.) L. en zonas de sucesión por potrerización, *Sida rhombifolia* L. en suelos cultivados y húmedos, *Euphorbia heterophylla* L. en sitios abiertos con suelos húmedos, *Desmodium tortuosum* (Sw.) DC. en bordes de camino y *Phyllanthus niruri* L. en suelos húmedos y sitios con baja luminosidad. Junto a las especies anteriores, Mickel & Smith (2004) consideran a *Blechnum polypodioides* Raddi como una especie presente en lugares abiertos. Aunque Jimenez (2011) determinó a las especies del Género *Kohleria* spp. como plantas de lugares abiertos, en el volcán Cerro Machín las especies están en parcelas de zonas abiertas, bordes de camino y al interior del bosque. Valois -Cuesta & Martinez-Ruiz (2017) concluyen que los géneros *Cyperus* spp., *Rhynchospora* spp. y las especies *Lycopodiella cernua* (L.) Pic. Serm., *Spermacoce alata* Aubl. y *Scleria gaertneri* Raddi están en procesos de sucesión temprana del bosque. Además, *Phytolacca rugosa* A. Braun & C.D.Bouché y *Chusquea scandens* Kunth están presentes en bosques de restauración (Mendoza-Cifuentes, 2017).

Una característica del bosque premontano y Montano bajo o bosque Andino es su alto número de especies, como se observa en este trabajo, debido a su confluencia de elementos tropicales y montanos (Franco & Betancur, 1997; Gentry, 1995b; Rangel & Velazquez, 1997). *Nertera granadensis* (Mutis ex L.f.) Druce se encuentra en lugares húmedos y *Spermacoce* spp. en zonas abiertas y bordes de caminos. Mondragón & García (2011) concluyen que las especies de los géneros *Asplenium* spp., *Hymenophyllum* spp. y *Polypodium* spp. predominan

en el sotobosque y junto a *Nephrolepis* spp. *Pleopeltis* spp. y *Thelypteris* spp. son típicas en ambientes boscosos, húmedos y sombríos (Jorgensen, 2005), siendo *Asplenium* spp. y *Polypodium* spp. colonizadoras de áreas de suelos volcánicos, lo cual se confirma en el presente estudio, al ser registradas en las áreas abiertas de las caras de este cerro volcánico.

Las especies *Oxalis corniculata* L., *Sonchus oleraceus* L., *Erigeron bonariensis* L., *Ageratum conyzoides* (L.) L., *Ageratum houstonianum* Mill., *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler, *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf, *Ipomoea purpurea* (L.) Roth, *Melinis minutiflora* P. Beauv., *Plantago major* L., *Ricinus communis* L. y *Triumfetta bogotensis* DC. se consideran arvenses competitivas (CABI, 2016b; PIER, 2007; Corpoica, 1995; Oviedo-Prieto & Gonzalez-Oliva, 2015). Aguirre & Aguirre (2010) reportan a *Bidens pilosa* L., *Cavendishia bracteata* (Ruiz & Pav. ex J.St.Hil.) Hoerold, *Rumex crispus* L. y *Sida rhombifolia* L. como indicadoras de suelos ácidos; *Pennisetum purpureum* Schumach. y *Trifolium repens* L. como indicadoras de suelos salinos y a *Lycopodium clavatum* L. como indicadora de clima frío. Alemán (2015) nombra a *Bidens pilosa* L. como una especie que crece en zonas abiertas entre 0 m s. n. m y 2500 m s. n. m, *Blechnum occidentale* L. indicadora de zonas muy húmedas y sombrías y *Browallia americana* L. como arvense presente en pastizales, por ende, fue normal encontrar esta última en la parcela P6 a 2138 m s. n. m en orientación SO ya que la zona fue usada para cultivo y se encuentra en proceso de sucesión temprana.

Hyparrhenia rufa (Nees) Stapf es indicadora de suelos pobres y topografía variable (Peters et al., 2010), *Austroeupatorium inulaefolium* (Kunth) R. M. King & H. Rob. como arvense en potreros, *Ageratum conyzoides* (L.) L., *Bidens pilosa* L., *Phyllanthus niruri* L., *Cuphea racemosa* (L.f.) Spreng., *Arenaria lanuginosa* (Michx.) Rohrb., *Erechtites valerianifolia* (Link ex Wolf) Less. ex DC., *Oxypetalum cordifolium* (Vent.) Schltr., *Pseudechinolaena polystachya* (Humb., Bonpl. & Kunth) Stapf, *Browallia americana* L. y *Triumfetta bogotensis* DC. como arvenses en cafetales (Espinal, 1985).

En cuanto a la representatividad de muestreo, los estimadores no paramétricos más utilizados para la evaluación de métodos en especies herbáceas han sido ICE y CHAO2 (Carvajal et al., 2014; Muñoz, 2017; Torrejano et al., s.f.), lo anterior se debe a que son estimadores basados en presencia/ausencia de especies que tienen en cuenta las especies raras, únicas y duplicadas, haciendo que dichos estimadores sea insensibles al tamaño de muestra, generando un sesgo bajo (Colwell, 2009; López-G & Williams-L, 2006). Lo anterior se debe a que los estudios en herbáceas integran muchos hábitos de crecimiento (hierbas terrestres, lianas, bejucos, hemiepipfitas, etc.), lo que disminuye la probabilidad de obtener una asíntota en las curvas, ya que las metodologías de muestreo son diferentes para cada hábito (Vásquez-Vélez et al., 2013). Debido a lo anterior, la bibliografía recomienda el uso de CHAO2 para estudios de herbáceas (Pauta, 2016). Sin embargo, en este estudio los estimadores ACE y CHAO1 fueron los que alcanzaron el porcentaje de especies esperadas, son estimadores que requieren un alto número de individuos para lograr la asíntota, por ende, son pocos los trabajos que llegan a lograr la asíntota en las curvas.

Los números de Hill en las parcelas realizadas mantienen una tendencia general según la riqueza de cada parcela, es decir, el aumento de número de especies conforme aumenta el número de individuos. Así pues, la parcela P5 a 2,301 m s. n. m en orientación SO posee los mayores valores, es una zona de borde de camino, lo que permite el crecimiento de especies de zonas abiertas y de bosque. La parcela P6 a 2,138 m s. n. m en orientación SO y P7 a 2,350 m s. n. m en orientación NE se realizaron en un predio de Cortolima denominado La Primavera, un área de sucesión secundaria donde anteriormente era zona de cultivo, actualmente es un sector de arbustos y gran número de herbáceas. Las parcelas P1 a 2,410 m s. n. m., en orientación NE, P2 a 2,736 m s. n. m., en orientación NE, P4 a 2,590 m s. n. m., en orientación SO y P8 a 2,706 m s. n. m., en orientación SO se realizaron dentro del bosque, al ser zonas con alto número de árboles de gran porte disminuye la luminosidad y aumenta la hojarasca,

disminuyendo a su vez la distribución de herbáceas en la zona. La parcela P3 a 2,570 m s. n. m., en orientación NE realizada dentro del bosque posee un mayor número de especies que las otras parcelas levantadas en el interior del bosque, sin embargo, es una zona de alta pendiente permitiendo una mayor luminosidad lo cual facilita, el crecimiento de un mayor número de herbáceas.

Sin embargo, el inverso del índice de Simpson (N2) que se define por las especies abundantes, muestran en general que las parcelas realizadas al interior del bosque poseen una alta influencia de la abundancia, mientras que las otras parcelas muestran gran influencia a la riqueza. En la parcela P3 se puede observar un mayor número exponencial de Shannon (N1) con relación a las parcelas con mayor riqueza (N0) tales como P5, P6 y P7, aunque posee un menor número de especies e individuos lo que hace que la abundancia influya en los números de Hill de la parcela P3.

En cuanto a la diversidad beta, las parcelas P1 y P3 poseen el mayor índice de similitud para Sorensen y Morisita-Horn (0,4337 y 0,4069 respectivamente), mostrando que hay una alta diversidad beta en todas las zonas. Al observar la Figura x, podemos apreciar en la gráfica de similaridad para Sorensen tres agrupamientos, el primero formado por las parcelas P2 y P8, el segundo por P5 y P6 y el tercero por P3, P1, P7 y P4. Lo anterior muestra una clara relación por el tipo de bosque, donde el primer agrupamiento corresponde a la zona de las fumarolas del volcán, el segundo por las zonas abiertas y el tercero por el interior del bosque.

Ahora bien, para el gráfico de similaridad de Morisita-Horn, al igual que Sorensen, se forman tres agrupamientos, sin embargo, posee un comportamiento diferente, el primer agrupamiento se compone por P4, P8 y P2, el segundo por P3 y P1 y el tercero por P5, P6 y P7. Lo anterior forma una correlación a la altitud del volcán, donde el primer agrupamiento corresponde a la cumbre del Cerro entre 2,590 m s. n. m y 2,736 m s. n. m, el segundo a la cara Nororiental del Cerro entre 2,410 m s. n. m y 2,570 m s. n. m y el tercero a la zona externa

al Cerro entre 2,138 m s. n. m y 2,350 m s. n. m. Cabezas (2016) concluye que tanto el gradiente altitudinal como el tipo de bosque afectan directamente la similaridad, además que las abundancias de cada parcela, aumenta la heterogeneidad de las mismas. La alta heterogeneidad de las parcelas es un patrón común en los bosques tropicales, ya que, al no haber cambios ambientales marcados y diferencias topográficas en comparación a bosques templados, permiten el crecimiento de las especies (Halffter & Moreno, 2005; Condit, 2002). Además, otros autores afirman que el aumento de riqueza y disminución de dominancia de especies, libera recursos para especies menos competitivas aumentando la diversidad beta (Denslow, 1985; White & Pickett, 1985; Tilman & Pacala, 1993). Vásquez & Givnish (1998) indican que la diversidad beta en bosque tropicales es muy alta debido a la distribución agrupada de las especies, provocando una mayor distancia de similitud en las localidades o parcelas.

Registros Fotográficos



Borreria alata (Aubl.) DC. Presente en la parcela P5 y P6.



Nertera granadensis (Mutis ex L. f.) Druce. Presente en las parcelas P1, P2, P3, P6, P7 y P8.



Galium hypocarpium (L.) Endl. ex Griseb.
Presente en las parcelas P1, P2, P3, P5, P6 y P7.



Palicourea angustifolia Kunth. Presente en las parcelas P1, P3, P4 y P7.



Manettia calycosa Griseb. Presente en la parcela P6.



Psychotria cuspidata Bredem. ex Schult. Presente en la parcela P3.



Crotalaria micans Link. Presente en la parcela P5.



Trifolium repens L. Presente en las parcelas P5 y P6.



Desmodium adscendens (Sw.) DC. Presente en la parcela P5.



Lupinus microphyllus Desr. Presente en la parcela P5.



Trifolium campestre Schreb. Presente en la parcela P5.



Kohleria spicata (Kunth) Oerst. Presente en la parcela P5.



Besleria solanoides Kunth Presente en la parcela P7.



Kohleria trianae (Regel) Hanst Presente en las parcelas P3 y P4.



Columnnea dimidiata (Benth.) Kuntze Presente en la parcela P1



Kohleria hirsuta (Kunth) Rege. Presente en las aprcelas P3, P5 y P6.



Lepechinia vulcanicola J.R.I. Wood. Presente en la parcela P5.



Salvia occidentalis Sw. Presente en la parcela P5.



Salvia scutellarioides Kunth. Presente en las parcelas P3, P5, P6 y P7.



Stachys bogotensis Kunth. Presente en la parcela P6.



Browallia americana L. Presente en la parcela P6.



Solanum americanum Mill. Presente en la parcela P5.



Iochroma gesnerioides (Kunth) Miers. Presente en las parcelas P5 y P7.



Solanum ovalifolium Dunal. Presente en la parcela P5.



Guzmania confusa L.B. Sm. Presente en la parcela P3.



Tillandsia confinis L.B. Sm. Presente en la parcela P3.



Guzmania multiflora (André) André ex Mez. Presente en las parcelas P2, P4 y P5.



Cyperus flavus J. Presl & C. Presl. Presente en la parcela P5



Kyllinga sesquiflora Torr. Presente en la parcela P5.



Rhynchospora ciliata Kük. Presente en la parcela P5.



Anthoxanthum odoratum L. Presente en la Parcela P6.



Lasiacis nigra Davidse. Presente en las parcelas P4 y P5



Brachiaria decumbens Stapf. Presente en la parcela P5.



Peperomia galioides Kunth. Presente en la Parcela P6.



Stellaria media (L.) Vill. Presente en la parcela P6.



Cerastium fontanum Baumg. Presente en la parcela P4.



Peperomia sanjoseana C. D.C Presente en las parcelas P2 y P3.



Piper lacunosum Kunth. Presente en la parcela P7.



Croton pungens Jacq. Presente en las parcelas P5 y P6.



Euphorbia heterophylla L. Presente en las parcelas P5 y P6.



Anoda cristata (L.) Schltdl. Presente en la Parcela P6.



Sida rhombifolia L. Presente en las parcelas P5 y P6.

Líquenes

Los líquenes son sistemas simbióticos de vida larga, autosostenibles, que se derivan de asociaciones mutualistas entre hongos biotróficos (los micobiontes) y microorganismos fotosintéticos (los fotobiontes, por ejemplo, clorofitas y / o cianobacterias). Representan uno de los ejemplos más antiguos conocidos y reconocibles de simbiosis (Hawksworth & Honegger, 1994). Estos organismos poseen características particulares como carecer de raíz y de sistemas de conducción, no poseer estructuras selectivas o protectoras del medio externo como cutículas o epidermis, por lo que se vuelven vulnerables a variaciones ambientales. Sin embargo, crecen en las superficies de los más diversos sustratos, inertes u orgánicos, y

aunque su crecimiento es muy lento, tienen la ventaja de poseer una amplia distribución, encontrándose en los polos, el nivel del mar, los picos altos de las montañas, los sitios más húmedos como las selvas y los bosques hasta las zonas desérticas (Herrera & Ulloa, 1990).

Los líquenes cumplen diversas funciones dentro de los ecosistemas como pioneros en la colonización de suelos desnudos y rocas expuestas, desintegrándolas mediante un proceso denominado meteorización, tanto física como química; dada principalmente por los líquenes saxícolas, los cuales generan una alteración del sustrato (roca), proporcionando la materia orgánica, los nutrientes y condiciones de humedad que favorecen el desarrollo y crecimiento de plantas superiores (Watanabe & Kitagawa, 2004; Alfonso, 2016; Herrera & Ulloa, 1990). Por otra parte los líquenes se constituyen en bioindicadores de grados de contaminación ambiental, de los cambios climáticos y fijadores y productores de nitrógeno, la biología de los líquenes como simbioses cíclicas, su ecología y ciertas peculiaridades ecofisiológicas están relacionadas con la normalización de su uso como biomonitores de las condiciones ambientales, sus propiedades le permiten detectar las primeras señales de alarma en sistemas naturales y, también, las de recuperación de las alteraciones de los mismos (Barreno & Perez, 2003).

Según el sistema de clasificación de Holdridge (1979), el Volcán Cerro Machín se encuentra en la zona de vida que va desde un bosque muy húmedo Premontano (bmh – PM) hasta bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh – MB) el cual según Moreno *et al.*, (2007) son unos de los ecosistemas que presentan mayor grado de amenaza en Colombia generada por la intervención y acción antropogénica de la población que se ubica en la región andina donde se llevan a cabo prácticas como la agricultura, deforestación, ganadería, sobreexplotación y quemas; y en estos bosque las especies epifitas, como es el caso de los líquenes representan uno de los elementos principales de la diversidad vegetal (Gentry & Dodson, 1987) y presentan gran importancia en el reciclaje de nutrientes y en el balance del agua (Holz, 2003) ya que

obtienen estos elementos de la atmosfera por lo que presentan una cantidad parecida de agua a el medio en el que se encuentran (McCune, 2000). Lo anteriormente mencionado justifica la realización de estudios en el Volcán Cerro Machín, para generar conocimiento acerca de la diversidad y distribución de los líquenes en esté ecosistema, antes de que empiece a desaparecer, ya que según Simijaca, Vargas & Vargas (2014), cuando éstas perturbaciones antropogénicas afectan a las especies más allá de su capacidad de recuperación y resistencia, logran poner en riesgo la diversidad de estos grupos, además el Machín es un volcán activo por lo cual estas especies están en peligro de desaparecer.

Metodología

Área de Estudio

El volcán Cerro Machín, Alto de Machín o el Hoyo, se encuentra ubicado en el flanco oriental de la Cordillera Central de Colombia sobre la cuenca hidrográfica del río Coello, haciendo parte de la Provincia Volcano-Tectónica San Diego - Cerro Machín (Martínez et al., 2014).

Se encuentra a una distancia de 7,5 km al nororiente del municipio de Cajamarca (Tolima), 17 km al noroccidente de la ciudad de Ibagué (Tolima), y 32 km al suroriente de Armenia (Quindío) (Piedrahita et al., 2018; INGEOMINAS, 2002; Moreno, 2012). Contiene un cono volcánico el cual está formado por un conjunto de anillos piroclásticos complejos; presenta un cráter de 2.4 km de diámetro y su estructura está construida específicamente sobre rocas metamórficas.

Esté volcán tiene una altura que va desde los 1524 a los 2,750 m s. n. m respectivamente (Moreno, 2012); según el Servicio Geológico Colombiano presenta un clima que varía desde templado hasta cálido, aproximadamente con una temperatura media de 20-22 °C, presenta precipitaciones anuales de 1,150 y humedad relativa del 85 % y con fluctuaciones de épocas secas y lluviosas a lo largo del año.

Metodología de Campo

Se escogieron ocho puntos de muestreo en un gradiente altitudinal desde los 2,000 (piedemonte) m s. n. m., hasta los 2,750 m s. n. m., (cima), cuatro por la cara suroriental y cuatro para la noroccidental del domo principal del volcán (Tabla 33); se realizó una única colecta en cada lugar y se llevaron a cabo dos tipos de muestreo: el primero fue oportunístico, siguiendo lo propuesto por Sipman (1996), en donde se colectaron líquenes de manera aleatoria; y en el segundo se establecieron dos parcelas de 20 x 20 en cada uno de los puntos de muestreo y se escogieron 5 forofitos al azar, con un DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) mayor o igual a 22 cm en cada parcela; para este caso solo se tuvo en cuenta el troco en donde se realizaron los levantamientos de líquenes.

Se procuró muestrear por las zonas menos afectadas o intervenidas por la acción antrópica y se tuvieron en cuenta diferentes sustratos (musgo, suelo, ramas caídas, madera) (Lozano & Esquivel, 2016).

En cada punto de muestro se tomaron datos de campo como: sustrato, forma de crecimiento, coloración y cobertura. La colecta de líquenes se realizó manualmente y se almacenaron en bolsas de papel las cuales se dejaron al aire libre para que las muestras se secaran.

En cuanto a la estimación de coberturas se realizó la metodología propuesta por Iwatsuki (1960), que consistió en utilizar una plantilla de acetato de 20 x 20 cm con cuadrículas de 1 cm², que se colocó en cada uno de los sustratos y posteriormente se realizó el conteo de los cuadrados del acetato que cubría el ejemplar; para así determinar la cobertura en cm².

La determinación del material colectado, se realizó en el Herbario de la Universidad del Tolima (Herbario TOLI) y en el Herbario del Jardín Botánico de Bogotá, en donde se utilizó un microscopio y un estereoscopio, además claves especializadas para estos organismos y se realizaron pruebas químicas con diferentes reactivos K, C, KC, P, I y UV siguiendo los métodos

estandarizados para quimiotaxonomía de Orange, James & White, (2001); Mc Cune, Grace, & Urban, (2002); Herrera-Campos, Cler, & Nash, (1998); en el cual se llevó a cabo por la adición directa de unas gotas de los reactivos químicos, con pinzas de punta fina sobre diferentes estructuras del liquen como: el talo, apotecio, sororios, zona basal de la medula.

Tabla 33

Especificación de los puntos de muestreo en el volcán Cerro Machín.

Parcela	Orientación	Altura (m s. n. m)	N	O
PM1	Noreste	2410	4°29'11"	75°22'54"
PM2	Noreste	2736	4°29'20,4"	75°23'2,5"
PM3	Noreste	2570	4°29'13,6"	75°23'2,5"
PM4	Suroeste	2590	4°29'15"	75°23'15"
PM5	Suroeste	2301	4°28'37,5"	75°23'33,3"
PM6	Suroeste	2138	4°28'27,5"	75°23'31,7"
PM7	Noreste	2350	4°29'51"	75°22'28"
PM8	Suroeste	2706	4°29'16,5"	75°23'6,2"

Nota. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

RESULTADOS Y ANALISIS

Figura 41

Algunos ejemplares de Líquenes colectados en el Volcán Cerro Machín.



Nota. A. Pertusaria tetralthalamia (Fée) Nyl. B. Lobariella pallidocrenulata Moncada & Lücking. C. Peltigera sp. D. Leptogium phyllocarpum (Pers.) Mont. Extraída del Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Fuente: (CORTOLIMA & UT, 2019).

Los bosques andinos son ecosistemas se han visto gravemente afectados por la acción antrópica debido a actividades de deforestación, ganadería, quemadas, el ascenso de la agricultura y sobreexplotación de recursos (Armenteras *et al.*, 2008). Dentro de estos bosques los principales componentes de la diversidad vegetal son los organismos epífitos debido a las múltiples funciones que cumplen (Gentry & Dodson, 1987), dentro de estos ecosistemas, los líquenes han sido poco estudiados; sin embargo para el caso del Volcán Cerro Machín se encontraron un total 38 especies repartidos en 28 generos y 16 familias, las cuales son nuevos registros para este volcán ya que es el primer estudio que se realiza de Líquenes en este sector; la familia con el mayor número de especies fue Lobariaceae (14 especies), seguida de Collemataceae (8 especies), Ramalinaceae (5 especies) y Cladoniaceae (5 especies), como se

muestra en la tabla xxx y la figura xx. Según Aguirre (2008), las familias más diversas para los bosques andinos son Parmeliaceae, Cladoniaceae y Lobariaceae y los géneros *Hypotrachyna*, *Sticta* y *Leptogium*; lo cual concuerda con las especies encontradas en donde la familia Lobariaceae tuvo la mayor cantidad de especies, representadas por el género *Sticta* (11 especies) y *Leptogium* (8 especies); las especies del género *Sticta*, son *componentes importantes dentro de estos ecosistemas ya que contribuyen en los ciclos de agua donde logran atenuar la erosión generada por las precipitaciones gracias a la capacidad de almacenar grandes cantidades de agua* (Zotz et al., 1998); *en el ciclo de nutrientes y nitrógeno debido a que fijan nitrógeno desde la atmosfera al ecosistema por la presencia de fotobiontes cianobacteriales* (Benner et al, 2007); en el Volcán Cerro Machín se logró observar que en la mayoría de puntos de muestreo se encontraron ejemplares de *Sticta*, menos en el Punto de muestreo 5 (Tabla x), ya que esté fue el borde de carretera, el punto más afectado por acciones antrópicas, sin embargo el punto 4 fue el que más especies tuvo y esto se puede deber a que en términos generales fue el lugar más conservado donde se muestreo, ya que era un bosque que no poseía senderos, además estaba alejado de carreteras y tanto turistas como campesinos no suelen ir a esté lugar. Lo anteriormente mencionado coincide con (Ramírez et al., 2016; Rivas Plata et al., 2008), donde señalan que los generos *Lobariella*, *Sticta* y *Yoshimuriella* son característicos de bosques conservados y estos tres generos no están presentes en el punto de muestreo 5 (Tabla xxx), pero si están presentes las formas lireladas de Graphidaceae (*Graphis*, *Phaeographis*) que son indicativas de bosques en los cuales hay perturbaciones (Rivas Plata et al., 2008). Además, se encontraron representantes de las familias Pertusariaceae, Physciaceae, y Teloschistaceae que son frecuentes en bosques andinos y son indicadoras de habitas perturbados (Soto & Rojas, 2010)

Por otro lado, especies como: *Brigantiaea leucoxantha*, *Phaeographis dendritica* y *Lopezaria versicolor* son comunes en la región de vida subandina a andina y especies como

Leptogium cyanescens, *Leptogium phyllocarpum*, *Crocodia aurata* y *Cladonia didyma* están ampliamente distribuidas por todas las zonas de vida de la cordillera de los andes por lo cual son comunes encontrarlas (Aguirre, 2008).

Aguirre & Chaparro (2002) mencionan que los géneros *Hypotrachyna*, *Parmotrema* y *Usnea* son los mejor representados para Colombia y también los más diversificados; lo cual concuerda con lo registrado en este proyecto, en donde los generos *Parmotrema*, *Usnea* y *Ramalina* se encontraron en los 8 puntos de muestreo.

2.1.9. Servicios Ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos se han ido conceptualizando como el conjunto de bienes y recursos con beneficios directos e indirectos que la biodiversidad genera para los seres vivos en general; y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes, estructuras y funciones que lo constituyen, configurando esa unión entre la biodiversidad y el ser humano. Esto significa que las acciones que históricamente se han realizado para la conservación de la biodiversidad como la creación de áreas protegidas, no son actividades ajenas al desarrollo, sino que, por el contrario, han contribuido significativamente a la provisión de servicios ecosistémicos, de los cuales depende directa e indirectamente el desarrollo de todas las actividades humanas de producción, extracción, asentamiento y consumo, “*así como el bienestar de nuestras sociedades*” (MADS, Política Nacional de la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos - PNGIBS, 2014, págs. 30-31).

2.1.9.1. Servicio de Aprovisionamiento. Según MADS (2014), el servicio de aprovisionamiento esta “*Constituido por el conjunto de bienes y productos que se obtienen de los ecosistemas como alimentos, fibras, maderas, leña, agua, suelo, recursos genéticos, pieles,*

mascoas, entre otros” (p. 31). A continuación, se relacionan los principales recursos de este servicio en los predios a declarar:

2.1.9.1.1. Agua. El área destinada a la conservación dentro del volcán Cerro Machín hace parte del área hidrográfica Alto Magdalena y a la subzona hidrográfica río Coello; el recurso hídrico del área se encuentra asociado a diferentes nacimientos de agua con una longitud acumulada de 20,54 km. Abastece principalmente al río Coello con uno de los distritos de riego más grandes del país, USOCOELLO, el objetivo de conservación del área va direccionado a preservar los afluentes que abastecen esta cuenca principal, teniendo en cuenta que ha presentado grandes disminuciones en su caudal a través del tiempo.

2.1.9.2. Servicio de Regulación y Soporte. Los servicios de regulación *“son los beneficios resultantes de la regulación de los procesos ecosistémicos, incluyendo el mantenimiento de la calidad del aire, la regulación del clima, el control de la erosión, el control de enfermedades humanas y la purificación del agua”* (MEA, 2005, pág. 34). Por otro lado, los servicios de soporte son la fuente primordial de los procesos ecológicos necesarios para el aprovisionamiento y la existencia de los demás servicios ecosistémicos. Estos servicios se evidencian a *“escalas de tiempo y espacio mucho más amplias que los demás, ya que incluyen procesos como la producción primaria, la formación del suelo, la provisión de hábitat para especies, el ciclado de nutrientes, entre otros”* (MEA, 2005, pág. 34).

2.1.9.2.1. Mantenimiento de Hábitat de Especies. La mayoría de las extinciones de especies son el resultado de acciones antrópicas, causadas por la destrucción y fragmentación de los hábitats, lo cual conlleva a que la estabilidad y el equilibrio de un ecosistema disminuya cuando las especies se extinguen o cambia su densidad poblacional. Dentro de los predios a declarar destinados a la conservación, se identifica un AICAS, cuya finalidad es la de proteger y conservar especies de aves que son prioritarias para la conservación; además a esto, el bosque altoandino y de niebla ofrece la oportunidad de hábitat

a grupos taxonómicos de distribución restringida y con endemismo como es la Herpetofauna, especies indicadoras de buen estado de conservación como son los lepidópteros y grupos faunísticos polinizadores que son componente esencial para el desarrollo de la biodiversidad. Del mismo modo, el tipo de ecosistema proporciona un hábitat natural para desarrollar las fases del ciclo de vida de numerosas especies tanto animales como vegetales, y mantener y recuperar poblaciones viables de especies en su entorno natural.

2.1.9.2.2. Polinización. La polinización es una relación de simbiosis en la cual el tanto el animal polinizador como planta, obtiene beneficios de dicha unión, como recurso, en forma de alimento y servicio, como medio para facilitar su reproducción., por esta razón su valor es inconmensurable, debido a que es un servicio ecológico gratuito dado por los insectos, puesto que, si no fuese de forma natural, debería de hacerse de forma manual como ocurre en algunas regiones del mundo.

Para los predios a declarar destinados a la conservación que se encuentran dentro del área del volcán Cerro Machín, se reportan 66 especies de mariposas, cuya intensa actividad es vital para la conservación de la biodiversidad y del ecosistema en general; no en vano es la gran variedad de plantas que alberga el bosque, con un elevado número de endemismos animales y vegetales, cuya conservación es prioritaria. De igual forma, la presencia del orden Quiróptera con una cantidad total de 11 especies soporta la importancia del área para la prestación de este servicio ecosistémico.

Esta área presenta zonas importantes que funcionan como hábitat para polinizadores que también benefician los bosques adyacentes, por lo tanto, mantener el vínculo ecológico entre hábitats naturales y seminaturales para polinizadores es altamente relevante para el mantenimiento de toda la biodiversidad presente en los predios destinados a la conservación

2.1.9.3. Servicio Cultural. Dentro del área a ser declarada se identificaron los siguientes servicios culturales:

2.1.9.3.1. Conocimiento Científico. Los predios destinados a la conservación dentro del volcán Cerro Machín se deben entender como un espacio para la investigación científica, es decir, un espacio protegido entendido como laboratorio para incrementar y mejorar el conocimiento científico, esto como herramienta para lograr los objetivos establecidos de conservación del área y para identificar la problemática de gestión presente y establecer sus estrategias.

El área se considera como laboratorio vivo en el que se genera y desarrolla el conocimiento científico; es vital entender el papel que desempeña la investigación en la búsqueda y la generación de soluciones para la conservación de la biodiversidad, solo conociendo el estado actual de un área, se pueden determinar las acciones a seguir, de allí se generan los modelos para la conservación de la biodiversidad, su uso racional.

Teniendo en cuenta que los predios a declarar se encuentran dentro del área del volcán Cerro Machín, esta integra factores de estudio vulcanológicos físicos como son geomorfología, sedimentología, tectónica, vulcanología, entre otros, esenciales para comprender el comportamiento del volcán y así lograr determinar los peligros como los beneficios resultantes para el ecosistema y la sociedad.

2.1.9.3.2. Turismo. De acuerdo con la Política de Turismo Sostenible (MINCIT, 2021) *“la implementación de estrategias de sostenibilidad en el turismo no solo resulta en beneficios ambientales – tales como la reducción en el uso y extracción de recursos naturales, y la disminución de la contaminación” p. 10*, sino también en una mayor contribución del sector al crecimiento económico de los países. El turismo de naturaleza, encaminado hacia la sostenibilidad es una alternativa que bien podría fomentar la conservación de la biodiversidad del área, pues se parte de la necesidad de conservar, proteger, y aprovechar de manera eficiente el recurso natural como un capital natural. CORTOLIMA en aras de adoptar el turismo de naturaleza como estrategia de conservación reconoce el atractivo que se encuentra dentro

del área a declarar; específicamente en el predio La Primavera donde se encuentra el termal de la quebrada Aguas Calientes, adecuada por la comunidad con llantas; actualmente es administrado por la junta de acción comunal (JAC) sin ningún tipo de regulación ambiental; no cuenta con autorización para ejercer la actividad, no hay registrada solicitud de concesión de aguas, ni existe un estudio de capacidad de carga (Ver Figura 42).

Figura 42

Termal de la quebrada Aguas Calientes, predio La Primavera del corregimiento de Toche.



Fuente: Elaboración propia.

2.2. Caracterización Socioeconómica y Cultural

2.2.1. Estado del Arte de la Información

Metodológicamente el componente Socioeconómico y Cultural se inicia en la fase de Preparación con una revisión de información secundaria sobre aspectos sociales, económicos y culturales, a partir de las siguientes fuentes de información consultadas: Documento Técnico de Soporte -DTS- de la Revisión Ordinaria del Plan de Ordenamiento Territorial Acuerdo 116 de 2000 Ibagué, Septiembre de 2014, Plan de Desarrollo Corregimiento 6 Toche- 2013 y 2019, Plan de Ordenación y Manejo de la Subzona Hidrográfica del Río Coello, POMCA Coello (2006 - Actualización 2019), Política Ambiental / Agenda Ambiental del Municipio Ibagué (2018), Agenda Ambiental del Municipio Coello 2011, Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, Datos del Servicio Geológico Colombiano, Plan de Contingencia para efectos producidos por el volcán Cerro Machín 2009, así como trabajos de investigación institucionales y académicos hallados en internet, y la suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC y la oficina del Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales - SISBEN de la alcaldía de Ibagué.

En el proceso de revisión del estado del arte de la información social, económica y cultural, y durante todo el desarrollo de implementación de la ruta metodológica, el equipo de profesionales del subproceso de Áreas Protegidas de la subdirección de Planificación Ambiental y Desarrollo Sostenible de CORTOLIMA (antes Secretaría de Planeación y Gestión Tecnológica), realizó de manera permanente reuniones internas, que permitieron definir y ajustar los insumos para cada componente del documento técnico, y diseñar los procedimientos, estrategias y acercamientos comunitarios en campo, para la recolección de información primaria requerida.

Figura 43

Evidencias fotográficas reuniones equipo técnico del subproceso.



Nota. Archivo fotográfico del subproceso de Áreas Protegidas, cada fase de la Ruta Declaratoria fue permeada por reuniones técnicas virtuales y presenciales del equipo de profesionales del subproceso de Áreas Protegidas de CORTOLIMA. Fuente: Elaboración Propia.

Se inicia el acercamiento con los actores sociales e institucionales relacionados con el área (comunidades, instituciones, organizaciones sociales o entes territoriales, entre otros), con el fin de presentar la iniciativa de declaratoria de área protegida de aproximadamente 496,77 ha, de siete predios de propiedad de la entidad ambiental del departamento (Las Brisas, La Esperanza, Machín 3 - El Tablazo, Machín 4 - La Holanda, Pitalito El Placer y Primavera Aguas Calientes) y la Gobernación del Tolima (Machín 1), ubicados en la zona del volcán Cerro Machín, del municipio de Ibagué.

Hay que mencionar que el apoyo de la Dirección de Participación Ciudadana y Comunitaria de la secretaría de Gobierno Municipal de Ibagué, fue fundamental para iniciar la construcción de una base de datos con información de personas que habitan y tienen influencia social en los alrededores del área del volcán Cerro Machín (juntas de acción comunal, asociaciones de acueducto, asociaciones de productores, entre otros), con el fin de coordinar y

adelantar las reuniones de acercamiento y socialización del proyecto de declaratoria de área protegida.

2.2.2. Canales de Comunicación – Espacios de Participación

La comunicación jugó un papel estratégico para facilitar la implementación de la ruta metodológica de esta nueva Área Protegida, permitiendo abrir los espacios de participación necesarios entre los actores relevantes, quienes, a través del diálogo, e intercambio de saberes, estuvieron activos en las reuniones, talleres y recorridos en campo.

Por medio de diferentes métodos y tecnologías, se lograron adelantar esas primeras reuniones de acercamiento con la institucionalidad del departamento (Figura 44), a la Gobernación del Tolima (Secretaría de Ambiente y Gestión del Riesgo), la Alcaldía Municipal de Ibagué (Secretaría de Ambiente y Gestión del Riesgo y la Dirección de Turismo) y la Cámara de Comercio de Ibagué, se les socializó el área del polígono y la importancia de realizar ésta nueva declaratoria, ya que el área constituye un factor latente de riesgo y amenaza, pero con un gran potencial ecoturístico como lo evidencian y proponen algunos estudios técnicos y especializados, como el propuesto en la Investigación en Política, Información y Gestión Ambiental, Grupo PIGA de la Universidad Nacional, (Vega Mora & Díaz, 2013):

“Se recomienda pensar desde ya en declarar y convertir toda la zona circundante al volcán Machín en un Parque Nacional Natural o en su defecto en un Parque Departamental o en un gran Parque de Diversiones, que de manera similar al Parque del Cañón del Chicamocha en Santander, se comunique por un sistema de teleférico entre Cajamarca, el Cerro de San Lorenzo y el Cráter del Machín, y aproveche la riqueza paisajística y las posibilidades geotérmicas del volcán, permitiendo otro tipo de ordenamiento territorial más adecuado a los riesgos que entraña y a su gran potencial

ecoturístico, y de paso, la reorientación de recursos para el mantenimiento de las vías de acceso a la zona y el fortalecimiento de la capacidad de gestión del riesgo” (p.13).

Figura 44

Evidencia fotográfica reunión interinstitucional.



Nota. Reunión: “Socialización Turismo de Naturaleza Sectores Machín - Toche, celebrada el día 12 de abril de 2021, instalaciones CORTOLIMA. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 45

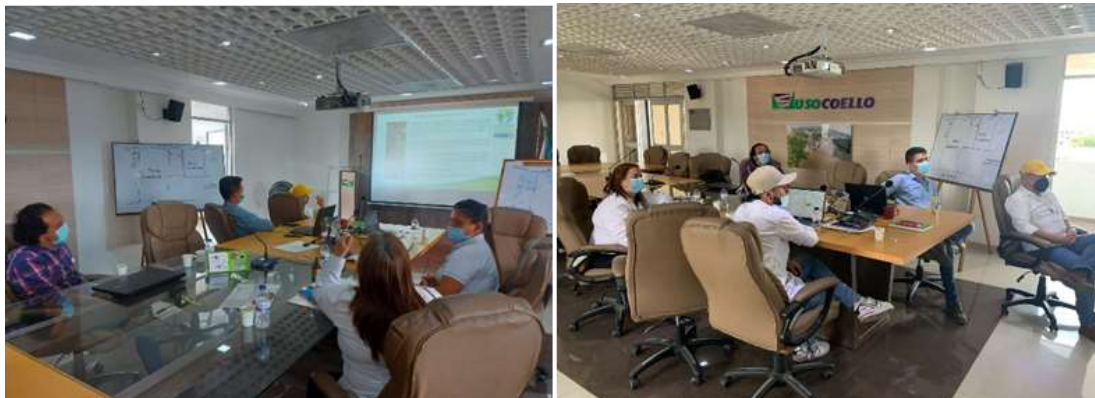
Evidencia Fotográfica Reunión Interinstitucional Secretaría de Ambiente y Gestión del Riesgo del Tolima.



Nota. El 29 de julio de 2021, se presentaron avances de la ruta metodológica a la secretaria de Ambiente y Gestión del Riesgo de la gobernación del Tolima, y se definieron acciones a seguir. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 46

Evidencia Fotográfica Reunión Interinstitucional Distrito de Riego y Adecuación de Tierras de los ríos Coello y Cucuana.



Nota. La Asociación de Usuarios del Distrito de Riego y Adecuación de Tierras de los Ríos Coello y Cucuana, USOCOELLO, fue otro actor social involucrado en el proceso de la ruta declaratoria de alrededor de 596,77 ha en el área del volcán Cerro Machín 23-08-2021. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 47

Evidencias Fotográficas reunión con actores sociales.



Nota. Actividad de socialización de la declaratoria con habitantes y líderes comunitarios, realizada el 24 de febrero del 2021. Fuente: Elaboración Propia.

En esta primera reunión con algunos actores sociales representativos de la zona, se realizó la socialización, donde se expusieron los alcances de la declaratoria y se presentó un primer avance del polígono a declarar, sujeto éste a unas modificaciones de área producto de

revisión cartográfica y nuevamente georreferenciación de los predios; la comunidad fue clara en señalar que como vecinos del volcán Cerro Machín, catalogado como uno de los volcanes con mayor potencialidad de daño en Colombia, viven en un riesgo permanente, sin embargo no muestran interés en salir de la zona, y por el contrario, ven en esta situación, una oportunidad económica alrededor del turismo, señalando a la vez, que hoy ese turismo de naturaleza no regulado es la principal causa de uno de los problemas ambientales que hoy afrontan, la contaminación por desechos orgánicos, residuos sólidos y aguas servidas, que pone en riesgo este ecosistema local.

En este acercamiento la comunidad, priorizo el mal estado de las vías de acceso como otro problema permanente, señalando que adecuar las rutas de evacuación Cajamarca - Ibagué, Cajamarca - Armenia, Cajamarca - vereda Potosí y Toche - Casco Urbano de Ibagué es una tarea inminente. Finalmente, dejaron claro que, aunque hay muy poca presencia institucionalidad, observan de manera recurrente a funcionarios del Servicio Geológico Colombiano, en su tarea de monitoreo.

Con respecto a la segunda fase de la ruta metodológica, la de Aprestamiento, se adelantaron actividades puntuales, que permitieron recoger información primaria con la comunidad vecina al área del polígono. La primera de ellas fue una visita a la vereda Coello San Juan del municipio de Ibagué, para coordinar recorrido por los puntos turísticos y adelantar invitaciones a la comunidad a participar en taller de cartografía social.

Figura 48

Evidencias fotográficas con actores sociales



Nota. En el mes de junio, se concretaron visitas a sitios turísticos como los termales, el humedal y las Estalagmitas, y se ubicaron carteleras invitando a la comunidad a participar en el taller sobre cartografía social.

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 49

Evidencias fotográficas taller de cartografía social con actores sociales.



Nota. Integrantes de las JAC y líderes de las veredas Coello San Juan y Guaico, hicieron reconocimiento del área a través de Cartografía Social - junio 18 del 2021. Fuente: Elaboración Propia.

Una visita técnica que se adelantó por los predios de la declaratoria: La Esperanza, Los Gavilanes, Machín 1, Machín 2, Primavera Aguas Calientes y Pitalito El Placer de propiedad de la entidad ambiental y la Gobernación del Tolima, con el fin de tomar puntos de referencia para límites prediales y revisar senderos, se convirtió en la cuarta actividad realizada.

Figura 50

Evidencias fotográficas caracterización ambiental en los predios.



Nota. El equipo técnico del subproceso de Áreas Protegidas, realizó la caracterización del humedal ubicado en la finca Santa Martha, y de los atractivos turísticos (Estalagmita), así como la revisión de coberturas vegetales de la zona aledaña a los predios. Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, la última actividad realizada en el marco de la caracterización socioeconómica y ambiental, fue el 13 de agosto de 2021, cuando se adelantó un nuevo encuentro comunitario, para trabajar en torno a socialización y ajustes cartografía social, identificación de atractivos turísticos, contextualización de servicios ecosistémicos y realización de matriz DOFA.

- Momento práctico “Reconociendo El Machín”.

Con respecto a la información primaria obtenida, la comunidad identificó 25 familias que habitan la vereda Coello San Juan (aproximadamente 100 personas), de ellas todas cuentan con el servicio de energía eléctrica; en el área no existe alcantarillado doméstico, y sólo tres (3) familias tienen pozos sépticos, los cuales se encuentran en mal estado, por lo tanto, las aguas residuales domésticas no son evacuadas de forma segura, son arrojadas a campo abierto y a las fuentes hídricas que pasan cerca de las fincas, generando un impacto negativo sobre la salud, y el medio ambiente.

En el taller de cartografía social realizado en el sector, se pudo encontrar que en la vereda Coello San Juan existe un acueducto comunitario que se surte de la quebrada El Azufral y beneficia aproximadamente a 30 familias en 45 puntos. Dicho acueducto construido en el año 1984, es administrado por la “Asociación de Usuarios del Acueducto Rural Coello San Juan”, organización comunitaria creada en el año 2000, cuenta con concesión de 2 pulgadas de agua aproximadamente 2 l/s (volumen), por parte de la entidad ambiental desde el año 2000 y hasta el año 2090. Su estructura consta de un desarenador en la bocatoma, un tanque despachador, un tanque auxiliador y 5000 metros de tubería PVC de entre 2 y 3 pulgadas (1 kilómetro de la bocatoma al tanque auxiliador cuenta con una manguera de 2 pulgadas). Cada familia paga por el servicio de acueducto \$10.000 anuales para arreglos.

Específicamente en la vereda Coello San Juan, según información recogida en campo, la Institución Educativa Técnica Tapias es la encargada de tener una sede allí, que se denomina sede “La Cabaña” porque era una sede que se encontraba en el sector de La Cabaña de esta vereda, la cual fue reubicada y se trasladó al sector donde actualmente está, su infraestructura se realizó con aportes de una fundación en el 2012 y según el observatorio vulcanológico de Manizales, es la única sede educativa que está ubicada en la zona que comprende el cráter de un volcán activo, como lo es el volcán Cerro Machín, ya que ningún ente gubernamental ni territorial aprobó recursos por ser una zona de alto riesgo.

Los grados que actualmente se ofrecen son desde preescolar a grado quinto, exceptuando el grado 3ro (que este año no tuvo matrícula). Cuenta con ocho estudiantes en total (50 % son niños y 50 % son niñas). Los niños cuentan con una edad entre los 5 y los 11 años.

Por otro lado, y para corroborar lo analizado en la información suministrada por el SISBEN, en una lectura general de la cartografía social realizada, se puede mencionar que los habitantes de la vereda Coello San Juan presentan problemas de saneamiento básico en

relación con los pozos sépticos en inadecuadas condiciones, no tienen buenas herramientas tecnológicas, ni internet. Y evidentemente se encuentran residiendo en zona de alto riesgo vulcanológico.

Figura 51

Evidencias fotográficas taller y ajuste de cartografía social.



Nota. Taller de socialización y ajuste de cartografía social, identificación de atractivos turísticos, contextualización de servicios ecosistémicos y realización de matriz FODA (13 de agosto de 2021) con la comunidad de las veredas Coello San Juan y Guaico en el marco de la Ruta Metodológica de la Declaratoria de una nueva Área Protegida, volcán Cerro Machín. Fuente: Elaboración Propia.

Una de las actividades que se implementó fue la matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), orientada a complementar las actividades desarrolladas para la identificación socioeconómica y cultural del proceso de formulación de la ruta declaratoria y que buscó generar una apropiación social que permitiera establecer estrategias para la conservación del Volcán Cerro Machín y los recursos naturales encontrados allí.

El ejercicio se denominó “Reconociendo el Machín” con el fin de lograr incentivar a las personas de participar desde su conocimiento, experiencia y expectativa, por lo que se inició preguntando por las Fortalezas y Debilidades que encuentran al vivir en el área del Volcán Cerro Machín y posteriormente a identificar las Oportunidades y Amenazas, para así,

estratégicamente trabajar en el fortalecimiento correspondiente a las situaciones presentes en el área.

La implementación de la Matriz FODA (Sisamón Gil, 2012) se realizó comunidad de las veredas Coello San Juan y Guaico, donde se llevó un mapa en diseño de árbol donde se distribuían Fortalezas (en las raíces), Oportunidades (en las hojas), Debilidades (en el tronco) y Amenazas (en las ramas), el mapa del mapa de árbol se expuso en una pared del espacio donde se desarrollaba la actividad y se les solicitaba a las personas ir diligenciando en unas tarjetas las que identificaban respectivas a cada una.

En la Tabla 34, se exponen las Fortalezas y Oportunidades que consideraron colectivamente por los participantes, donde ellos manifestaron que como comunidad estaban comprometidos con el área, que cuentan con organización de las juntas, que aprecian y encuentran riqueza en la sus tierras, abarcada desde una diversidad biológica hasta un gran oportunidad de agricultura, dentro de las fortalezas encuentran la presencia de la intervención del Servicio Geológico y ven como una oportunidad la presencia de otras instituciones que puedan ejercer control y monitoreo frente al riesgo que presenta la zona, en este sentido, vieron la importancia de generar de contar con un turismo que sea regulado a partir de los parámetros de estudios profesionales para la zona.

Tabla 34

Fortalezas y Oportunidades que la comunidad identificó en el análisis FODA

Fortalezas	Oportunidades
Compromiso de la comunidad con el área	Intervención de la Corporación
Organización en las Juntas de Acción Comunal	Turismo regulado

Presencia del Servicio Geológico de Manizales Monitoreo sísmico	Valorización de las tierras por avistamiento del Volcán
Diversidad biológica	Territorio para investigación y estudios
Fertilidad de los suelos para la agricultura	Oportunidades para las asociaciones agrícolas conformadas
	Avistamiento de Fauna

Fuente: Elaboración Propia.

Frente a las Debilidades y Amenazas, se mencionaron factores de orden social como el mal estado de la vía y lo que este implica no solo en su diario vivir, sino también en un momento de riesgo y de emergencia; en este orden, también se manifestó preocupación porque la zona no cuenta con una señalización adecuada y pertinente sobre riesgo y la interacción de personas en la misma, por lo que identificaban que una falencia es la falta de presencia y control por parte de instituciones que ejecuten acciones que lleven a la buena relación con el área, desde las personas que habitan en la zona, hasta las que llegan en el sentido de turismo. A partir de mencionar y reconocer la actividad turística, manifestaron que al no ser regulada se vuelve una amenaza, porque no cumplen con requerimientos y protocolos para operar en el área (Ver Tabla 35).

Tabla 35

Debilidades y Amenazas que la comunidad identificó en el análisis FODA.

Debilidades	Amenazas
Mal estado de las vías	Riesgo volcánico
Carencia de señalización (riesgo – evacuación)	Turismo no regulado

Falta de comunicación y presencia institucional	Agentes externos operadores de turismo
No hay recolección de basuras	
Falta de articulación entre la misma comunidad	
Falta de control por invasión a predios de la Corporación (ganadería)	
Falta de conciencia ambiental	
Intervención antrópica no regulada	

Fuente: Elaboración Propia.

Desde este ejercicio, se pudo no solo generar una apropiación social frente a la importancia de la Ruta Declaratoria en el Volcán Cerro Machín, sino que permitió identificar y fortalecer los diversos componentes de estudios dentro del proceso.

2.2.3. Descripción de grupos humanos que habitan en el territorio y sus prácticas culturales

A continuación, se describen los principales grupos sociales dentro de la zona de estudio.

2.2.3.1. Importancia Cultural e Histórica.

2.2.3.1.1. Cosmovisión y Cosmogonía: Sitio Sagrado El Machín. La identificación de lugares de importancia cultural e histórica está actualmente centrada en que es un área de tierras fértiles para la agricultura y otras actividades productivas, así como el interés de algunos líderes de la región en posicionar este espacio como sitio ecoturístico en beneficio de sus pobladores, a pesar de ser un área de riesgo y amenaza vulcanológica.

Por otro lado, al igual que otros sitios naturales como este, tienen un gran valor espiritual que lamentablemente y debido a que ya no hay pueblos indígenas cercanos al área tiende desvanecerse en el tiempo. Por esa razón es pertinente citar algunos fragmentos de la Tesis de Grado *“Molá; Toponimia de los sitios sagrados del pueblo Pijao en el municipio de Natagaima del Departamento del Tolima”*, de (Cortes T., 2021):

Los territorios ancestrales tienen un profundo valor espiritual para los pueblos indígenas y tribales. Además, los pueblos indígenas y tribales consideran que ciertos lugares, fenómenos o recursos naturales son especialmente sagrados de conformidad con su tradición, y requieren especial protección.

“La Serpiente Molá según las creencias de la cosmogonía del pueblo Pijao, es la deidad que construyó parte de la cordillera central desde el Nevado del Tolima hasta el cerro del Pacandé, en su trayecto creó varios lugares sagrados para el pueblo Pijao, entendiendo el pueblo Pijao como a los nativos que vivían tanto desde la parte alta de la cordillera como a los que se asentaban en la parte del valle del Magdalena, ambos pueblos compartían características similares los cuales no eran un todo sino que hacían parte de los cerca de 94 pueblos que componían el Tolima grande, se dice que fue esta serpiente quien en asocio y compañía de la deidad Tolaima (deidad de las nubes), edificaron con toda su sabiduría ciertas altitudes como el Nevado del Tolima, el cual tiene su nombre en honor a dicha deidad, en la cual según la tradición oral Pijao correlacionaron fuerzas para su realización, posteriormente la Molá creó el volcán Machín⁸, en este lugar, en épocas muy remotas cuando la serpiente Molá construye esta gran pirámide natural, fue necesario hacer una conexión ya que al construirlos

⁸ En la cultura Pijao Machín significa gigante dormido.

internamente en las entrañas de la tierra, esta las ligaba con una gran viga de oro para guardar su equilibrio”...(p.25,26).

Toche (Volcán del Machín): Construido por la serpiente Molá, morada de la deidad Ibanasca, la de la tormenta, fue sitio donde, se refugió la gran cacica Yulima y armó su fortaleza; después que fue sacada por españoles de su territorio que hoy es Ibagué. Después fue apresada y quemada viva en plaza. “En las proximidades del Volcán Machín tenían un santuario religioso, dedicado a sus dioses, la luna y el sol, representados en dos grandes discos de metro y medio de diámetro, de oro y plata bruñidos. En dicho Santuario asistían dos monjes o mohanés dedicados a esparcir incienso, y a atender las consultas sobre malos o buenos sucesos futuros”. (p. 24).

“La sacerdotisa Yulima, que regentaba un santuario religioso Pijao en las cercanías del volcán Machín, fue asaltada por los españoles y hecha prisionera, siendo conducida encadenada hasta Ibagué, en cuya plaza principal se le incineró viva por los conquistadores y mientras agonizaba recibía bendiciones de un sacerdote para que su alma volara pronto al cielo”. (Cortes T., 2021, págs. 40-41).

2.2.3.1.2. Contexto Histórico. Resulta necesario la elaboración de un breve contexto histórico, para aproximar un análisis a algunas circunstancias que han incidido en las dinámicas regionales, como lo ha sido de manera significativa el Conflicto Social y Armado en Colombia, en este caso en el departamento del Tolima. Para ello se puede citar algunas afirmaciones realizadas en un Trabajo de Grado que hace referencia al Control Territorial, Violencia y Conflicto Armado en el Municipio de Ibagué 1998-2016, según, sus autores, (Hernández A. & Padilla J., 2019):

“El conflicto armado interno en Colombia tuvo fuerte influencia e impacto en el territorio tolimense, en el cual hubo presencia de los tres actores armados

legales e ilegales que mayor protagonismo han tenido a nivel nacional (Guerrillas, Paramilitares y Fuerzas Militares [FF.MM.]). En el departamento del Tolima, el asentamiento de los grupos ilegales estuvo caracterizado por la potencialidad del territorio” (p. 20).

A lo anterior se le podría agregar un sinfín de análisis históricos, por enunciar algunos, de manera breve, zona donde nació o se conformó uno de los grupos guerrilleros que actualmente pasaron de la clandestinidad a hacer vida política y legal, las FARC-EP, al firmar los Acuerdos de Paz en la Habana (2016), denominado hoy partido político “Comunes”. Así como territorio donde más se sintió el periodo de la “Violencia”. El párrafo citado de Hernández y Padilla también lleva a mencionar, por ejemplo, ese potencial geográfico y estratégico, y desde luego los conflictos históricos por tenencia a la Tierra, explotación económica y uso del suelo como lo plantean en su trabajo (Hernández A. & Padilla J., 2019). En otras palabras, paradójicamente la riqueza de su suelo y condiciones geográficas ha generado disputas territoriales que a su vez han dado nacimiento a fenómenos sociales de significancia e impacto en la región.

Específicamente en el corregimiento 6 de Ibagué, en el cual se encuentra el área a declarar como protegida, según los autores mencionados, en sus investigaciones citan fragmentos de una entrevista donde se expone que las dinámicas sobre el control del territorio generaron corredores de movilidad, (Hernández A. & Padilla J., 2019), *“especialmente [...] en la vía a Cajamarca, en San Juan de la China, Dantas, Toche. Esos eran precisamente los sitios que empleaban los grupos al margen de la ley para moverse o mover sus mercancías y sus productos”* (p. 137). Precisamente por esa ubicación geoestratégica de estas zonas, en particular, se argumenta la presencia de estos grupos al margen de la ley, en palabras de una víctima del conflicto que citan en su trabajo Hernández y Padilla (2019):

“...para ellos el que tenía la altura tenía el poder, el que estaba en las zonas más altas que era donde estaban los corregimientos más pudientes de la zona, obviamente ellos ejercían el poder. Más que todo es por territorios, por tierras, por poder ejercer esa presión hacia el gobierno central o nacional, debido a que ellos tenían la altura, tenían el poder y pues al haber tanta altura había mucho trayecto entre el pueblo, el casco urbano y las zonas veredales”. (p. 135).

Consecuencia de todo ello, y de manera general, pero sin desconocer la complejidad del tema, se puede mencionar en esta parte del análisis algunos fenómenos que estuvieron presentes en el Tolima como el desplazamiento forzado; el reclutamiento forzado; los retenes ilegales; el cobro de vacunas; las alianzas criminales entre paramilitares, narcotraficantes y parte de la élite política y económica de la región; secuestro; y confrontaciones armadas entre grupos extremistas de ultraderecha y ultraizquierda, entre otros muchos fenómenos y causas, históricamente ha impulsado la migración del agricultor víctima y sobreviviente del Conflicto Armado a otros lugares o zonas de riesgo dejando así un porcentaje lamentable e incontable de víctimas del conflicto en el territorio.

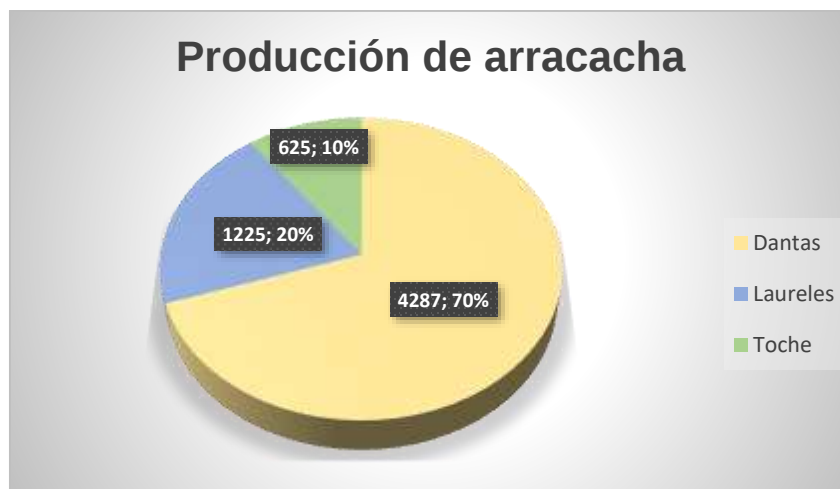
La protección del medio ambiente, su recuperación y el buen vivir, son parte fundamental en muchos de los programas aún en proceso de implementación en el marco de los acuerdos de paz (2016). Por ello, la propuesta de la declaración como área protegida debe garantizar la no revictimización de la población víctima dentro de la poligonal y priorizar su participación en los nuevos proyectos en la zona para la protección de ecosistemas y que sean veedores rurales de que se dé un verdadero desarrollo sostenible, un control efectivo contra la deforestación y una gestión sostenible de los bosques.

2.2.4. Descripción sobre Principales Actividades productivas Locales y Regionales

En el Anuario Estadístico Municipal Ibagué 2016-2017, (SPMI, 2016), publicado por la Secretaría de Planeación Municipal se encuentra información general sobre este aspecto, específicamente expone que el corregimiento 6 Toche figura con un porcentaje significativo en la producción de arracacha en comparación con otros Corregimientos del Municipio de Ibagué como se observa en la Figura 52.

Figura 52

Producción de Arracacha corregimiento 6: Toche en toneladas anuales.



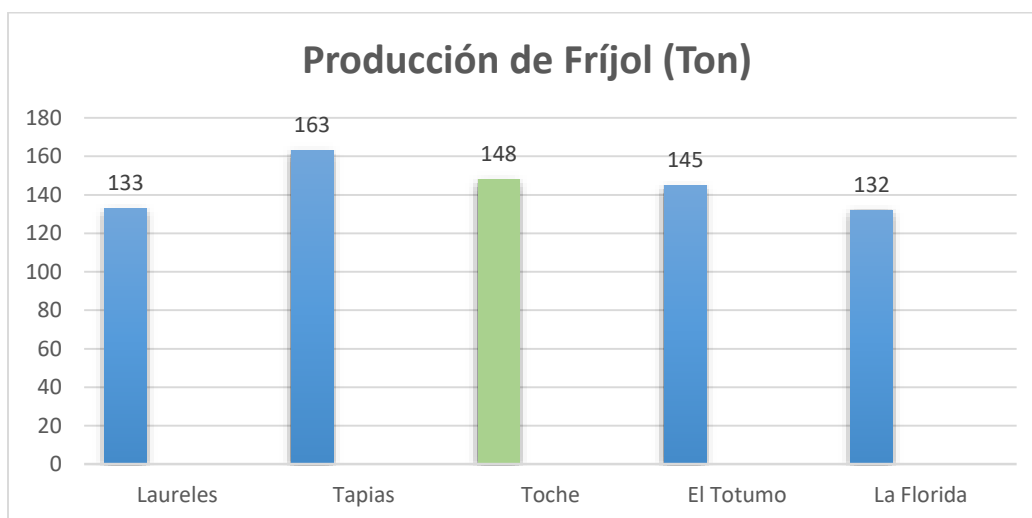
Nota. Tomado de Anuario Estadístico Municipal de Ibagué (2016 - 2017). Fuente: (SPMI, 2016).

Como se evidencia en la Figura 52, el corregimiento número uno en producción de Arracacha se encuentra en Dantas, con el 70 % y producción en toneladas anuales de 4,287, seguido del corregimiento Laureles, con el 20 % y una producción anual de 1,225 toneladas y finalmente el tercer lugar lo ocupa el corregimiento 6 Toche con el 10 % y una producción anual de 625 toneladas. Por otro lado, en cuanto a producción de Fríjol se encontró en el Anuario Estadístico Municipal de Ibagué 2016-2017 que este corregimiento posee una producción significativa en comparación con los otros corregimientos del municipio. Viendo la Figura 53 se

muestra al corregimiento 6: Toche ocupando el segundo lugar en producción de Fríjol con 148 toneladas anuales en comparación con Tapias, corregimiento cercano al área a declarar con 163 toneladas anuales, ocupando éste el primer lugar en producción de este producto. Seguidamente el tercer lugar, El Totumo con 145 toneladas anuales, cuarto lugar el corregimiento de Laureles con 133 toneladas anuales y por último el corregimiento de La Florida ocupando el quinto lugar con una producción de 132 toneladas anuales.

Figura 53

Producción de Fríjol corregimiento 6: Toche en toneladas anuales.



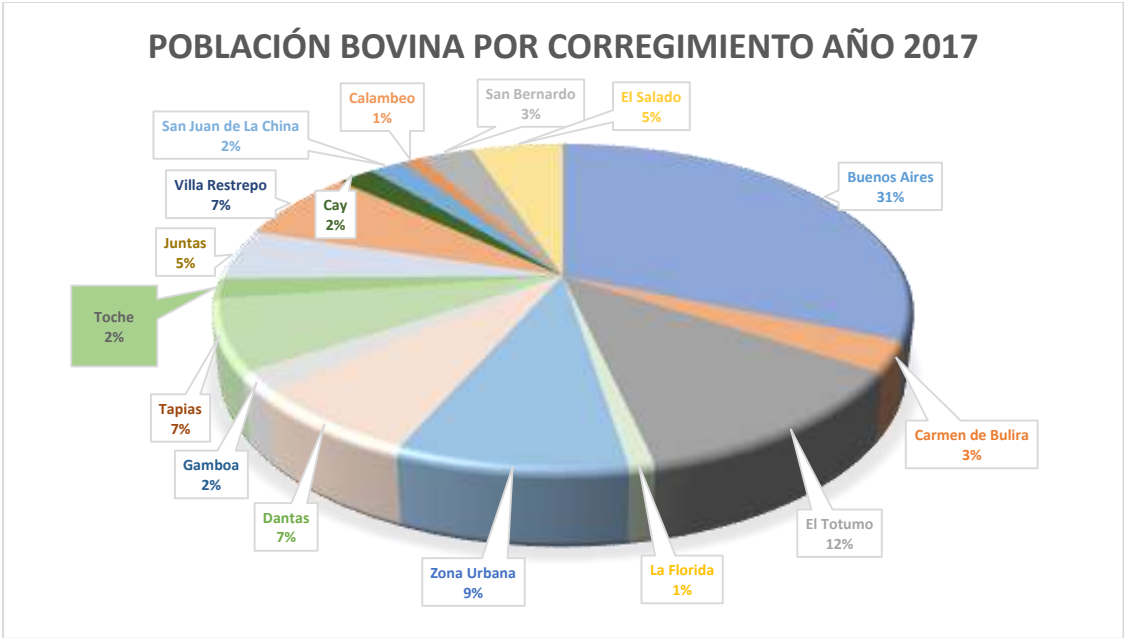
Nota. Tomado de Anuario Estadístico Municipal de Ibagué (2016 - 2017). Fuente: (SPMI, 2016)

2.2.2.1. Producción Pecuaria. Según el (SPMI, 2016):“El corregimiento de mayor importancia con respecto a la cantidad de cabezas reportadas por el Comité de Ganaderos del Tolima corresponde a Buenos Aires con un 28 % del total del censo bovino, en segundo lugar, se encuentra corregimiento del Totumo con un 11 % de participación en el censo bovino; estos sectores corresponden a zonas de topografía plana del municipio de Ibagué que cuentan con vocación ganadera por tradición”. (p.92)

2.2.2.2. Producción Ganadera. Respecto a este punto según una figura encontrada en el Anuario Estadístico Municipal, citado anteriormente, el corregimiento 6: Toche para el año 2017 tuvo un porcentaje de producción bovina del 2%, visualizado en la Figura 54.

Figura 54

Población Bovina por corregimiento año 2017.



Nota. Tomado de Anuario Estadístico Municipal de Ibagué (2016 - 2017). Fuente: (SPMI, 2016).

2.2.2.3. Piscicultura. En relación con este punto, se encontró en el Anuario Estadístico Municipal cifras de 10 corregimientos respecto a piscicultura, sin embargo, no especifica que especie de peces que se cría en la zona. En la Tabla 36, muestra que el corregimiento de Toche produce 512 kilos de pescado mensuales.

Tabla 36

Producción mensual en kilogramos de Peces.

Corregimiento	Kilogramos / Hectárea / Mes
3. Coello Cócora	472

4. Gamboa	16
5. Tapias	39
6. Toche	512
8. Villa Restrepo	409
9. Cay	110
12. San Bernardo	2.625
13. Salado	2.249
15. Carmen de Bulira	482
16. Totumo	274
Total	7,188

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior, también se puede analizar que el corregimiento 6 Toche ocupa el tercer lugar en esta actividad productiva. En relación con el componente económico productivo en lo local, la mayoría de los habitantes “pequeños productores” en el área tienen una economía de auto - subsistencia con intervenciones aisladas en ganadería, agricultura, que no logran acelerar la dinamización de la economía local. Como pequeños productores, comercializan sus cosechas, así como los derivados de la leche como el queso, con minoristas que los sacan a los mercados de Ibagué y Cajamarca; aquí hay que señalar que quienes poseen ganado vacuno (doble propósito), lo tienen solo a pequeña escala.

Tabla 37

Principales actividades agrícolas de la comunidad de las veredas Coello San Juan y Guaico.

Corregimiento	Vereda	Cultivos
6 (Toche)	Coello San Juan	Alverja, Arracacha, Cebolla, Fresas, Fríjol, Maíz, Papa, Pimentón, Repollo, Tomate, Zanahoria
5 (Tapias)	Guaico	Alverja, Arracacha, Banano, Café, Fríjol, Habichuela, Lulo, Maíz, Pimentón, Plátano, Sábila, Tomate, Tomate de Árbol, Yuca

Fuente: Elaboración propia.

Es importante indicar que, con el fin de mejorar sus condiciones de vida, y contar con un ingreso extra, algunos miembros de la comunidad han optado por iniciar la prestación de servicios turísticos a los visitantes, como lo es alimentación, hospedaje, piscina termal, servicio de interpretación ambiental, y acompañamiento a los diferentes atractivos.

Para ellos es claro, que a través del turismo se puede impulsar y fortalecer el desarrollo de la comunidad. Como lo señalamos anteriormente, cuando se les habla del riesgo que representa habitar, trabajar y ofrecer turismo en el área de influencia del volcán, ellos lo ven como la oportunidad, que no solamente el país sino el mundo entero, conozca la riqueza del área, la importancia de su conservación, y cuidado, sin impedir su disfrute.

2.2.3. Análisis Predial

Los bienes inmuebles inmersos dentro del área objeto de la declaratoria tienen dos características especiales, la primera es que son de propiedad de entidades públicas y la segunda que fueron adquiridos con fines claros de preservación y conservación.

El **Consejo de Estado, Sección Primera, en Sentencia 05001233100020060367301, de marzo 15 de 2018, con ponencia del consejero Oswaldo Giraldo López**, definió los bienes propiedad del Estado de la siguiente manera: BIENES DE DOMINIO PUBLICO – Concepto. Clasificación / BIEN FISCAL – Concepto. Alcance / BIEN PUBLICO – Concepto. Alcance De los

artículos 63, 72, 82, 102 y 332 de la Constitución Política se deduce que se consideran bienes de dominio público los destinados al desarrollo o cumplimiento de las funciones públicas del Estado o los que están afectados al uso común. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 674 del Código Civil se llaman “Bienes de la Unión” aquellos cuyo dominio pertenece a la República y se clasifican en bienes patrimoniales o fiscales y en bienes de uso público. Los bienes patrimoniales o fiscales, también conocidos como propiamente estatales, pertenecen a una persona jurídica de derecho público de cualquier naturaleza y de manera general están destinados a la prestación de las funciones públicas o de servicios públicos, su dominio corresponde al Estado, “pero su uso no pertenece generalmente a los habitantes”, es decir el Estado los posee y los administra de manera similar a como lo hacen los particulares con los bienes de su propiedad. Por su parte, los bienes de uso público universal, igualmente conocidos como bienes públicos del territorio, son aquellos cuyo dominio resulta también del estado, pero su uso pertenece a todos los habitantes del territorio y están a su servicio permanente. Como ejemplo de ello se relacionan las calles, plazas, parques, puentes, caminos, ejidos, etc. A partir de tales características se impone que ninguna entidad estatal tiene sobre ellos la titularidad de dominio equivalente a la de un particular, por estar destinados al servicio de todos los habitantes. Sobre ellos el Estado ejerce básicamente derechos de administración y de policía, con miras a garantizar y proteger su uso y goce común, por motivos de interés general.

El área objeto de la presente declaratoria consta de 496.77 ha aproximadamente 4967700 m², comprendida por siete predios fiscales de propiedad de la Corporación Autónoma Regional del Tolima - CORTOLIMA y de la Gobernación del Tolima, los cuales fueron comprados con fines de realizar la declaración, alineación y creación de un área protegida con fines de conservación y restauración.

CORTOLIMA es propietario del 67 % de los predios del área a declarar y la Gobernación del Tolima es propietaria del 32.3 % del área objeto de la declaración.

Al momento de la declaratoria los predios son administrados por CORTOLIMA, entidad que ha realizado las acciones encaminadas al cumplimiento del objetivo de la adquisición, tales como reforestación, mantenimiento y aislamiento de los predios.

Las dos entidades gozan de una sana posesión, como consta en los informes de visitas de la subdirección de Desarrollo Ambiental de la entidad ambiental; desde el momento de la compra no se han tenido incidentes de invasiones de los predios, ni levantamiento de edificaciones por parte de personas que pretendan disputar la posesión o la propiedad de los predios objeto de declaratoria. A continuación, se presenta la Tabla 30 con el resumen de los predios, su extensión y propietarios. En el archi anexo se referencian los certificados de libertad y tradición de los predios adquiridos.

Tabla 38

Resumen de los predios, su extensión y propietarios.

Municipio	Cuenca	Vereda	Pedio	Área / Ha	Propietarios y Porcentaje de Participación
Ibagué	Coello	Coello San Juan	Machín 3 - El Tablazo (Machín)	154 ha 4,463 m ²	CORTOLIMA 100 %
			La Primavera - Aguas Calientes (Machín)	41 ha 5,000 m ²	CORTOLIMA 100 %
			La Esperanza (Machín)	4 ha	CORTOLIMA 100 %
			Machín 4 - La Holanda	40 ha	CORTOLIMA 100 %
			Pitalito El Placer	80 ha 7,586 m ²	CORTOLIMA 100 %
			Las Brisas	38 ha	CORTOLIMA 100%

Machín 1	171 ha 2,233 m ²	Gobernación del Tolima 100 %
----------	--------------------------------	------------------------------

Fuente: Elaboración propia.

2.2.4. Estimación del Número Aproximado de Familias y Viviendas al Interior del Área Protegida Propuesta

En ninguno de los siete predios que conforman el polígono de la declaración, viven personas o hay levantadas infraestructuras para vivienda; el número aproximado de familias y viviendas que habitan la vereda donde están ubicados los predios del área protegida propuesta, según Ficha Técnica consultada en el documento Plan de Emergencias del municipio de Ibagué y Contingencia volcán Cerro Machín (CORTOLIMA, 2009) es de 35 familias en la vereda Coello San Juan.

En contraste, se encontró en la base de datos con corte a enero de 2021, suministrada por la Oficina de Dirección Administración del SISBEN, (CORTOLIMA & SPMI, 2021) ente adscrito a la Secretaría de Planeación de la Alcaldía Municipal de Ibagué, que en esta vereda Coello San Juan se encuestaron 53 hogares, en dicha información no se pudo identificar el total de viviendas. En este mismo sentido el trabajo en campo, a través de la cartografía social, arrojó la cifra de 25 familias aproximadamente 100 habitantes.

Respecto al tipo de vivienda de esta vereda Coello San Juan, se encontró que el 90,6 % son viviendas tipo casa y el 9,4 % son viviendas tipo apartamento. En cuanto al material predominante de las paredes exteriores de las viviendas es de bloque, ladrillo y piedra, seguido de tabla, tablón y bahareque. En cuanto a pisos el 52,8 % de las viviendas está hecho de cemento y gravilla, un 37,7 % en madera en mal estado y un 9,4 % aproximadamente tiene piso de tierra o arena.

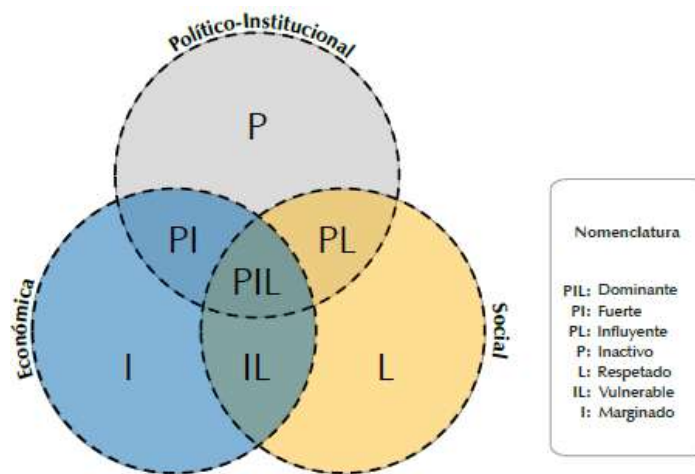
En cuanto a energía eléctrica se encontró que el 96,2 % cuenta con este servicio y un 3,8 no lo tiene. En contraste con el servicio de energía el 96,2 % no cuenta con servicio de alcantarillado. Por otro lado, ninguna vivienda cuenta con gas natural domiciliario. La eliminación de basuras principalmente, en los hogares encuestados, es quemada, en menores porcentajes es enterrada y arrojada a quebradas o baldíos, igualmente un porcentaje muy bajo es recogido por el servicio de aseo. En lo que tiene que ver con el servicio de acueducto, esta vereda posee un 92,4 % de viviendas encuestadas que no poseen este servicio. La información encontrada en el SISBEN, en las 53 encuestas que se realizaron, 29 encuestas fueron respondidas por hombres y 24 por mujeres.

2.2.5. Identificación de Principales Actores E Instituciones, Descripción de sus Formas de Gobernanza y su Relación con el Área en Proceso de Declaratoria.

Según (Tavares R. & Fitch M., 2021), diseñaron una metodología para la identificación de los actores sociales clave en una comunidad y determinar su poder e influencia dentro de la misma, ellos plantean que a través de identificar dentro de las esferas de categorización los diferentes actores se podrá aproximar un análisis al impacto que ellos tienen dentro del proyecto y dentro de la comunidad. En el siguiente diagrama expuesto por los autores mencionados se observa que dentro de estas tres esferas y sus intersecciones se ubican las categorías del actor social según su perfil o influencia.

Figura 55

Esferas de categorización de actores.



Nota. Tomado de la Planificación comunitaria en barrios socialmente vulnerables. Fuente: (Tavares R. & Fitch M., 2021)

En conclusión, estos investigadores plantean, que si se logra una buena relación de colaboración entre los actores sociales que hacen mayor presencia en el área de estudio, la comunidad puede obtener mejores beneficios. Por ello, la tarea de clasificar cada uno de los actores identificados en este proceso de declaratoria, y seguir generando espacios de diálogo, es fundamental al momento de trazar estrategias de conservación y desarrollo.

De otra parte, según el Decreto 2372 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en el artículo 38 donde se definen los criterios para la designación de áreas protegidas, en cuanto a criterios socioeconómicos y culturales, en el punto f, se estipula que se debe: *“...aglutinar el trabajo y esfuerzo de actores sociales e institucionales, garantizando así la gobernabilidad sobre el área protegida y la financiación de las actividades necesarias para su manejo y administración”* (MAVDT, 2010, págs. 18-19).

En el proceso de identificación de estos actores sociales e instituciones claves, se identificaron e involucraron concretamente en la implementación de la ruta declaratoria, ocho organizaciones locales, cuatro entes municipales, dos instituciones departamentales y una (1)

institución especializa en geotérmica y vulcanología para un total de 15 actores sociales e instituciones, como se observa en la Tabla 39:

Tabla 39

Actores sociales e institucionales presentes a alrededor del área de la declaratoria (2021).

Nivel	Organizaciones e Instituciones
Municipal	Asociación de Campesinos Colombianos, ASOCOLOMBIANA
	Asociación de Usuarios del Acueducto Rural Coello San Juan
	Asociación de Usuarios del Acueducto Rural Guaico
	Consejo Corregimental de Planeación Toche
	Institución Educativa de Guaico
	Institución Educativa Técnica Tapias, sede “La Cabaña”
	Junta de Acción Comunal de Coello San Juan
	Junta de Acción Comunal de Guaico
	Alcaldía de Ibagué
	Asociación de usuarios del río Coello y Cucuana USOCOELLO
Departamental	Dirección de Participación Ciudadana y Comunitaria de la Secretaría del Gobierno Municipal de Ibagué
	Cámara de Comercio de Ibagué
	Secretaria de Gestión de Riesgos y Desastres del Departamento
	Secretaria de Gestión de Riesgos y Desastres del Departamento
Nacional	CORTOLIMA
	Servicio Geológico Colombiano (SGC) Grupo de Investigación Geotérmica de la Dirección de Geo ciencias Básicas y Observatorios Vulcanológicos de Bogotá, Manizales, Popayán y Medellín

Fuente: Elaboración propia.

De manera específica, a nivel local se identificaron dos Juntas de Acción Comunal de las veredas Coello San Juan y Guaico, dos Instituciones Educativas ubicadas en las mismas veredas, dos Asociaciones de Usuarios del Acueducto Rural, el Consejo Corregimental de Planeación. Hay que señalar que la comunidad identificó la Asociación de Campesinos Colombianos, ASOCOLOMBIANOS inscrita en la Cámara de Comercio de Ibagué en el mes de septiembre de 2017, cuyo objetivo social es organizar a sus aliados con el fin de obtener precios justos, a partir de la producción, comercialización y transformación de los productos agropecuarios y todo lo relacionado con el campo colombiano, así como la identificación, gestión, coordinación, promoción y ejecución para sus aliados, planes, programas y proyectos que permitan el fomento de las actividades agropecuarias, industriales y turísticas, entre otros.

Respecto a las Juntas de Acción Comunal, estas son orientadas por la Ley 743 de 2002, ley reglamentada a su vez por el Decreto Nacional 2350 de 2003. De manera concreta en el artículo 8 expuesto en esta ley dice: *“La junta de acción comunal es una organización cívica, social y comunitaria de gestión social, sin ánimo de lucro, de naturaleza solidaria, con personería jurídica y patrimonio propio, integrada voluntariamente por los residentes de un lugar que aúnan esfuerzos y recursos para procurar un desarrollo integral, sostenible y sustentable con fundamento en el ejercicio de la democracia participativa”* (MIJ, 2003, pág. 1).

Tanto las Juntas de Acción Comunal de las veredas Coello San Juan y Guaico como el Consejo Corregimental de Planeación han participado activamente en los talleres realizados.

Respecto a la estructura de algunos de estos entes Institucionales, de carácter local y político, por ejemplo, los Consejos Corregimentales de Planeación, en la resolución 126 del 28 de junio de 2017⁹, tienen como objetivo principal promover y proteger el derecho a la participación democrática en pro de la inclusión. Estos Consejos están integrados por:

⁹ Visto en <https://cimpp.ibague.gov.co/consejos-de-planeacion/>.

1. El representante del corregimiento respectivo del Consejo Municipal de Desarrollo Rural – CMDR.
2. Un (1) Representante de Asociaciones Campesinas.
3. Un (1) Representante de Organizaciones que velen por la protección de áreas de reserva o protección ecológica y ambiental o áreas protegidas.
4. Un (1) Representante de cada una de las Organizaciones que velen por poblaciones en condiciones de vulnerabilidad (entidades por población en situación de vulnerabilidad: minorías Étnicas, desplazados, adulto mayor, mujeres cabeza de familia y/o madres comunitarias, jóvenes, discapacitados, LGBTI entre otros).
5. Un (1) delegado de las Juntas de acción comunal.
6. Un (1) delegado del sector Salud del Corregimiento.
7. Un (1) delegado del sector Educativo del Corregimiento.

Mientras a nivel municipal se realizó contacto con la Administración Municipal de Ibagué, la Cámara de Comercio de Ibagué, la Dirección de Participación Ciudadana y Comunitaria de la Secretaría del Gobierno Municipal de Ibagué a nivel departamental se realizaron acercamientos y encuentros con la Dirección de Gestión de Riesgos y Desastres¹⁰ de la secretaria del ambiente y gestión del riesgo del Tolima SAGER, cuya misión es “...*Diseñar y ejecutar programas y proyectos encaminados al estudio, monitoreo, detección de factores de riesgo y alerta, para mitigar los impactos negativos y preservar el medio ambiente.*”

En el ámbito nacional se encontró que en el área hace presencia los Observatorios Vulcanológicos de Bogotá, Manizales, Popayán y Medellín (ya que, según información recolectada en talleres realizados, estos visitan el área frecuentemente), adscritos al el Servicio

¹⁰ Visto en www.tolima.gov.co, funciones de la dirección de gestión del riesgo de desastres.

Geológico Colombiano o SGC (anteriormente INGEOMINAS), los cuales ubican aparatos de monitoreo permanentemente en el volcán Cerro Machín.

En relación con las Asociaciones de Usuarios de los Acueducto Rurales, estos tienen por objetivo la operación y administración de este, así como asegurar el aprovisionamiento de agua a la comunidad rural: igualmente desarrollan programas enfocados a la educación ambiental, así como alianzas con instituciones y organizaciones.

Con la Cámara de Comercio de Ibagué, se pudo identificar la presencia en la zona de Toche de 17 establecimientos entre restaurantes, alojamientos, posadas y sitios turísticos. Así como ocho empresas del sector turístico que realizan actividades en la zona, información obtenida mediante convenio de cooperación interinstitucional entre la Cámara de Comercio de Ibagué y la Alcaldía de Ibagué 0006 de 14 de febrero de 2020.

De otra parte, a nivel nacional y de carácter científico se informó del trabajo que viene adelantando un grupo de especialistas adscritos al Servicio Geológico Colombiano (SGC), a través de una comunicación oficial a la Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA), donde se notificó que el Grupo de Investigación Geotérmica de la Dirección de Geociencias Básicas del Servicio Geológico Colombiano (SGC), realiza en el área del volcán Cerro Machín, estudios de geología, geofísica y geoquímica desde el año 2018; y que las actividades que realiza el Grupo de Investigación tienen como objetivo cumplir tanto con el objeto misional del SGC en cuanto a contribuir al desarrollo económico y social del país, a través de la investigación en geo ciencias básicas y aplicadas del subsuelo; así como con uno de sus objetivos estratégicos de realizar investigación científica básica para generar conocimiento geo científico integral del territorio nacional.

2.2.6. Análisis Sectorial

Dentro del proceso de la ruta declaratoria de los predios que conforman el polígono a declarar, se hizo un análisis sectorial a través de la información suministrada por diferentes

entidades del orden nacional como: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Agencia Nacional de Tierras – ANT, Agencia Nacional de Infraestructura - ANI, Autoridad Nacional del Licencias Ambientales - ANLA, Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH, y el Servicio Geológico Colombiano – SGC, determinando lo que describe en la siguiente tabla:

Tabla 40

Análisis Sectorial en los predios a declarar

Entidad	Proyectos dentro del Polígono	Descripción Proyecto	Observación
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	No procede, traslado por competencia.	NA	
Agencia Nacional de Tierras – ANT	Se trasladó la solicitud de información.	NA	
Agencia Nacional de Infraestructura - ANI	No ha desarrollado ni cuenta con proyectos de infraestructura pública de transporte que se traslapen sobre el área proyectada	Anexo 8	
Autoridad Nacional del Licencias Ambientales - ANLA	se verificó que, a la fecha en el área de su consulta la cual se encuentra localizada en el municipio de Ibagué departamento del Tolima, no se encuentran proyectos en objeto de evaluación o seguimiento por parte de esta Autoridad Nacional,	Anexo 9	
Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH	No se encuentra ubicada dentro de algún área con contrato de hidrocarburos vigente	Anexo 10	Se localiza parte en basamento cristalino y parte en área reservada de tipo ambiental
Servicio Geológico Colombiano – SGC	el Grupo de Investigación Geotérmica de la Dirección de Geo ciencias Básicas del Servicio Geológico Colombiano (SGC), viene realizando	Anexo 11	

estudios de geología, geofísica y geoquímica desde el 2018

Fuente: Elaboración Propia.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede decir que, dentro de los predios a declarar como Reserva Forestal Protectora Regional Machín, no se encuentra activo, ni se desarrolla ningún proyecto sectorial o de desarrollo industrial, que genere conflicto socio ambiental en la zona, por lo cual es viable la declaratoria.

Sin embargo es pertinente decir que el SGC, realiza en el área geotérmica del volcán Cerro Machín, estudios de investigación; pues la zona del Machín, es una de las veintiún áreas definidas por el grupo de Investigación, en las que se realizan actividades para el estudio, indagación y exploración del recurso geotérmico asociado a zonas volcánicas, y unas de las cinco áreas junto con el área del volcán Cerro Bravo, volcán Nevado del Tolima y parte de las áreas Hacienda Granates y Villamaría – Termale, que se localizan dentro del departamento del Tolima y son monitoreadas por la entidad.

Lo anterior, permite conocer el comportamiento real del volcán, y dar a conocer su estado, ante cualquier alerta de cambio, que pueda poner en riesgo a las comunidades de los once municipios de influencia del volcán Cerro Machín en el Departamento del Tolima.

Es pertinente decir que dicho proceso no interviene en el proceso de declaratoria del área, por el contrario, complementa la importancia geológica de la zona y la necesidad de seguir investigando y monitoreando el volcán.

3. PRESIONES

Dentro del área a declarar se identificaron amenazas actuales y potenciales a la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, que terminan afectando el equilibrio del territorio, deberán ser analizadas teniendo en cuenta los objetivos de conservación y los valores objeto de conservación. Este ejercicio debe incluir una identificación de las fuentes de presión (motores de transformación), sus causas y efectos.

3.1. Pérdida de Biodiversidad

Los componentes de la diversidad biológica sufren diversas presiones en el país, pese a los diversos esfuerzos para lograr la conservación in situ, dentro del análisis de presiones que fue realizado para el área definida en los predios destinados a la conservación del volcán Cerro Machín, la degradación ecológica del bosque alto andino está asociada a actividades de extracción ilegal de madera, invasión de predios por ganadería y cacería ilegal.

Desde el punto de vista del análisis de la biodiversidad, las presiones son el deterioro en tamaño, condición y contexto paisajístico que afectan a una especie determinada, debido a amenazas persistentes causadas por la pérdida de hábitat. Un instrumento puntualizado desde estos factores es el de la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (UICN, 1975).

Dentro de las especies de la Clase Aves se registraron 15 especies en el Apéndice II *Anthocephala berlepschi*, *Accipiter striatus*, *Agelaiocercus kingii*, *Caracara cheriway*, *Coeligena torquata*, *Colibri coruscans*, *Colibri cyanotus*, *Megascops choliba*, *Milvago chimachima*, *Ocreatus underwoodii*, *Phaethornis syrmatorphorus*, *Pionus chalcopterus*, *Rupornis magnirostris* y *Uranomitra franciae*. Para la Clase Mamíferos se tiene el registro de el tigrillo (*Leopardus pardalis*), en el Apéndice I. En el caso de la flora para árboles se registró la especie de helecho arbóreo (*Sphaeropteris quindiuensis*), en el Apéndice II.

El aprovechamiento ilegal de la vida silvestre es una actividad que amenaza la biodiversidad presente en el área; ésta en su gran mayoría se realiza con fines alimenticios, en algunas oportunidades incluye también la captura, colecta, transporte y comercio no autorizado generalmente en el mercado de mascotas.

Por último, es pertinente decir que a través de visitas puntuales a la zona y comunicación verbal de la comunidad local, se han identificado procesos invasivos de ganadería extensiva en alguno de los predios destinados a la conservación del volcán Cerro Machín, que generan problemas como la fragmentación del hábitat, que afectan de manera directa la composición de especies y sus procesos ecológicos; y la compactación de los suelos, excediendo la capacidad de absorción de la tierra y el agua, que genera a largo plazo la contaminación del suelo, el agua subterránea y la pérdida de biodiversidad.

3.2. Contaminación Ambiental por Turismo No Regulado

El turismo desde su conceptualización se enmarca como un *“conjunto de actividades que realizan las personas-turistas durante sus viajes y estancias en lugares distintos al de su entorno habitual, con fines entre otros de ocio, cultura, salud, eventos, convenciones o negocios”* (MINCIT, 2012, pág. 2). Actualmente el turismo se ha convertido en un motor de crecimiento económico para las comunidades, en particular el aprovechamiento del potencial propio de los recursos naturales, ha favorecido y puesto en marcha el auge de desarrollo endógeno a favor de los territorios rurales, específicamente con el turismo de naturaleza y el turismo rural. Este turismo, no solo brinda la posibilidad del disfrute cultural al ser humano en la recreación y ocio, sino que le genera oportunidades económicas en la cadena de valor que empieza a conformarse a su alrededor.

El turismo de naturaleza avanza de manera importante, encontrando asidero en las áreas protegidas y otras estrategias de conservación; si bien esta oportunidad se vislumbra

como un potencial en el país, se requiere actualizar instrumentos jurídicos y de planeación, formar actores y crear escenarios de diálogo, que estimulen la gobernanza local; se considera crucial la definición de lineamientos técnicos que le permita a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible ejercer la misionalidad respectiva.

Colombia es uno de los países megadiversos del planeta, está entre los 17 primeros de la lista de Conservation International y se sitúa en el cuarto lugar por número de especies endémicas, convirtiéndola a nivel global como uno de los destinos de turismo de naturaleza más atractivos y visitados, donde es posible realizar diversas actividades desde la investigación científica o la contemplación de vivir una experiencia natural única.

Con respecto a lo anterior, las áreas protegidas, se convierten en un atractivo turístico para la comunidad en general, y para los pobladores locales una fuente alterna de ingresos económicos. Es allí donde las corporaciones autónomas regionales, como entes reguladores, juegan un papel importante en la implementación y gestión de estrategias de conservación, articuladas con los actores sociales en pro del desarrollo sostenible de la zona de interés.

Las dinámicas asociadas al turismo tales como la recreación, el esparcimiento o apreciación de la naturaleza, generan presiones sobre los ecosistemas, estas afectaciones son inherentes al uso de los recursos paisajísticos y a la movilidad dentro y fuera de los parques o áreas naturales, porque modifican el uso y aptitud del suelo dentro de las áreas protegidas que afectan en cierto grado la sostenibilidad de los recursos naturales (Caviedes Rubio & Olaya Amaya, 2018).

El volcán Cerro Machín cuenta con atractivos naturales como fumarolas y fuentes termales; además de tener la posibilidad de acceder fácilmente al interior del complejo anular, así como a sus faldas. Estas actividades generan contaminación directa e indirecta sobre el área a proteger. “La Mancha” es uno de los pequeños campos fumarólicos más estudiados por el Observatorio de Vulcanológico del SGC.

Según el Servicio Geológico Colombiano:

“Se han inventariado y clasificado cuatro fuentes termales cercanas al volcán Cerro Machín. Estatuas es la fuente termal con mayor temperatura en su manantial, con 92 °C; mientras que la menos caliente es La Estrella, con 28 °C. Los potenciales de Hidrógeno de estas cuatro fuentes son cercanos a la neutralidad. Las conductividades eléctricas están entre los 5,6 mS/cm en Estatuas y 3,0 mS/cm en La Estrella. Todas estas fuentes termales son salobres con sólidos totales disueltos entre 1492 y 2623 mg/kg”¹¹”

Esto termales son Puente Tierra, La Piscina, Las Estatuas y La Estrella.

La amenaza de los recursos naturales y la biodiversidad se enmarca en el desarrollo de actividades socioeconómicas inapropiadas o sin regular, específicamente, en la falda del volcán se desarrollan actividades antrópicas, que producen impactos negativos en el recurso hídrico y el suelo.

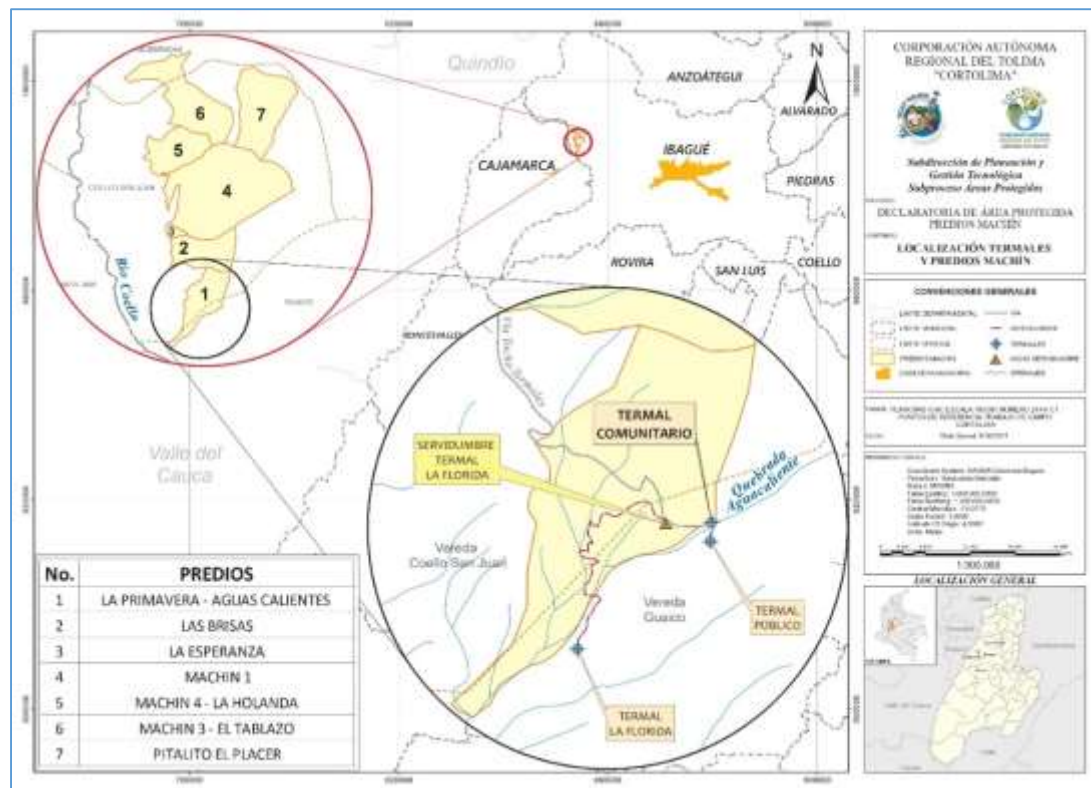
La contaminación es directamente proporcional al aumento de visitantes, como lo es la generación de residuos sólidos y su inadecuada disposición, la destrucción de la vegetación y la degradación del suelo se intensifica con la creación de rutas, senderos y caminos que dan paso al domo para finalmente conducir a la zona de piscina termal, estas actividades generan compactación en el suelo, y por consiguiente pérdida de minerales y nutrientes esenciales.

¹¹ Visto en

<https://www2.sgc.gov.co/sgc/volcanes/VolcanCerroMachin/Paginas/Geoqu%C3%ADmica.aspx>.

Figura 56

Ubicación piscina termal comunitario en los predios a declarar.



Fuente: Elaboración propia.

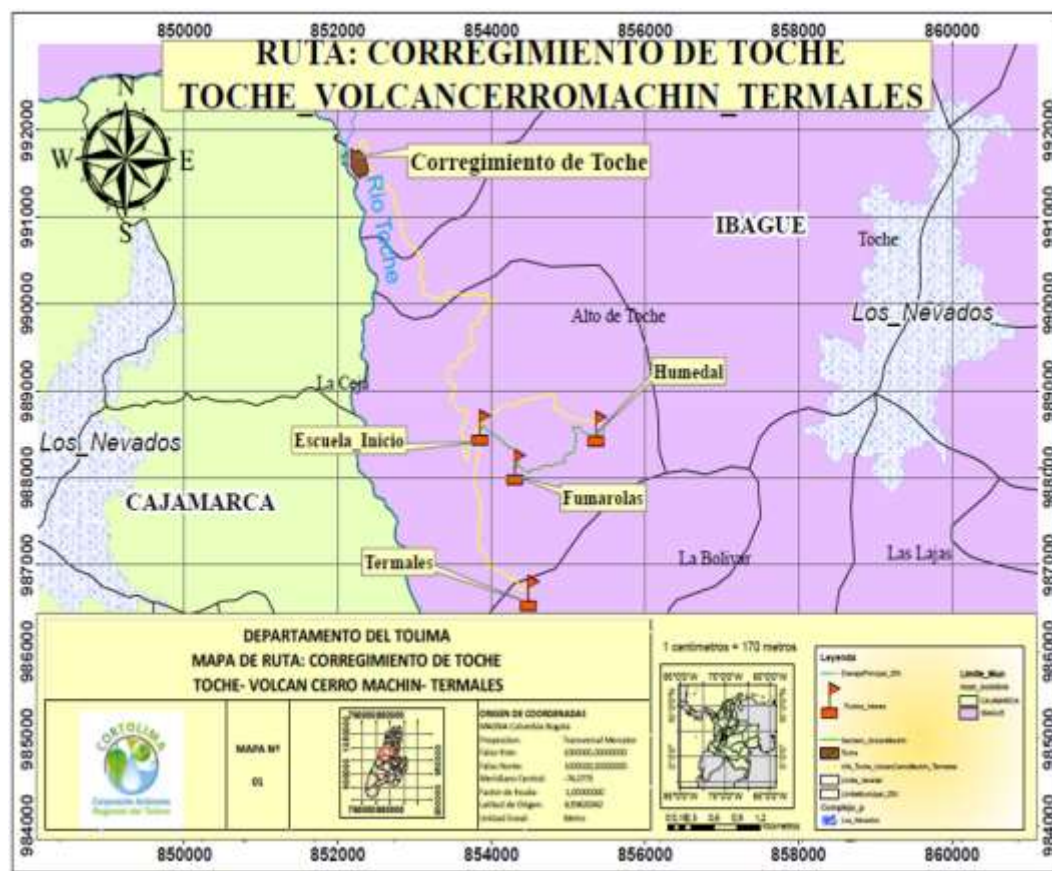
Como es el caso del afluente denominado quebrada Aguas Calientes (se visualiza en la Figura 56), en donde la comunidad desarrolla una actividad turística no regulada, ofertando servicios de balneario de aguas termales, convirtiéndose en un espacio con gran afluencia de personas durante temporada alta, como fines de semana y vacaciones. A esta presión que se presenta dentro del área del polígono a declarar que afecta el cauce natural de la quebrada previamente mencionada, se suma la invasión de su ronda hídrica.

Debido a las presiones evidenciadas en el área como consecuencia del incremento de turistas, visitantes y la carencia de instrumentos de planificación, CORTOLIMA, en el año 2020 selecciona el corregimiento de Toche y la vereda Coello San Juan para elaborar el diagnóstico sobre el tipo de turismo que se presenta en la zona y la identificación de sus atractivos, lo

anterior permitió que se priorizaran los senderos de mayor a menor presión, y evaluar la capacidad de carga del sendero que inicia desde la escuela de la vereda Coello San Juan hasta las fumarolas del volcán Cerro Machín, identificándolo como el de mayor presión, obteniendo como resultado que solo 10 persona al día pueden acceder a él.

Figura 57

Mapa sendero al volcán Cerro Machín desde el corregimiento de Toche.



Nota. Diagnóstico de la actividad de turismo de naturaleza en el corregimiento de Toche en el departamento del Tolima. Fuente: (CORTOLIMA;., 2020).

En la Figura 57, se observa el recorrido que los visitantes hacen desde Toche hasta los termales del Machín, y seguidamente la tabla del estudio de capacidad de carga.

Tabla 41*Capacidad de Carga*

SENDERO TOCHE ESCUELA – VOLCAN CERRO MACHIN				
Duración: 3 Horas		Coordenadas Geográficas		
Distancia: 2.8 Km				
Ascenso vertical:				
Dificultad: Media alta				
Municipio: Ibagué	Vereda: Toche, Alto Toche Cuenca: Rio Coello	Zona de manejo en la sé que ubica: Zona de Influencia del PNN los Nevados	Propiedad del Suelo: Pública	
CAPACIDAD DE CARGA TURÍSTICA				
CAPACIDAD DE CARGA FÍSICA				
Ancho medio sendero (m)		1.2		
Largo del sendero (m)		2847		
Superficie del sendero (m²):		3416.4		
Número de veces que el lugar puede ser visitado:		1		
Horas abierto al público		4		
Tiempo promedio de visita del sendero (h)		4		
Superficie espacio personal (m²)		2		
C.C.F. (NÚMERO DE PERSONAS)		1708.2		
CAPACIDAD DE CARGA REAL				
C.C.R.	FC Erodabilidad	0.713237425	Es una vía de tránsito vehicular, a la que se ha realizado mantenimiento por parte de la alcaldía municipal, tramos con encharcamientos y deslizamientos (2000 m).	
	FC Anegamiento	0.2	El valor estimado no fue disgregado para la temporada de lluvias y seca. Por tanto, el valor debe ser tratado con precaución debido a que puede estar subestimado.	
	FC Accesibilidad	0.9996838778	Para este FC fueron castigados 1000m los cuales presentaron pendientes iguales o superiores al 16%.	
	FC Precipitación	1	No se generaron los valores de precipitación de la zona. Por tanto, el FC es determinado con valor 1 para eliminar modificaciones del mismo sobre el modelo.	

	FC Fauna	0.5	Para la evaluación de este FC, se tuvo en cuenta el grupo de aves, mamíferos medianos, serpientes.						
	FC Flora	1							
	FC Social	0.038461538	Para la estimación de este FC se emplearon grupos de 4 personas y una distancia de 100m entre grupos, parámetros que permiten un nivel de interpretación optimo sin la interrupción de otros grupos.						
C.C.R.		13,75338462							
CAPACIDAD DE MANEJO									
EQUIPAMIENTO	Cantidad actual	Cantidad optima	Relación A/B	Cantidad	Estado	Localización	Funcionalidad	Suma	Suma s/16
Transporte	10	20	0,5	3	4	4	3	14	0,875
Alquiler de caballos	0	20	0	3	3	4	3	13	0,8125
Radios portátiles	1	20	0,05	2	3	4	2	11	0,6875
Botiquín	1	10	0,1	3	4	4	4	15	0,9375
Binoculares	0	20	0	3	4	4	4	15	0,9375
Botas									
Pantaneras	0	30	0	3	4	4	4	15	0,9375
Pares									
Carpas para lluvia	0	30	0	3	4	4	4	15	0,9375
Bastones	0	30	0	2	3	4	3	12	0,75
Equipo de Camping	0	12	0	2	4	4	3	13	0,8125
Cámara fotográfica	0	10	0	4	4	4	4	16	1
Promedio								0.86875	
INFRAESTRUCTURA	Cantidad actual	Cantidad optima	Relación A/B	Cantidad	Estado	Localización	Funcionalidad	Suma	Suma s/16
Estructura de saneamiento	1	3	0,33333333	3	4	4	3	14	0,875
Alojamiento en camping	0	5	0	4	4	4	4	16	1
Cafetería	1	2	0,5	3	4	4	4	15	0,9375
Punto de acopio	1	2	0,5	3	4	4	4	15	0,9375

Sitio de captación de agua	1	2	0,5	4	4	4	4	16	1
Vallas informativas	1	5	0,2	2	2	2	2	8	0,5
Puntos de información	0	6	0	2	2	3	3	10	0,625
puentes	1	1	1	4	4	4	4	16	1
Empalado	0	4	0	4	4	4	4	16	1
Enfermería	1	2	0,5	2	3	3	3	11	0,6875
parqueaderos	1	1	1	4	4	4	4	16	1
Promedio									0,8693182
PERSONAL	Canti dad actu al	Canti dad opti ma	Relaci ón A/B	Cantidad	Localización	Suma	Suma s/8		
Organizacion es comunitarias	1	3	0,333 33333	2	4	6	0.75		
Parques nacionales	1	2	0,5	2	2	4	0.5		
Promedio									0.625
Total C.M.									0.7876894
C.M.: 78%									
El sendero presenta una capacidad de manejo intermedia. Debido a que el personal en relación a la capacidad de carga es insuficiente; adicionalmente no presenta puntos de captación de agua públicos, aunque esta puede ser captada con la autorización de la población local en predios privados.									
CAPACIDAD DE MANEJO EFECTIVA									
C.M.E.									
10 personas por día que deben visitar el sendero									
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES									
Dentro de los programas de manejo y gestión de sendero es importante establecer estrategias de educación que permitan reconocer la importancia de conservar este importante espacio, reconocer la historia del volcán y su actividad sísmica, en el proceso de recorrido.									
Se debe establecer un sistema de manejo integral de residuos sólidos en la zona de influencia del sendero que permita a visitantes y comunidades locales realizar una adecuada disposición de basuras.									
La integración de comunidades locales en procesos comerciales como venta de alimentos e insumos es requerida ya que el recorrido es extenso y no se encuentran puntos de venta en la mayoría del recorrido.									

Nota. Diagnóstico de la actividad de turismo de naturaleza en el corregimiento de Toche en el departamento del Tolima. Fuente: (CORTOLIMA;, 2020).

Dicho estudio de capacidad de carga es un insumo de base para el ordenamiento ambiental de la actividad, su resultado indica que no es apto el ingreso de visitantes a gran escala para fines recreativos; es necesario implementar en el área modelos de desarrollo sostenible en torno a esta actividad.

De otra parte, hay que señalar que el desarrollo de las actividades de turismo genera la demanda del recurso hídrico, sin la debida concesión y permisos ambientales, lo que altera el caudal ecológico de los cuerpos de agua. En efecto, este tipo de acciones traen consigo impactos negativos, tanto para la flora como para la fauna presentes en el cauce de las quebradas.

Asimismo, se debe reconocer la contaminación química producto del uso de llantas dentro de las aguas termales, que entran en contacto entre sí, generando radicales libres como subproducto, como lo señala el Ministerio de Salud y Protección Social en el Decreto 554 de 2015 y Título 7 de la parte 8 del libro 2 del Decreto 780 de 2016, que finalmente transforman la calidad natural de estos cuerpos de agua; por otra parte, se debe reconocer la existencia en la interrupción del flujo natural del cuerpo de agua, debido a la forma artesanal de almacenar este recurso.

En razón a lo anterior, se infiere que el desarrollo de este servicio irrumpe el flujo continuo del cauce y a su vez invade la ronda hídrica, área que debe mantenerse conservada para asegurar la cobertura boscosa, tal como lo menciona el Decreto 1076 de 2015, sección 18 Conservación de los recursos naturales en predios rurales, en su artículo 2.2.1.1.18.2 Protección y conservación de los bosques, mencionan con claridad *“1. Mantener en cobertura boscosa dentro del predio las áreas forestales protectoras”, entendiéndose por áreas forestales protectoras una faja no inferior a 30 metros de ancha, paralela a las líneas de mareas máximas a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no, y alrededor de los lagos o depósitos de agua”*.

El vertimiento de las aguas residuales domésticas, se suma a los problemas ambientales de las actividades de recreación no reguladas, ya que las viviendas aledañas al predio de la piscina termal no se encuentran equipadas con una batería sanitaria que cumpla con las condiciones para dar un tratamiento adecuado en la disposición de excretas. Aunque estas construcciones se encuentran fuera del polígono a declarar, la interacción con el ecosistema en general lo ve afectado.

3.3 Riesgo Geológico

La gestión integral del riesgo en Colombia ha sido un tema de mucha complejidad y preocupación desde la erupción del volcán Nevado del Ruíz en 1985, que trajo como resultado la catástrofe de Armero en el departamento del Tolima y la pérdida de alrededor de 30,000 personas, afectación de ecosistemas, pérdida de elementos físicos, entre otros. El desconocimiento de las amenazas naturales y las condiciones socio económicas de ciertas comunidades, sumado a la inadecuada planificación y gestión de los territorios teniendo en cuenta las determinantes ambientales de cada contexto, ha configurado escenarios de riesgo y vulnerabilidad (social, ambiental, cultural, física, económica, etc.).

La consolidación del sistema nacional de gestión del riesgo de desastres, con la Ley 1523 de 2012 en Colombia, ha direccionado a todos los municipios dentro de una nueva visión de la gestión integral del riesgo a nivel local, interinstitucional y trans - sectorial, con la inclusión de los procesos amenazantes que emergen en cada contexto y las respectivas medidas de manejo en todos los instrumentos de planificación ambiental de manera obligatoria, no solo para las instituciones, sino de manera incluyente para los actores sociales (Congreso de la República, 2012).

La zona de influencia del área a declarar se encuentra inmersa dentro del área de riesgo geológico del volcán Cerro Machín, este volcán se ubica dentro de la zona suroccidental del Complejo Volcánico Cerro Bravo-Cerro Machín, localizado entre los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, y Tolima, tiene un área aproximada de 2,000 km² y, de norte a sur, está conformado por el volcán Cerro Bravo, los volcanes del Parque Nacional Natural Los Nevados (PNNN) y el volcán Cerro Machín (Alfaro Valero & Aguirre Corrales, 2006).

Según la información oficial del SGC, el volcán Cerro Machín, ha realizado seis erupciones en 5,000 años, según los datos históricos de dichas erupciones se estima que aproximadamente cada 833 años se espera actividad de este volcán, a la fecha actual han pasado alrededor de 800 años desde de su último evento eruptivo, en ese sentido la necesidad de lograr el fortalecimiento de las comunidades, la preparación y el conocimiento de esta amenaza. El área de influencia del volcán no solo abarca la zona puntual de los predios a declarar, sino que incluye a cuatro departamentos de Colombia, con importancia social, ambiental y económica para el país; entre ellos Valle del Cauca, Quindío, Cundinamarca y Tolima, este último con 11 municipios en el área de influencia: Cajamarca, Ibagué, Coello, El Espinal, El Guamo, Flandes, Suarez, Saldaña, San Luis, Rovira y Valle de San Juan.

El acceso al volcán Cerro Machín se puede hacer por una vía que parte desde la población de Cajamarca y llega al corregimiento de Toche, una segunda opción parte del sitio denominado Boquerón, salida de Ibagué hacia Armenia, pasando por los corregimientos de Tapias y Toche; y la tercera que inicia desde el casco urbano de Salento en el departamento del Quindío y comunica con el corregimiento de Toche (SAGER, 2012).

El edificio del Machín posee forma de anillos piroclásticos que se interceptan; los anillos presentan alturas no mayores de 100 m sobre las rocas del basamento y en su interior se forman planicies en forma de medialuna, una de ellas ocupada parcialmente, hasta hace unos 10 años, por una laguna (actualmente es un pantano); los anillos están interrumpidos en el SW.

En el centro del complejo anular se encuentran tres domos que alcanzan la cota 2750 m en su cima, máxima altura del volcán. Posee un cráter de 2,4 km de diámetro mayor, relleno por dos domos de 250 m y 150 m de altura. Además, presenta fenómenos asociados de actividad termal expresados en campos fumarólicos sobre los domos y fuentes termales localizados dentro y fuera del edificio y sismicidad esporádica. Su historia geológica es muy corta y se caracteriza por su alta explosividad, explicada por la composición dacítica de los productos volcánicos emitidos. Tales productos son domos, tres de los cuales taponan el conducto volcánico, depósitos de flujos piroclásticos de ceniza y pómez, de ceniza y bloques y de oleadas piroclásticas, así como depósitos provenientes de flujos de lodo (Lahares).

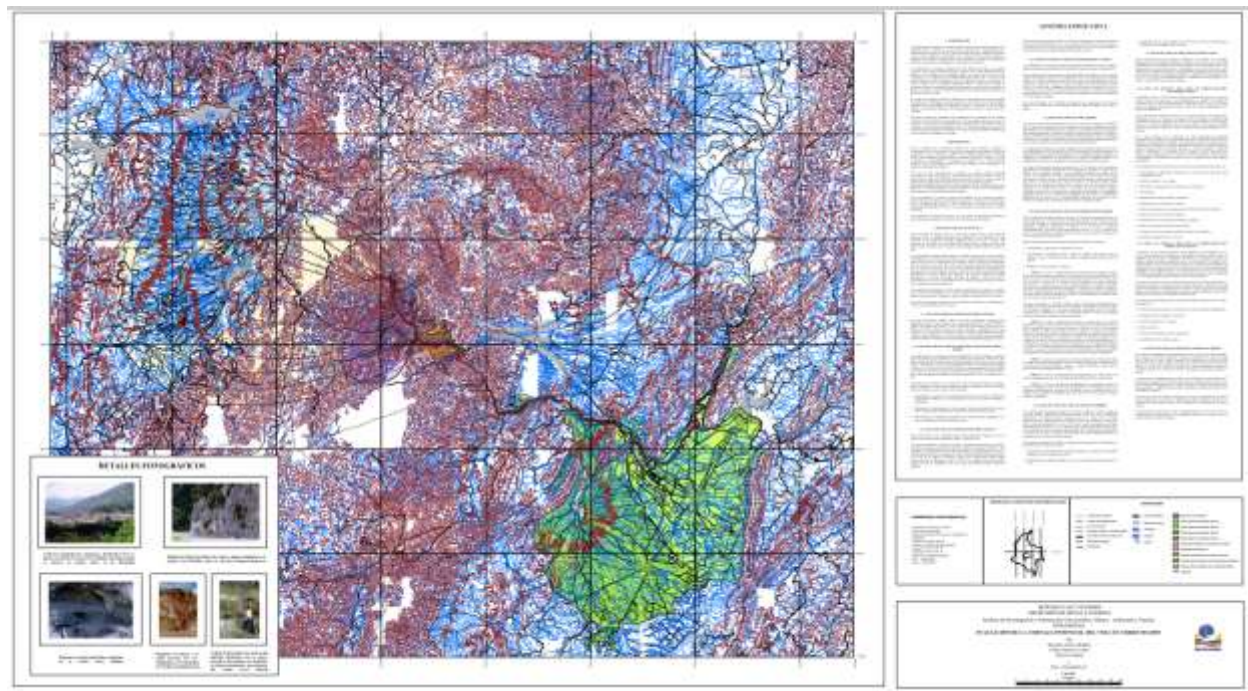
En orden de su potencialidad de causar daños, *“las zonas de amenaza volcánica del Cerro Machín determinadas por el INGEOMINAS (2002) son zonas de amenaza por flujos piroclásticos, zonas de amenaza por flujos hiperconcentrados (avalanchas o flujos de lodo) y zonas de amenaza por caída de piroclastos”* (Vega Mora & Díaz, 2013, pág. 3)

La mayor parte del volcán está drenada por pequeños afluentes del río Toche (Coello) y el resto por la quebrada Santa Marta, afluente del río Combeima, a su vez, afluente del río Coello que entrega sus aguas al río Magdalena, por lo cual, si se prevé una posible contaminación de estas fuentes hídricas en caso de presentarse una erupción, con consecuencia en las comunidades que se abastecen de estos ríos.

El acceso al Cerro Machín, se puede hacer desde tres puntos diferentes: una vía que parte desde la población de Cajamarca y llega al Corregimiento de Toche, una segunda opción parte del sitio denominado Boquerón, salida de Ibagué hacia Armenia, pasando por los corregimientos de Tapias y Toche (pasando por un túnel); y la tercera que inicia desde el casco urbano de Salento en el departamento del Quindío y comunica con el corregimiento de Toche.

Figura 58

Mapa de riesgo geológico amenaza volcán Cerro Machín.



Nota. Extraído de Evaluación de la Amenaza Volcánica potencial de Cerro Machín (Departamento del Tolima).

Fuente: (INGEOMINAS, 2002).

La gestión integral del riesgo tiene implícito la identificación de las amenazas y por otro lado, la valoración de la vulnerabilidad de las comunidades expuestas, siendo un ejercicio permanente por que los procesos sociales son cambiantes y dinámicos; de igual manera, la naturaleza tiene diversidad de expresiones y tiempos para recuperarse, en esta perspectiva no se puede hablar de gestión del riesgo, sin tener en cuenta esos dos procesos, de manera independiente y con un análisis conjunto, porque finalmente no existe amenaza donde no hay un material expuesto.

Amenaza. Hace referencia a cualquier situación que puede dañar o afectar un sistema social, ambiental, entre otros, según la legislación nacional vigente, la amenaza, es un comprendida como:

“Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad

suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales” (Congreso de la República, 2012, pág. 4).

Sin embargo, es pertinente decir que no se puede hablar de amenaza si no existe una persona, sistema o material expuesto.

Vulnerabilidad. Seguidamente, se debe profundizar en el concepto de vulnerabilidad, aunque anteriormente se limitaba solo a la expresión física, esta hipótesis ha ido evolucionando, teniendo en cuenta todos los procesos de desarrollo de las sociedades frente a las diferentes amenazas. Se parte del concepto de la Ley 1523:

“Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos” (Congreso de la República, 2012, pág. 8).

Entonces, la vulnerabilidad se entiende como un factor de riesgo interno que matemáticamente esta expresado como la factibilidad de que el sujeto o sistema expuesto sea afectado por el fenómeno que caracteriza la amenaza (Cardona, 2001). Desde esas posturas, se entiende la vulnerabilidad, como la debilidad desde diferentes aspectos o dimensiones territoriales que enmarcan el desarrollo de una colectividad o un individuo, a ser afectado o transformado por una amenaza. A partir de diferentes discusiones sobre los dos conceptos que al no intervenir se generan el riesgo, y el riesgo no manejado se convierte en desastre.

El edificio del Machín posee forma de anillos piroclásticos que se interceptan; los anillos presentan alturas no mayores de 100 m sobre las rocas del basamento y en su interior se forman planicies en forma de medialuna, una de ellas ocupada parcialmente, hasta hace unos 10 años, por una laguna (actualmente es un pantano); los anillos están interrumpidos en el SW. En el centro del complejo anular se encuentran tres domos que alcanzan la cota 2750 m en su cima, máxima altura del volcán. Posee un cráter de 2,4 km de diámetro mayor, relleno por dos domos de 250 m y 150 m de altura. Además, presenta fenómenos asociados de actividad termal expresados en campos fumarólicos sobre los domos y fuentes termales localizados dentro y fuera del edificio y sismicidad esporádica. Su historia geológica es muy corta y se caracteriza por su alta explosividad, explicada por la composición dacítica de los productos volcánicos emitidos. Tales productos son domos, tres de los cuales taponan el conducto volcánico, depósitos de flujos piroclásticos de ceniza y pómez, de ceniza y bloques y de oleadas piroclásticas, así como depósitos provenientes de flujos de lodo (Lahares). Las principales amenazas que tiene son: flujo y caída de piroclastos, lahares, emplazamiento de domos, proyección balística, y otras amenazas concatenadas (SAGER, 2012).

La mayor parte del volcán está drenada por pequeños afluentes del río Toche (Coello) y el resto por la quebrada Santa Marta, afluente del río Combeima, a su vez, afluente del río Coello que entrega sus aguas al río Magdalena.

Cabe resaltar que, aunque no exista un pronóstico de actividad eruptiva puntual, es un riesgo geológico presente en la zona que debe ser tenido en cuenta en cualquier proceso de desarrollo endógeno y conservación. De igual forma, el servicio geológico colombiano, a través del observatorio vulcanológico monitorea continuamente y tiempo real la actividad del Cerro Machín, este volcán, se encuentra en una actividad amarilla con cambios en el comportamiento de la actividad volcánica. En la Figura 59 se explica el escenario posible para este nivel.

Figura 59

Niveles de actividad volcánica.

Nivel de Actividad		Estado de Actividad	Escenario Posible
Color	Numero		
	IV	Volcán activo y comportamiento estable	El volcán puede presentar un estado base que caracteriza el periodo de reposo o quietud, o registrar actividad sísmica, fumarólica u otras manifestaciones de actividad en superficie que afectan fundamentalmente la zona más inmediata o próxima al centro de emisión, sin representar riesgo para las poblaciones y actividades económicas de su zona de influencia.
	III	Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica	Variaciones en los niveles de los parámetros derivados de la vigilancia indican que el volcán está por encima del estado base y que el sistema es inestable pudiendo evolucionar aumentando o disminuyendo esos niveles. Pueden registrarse fenómenos como enjambres de sismos, algunos de ellos sentidos; emisiones de ceniza; lahares; cambios morfológicos; ruidos; olores de gases volcánicos entre otros, que pueden alterar la calidad de vida de las poblaciones en la zona de influencia volcánica.
	II	Erupción probable en términos de días o semanas	Variaciones significativas en el desarrollo del proceso volcánico derivadas del análisis de los indicadores de los parámetros de vigilancia, las cuales pueden evolucionar en evento(s) eruptivo(s) de carácter explosivo o efusivo.
	I	Erupción inminente o en curso	Proceso eruptivo en progreso cuyo clímax se puede alcanzar en horas o evento eruptivo en curso. La fase eruptiva sea explosiva o efusiva puede estar compuesta de varios episodios. El tiempo de preparación y respuesta es muy corto.

Nota. Extraído de la página oficial del servicio geológico colombiano. Fuente: (SGC, 2021).

Lo anterior muestra, que el Cerro Machín se encuentra actualmente en un nivel III, color amarillo, lo que indica que es un volcán activo, que debe monitorearse, y darse a conocer los diferentes cambios en la actividad que vaya efectuando con actores sociales e institucionales.

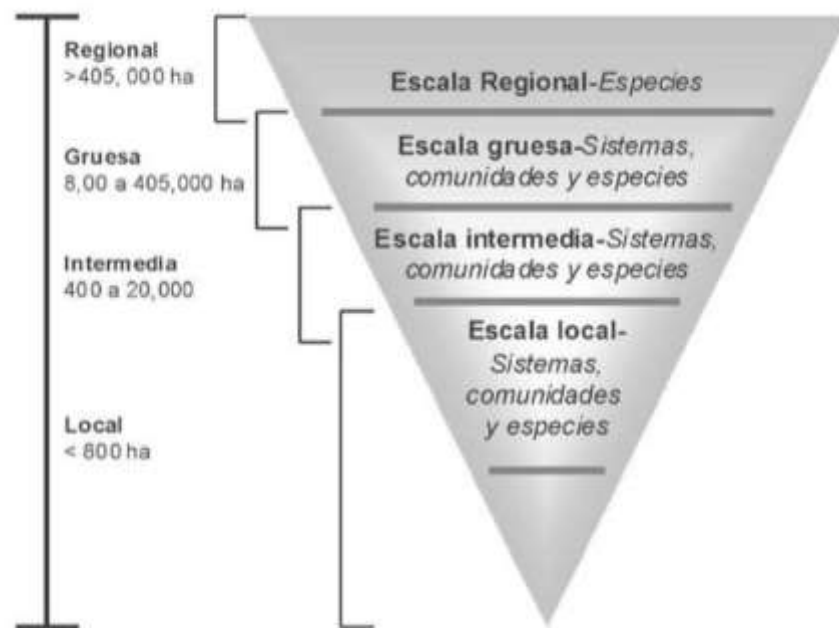
4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE CONSERVACIÓN

Con base en el proceso de ruta de declaratoria de los predios ubicados en el volcán Cerro Machín, se desarrolló un taller interno del grupo de áreas protegidas de la subdirección de Planificación Ambiental y Desarrollo Sostenible con el objetivo de poder definir los objetos y objetivos de conservación para el área de carácter regional que se ha delimitado y propuesto como Reserva Forestal Regional Protectora.

Para definir los objetos y objetivos de conservación se empleó la metodología propuesta por TNC en relación a Planificación de Áreas Naturales a nivel de sitio (TNC, 2005) y en donde se propone definir a escala del paisaje (Local) los objetos y objetivos de conservación para el área natural. En la Figura 60, se describe el diagrama de escalas finas y gruesas para objetos de conservación propuestos por TNC. (TNC, 2000). De igual manera se tuvo en cuenta las características y alcances de un tipo de categoría como Reserva Forestal Regional Protectora según lo establecido en el decreto 2372 de 2010.

Figura 60

Diagrama de sistemas, comunidades y especies según escala geográfica como criterio para determinar VOCs



Nota. Extraído de The Nature Conservancy, TNC, 2000.Fuente: Planificación para la conservación de áreas. TNC-2005 (TNC, 2005)

A continuación, se describen los conceptos sobre los cuales se desarrolló el análisis de objetos y objetivos:

Biodiversidad: Término que hace referencia a la variedad de especies de fauna o flora presentes en un área determinada, también puede ser visto en términos de abundancia de cierta especie o de comunidades que hacen parte de un ecosistema.

Servicios Ecosistémicos: Son procesos o recursos que brinda el ecosistema y que en alguna medida benefician al ser humano desde cualquier aspecto, en sí mismo se pueden clasificar en: Servicios de aprovisionamiento, de regulación, culturales y de soporte.

Funciones Ecológicas: Hace referencia al desempeño de alguna actividad que aporte una especie o comunidad dentro del ecosistema, directa o indirectamente y que a su vez contribuya a generar dinámicas naturales y positivas en el entorno.

Teniendo en cuenta los conceptos anteriores, sumado a consideraciones y criterios como: vulnerabilidad, importancia socioeconómica, irremplazabilidad y representatividad se definieron los valores objeto de conservación y sus respectivos objetivos, cabe resaltar que también se tuvo en cuenta en la definición de estos valores objeto de conservación (VOCs), el tamaño del área y el estado de integridad espacial de sus coberturas.

4.1. Objetivos de Conservación

1. Mantener y recuperar en el área a declarar del volcán Cerro Machín, el hábitat de especies de fauna y flora, que se encuentren en algún grado de endemismo y/o categoría de amenaza a escala regional y local, como son: *Atlapetes flaviceps*, *Leptotila conoveri*, *Anthocephala berlepschi* y *Tournefortia brantii* J.S. Mill.
2. Proteger los cuerpos de agua de afluentes de la Subzona Hidrográfica del río Coello, presentes dentro de los predios destinados a la conservación en el área del Cerro Machín.
3. Preservar los remanentes del ecosistema de Bosque Altoandino, húmedo y de niebla existentes dentro del área definida en el polígono a declarar.
4. Contribuir al fortalecimiento de las dinámicas hídricas y naturales, necesarias para la conservación del ecosistema estratégico “humedal Machín” en los predios de la declaratoria.
5. Reducir los riesgos asociados a la actividad geológica generada por el volcán Cerro Machín, en una parte del complejo volcánico donde se encuentran la zona a declarar.

Una vez determinados los objetivos de conservación en el área a declarar, se procedió al fortalecimiento de los objetos valores de conservación por sus siglas VOC.

4.2. Objetos Valores de Conservación

Una vez determinados los objetivos de conservación en el área a declarar, se procedió al fortalecimiento de los objetos valores de conservación por sus siglas OVC.

A continuación, se relacionan en la Tabla 41, los objetos valores de conservación identificados en la zona de los predios a declarar:

Tabla 42

Objetos valores de conservación en los predios a declarar.

EJE	OBJETIVO DE CONSERVACIÓN	VOC
Biodiversidad	Mantener y recuperar en el área a declarar del volcán Cerro Machín, el hábitat de especies de fauna y flora, que se encuentren en algún grado de endemismo	<i>Atlapetes flaviceps</i> , <i>Leptotila conoveri</i> <i>Anthocephala berlepschi</i> <i>Atelopus simulatus</i> <i>Tournefortia brantii</i> J.S. Mill <i>Miconia capitellata</i> Cogn
Servicio Ecosistémico (Regulación Hídrica)	Proteger cuerpos de agua afluentes de la Subzona Hidrográfica del Río Coello.	Quebradas San Juan y Santa Marta presentes dentro de los predios destinados a la conservación del volcán Cerro Machín.
Servicio Ecosistémico (Científico)	Reducir los riesgos asociados a la actividad geológica generada por en una parte del complejo volcánico donde se encuentran la zona a declarar. Preservar los remanentes del ecosistema existentes dentro del área definida en el polígono a declarar.	volcán Cerro Machín Bosque Altoandino y de Niebla.
Ecosistema	Contribuir al fortalecimiento de las dinámicas hídricas y naturales, necesarias para la conservación de ecosistemas estratégicos en los predios de la declaratoria.	Humedal Laguna Machín

Fuente: Elaboración Propia.

5. JUSTIFICACIÓN

La diversidad biológica con la que cuenta un territorio genera una responsabilidad importante en el manejo y la conservación de la vida silvestre, una de las obligaciones éticas como habitantes y principales beneficiarios de la diversidad biológica es darle valor a lo que se conoce a través de estrategias que ayuden a preservar y conservarla, con la concienciación y el uso sostenible.

El área a declarar posee un amplio valor ambiental por los servicios ecosistémicos que predominan, pues configuran un potencial natural importante no solo para el manteamiento del socio ecosistema sino para la conexión espiritual con las comunidades, dentro del área a declarar se destacan el servicio de aprovisionamiento con el Agua de converge en la zona pues hace parte del área hidrográfica Alto Magdalena y a la subzona hidrográfica río Coello; el recurso hídrico del área se encuentra asociado a diferentes nacimientos de agua con una longitud acumulada de 20,54 km. Abastece principalmente al río Coello con uno de los distritos de riego más grandes del país, USOCOELLO, el objetivo de conservación del área va direccionado a preservar los afluentes que abastecen esta cuenca principal, teniendo en cuenta que ha presentado grandes disminuciones en su caudal.

Por otro lado, el servicio de regulación y soporte pues son la fuente primordial de los procesos ecológicos necesarios para el aprovisionamiento y la existencia de los demás servicios ecosistémicos. Estos servicios se evidencian a “escalas de tiempo y espacio mucho más amplias que los demás, ya que incluyen procesos como la producción primaria, la formación del suelo, la provisión de hábitat para especies, el ciclado de nutrientes, entre otros” (MEA, 2005, pág. 34). Para el mantenimiento de hábitat de especies dentro de los predios a declarar destinados a la conservación, se identifica un AICAS, cuya finalidad es la de proteger y conservar especies de aves que son prioritarias para la conservación; además a esto, el bosque Altoandino y de niebla ofrece la oportunidad de hábitat a grupos taxonómicos de

distribución restringida y con endemismo como es la Herpetofauna, especies indicadoras de buen estado de conservación como son los lepidópteros y grupos faunísticos polinizadores que son componente esencial para el desarrollo de la biodiversidad y para la polinización, esta área presenta zonas importantes que funcionan como hábitat para polinizadores que también benefician los bosques adyacentes, por lo tanto, mantener el vínculo ecológico entre hábitats naturales y seminaturales para polinizadores es altamente relevante para el mantenimiento de toda la biodiversidad presente en los predios destinados a la conservación

El servicio cultural, el conocimiento científico juega un papel importante, los predios destinados a la conservación se considera como laboratorio vivo en el que se genera y desarrolla el conocimiento científico; es vital entender el papel que desempeña la investigación en la búsqueda y la generación de soluciones para la conservación de la biodiversidad, solo conociendo el estado actual de un área, se pueden determinar las acciones a seguir, de allí se generan los modelos para la conservación de la biodiversidad, su uso racional. Teniendo en cuenta que los predios a declarar se encuentran dentro del área del volcán Cerro Machín, esta integra factores de estudio vulcanológicos físicos como son geomorfología, sedimentología, tectónica, vulcanología, entre otros, esenciales para comprender el comportamiento del volcán y así lograr determinar los peligros como los beneficios resultantes para el ecosistema y la sociedad. Por otro lado, el turismo específicamente el turismo de naturaleza, encaminado hacia la sostenibilidad es una alternativa que bien podría fomentar la conservación de la biodiversidad del área, pues se parte de la necesidad de conservar, proteger, y aprovechar de manera eficiente el recurso natural como un capital natural.

La creación de una Reserva Forestal Protectora Regional Machín, tiene como objetivo la protección y la conservación de un área de interés, en el presente proceso son “predios destinados a la conservación” inmersos dentro del área de influencia del volcán Cerro Machín, localizado en la margen suroccidental del denominado complejo volcánico Machín- Cerro

Bravo, con una área de 496,77 ha, afianzándose como una fuente importante de investigación a nivel de flora, fauna y desde el punto de vista ecosistémico, con la presencia de valiosas fuentes hídricas y el hábitat de especies endémicas tanto para el Tolima como para Colombia.

El área a declarar no se encuentra directamente conectado con otras áreas protegidas, sin embargo, a su alrededor sí se encuentran diferentes estrategias de conservación de tipo regional y nacional como lo son Las Reservas Forestales Protectoras Regionales La Esmeralda, La Suiza, El Palmar y La Secreta, el humedal La Santísima Trinidad; pero también se encuentran en sus alrededores las Reservas Naturales de la Sociedad Civil: La Rivera y El Santuario de Palma de Cera. Y, por último, pero no menos importante un poco más distanciado se encuentra el Parque Nacional Natural Los Nevados PNNN.

La ubicación geo estratégica de este polígono hace que se encuentre inmerso en una zona con alta influencia de figuras de protección de diferente orden, lo que implica un escenario futuro de conectividad de ecosistemas de alta montaña (que caracteriza esta región), implicando la conservación a futuro de los procesos ecológicos y dinámicas poblacionales de las especies que allí habitan y transitan.

Por otro lado, este polígono definido como el área a declarar, traslapa en gran parte con un Área Importante para la Conservación de las Aves (AICAs) denominada como cuenca del río Toche. Actualmente en Colombia según datos del Instituto Alexander von Humboldt se han registrado 124 de éstas. El traslape del área con una de ellas implica un gran potencial para la protección del hábitat de especies de aves prioritarias para la conservación; y en consecuencia desencadenando un efecto cascada para la protección consecuente de demás especies asociadas a estas áreas.

De igual forma, el área a declarar según la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central de Ley 2ª de 1959 adoptada mediante Resolución No. 1922 del 27 de diciembre del 2013, traslapa con ésta en la zona denominada como tipo A la cual corresponde

a zonas de mantenimiento de los procesos ecológicos básicos necesarios para asegurar la oferta de servicios ecosistémicos. Siendo así, la ubicación estratégica de este polígono como un eje articulador de áreas protegidas de la zona, a largo plazo puede permitir desarrollar e implementar estrategias de conectividad ecológica y funcional como lo son los corredores biológicos.

Bajo el escenario de conservación resulta prioritaria la conservación de las especies que presentan un carácter de endemismo y algún grado de amenaza según las categorías globales y regionales (UICN, 1975).

A nivel de avifauna se reportaron especies como *Atlapetes flaviceps* con categoría de amenaza en peligro (EN) y endémica, esta es una especie con registros en pocas localidades de las cordilleras Central y Occidental de los Andes colombianos, en el caso del Tolima con registros en unas pocas localidades como Roncesvalles, Juntas y Toche; es una especie con distribución restringida, lo que conlleva a tomar decisiones y abrir posibilidades para la implementación de estrategias para su conservación.

En el caso de la *Leptotila conoveri*, endémica para Colombia y catalogada como especie en peligro (EN) a nivel nacional e internacional, se distribuye desde 1,600 hasta 2,500 m s. n. m., desde el departamento del Tolima en los valles del río Coello – Combeima hasta cabeceras del río Magdalena en el departamento del Huila; esta especie presenta una distribución restringida y se encuentra en un área de endemismo de las laderas interandinas colombianas; se hace necesario generar mecanismos de conservación para fortalecer sus poblaciones silvestres y el hábitat donde ella se encuentra.

Para la especie *Anthocephala berlepschi*, con grado de amenaza vulnerable (VU), y endémica se concentra en pequeñas poblaciones, las cuales han venido disminuyendo gracias a la pérdida y conversión de su hábitat.

Figura 61

Aves de interés.



Nota. Informe de inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. Izquierda *Atlapetes flaviceps*, derecha *Leptotila conoveri* (EN) y centro *Anthocephala berlepschi* (VU).

Fuente: (CORTOLIMA. & UT., 2019).

A nivel de anfibios, se destacan cinco especies endémicas para Colombia como son: *Atelopus simulatus*, *Centrolene robledo*, *Pristimantis permixtus*, *Leucostethus fraterda nieli* y *Anolis huilae*.

Figura 62

Herpeto de interés.



Nota. Informe de inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. *Atelopus simulatus* (CR). Endémica de Colombia. Fuente: (CORTOLIMA. & UT., 2019).

A nivel de mamíferos, el área cuenta con la presencia del ocelote (*Leopardus pardalis*), cuya conservación beneficia la conservación de otras especies y del ecosistema en general; por otra parte, dada su condición de amenaza Vulnerable (VU) especies como el venado (*Mazama rufina*) podrían ser objeto de conservación en áreas del volcán Cerro Machín.

En lo que respecta a la flora la presencia del helecho arbóreo *Sphaeropteris quindiuensis* (H. Karst.) R.M. Tryo, indica zonas poco afectada, ya que este grupo vegetal es asociado tradicionalmente con ecosistemas conservados o poco intervenidos; las especies *Sphaeropteris quindiuensis* (H. Karst.) R.M. Tryo, la Boraginaceae *Tournefortia brantii* J.S. Mill y *Miconia capitellata* Cogn, cumplen una función reguladora del agua y de soporte del suelo.

Figura 63

Flora de interés.



Nota. Informe de inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas. *Sphaeropteris quindiuensis* (H. Karst.) R.M. Tryo. Apéndice II. Fuente: (CORTOLIMA. & UT., 2019).

La identificación de especies endémicas en la mayoría de los grupos taxonómicos, la presencia de especies con distribución restringida, y con categorías de amenaza superiores soporta la irremplazabilidad del área y la importancia de conservar todo un ecosistema que cumple una función específica como hábitat de importantes especies, que son fundamentales para este ecosistema y resultan irremplazables, además de formar parte de una cadena trófica que se vería alterada en caso de desaparición.

En ese sentido, se aunaron esfuerzos interinstitucionales entre CORTOLIMA y la Gobernación del Tolima, para la adquisición de dichos predios con los siguientes objetos de compra: CORTOLIMA mediante Resolución 2047 de 2008, declaró Bienes de Utilidad Pública según los artículos 1 y 58 la Ley 388 de 1997 y el artículo 37 de la Ley 9 de 1989, los siguientes predios objeto de la declaración: Machín 3 - El Tablazo, La Esperanza y Machín 1.

El predio Machín 1 es comprado por la Gobernación del Tolima en cumplimiento del Convenio Interadministrativo No 034, firmado entre la Gobernación del Tolima y CORTOLIMA,

cuyo objeto era “Aunar esfuerzos técnicos económicos y humanos para la adquisición de predios en el departamento del Tolima”. El Tribunal Administrativo del Tolima, en Sentencia de 31 de mayo de 2012, ordena culminar con el proceso de adquisición de los siete predios que se encuentran en la zona de influencia del volcán Cerro Machín y de ser necesario ordena adelantar acciones administrativas y judiciales.

El predio La Esperanza, la escritura pública de compra venta del predio, en la cláusula “SEXTA. Afectación Ambiental. Que mediante la presente escritura se somete este predio de común acuerdo a la afectación por causa de categorías ambientales, de conformidad a la Resolución 2708 de 2001 de la Superintendencia de Notaria y Registro, como quiera que la inversión se realiza con el propósito de ejecutar en ellos actividades de protección, preservación y conservación del medio ambiente y en especial de los recursos naturales forestales de flora y fauna que encuentran en el mismo y conservación del recurso hídrico acorde con el artículo 43 de la Ley 99 de 1993”.

El predio Machín 3 - El Tablazo, La escritura pública de compra venta del predio, en la cláusula “DECIMA PRIMERA: Los comparecientes manifiestan que el predio adquirido para adelantar y desarrollar los proyectos y estudios de investigación en la zona de influencia del Volcán Machín del Municipio de Ibagué, que la utilidad obtenida será ingreso no constitutivo de renta y de ganancia ocasional (Modificado Ley 223/95 art 71).

Adicionalmente este predio hace parte de la reserva Central definida por la Ley 2 de 1959, cuyo objetivo es la protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, constituyéndose estas áreas como: “Zonas Forestales Protectoras y “Bosques de Interés Nacional”.

El predio Machín 4 La Holanda, en la escritura pública de compra venta del predio, en la cláusula octava; “afectaciones sobre el predio-. El predio en mención, no podrá ser objeto de ningún gravamen por el futuro propietario, dado que el mismo hace parte del programa de

inversión ambiental, para el mejoramiento de las aguas en cantidad y calidad de la cuenca del río Coello”

El predio Pitalito El Placer, la escritura reza que según la oficina de Planeación de CORTOLIMA, se revela la importancia estratégica del predio en virtud a que hace parte de la sub Zona hidrográfica del río Coello y la Unidad Hidrográfica del río Toche. Presenta nacimiento de las quebradas San Juan y Santa Marta, las cuales abastecen el río Toche. El predio traslapa con una denominación internacional de área protegida, reconocida como área de importancia para la conservación de aves – AICA de la cuenca del río Toche.

El predio Las Brisas, en la escritura pública de compra venta del predio, en la cláusula SEXTA, “AFECTACIÓN AMBIENTAL. ...de común acuerdo a la afectación por causa de categorías ambientales, de conformidad con la Resolución 2708 de 2001 de la Superintendencia de Notariado y Registro, como quiera que la inversión se realiza con el propósito de ejecutar en ellos actividades de protección, preservación y conservación del medio ambiente y en especial de los recursos naturales forestales de flora y fauna que se encuentran en el mismo y conservación del recurso hídrico acorde con el artículo 43 de la Ley 99 de 1993”.

El predio La Primavera, predio adquirido por su importancia para la conservación los recursos naturales forestales de flora y fauna que se encuentran en el mismo y conservación del recurso hídrico acorde con el artículo 43 de la Ley 99 de 1993. Este tipo de estrategias permiten preservar los afluentes que abastecen esta cuenca principal, teniendo en cuenta que a lo largo de los años ha presentado grandes disminuciones en su caudal, debido al aumento de la temperatura en la región y la disminución de las lluvias, pero en gran medida al uso de sus aguas para el riego de cultivos en la zona (Güiza Villa., 2019).

Con la adquisición del predio se consolida la conformación del globo de los predios del volcán Cerro Machín, lo que permite consolidar el SIDAP - TOLIMA, ecológicamente la función hídrica que cumple es de receptor, transformador, regulador y productor de agua; sus bosques

y su área en general contribuyen a aumentar la recarga acuífera, convirtiéndose en una zona de amortiguación hídrica para las partes altas.

Aunque el polígono a declarar está conformado por predios de propiedad del Gobierno departamental y la Corporación Autónoma Regional del Tolima, se solicitó el concepto previo al Ministerio del Interior, sobre la procedencia de la consulta previa con comunidades étnicas para proyectos, obras o actividades, la cual indico que no procede la consulta previa con comunidades indígenas, negras, afrocolombianas, raizales y/o palenqueras, comunidades Rom para el proyecto: “proceso de declaratoria del volcán cerro machín”, localizado en jurisdicción del municipio de Ibagué, debido a que no existe presencia en la zona de dichas comunidades.

Así mismo, se hizo un análisis sectorial para identificar cualquier tipo de proyecto, obra o actividad que se estuviera desarrollando en la zona a declarar, con el fin de antecederse a cualquier tipo de conflicto socio ambiental, dentro del proceso se oficiaron a diferentes entidades del orden nacional como la Autoridad Nacional de Licencias Ambiental - ANLA, la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI, la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH, el Servicio Geológico Colombiano – SGC, entre otros. Con lo cual se pudo determinar que, en el polígono, no se encuentra activo, ni en ejecución, ningún proyecto, obra o actividad sectorial que pueda generar un conflicto socio ambiental. Sin embargo, el SGC, a través del grupo de investigación en geotérmica, realiza estudios y exploraciones periódicas dentro del área del volcán, con el fin de monitorear posibles cambios geológicos.

Finalmente, es pertinente decir que, aunque el humedal Machín presente en el cráter y el Bosque Altoandino, húmedo y de niebla, presente en los domos, laderas y otras zonas de influencia del volcán Cerro Machín, hacen parte de los objetivos de conservación de la presente ruta declaratoria, es necesario decir que, estos ecosistemas estratégicos y de gran importancia para la conservación se encuentran parcialmente excluidos de polígono definido, es decir no se incluyen en su totalidad, debido a que parte de su área se encuentra dentro de los predios

fiscales y el resto del área en predios privados. Sin embargo, se estableció la necesidad apremiante de consolidar estrategias complementarias de conservación como la ampliación de estas áreas ecológicamente importantes que permitan a largo plazo consolidar corredores biológicos.

Con lo expuesto anteriormente, se muestra la necesidad de generar un instrumento de conservación para los predios adquiridos en la zona de influencia del volcán Cerro Machín, a través de la categoría de RESERVA FORESTAL PROTECTORA REGIONAL MACHÍN, teniendo en cuenta el potencial natural y biofísico, para conservar la biodiversidad que se puede encontrar en algún grado de amenaza y garantizar la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos, como la conservación del recurso hídrico y el conocimiento de la zona geológica.

6. DELIMITACIÓN

El área protegida a declarar está conformada por seis predios de CORTOLIMA: “Pitalito el Placer”, “Machín 3 El Tablazo”, “Machín 4 La Holanda”, “Las Brisas”, “La Esperanza” y “Primavera Aguas Calientes” y un predio de la Gobernación del Tolima: “Machín 1”, los cuales están inmersos dentro del área de influencia del volcán Cerro Machín, sumando un área total de 496,77 ha. En ese sentido, la metodología que antecede la delimitación del área parte de los límites prediales existentes dentro de los predios adquiridos por las instituciones.

Debido a que los predios son propiedad de estas entidades públicas del orden departamental, para el proceso de delimitación del área protegida, se tuvieron en cuenta los levantamientos de linderos tomados por estos entes territoriales al momento de la compra de los predios, que fueron adquiridos bajo el objeto de conservación de recurso hídrico; sin embargo se tuvo en cuenta también, visitas de campo realizadas por el equipo técnico, de las cuales se tomaron puntos de referencia para corroborar estos límites prediales (ver Tabla 42).

Tabla 43

Coordenadas tomadas en campo.

Magna Colombia Bogota				
Puntos	Proyectadas		Geográficas	
	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada X	Coordenada Y
1	853680,781	986154	75° 23' 44,820" O	4° 28' 11,300" N
2	853748,023	986111	75° 23' 42,637" O	4° 28' 9,901" N
3	854030,564	986335	75° 23' 33,487" O	4° 28' 17,198" N
4	854513,807	986723	75° 23' 17,839" O	4° 28' 29,842" N
5	854636,4924	987288	75° 23' 13,893" O	4° 28' 48,258" N

6	854713,3581	987968	75° 23' 11,439" O	4° 29' 10,382" N
7	855620,349	988519	75° 22' 42,058" O	4° 29' 28,385" N
8	855417,534	988871	75° 22' 48,655" O	4° 29' 39,828" N
9	855110,512	988967	75° 22' 58,618" O	4° 29' 42,930" N
10	855319,7501	989460	75° 22' 51,861" O	4° 29' 58,995" N
11	855670,601	990013	75° 22' 40,514" O	4° 30' 17,012" N
12	855467,1582	990255	75° 22' 47,126" O	4° 30' 24,870" N
13	854819,845	990356	75° 23' 8,125" O	4° 30' 28,126" N
14	854725,786	990061	75° 23' 11,158" O	4° 30' 18,502" N
15	854805,627	989801	75° 23' 8,554" O	4° 30' 10,055" N
16	854702,356	989184	75° 23' 11,867" O	4° 29' 49,965" N
17	854543,3843	989236	75° 23' 17,025" O	4° 29' 51,650" N
18	854652,153	989771	75° 23' 13,529" O	4° 30' 9,071" N
19	854331,175	989921	75° 23' 23,947" O	4° 30' 13,929" N
20	853974,092	990155	75° 23' 35,541" O	4° 30' 21,526" N
21	853892,395	990387	75° 23' 38,204" O	4° 30' 29,065" N
22	854034,296	990641	75° 23' 33,617" O	4° 30' 37,332" N
23	853263,498	990441	75° 23' 58,603" O	4° 30' 30,797" N
24	853012,259	990225	75° 24' 6,738" O	4° 30' 23,757" N
25	853108,107	990162	75° 24' 3,626" O	4° 30' 21,711" N
26	853696,723	990066	75° 23' 44,531" O	4° 30' 18,604" N
27	853600,313	989974	75° 23' 47,652" O	4° 30' 15,617" N
28	853865,3429	989503	75° 23' 39,030" O	4° 30' 0,295" N

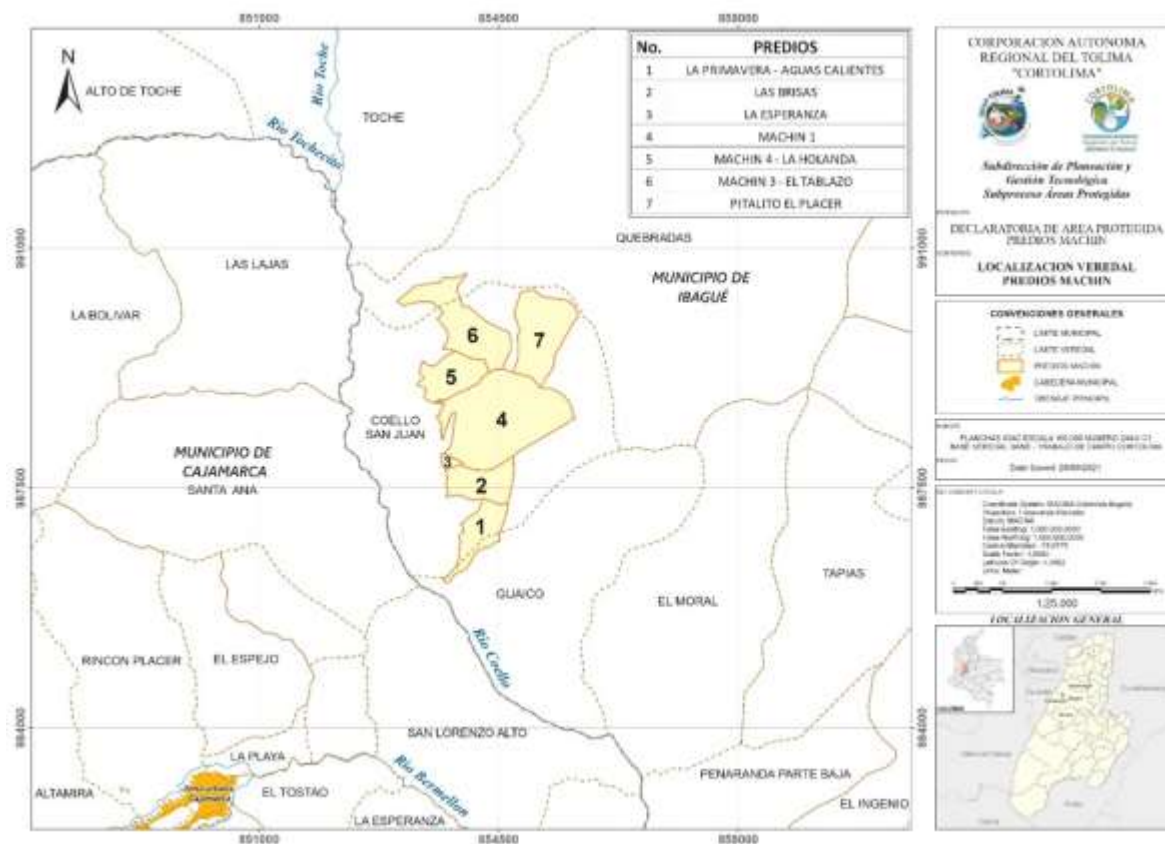
29	853389,2695	989358	75° 23' 54,460" O	4° 29' 55,553" N
30	853442,1864	988920	75° 23' 52,719" O	4° 29' 41,296" N
31	853710,7041	988741	75° 23' 44,000" O	4° 29' 35,485" N
32	853635,2977	988343	75° 23' 46,422" O	4° 29' 22,538" N
33	853683,7165	988206	75° 23' 44,844" O	4° 29' 18,072" N
34	853859,1356	988604	75° 23' 39,179" O	4° 29' 31,051" N
35	853699,945	988004	75° 23' 44,306" O	4° 29' 11,510" N
36	853723,6622	987381	75° 23' 43,501" O	4° 28' 51,225" N
37	853934,9797	987401	75° 23' 36,649" O	4° 28' 51,881" N
38	854275,3348	987346	75° 23' 25,608" O	4° 28' 50,107" N
39	853871,826	986338	75° 23' 38,635" O	4° 28' 17,302" N

Fuente: Elaboración propia.

El área protegida se encuentra ubicada al Oeste del departamento del Tolima, sobre la cordillera Central de los Andes Colombianos, localizado en la margen Suroccidental del denominado complejo volcánico Machín - Cerro Bravo, hace parte de la jurisdicción del municipio de Ibagué más exactamente en el corregimiento de Toche.

Figura 64

Delimitación veredal del área de los predios a declarar.



Fuente: Elaboración propia.

Es pertinente decir, que dentro de los predios a declarar convergen dos fuentes hídricas afluentes importantes de la cuenca del río Coello, una de las cuencas que abastece a los municipios del centro del departamento, por lo cual la necesidad de conservar el área.

Dentro de los predios Machín hay jurisdicción de tres veredas (Tabla 43), de las cuales la que mayor participación tiene es la vereda "Coello San Juan" del municipio de Ibagué con 462,163 ha, que representan aproximadamente el 93% del área propuesta para declaratoria.

Tabla 44

Distribución veredal predios de la RFPM

Municipio	Vereda	Área (ha)	Área (%)
Ibagué	Quebradas	24,353452	4,90235964
Ibagué	Coello San Juan	462,163449	93,0336874
Ibagué	Guaico	10,253099	2,06395294
Total		496,77	100

Fuente: Elaboración Propia.

Sus límites arcifinios se describen de la siguiente forma: por el Este en donde se localiza el predio “Pitalito el Placer” más exactamente en la vereda “Coello San Juan” el cual se delimita por el borde de la montaña donde nace la quebrada Santa Marta la cual pasa por el norte de este predio; se sigue un curso en dirección Suroeste con una longitud de aproximadamente 1192 m, llegando hasta el predio “Machín 1”, el cual se extiende hacia el Este por la parte basal de la montaña donde nace la quebrada Santa Marta y se proyecta hacia el Suroeste 1061 m, atravesando el humedal Machín y llegando hasta la parte alta del domo volcánico, allí converge con el predio “Las Brisas” y desciende por el costado sur unos 683 m aproximadamente hasta el predio “Primavera Aguas Calientes” y otros 554 m hasta el cauce de la quebrada Agua Caliente pasando a la vereda “Guaico”, donde se extiende por todo el cauce de esta quebrada unos 994 m de longitud, faltando unos 204 m aproximadamente antes de encontrarse con el cauce del río Coello, de allí, se sigue el límite en dirección Noreste aproximadamente unos 1331 m retornando a la vereda “Coello San Juan” y llegando hasta el predio “Las Brisas” por el costado Oeste, se continua la delimitación de este predio en dirección occidental aproximadamente unos 552 m y luego en dirección Norte una longitud de 412 m, atravesando 4 quebradas sin nombre que surten el cauce hídrico del río Coello, una vez allí, nos encontramos con el predio “Las Brisas” el cual es el más pequeño y su delimitación continua unos 224 m aproximadamente retornando al predio “Machín 1” por su extremo Oeste donde justo por el piedemonte del domo, se extiende unos 615 m de longitud en dirección

Norte, y retorna 435 m aproximadamente en dirección Sureste hasta llegar a la “Escuela Machín” y se continua el límite en dirección Norte atravesando 5 drenajes sin nombre que surten de agua el río Coello, llegando al predio “Machín 4 La Holanda” donde se continua en dirección Noroeste aproximadamente 673 m y de este punto se proyecta hacia el Oriente 497 m hasta llegar al predio “Machín 3 El Tablazo”, una vez allí, se proyecta el límite en dirección Norte aproximadamente 709 m atravesando perpendicularmente la quebrada “San Juan”, a partir de este punto se localiza la vereda “Quebradas” y el límite del predio sube por el piedemonte en dirección Noroeste unos 578 m aproximadamente, de allí se proyecta hacia el Noreste 1103 m por todo el filo de la montaña y se proyecta hacia abajo en dirección Sur unos 391 m aproximadamente retornando a la vereda “Coello San Juan”, se continua el límite por todo el valle en dirección Sureste unos 883 m aproximadamente y en dirección Sur 546 m retornando al predio “Machín 1” por el lado Norte, una vez allí en el filo de la montaña, se delimita 167 m en dirección Este por todo el filo hasta llegar al predio “Pitalito El Placer” donde su límite sube en dirección Norte 1178 m aproximadamente hasta alcanzar el cauce de la Quebrada “San Juan”

7. CATEGORIA PROPUESTA

El Decreto 1076 de 2015 (que compiló el Decreto 2372 de 2010), establece las categorías de manejo del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, fundamentando que las áreas protegidas constituyen el elemento central para la conservación de la biodiversidad del país; además que los objetivos de conservación van direccionados a la conservación de la naturaleza, especialmente la diversidad biológica, que se pueden alcanzar mediante diversas estrategias que aporten a su logro (MADS, 2015).

A partir de la expedición del mencionado decreto se realizaron varias discusiones sobre estas figuras, especialmente en el marco de los Sistemas Regionales de Áreas Protegidas (SIRAP) y del II Congreso Colombiano de Áreas Protegidas de 2014, en el que se propuso la siguiente definición para estrategias complementarias como:

“Área geográfica definida en la cual se implementa una acción o grupo de acciones por parte de un actor social (comunitario o institucional), donde confluyen diferentes escalas, figuras, intereses y esquemas de administración y manejo para asegurar la preservación, restauración y uso sostenible de la diversidad biológica y cultural representada en un territorio, ya sea en el ámbito continental (urbano y rural), costero u oceánico, las cuales contribuyen a la complementariedad y la conectividad funcional y estructural de las áreas protegidas”¹² (Santamaría et al, 2018, pág. 10).

¹² Definición basada en los trabajos del Sirap Pacífico y Sirap Macizo (InterSirap, 2014)

La selección de la categoría de conservación para el área, se soporta en las características biofísicas, sociales y culturales existentes; los predios destinados a la conservación del volcán Cerro Machín están constituidos en un 39,55 % por Bosque Abierto, en Bosque de Galería y Ripario en un 20,82 % y en un 26,25 % por Pastos Limpios, por lo tanto, al realizar el correspondiente análisis el área a declarar cumple con los criterios de función, pero han sido modificados su composición y su estructura. Aun así, sustenta una amplia variedad de especies con endemismo, presencia de especies amenazadas y vulnerables, polinizadoras y con distribución restringida que soporta la irremplazabilidad del área, en donde CORTOLIMA, tiene como finalidad la conservación de todo un ecosistema (Bosque Altoadino) que cumple una función específica como hábitat de importantes especies, al igual que esta área abastece principalmente a la cuenca del río Coello, con alta demanda de agua para el abastecimiento de los municipios río abajo, como lo son Ibagué, Cajamarca, Espinal, Flandes, Coello, entre otros. Y la producción agrícola del centro del Tolima.

CORTOLIMA, en un proceso de concertación y revisión junto con la Gobernación del Tolima define para el área, la categoría de RESERVA FORESTAL PROTECTORA REGIONAL, la cual según el Decreto 2372 del 2010 en el artículo 12, lo define como:

“Un espacio geográfico en el que los ecosistemas de bosque mantienen su función, aunque su estructura y composición haya sido modificada y los valores naturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute” (MAVDT, 2010, pág. 8).

Esta zona de propiedad pública y/o privada se reserva para destinarla al establecimiento o mantenimiento y utilización sostenible de los bosques y demás coberturas vegetales naturales.

La reserva, delimitación, alinderación, declaración y sustracción de las Reservas Forestales que alberguen ecosistemas estratégicos en la escala nacional, corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en cuyo caso se denominarán Reservas Forestales Protectoras Nacionales. La reserva, delimitación, alinderación, declaración, administración y sustracción de las Reservas Forestales que alberguen ecosistemas estratégicos en la escala regional, corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales, en cuyo caso se denominarán Reservas Forestales Protectoras Regionales (MAVDT, 2010).

Parágrafo 1. El uso sostenible en esta categoría hace referencia a la obtención de los frutos secundarios del bosque en lo relacionado con las actividades de aprovechamiento forestal. No obstante, el régimen de usos deberá estar en consonancia con la finalidad del área protegida, donde deben prevalecer los valores naturales asociados al área y en tal sentido, el desarrollo de actividades públicas y privadas deberán realizarse conforme a dicha finalidad y según la regulación que para el efecto expida el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Parágrafo 2. Entiéndase por frutos secundarios del bosque los productos no maderables y los servicios generados por estos ecosistemas boscosos, entre ellos, las flores, los frutos, las fibras, las cortezas, las hojas, las semillas, las gomas, las resinas y los exudados.

8. ACCIONES ESTRATÉGICAS PRIORITARIAS

La Reserva Forestal Protectora Regional Machín, es declarada bajo los objetivos de conservación de especies de flora y fauna en grado de amenaza, y en la protección de los cuerpos de agua presentes que regulan los ecosistemas estratégicos propios del área de interés con la finalidad de garantizar las condiciones ambientales necesarias para mantener un equilibrio ecosistémico, para el cumplimiento de los mismos, se plantean acciones estratégicas encaminadas a la conservación del medio, bajo unos objetivos de gestión que darán el manejo respectivo para su desarrollo sostenible y conservación ambiental.

En aras de dar cumplimiento a lo mencionado, las acciones formuladas tendrán coherencia con los objetivos de gestión aplicados a la categoría de manejo y al estado de conservación que busca establecer esta declaratoria; para ello se postulan estrategias y oportunidades de gestión que contribuyan al cumplimiento de los valores objeto de conservación (VOC). Con respecto a lo anterior, se señalan los objetivos de gestión de la siguiente manera:

- Establecer una estrategia o mecanismo financiero que respalde las actividades permitidas de turismo tendientes al cumplimiento de los objetivos de conservación del área protegida.
- Armonizar los diferentes escenarios naturales paisajísticos con las diferentes actividades turísticas permitidas en el área de influencia, según la facultad definida en la categoría de protección.
- Generar espacios de concertación o trabajo conjunto entre actores institucionales y sociales, para armonizar y definir estrategias que permitan la preservación y/o conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en beneficio de la comunidad de base.
- Fortalecer la apropiación social del territorio para la conservación ambiental.

En definitiva, es importante precisar que la conservación de la biodiversidad enriquece los sistemas sociales y ecológicos, la cual se mide por los servicios ecosistémicos derivados de estas acciones y/o estrategias formuladas, con base en los lineamientos de la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad (PNGIBSE) (MADS, 2014), se postulan las siguientes acciones estratégicas para la gestión.

Posteriormente a la adopción de la presente ruta declaratoria como área protegida “RESERVA FORESTAL PROTECTORA REGIONAL MACHÍN”, se deberá formular el respectivo PLAN DE MANEJO AMBIENTAL; que incluya todas las actividades permitidas según la zonificación ambiental, programas y proyectos, para posterior aplicación y ejecución; lo cual finalmente, permitirá medir la efectividad de manejo en esta zona de conservación.

- Promover y fortalecer actividades de recuperación, protección y conservación de especies amenazadas.
- Fortalecer los mecanismos y oportunidades de participación social en la toma de decisiones.
- Fortalecer las alianzas entre los sectores público y privado, en actividades de control, monitoreo y vigilancia en la conservación de la biodiversidad.
- Promover la articulación interinstitucional e intersectorial para identificar, prevenir y mitigar los riesgos asociados por ser una zona de alerta en riesgo geológico y amenaza volcánica.
- Implementar esquemas de evaluación y evacuación frente a los riesgos y sistemas de alerta temprana para prevenir emergencias relacionadas a la naturalidad de la zona.
- Crear corredores biológicos alrededor de los cuerpos de agua, buscando mantener la sostenibilidad ecosistémica propia y mejorando progresivamente la presencia de fauna desplazada o en algún grado de amenaza.
- Fomentar la conciencia ambiental de las comunidades a través del diálogo de saberes, mingas, capacitaciones, talleres de educación ambiental, entre otros.

- Reglamentar sanciones para personas e instituciones que contravengan las normas establecidas para garantizar la sostenibilidad de los bienes y servicios que ofrecen los ecosistemas presentes.

Es importante resaltar, que la finalidad de declarar esta área bajo una categoría de conservación, requiere no solamente el análisis de factores técnicos, sino también de la armonización e intereses participativos de los diferentes actores que se ven involucrados en la zona. CORTOLIMA como autoridad ambiental regional, genera lineamientos para la conservación y propone acciones estratégicas encaminadas al beneficio socio ambiental del área declarada que puedan alcanzarse aunando esfuerzos con los grupos sociales, colectivos y apoyo interinstitucional.

9. CONSULTA PREVIA

En el proceso de compilación de la información siendo las directrices de la guía metodológica para la declaratoria de la Reserva Forestal Protectora Regional Machín, se solicitó al Ministerio del Interior información oficial para saber si existe la procedencia de la consulta previa en los respectivos predios que hacen parte del polígono.

El Ministerio del Interior, a través de la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa, estableció mediante la Resolución Número ST- 1298 de 24 septiembre de 2021 “Sobre la procedencia de la consulta previa con comunidades étnicas para proyectos, obras o actividades” , indicando que no procede la consulta previa con comunidades indígenas, negras, afrocolombianas, raizales y/o palenqueras, Comunidades Rom para el proyecto: comunidades para el proyecto: “PROCESO DE DECLARATORIA DEL VOLCÁN CERRO MACHÍN”, localizado en jurisdicción del municipio de Ibagué, en el departamento de Tolima, identificado con las coordenadas referidas en la parte considerativa del presente acto administrativo.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, D. (2019). *¿ Qué es un árbol?* Costa Rica.

Aguirre, J. (2008). Diversidad y Riqueza de los líquenes en la región natural andina o sistema cordillerano. En O. Rangel, *Colombia Diversidad Biótica VI Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia* (págs. 337-382). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Alfaro Valero, C., & Aguirre Corrales, A. (2006). Geoquímica de fuentes minerales y termales del complejo volcánico Cerro Bravo - Cerro Machín, Colombia. *Boletín Geológico, no 41*. <https://doi.org/10.32685/0120-1425/boletingeo.41.2006.167>, 76-120.

Andrade Correa, M. G. (2017). *Santa María mariposas alas y color: Guías de campo*. (Vol. II).

Arango, C. (2014). *Atlapietes de Anteojos (Atlapietes flaviceps)*. Cali: Universidad ICESI.

Arango, C. (2017). *Caminera tolimense (Leptotila conoveri)*. Cali: Universidad ICESI.

Armenteras, D. C. (2008). *Evaluación del estado de los bosques de niebla y de la meta 2010 en Colombia*. Bogotá: Institución de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Avendaño, J. E., Bohórquez, I. C., Rosselli, L., Arzuza-Buelvas, D., Estela, F. A., Cuervo, A. M., & Renjifo, M. L. (2017). Lista de chequeo de las aves de Colombia: Una síntesis del estado del conocimiento desde Hilty y Brown (1986). *Revista de Ornitología Colombiana no 16*.

Barriga, J. C., Díaz-Pulido, A., Santamaría, M., & García, H. (2016). *Catalogo de biodiversidad de las regiones Andina, pacífica y piedemonte amazónico. Nivel Local. Volumen 2 Tomo*

2. *Serie Planeación ambiental para la conservación de las biodiversidad áreas operativas de Ecopetrol*. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Ecopetrol S.A.
- Benítez López, A. A. (2017). *The impact of hunting on tropical mammal and bird populations*.
- Benner, J. W., Conroy, S., Lunch, C. K., Toyada, N., & Vitousek, P. M. (2007). Phosphorus fertilization increases the abundance and nitrogenase activity of the cyanolichen *Pseudocyphellaria crocata* in Hawaiian montane forests. *Revista Biotropica*, Vol 39, no 3, 400-405.
- Bernal L., O. J. (2017). *Diseño de unidad piloto de humedales artificiales de flujo subsuperficial para tratamiento de aguas residuales domésticas en el Campus UMNG-Cajicá con fines de reusó*. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano. Maestría.
- Bernal, H. Y., García, M. H., & Quevedo, S. F. (2011). *Pautas para el conocimiento, conservación y uso sostenible de las plantas medicinales natvias en Colombia: Estrategia nacional para la conservación de plantas*. Bogotá, D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Bernal, M. B. (2000). *Estudio de la anurofauna del municipio de Ibagué*. Ibagué: Acta biológica Colombiana.
- Böhm, M. (2013). *The conservation status of the world's reptiles*.
- Cardona, D. (2001). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo "una crítica y una revisión para la gestión". *Centro de estudios sobre desastres y riesgos CEDERI Universidad de los Andes*, 1-18.

- Castañeda T., P. M. ((s.f.)). *Zonificación Climatológica según el modelo Caldas - Lang de la Cuenca Río Negro mediante el uso del Sistema de Información Geográfica SIG*. Bogotá: IDEAM.
- Caviedes Rubio, & Olaya Amaya. (2018). Ecosturismo en áreas protegidas de Colombia: una revisión de impactos ambientales con énfasis en las normas de sostenibilidad ambiental. *Luna Azul no 46*. <https://doi.org/10.17151/luaz.2018.46.16>, 311-330.
- Chaparro-Herrera, S., Echeverry-Galvis, M. Á., Córdoba-Córdoba, S., & Sua-Becerra, A. (2013). Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. *Revista Biota Colombiana Vol. 14, no 2*, 113-150.
- Congreso de Colombia. (1973). *Por la cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones*. Bogotá. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/leyes/2a-ley_0023_1973.pdf
- Congreso de la República. (2012). *Ley 1523. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres*. Bogotá: Congreso de la República.
- Cortes T., G. (20 de 05 de 2021). *Molá; Toponimia de los sitios sagrados del pueblo Pijao en el Municipio de Natatagaima del Departamento del Tolima*. Obtenido de Mayo 17 de 2018: https://bdigital.uexternado.edu.co/bitstream/handle/001/1400/DDA-spa-2018-Mola_toponimia_de_los_sitios_sagrados_del_pueblo_Pijao_en_el_municipio_de%20Natagaima?sequence=1&isAllowed=y
- CORTOLIMA. (2009). *Estudios y análisis de Vulnerabilidad y Riesgo del Volcán Cerro Machín*. Ibagué: Corporación Autónoma Regional del Tolima.

- CORTOLIMA. (2009). *Plan de contingencias Machín*. Ibagué: Corporación Autónoma Regional del Tolima.
- https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/gestion_riesgos/Gestion_d el_Riesgo/2acciones_operativas/CLOPAD/PlanContingenciaMachinJulio16_2009.pdf .
- CORTOLIMA. (2019). *Actualización del Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográfica del Río Coello - POMCA Río Coello*. Ibagué: Corporación Autónoma Regional del Tolima.
- CORTOLIMA. (2019). *Caracterización de la Palma de Cera (Ceroxylon quindiuense), flora y fauna asociada en tres áreas del Tolima y caracterización ambiental, biológica, física, química y humedales del Departamento*. . Ibagué: Corporación Autónoma Regional del Tolima .
- CORTOLIMA, & SPMI. (2021). *Base de datos con corte enero de 2021*. Ibagué: Corporación Autónoma Regional del Tolima, Secretaría de Planeación, Dirección de Administración del SISBEN.
- CORTOLIMA, & UT. (2008). *Plan General de Ordenación Forestal para el Departamento del Tolima - PGOF*. Ibagué: Coporación Autónoma Regional del Tolima, Universidad del Tolima.
- CORTOLIMA., & UT. (2019). *Cobertura y uso de la Tierra*. Ibagué: Corporación Autónoma Regional del Tolima, Universidad del Tolima.
- CORTOLIMA., & UT. (2019). *Estudio de Cobertura y uso de la Tierra para el Tolima*. Ibagué: Corporación Autónoma Regional del Tolima, Universidad del Tolima.
- CORTOLIMA., & UT. (2019). *Informe de inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios*

- adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas.* Ibagué: Corporación Autónoma Regional del Tolima, Universidad del Tolima.
- CORTOLIMA., & UT. (2019). *Plan de Manejo Ambiental Humedal Laguna Machín.* Ibagué: Corporación Autónoma Regional del Tolima, Universidad Tolima.
- CORTOLIMA;. (2020). *Diagnóstico de la actividad de turismo de naturaleza en el corregimiento de Toche en el departamento del Tolima.* Ibagué: Corporación Autónoma Regional del Tolima.
- Estado, C. d. (2018). Sentencia 05001233100020060367001. *Sección Primera Consejo de Estado.* Bogotá: Consejo de Estado, Consejero Oswaldo Giraldo Lóez.
- Flowers, R. W. (2010). Capítulo 4: Ephemeroptera. *Revista de Biología Tropical* , 63-93.
- Frahm, J. &. (1991). *An altitudinal zonation of tropical rain forests using bryophytes.*
- Gallego M., D. B. (2015). *Caracterización de las macrófitas del humedal meandro del SAY como insumo de las herramientas de conservación.* Bogotá: Universidad Santo Tomas, Trabajo de Grado.
- Gamboa, M. R. (2008). *Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental.*
- García Pérez, J. F. (2007). Diversidad y distribución de mariposas Satyrinae (Lepidoptera:Nymphalidae) en la cuenca del río Coello. *Revista de Biología Tropical*, 55, 645-653.
- García Robledo, C. A. (2002). *Mariposas comunes de la cordillera central de Colombia.*
- García, J. A. (2003). *Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el noroccidente de Colombia* . 169-192.

Gascon, C., Collins, J. P., Moore, R. D., Church, D. R., Mackay, J. E., & Mendelson, J. R.

(2007). *Amphibian Conservation Action Plan* (III ed.).

Gentry, A. (1987). Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes.

Glime, J. M. (2017). *Bryophyte Ecology* (Vol. 1 chapter 7).

Gómez, M. y. (2014). *Sistema de informacion sobre biodiversidad de Colombia - SiB*.

González E., J., & Villate, I. (06 de 08 de 2018). *Vertebrados indicadores del estado de*

conservación del Hayedo de Oianleku. DESMA Estudios Ambientales SL. . Obtenido de

Grupo especialista en anfibios de la CSE de la UICN. 2017. La Lista Roja de Especies

Amenazadas 2017 de la UICN.: <https://www.iucnredlist.org/es/about/citationinfo>

González, H. Z. (2007). El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los

ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. *Revista de la*

Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas, 19, 73-81.

Gradstein, S. &. (2011). *Sinopsis de la familia Frullaniaceae (Marchantiophyta) para Colombia*.

Caldasía.

Guerra, G. A. (2020). *Briófitos en los troncos de árboles como indicadores de la alteración en*

bosques montanos de Panamá. Panamá.

Güiza Villa., N. (2019). *Estimación de los cambios en los índices asociados a la oferta y la*

demanda del recurso hídrico en la cuenca del río Coello bajo escenarios de cambio

climático. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería.

Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola.

Hallingback, T. &. (2000). *Status survey and conservation action plan for bryophytes*.

- Hammer, O. H. (22 de 12 de 2001). *Paleontological statistics software package for education and data analysis*. Obtenido de http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Hanson, P., Springer, M., & Ramírez, A. (2010). Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, no 58, 3-37.
- Hernández, J., & Rangel J., O. (2009). La vegetación del humedal de Jaboque. *Revista Caldasia Vol 31 no 2*.
- Hernández A., & Padilla J. (2019). *Aproximación a la relación entre control territorial, violencia y victimización en el conflicto armado colombiano. Estudio de caso: provincia de Ibagué*. Ibagué:
<https://repositorio.unibague.edu.co/bitstream/20.500.12313/1921/1/Trabajo%20de%20grado.pdf>.
- Hoekstra, J. M. (2010). *The atlas of global conservation. changes, challenges, and opportunities to make a difference*. California.
- IAvH. (2015). *Transición bosque-páramo. Bases conceptuales y métodos para su identificación en los Andes Colombianos*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológico Alexander von Humboldt, Fondo de Adaptación.
- IDEAM. (2013). *Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas*. Bogotá: Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- IDEAM. (10 de 09 de 2021). *Atlas interactivo IDEAM*. Obtenido de 9. Clasificación del Climas:
<http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/clima-text.pdf>

- IDEAM. (2021). *Estdios de temperatura media anual en °C para el Volcán Cerro MACHín, Escala 1:100.000 en el periodo 1986-2006*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales .
- IDEAM. (30 de 09 de 2021). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*.
Obtenido de Ecosistemas, coberturas-tierra 2005:
<http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-tierra>
- IDEAM. (s.f.). *Caracterización de los suelos y las tierras*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM., IGAC., & CORMAGDALENA. (2008). *Mapa de cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena - Cuenca: Metodología CORINE LAND COVER adaptada para Colombia a escala 1:100.000*. Bogota, D.C. 200p. + 164 hojas cartográficas.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del río Grande de la Magdalena.
- IDEAM., IGAC., INVEMAR., & MADS. (2017). *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (MEC), version 2.1, escala 1:100.000*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientles, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigaciones de Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- IGAC. (2004). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento del Tolima*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- INGEOMINAS. (2001). *Mapa Geológico del Departamento Tolima*. Bogotá: Instituto de investigación e información geocientífica Minero - Ambiental y Nuclear INGEOMINAS, Ministerio de Minas y Energía.

INGEOMINAS. (2002). *Evaluación de la Amenaza Volcánica potencial de Cerro Machín*

(Departamento del Tolima). Bogotá: INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA MINERO AMBIENTAL Y NUCLEAR INGEOMINAS. Ministerio de Minas y Energía.

INVEMAR. (26 de 08 de 2021). *Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito*

Vives de Andrés, . Obtenido de

http://buritaca.invemar.org.co/siam/tesauro_ambiental/B/Bosque%20altoandino.htm

IUCN. (2015). *Categorías de Amenaza*. Suiza: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

MADS. (2014). *Política Nacional de la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos - PNGIBS*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

MADS. (2015). *Decreto 1076. Por medio de la cual se expide el Decreto único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

MADS. (2017). *Resolución 1912 “Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones”*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

MAVDT. (2010). *Decreto 2372. Por el cual se reglamenta el decreto ley 2811 de 1974, la ley 99 de 1993, la ley 165 de 1994 y el decreto ley 216 de 2003, en relación con el sistema de áreas protegidas, las categorías de manejo que lo conforman*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

MEA. (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: wetlands and water synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment.

Merritt, R. W. (2009). *Encyclopedia of Insects*. San Diego.

MIJ. (2003). *Decreto 2350 de 2003: Reglamenta la ley 742 de 2003*. Bogotá: Ministerio del Interior y de Justicia, Presidencia de la República.

MINCIT. (2021). *Política de Turismo Sostenible, adoptada por el Decreto 646 de 2021*. Bogotá: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.

MINCIT;. (2012). *Ley 1558. Por la cual se modifica la Ley 300 de 1996 -Ley General de Turismo, la Ley 1101 de 2006 y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: Congreso de la República, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.

Montenegro, A. (2008). Atributos vitales de especies leñosas en borde de bosque altoandino de la Reserva Forestal de Cagua. *Revista Biológica Tropical* no 56., 705-720.

Morales, M. &. (2013). *Estado de conservación de los bosques de niebla de los andes colombianos*.

Naranajo, L. G., Amaya, J. D., Eusse-González, D., & Cifuentes-Sarmiento, Y. (2012). Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Aves. Vol 1. . *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible/ WWF Colombia.*, Bogotá D.C.

Naranjo, L. G., & Espinel J., D. A. (2009). *Plan nacional de la especies migratorias: diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de biodiversidad en Colombia*. Bogotá: Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/>

pdf/Planes-para-la-conservacion-y-uso-
delabiodiversidad/211010_plan_especies_migratorias.pdf.

Ocampo, J. (2007). Diversidad de las Passifloraceae colombianas: biogeografía y una lista actualizada para la conservación. . *Revista Biota Colombia*, Vol 8, no 1.

Paciencia, M. L. (2004). *Efeitos de borda sobre a comunidade de pteridófitas na Mata Atlantica da Regiao de Una*. Brasil.

Paciencia, M. Y. (2004). Efeitod de borda sobre a comunidade de pteridófitas na Mata Atlantica da Regiao de Una, Sul Bahia. Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, no 27., 641-653.

Parolly, G. K. (2004). *Ecosociological studies in Ecuadorian bryophyte communities. I. Synytaxonomy, life*. Ecuador.

Peña Cerpa, J. M. (2007). *Biodiversidad faunística y florística de la Cuenca del Río Totaré, biodiversidad regional Fase III*. En G. d. Zoología. . Ibagué: Universidad de Ibagué.

Peña Cerpa, J. M. (2007). *Lepidópteros diurnos, Biodiversidad faunistica y floristica de la cuenca del río Totare biodiversidad regional Fase III*.

Pérez, G. R. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP col*. Editorial Universidad de Antioquia.

Piedrahita, D. A., Aguilar-Casallas, C., Arango-Palacio, E., Murcia, H., & Gómez-Arango, J. (2018). Estratigrafía del cráter y morfología del volcán Cerro Machín. *Boletín de Geología*, Vol. 40, no 3. DOI: 10.18273/revbol.v40n3-2018002. Colombia. , 29-48.

Powell, J. A. (2009). *Lepidoptera: Moths, Butterflies*. En Vincent H. Resh; Ring T. Cardé (Eds.), *Encyclopedia of Insects*. California.

Pyrz, T. W. (2004). *Pronophilina butterflies of the highlands of Chachapoyas in northern Peru: faunal survey, diversity and distribution patterns (Lepidoptera, Nymphalidae, Satyrinae)*. Peru.

Rao, P. (2001). *Monographic studies on Cryphaea (Bryopsida)*.

Renjifo, L. M., Franco - Maya, A. M., Amaya - Espinel, J. D., Kattan, G. H., & López-Lanús, B. (2002). *Libro rojo de aves de Colombia. Seria Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ríos Málaver, C. (2007). *Riqueza de especies de mariposas (Herperioidea & Papilionoidea) de la quebrada "El águila" Cordillera Central*. Manizales.

Ríos Málaver, C. (2007). Riqueza de especies de mariposas (Hesperioidea & Papilionoidea) de la quebrada "El águila" Cordillera Central. . *Boletín Científico, Centro de Museos - Museo de Historia Natural*. Manizales.

Roda, J., Franco, A. M., Baptiste, M. P., Mónera, C., & Gómez, D. M. (2003). *Manual de identificación CITIES de aves de Colombia*. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Rodríguez, W. (2002). *Helechos, licopodios, selaginelas y equisetos del parque regional Arví*. Medellín: Corporación Autónoma Regional de Antioquia.

Roldán, G. &. (2008b). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Bogotá.

Roldán, G. (1988b). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá.

- Roldán, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias exactas, Físicas y Naturales. E*, 23, 375-387.
- Roldán, G., & Ramírez, J. (2008a). *El ensamble de los macroinvertebrados acuáticos*. Bogotá.
- Roldán, G., & Ramírez, J. (2008c). *Fundamentos de limnología Neotropical*. . Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Romero, F. &. (2009). *Lepidoptera, Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Argentina.
- SAGER. (2012). *Actualización del Plan de contingencia por erupción del volcán Cerro Machín en el Tolima*. Ibagué: Gobernación del Tolima, Secretaría de Ambiente y Gestión del Riesgo de Desastres del Tolima.
- Sanín, D., Sierra-Giraldo, J., & Posada H., J. (2014). *Inventario florístico de los bosques de la esmeralda. margen del río Cauca*. Chinchiná, Caldas.
- Santamaría, M., Areiza, A., Matallana, C., Solano, C., & Galán, S. (2018). *Estrategias complementarias de conservación en Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil – RESNATUR, Fundación Natura.
- SGC. (14 de 09 de 2021). *Servicio Geológico Colombiano*. Obtenido de Volcán Cerro Machín: <https://www2.sgc.gov.co/sgc/volcanes/VolcanCerroMachin/Paginas/generalidades-volcan-cerro-machin.aspx>
- SGC. (21 de 12 de 2021). *Servicio Geológico Colombiano*. Obtenido de Niveles de actividad volcánica: <https://www.sgc.gov.co/volcanes>

- Sisamón Gil, R. M. (2012). *El análisis “DAFO” aplicado a la intervención en casos de personas en situación de exclusión social*. 469-487: Revista de trabajo y acción social, n 51 - ISSN 1133-6552 / ISSN Electrónico 2173-8246 DAFO%20-%20(1).pdf.
- SPMI. (2016). *Anuario Estadístico Municipal de Ibagué (2016 - 2017)*. Ibagué: Secretaria de Planeación Municipal de Ibagué,
<https://ibague.gov.co/portal/admin/archivos/publicaciones/2018/19792-DOC-20180220.pdf>.
- Springer, M. (2010). Capitulo 7: Trichoptera . *Revista de Biología Tropical* 58, 151-198.
- Tavares R., & Fitch M. (20 de 08 de 2021). *Planificación comunitaria en barrios socialmente vulnerables*. Obtenido de diciembre de 2019:
https://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/article/view/2258/3081#content/figure_reference_11
- TNC, T. N. (2005). *Planificación de estrategias, ejecución y medidas de éxito en cualquier escala*. Obtenido de:
https://www.conservationgateway.org/documents/manual_pca_spanish_1.pdf.
- UICN. (1975). *Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora (CITIES)*. Wachington DC.
- Uribe, M. J. (2009). *Ecological significance of bryophytes. In introduction to Bryophytes*. Cambridge.
- Vanderpoorten, A. &. (2009). *Ecological significance of bryophytes, in introduction to Bryophytes*. Cambridge.

- Vega Mora, L., & Díaz, F. J. (2013). VEGA MORA, Leonel; DÍAZ, FernEvaluación integral del riesgo volcánico del Cerro Machín, Colombia. *Investigaciones geográficas, no 81.*, 66-78.
- Vélez Lemos, D. M. (2015). *Diversidad de mariposas diurnas (Insecta: Lepidoptera) de un Bosque Subandino, Cajibío*. Boletín Científico del Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas, edición 19.
- Vélez Lemos, D. M., Riascos Forero, & Riasco Forero, Y. (2015). *Diversidad de mariposas diurnas (Insecta: Lepidoptera) de un bosque Subandino, Cajibío, Cauca*. Caldas: Boletín Científico del Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas.
- Villa, F. P. (2004). Lepidopteros Diurnos. En G. Reinoso, G. Guevera, A. M. Torres, D. M. Arias, M. A. Barrios, L. X. Castellanos, & L. V. Sánchez, *Biodiversidad Faunística de la Cuenca del Río Coello. Biodiversidad Regional Fase I*. (págs. 34-156). Ibagué: Universidad del Tolima.
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., & Escobar, G. (2004). *Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad*. . Bogotá: Programa de Inventarios de Biodiversidad.
- Zotz, G., Büdel, B., Meyer, A., Zellner, H., & Lange, O. L. (1998). In situ studies of water relations and CO₂ exchange of the tropical macrolichen, *Sticta tomentosa*. *New Phytologist, Vol 139, no 3.*, 525-535.

ANEXOS

Anexo 1: Listado de especies de Macroinvertebrados acuáticos- formato DWC.

Anexo 2: Listado de especies de Lepidópteros Diurnos- formato DWC.

Anexo 3: Listado de especies de Herpetos- formato DWC.

Anexo 4: Listado de especies de Avifauna- formato DWC.

Anexo 5: Listado de especies de Mastofauna- formato DWC.

Anexo 6: Listado de especies de Flora- formato DWC.

Anexo 7: Certificado de Libertad y Tradición.

Anexo 8: Listado de operadores turísticos.

Anexo 9: Resolución ST- 1298 DE 24 SEPT 2021 del Ministerio del Interior