

IMPLEMENTACIÓN DE INDICADORES BIOLÓGICOS COMO HERRAMIENTA PARA EVALUAR CAMBIOS EN LA INTEGRIDAD ECOLÓGICA DE LOS FRAGMENTOS DE BOSQUE SECO TROPICAL PRESENTES EN VICTORIA - LA DORADA, CALDAS

INFORME FINAL CONVENIO 5212085 de 2014



**IMPLEMENTACIÓN DE INDICADORES BIOLÓGICOS COMO
HERRAMIENTA PARA EVALUAR CAMBIOS EN LA
INTEGRIDAD ECOLÓGICA DE LOS FRAGMENTOS DE BOSQUE
SECO TROPICAL PRESENTES EN VICTORIA - LA DORADA,
CALDAS**

INFORME FINAL CONVENIO 5212085 de 2014

UNIVERSIDAD DEL VALLE

Alan Giraldo-López, Ph.D
Wilmar Bolívar-García, Ph.D.
Oscar E. Murillo, Ph.D.

CORPOCALDAS

Oscar Ospina
Profesional Especializado
Subdirección de evaluación y seguimiento ambiental

ECOPETROL

Ana María Moncaleano
Profesional Interventor

Santiago de Cali, Mayo de 2016

Equipo Profesionales Componente Caracterización Biótica

Plantas

Ángela M. González
Jhon A. Vargas

Moluscos

Angélica M. Prado

Peces

Diego F. Córdoba

Anfibios

Carlos Burbano

Reptiles

Luz A. Flórez

Aves

Elkin Tenorio

Mamíferos

Andrés Quintero
Natalia Cuellar
Mario F. Garcés

Equipo de Apoyo

Juranny M. Astorquiza

Estefania Alzate

Santiago Arboleda

Eliana Barona

Isabel C. Calle

Natalia Ferro

Natalia Rivera

Andrés Gómez

Mónica Gómez

Cristian A. Hernández

Martin Llano

Rodrigo Lozano

Diana Motta

Laura Obando

Sebastián Orjuela

Juan Pablo Ospina

Jorge Torres

Daniel Vásquez

David A. Velásquez

PRESENTACIÓN	1
CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA.....	3
Introducción	4
Área de estudio	6
Unidades de estudio.....	8
Métodos de campo.....	11
Resultados.....	27
Discusión.....	39
ANÁLISIS DE INTEGRIDAD BIOLÓGICA.....	48
Introducción	48
Métodos.....	51
Resultados.....	71
PROPUESTA DE CONECTIVIDAD	79
Introducción	80
Métodos.....	83
Resultados.....	85
PROPUESTA PLAN DE MANEJO	101
Introducción	102
Métodos.....	103
Resultados.....	105
Plan de Manejo Palma Estera	105
Plan de Manejo del Cabecinegro	109
Plan de Manejo del Mamarón.....	112
Plan de Manejo Bocachico	125
Plan de Manejo Mojarra Amarilla.....	130
Plan de Manejo del Mohíno	134
Plan de Manejo de la Tortuga Morrocoy.....	146
CONCLUSIONES GENERALES.....	156
Bibliografía	159

Índice de Tablas

Tabla 1. Categorías de análisis para el nivel 2 de la matriz de valoración.....	56
Tabla 2. Categorías de análisis para el nivel 3 de la matriz de valoración.....	57
Tabla 3. Categorías de análisis para el nivel 4 de la matriz de valoración.....	58
Tabla 4. Categorías de amenaza para las especies según la UICN.....	58
Tabla 5. Categorías de análisis para el nivel 5 de la matriz de valoración.....	61
Tabla 6. Categorías de análisis para el nivel 6 de la matriz de valoración.....	63
Tabla 7. Categorías de análisis para el nivel 7 de la matriz de valoración.....	65
Tabla 8. Categorías de análisis para el nivel 8 de la matriz de valoración.....	66
Tabla 9. Categorías de análisis para el nivel 9 de la matriz de valoración.....	67
Tabla 10. Categorías de análisis para el nivel 10 de la matriz de valoración.....	68
Tabla 11. Valores máximos y mínimos obtenidos para los grupos biológicos indicadores en la matriz de valoración de hábitat.....	69
Tabla 12. Valores por indicador para la Zona bosque en el área de estudio.	73
Tabla 13. Valores por indicador para la Zona silvopastoril sin manejo en el área de estudio.	74
Tabla 14. Valores por indicador para la Zona actividad minera en el área de estudio.	74
Tabla 15. Atributos ecológicos para evaluar el estado de conservación de un área protegida (Zambrano <i>et al.</i> 2003).	83
Tabla 16. Valores por indicador y atributo ecológico para el área de estudio (TA = Área total, UN = Unidades espaciales naturales, Prop. = Proporción, NP = Número de parches, LPI = Índice del parche más grande, TCA = Área núcleo efectiva, AT = Áreas transformadas, ENN = Conectividad entre fragmentos, COHESION = Continuidad longitudinal, RANGE y RANGO = Continuidad altitudinal).	86
Tabla 17. Lineamiento de manejo para las tres especies de palmas amenazadas que se encuentran en el área de estudio.	115
Tabla 18. Lineamiento de manejo para las tres especies de peces de interés coemrical que se encuentran en el río Purnio, en el área de estudio.	138
Tabla 19. Lineamiento de manejo para la especie <i>Chelonoidis carbonaria</i> (Tortuga Morrocoy) en el área de estudio.	151

Índice de Figuras

Figura 1. Zona bosque en la Hacienda La Española, Victoria – La Dorada, Caldas..	8
Figura 2. Zona actividad minera en la Hacienda La Española, Victoria – La Dorada, Caldas.....	9
Figura 3. Zona silvopastoril sin manejo en la Hacienda La Española, Victoria – La Dorada, Caldas.....	10
Figura 4. Personal de trabajo realizando muestreo de hierbas en un trayecto de muestreo en la zona actividad minera.....	11
Figura 5. Personal de trabajo realizando colectas libres.	13
Figura 6. Faena de electropesca en el río Purnio.....	15
Figura 7. Pesca con chinchorro en Laguna 1 Bosque (1BL).	16
Figura 8. Equipo de trabajo registrando datos de un individuo capturado.	18
Figura 9. Trampa de caída montada en zona silvopastoril sin manejo.	20
Figura 10. Aporte por nivel de análisis al Índice de Integridad Ecológica.	75
Figura 11. Aporte por grupo biológico al Índice de Integridad Ecológica.....	75
Figura 12. Modelo conceptual (árbol de problemas) para la elaboración de los lineamientos de acción establecidos para la conservación de las especies.	104

Índice de Mapas

Mapa 1. Ubicación Hacienda La Española, Victoria – La Dorada, Caldas.....	7
Mapa 2. Coberturas del área de estudio.....	88
Mapa 3. Atributo - Heterogeneidad para el área de estudio.....	89
Mapa 4. Indicador – Proporción para el área de estudio.	90
Mapa 5. Indicador - Número de parches para el área de estudio.	91
Mapa 6. Indicador - Índice del parche más grande para el área de estudio.	92
Mapa 7. Indicador - Área núcleo efectiva para el área de estudio.	93
Mapa 8. Atributo – Configuración espacial para el área de estudio.	94
Mapa 9. Indicador – Conectividad entre fragmentos para el área de estudio.....	96
Mapa 10. Indicador - Continuidad longitudinal para el área de estudio.....	97
Mapa 11. Indicador - Continuidad altitudinal para el área de estudio.	98
Mapa 12. Atributo - Continuidad para el área de estudio.....	99
Mapa 13. Estado de conservación para el área de estudio.	100

PRESENTACIÓN

Por: Wilmar Bolívar-García & Alan Giraldo

Muchos estudios se han enfocado en describir y evaluar como los paisajes transformados por el hombre afectan negativamente la biodiversidad, sin embargo, resulta muy importante empezar a proponer investigaciones en las que a partir de la evaluación de nuevas formas de arreglos del paisaje en donde funcionen tanto los sistemas productivos como la biodiversidad, se desprendan acciones de manejo que propendan por la conservación de los recursos naturales. Es por este motivo que los esfuerzos de conservación en áreas altamente transformadas deben tener en cuenta los elementos del paisaje existentes como bosques secundarios, agroecosistemas, sistemas de aprovechamiento de recursos naturales, creación de nuevas áreas de reserva, establecimiento de corredores biológicos, cercos vivos, tierras privadas y comunales, entre otros. Para ello, resulta vital el conocimiento y monitoreo de la biodiversidad con el fin de establecer efectivas estrategias regionales de conservación, especialmente en el diseño y desarrollo de proyectos de reforestación. Una de las herramientas de conservación más usadas a nivel global para medir el estado de la biodiversidad es la utilización de "Bioindicadores" que incluyen aquellos organismos cuya presencia o ausencia, abundancia o rareza, pueden utilizarse para este fin.

Otro aspecto a tener en cuenta es el relacionado con el tema del cambio climático, el cual ha cobrado tal relevancia en los últimos años, que a nivel internacional se ha acordado integrarlo como un tema transversal en la Convención Internacional sobre la diversidad biológica a la que nuestro país pertenece. El cambio climático esta integrado a la agenda internacional y nacional bajo temas de investigación e iniciativas para evaluar los efectos de diversos escenarios en la biodiversidad, así como incentivar Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) tendientes a proteger, conservar, o restaurar ecosistemas naturales. Por ello se hace necesario incluir programas de investigación que evalúen los posibles efectos y los mecanismos de adaptación de la biodiversidad, además de regiones naturales conservadas, en agro-ecosistemas, en áreas de aprovechamiento forestal y en sitios de desarrollo de infraestructura; ya que con este tipo de iniciativas, se genera una línea base de

conocimiento que permitirá, producto de la evaluación y monitoreo periódico de la información, determinar la resiliencia y adaptabilidad de estas comunidades biológicas ante los posibles efectos de cambio climático.

Las anteriores situaciones podrían abordarse desde la idea de diseñar y modelar un índice de integridad biológica (IIB), el cual debería tener una condición de referencia, la cual es aquella que representa la mejor situación de integridad biológica que pudo o puede existir, para ser considerada como un estándar de comparación. Uno de los inconvenientes de este requerimiento es que puede generar problemas cuando se establece para regiones altamente perturbadas, en donde los sistemas mínimamente modificados son escasos. Para esto es necesario generar un marco de referencia que puede estar dado por atributos biológicos (hábitats naturales y grupos biológicos) y las unidades de paisaje (cobertura vegetal y sistemas productivos) de cada zona muestreada. En total, para el desarrollo del IIB se seleccionarían diferentes variables o atributos biológicos, que significan componentes mensurables de un sistema biológico que a partir de ejemplos en la literatura ecológica se asume que cambian a lo largo de un gradiente de perturbación humana. Dichas variables se agruparían en diferentes categorías, ejemplo: riqueza de especies y composición, especificidad del hábitat, composición trófica, características poblacionales y sistemas productivos.

Finalmente, el conocimiento de un índice de Integridad Biológica para un área determinada es una herramienta vital en la implementación y ejecución de los planes de manejo establecidos, ya que el desarrollo de este índice permite tener una visión integrativa, identificando procesos vitales para la salud del ecosistema, los cuales son en muchos casos ignorados en la mayoría de estudios (gremios tróficos, modos reproductivos, especies abundantes, especies raras, distribución en el hábitat, corredores de conectividad, objetos de conservación, diversidad presente en los sistemas productivos, etc.).

CAPÍTULO I

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA



Introducción

La integridad ecológica se plantea como el más completo e incluyente de los conceptos que informan sobre el nivel de conservación de los ecosistemas (Angermeier y Karr, 1994). De acuerdo con Westra (1995) el término en sí mismo denota unidad, totalidad y valor; lo que supone el reconocimiento de una cierta condición original, una naturaleza básica, a la vez que una referencia a principios éticos. Aunque el significado dual del término (naturalidad y ética) está presente en las distintas acepciones de integridad ecológica, existen entre ellas diferencias importantes de tipo conceptual, que proceden de las distintas nociones de lo natural y los variados supuestos que se manejan sobre la relación entre sociedad y naturaleza.

El hecho de que para definir la integridad se plantee como un asunto central, la consideración o no de la influencia humana, se debe al citado carácter incluyente de esta cualidad, destinada a entidades globales como ecosistema o paisaje, y no a determinados componentes parciales de los mismos como es el caso de conceptos como biodiversidad, productividad primaria, que se aplican respectivamente a las especies, la vegetación, etc. Así considerada, la integridad tiene por objeto proveer criterios para evaluar los ecosistemas, considerados como entidades (sistemas) con un cierto grado de autonomía y capacidad de regulación. De esta forma la integridad puede servir como fundamento para orientar con base científica las acciones de conservación de la naturaleza y de planificación de los usos del suelo (Vélez-Restrepo y Gómez-Sal 2008).

Una definición representativa de un enfoque exigente en términos de naturalidad, se encuentra en Karr (1991): integridad se asocia con un sistema biofísico en el cual prevalece una composición de especies y una organización funcional comparable a la de los ecosistemas naturales de determinada región ecológica o que existieron en otro momento en el área evaluada. Este tipo de aproximación asocia integridad con la existencia de poca o ninguna influencia humana. En consecuencia, los métodos empleados para su evaluación, excluyen tanto la huella de los usos pretéritos, como las expectativas sobre posibles beneficios que puedan proporcionar en la actualidad los elementos naturales analizados (Quigley *et al.* 2001). Vista de esta forma la integridad ecológica se relaciona con estados originales o prístinos de los

sistemas, es decir, poco o nada intervenidos por los humanos.

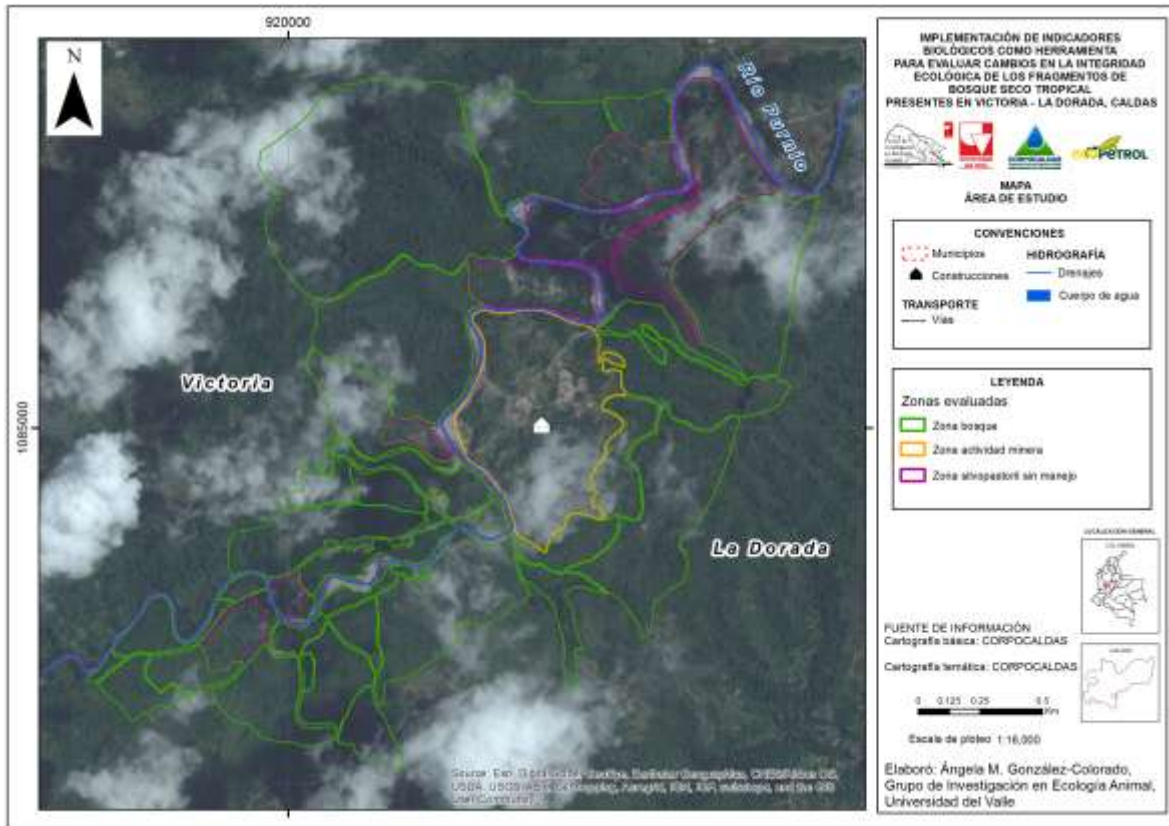
Otras perspectivas (Kay 1993), plantean en cambio que, para algunos tipos de ecosistemas, la integridad ecológica sólo puede ser evaluada considerando a los seres humanos como parte importante de los mismos. Con ello la definición y medición de la integridad ecológica deja de ser un asunto estrictamente naturalístico, para incorporar medidas que reflejan la aptitud del ecosistema para responder a las demandas de la población humana. En esta línea Kay y Regier (2000) complementan el concepto con una visión dinámica al incluir la integridad de los procesos ecológicos.

En la exigencia de naturalidad, reside también la principal diferencia entre integridad y el concepto de salud ecosistémica, condición que, por ser más compatible con insumos y manejo humano, puede aplicarse con mayor facilidad a ecosistemas intervenidos. De acuerdo con Karr (2000) un ecosistema saludable es aquel que provee un continuo flujo de bienes y servicios y mantiene la capacidad de responder a futuras necesidades. La salud ecosistémica, nos informa sobre la ausencia de contaminantes, la defensa de componentes esenciales y procesos limpios, en un contexto de simplificación y control –explotación– por parte del hombre. El concepto lleva también asociada una consideración ética sobre lo que la sociedad considera admisible imponer a la naturaleza y por tanto la decisión sobre el tipo y calidad de naturaleza con la que queremos convivir (Vélez-Restrepo y Gómez-Sal 2008).

Área de estudio

El área de estudio se ubicó en la Hacienda La Española, entre los municipios de La Dorada y Victoria en el departamento de Caldas, Colombia ($5^{\circ} 22' 2,6''$ N, $74^{\circ} 47' 36,6''$ W, 255 m de altitud) (Mapa 1). El tipo de ecosistema presente se clasifica dentro de la zona de vida de bosque seco tropical (bs-T), en el valle del río Magdalena (Espinal y Montenegro 1963). El área es atravesada por el río Purnio.

El río Purnio cuenta con una extensión de aproximadamente 7 km medidos sobre el cauce a su paso por el área de estudio en la cual se realiza explotación minera enfocada a la extracción de oro y material de arrastre para la construcción. El río le da nombre a una subcuenca y nace en la Cuchilla de San Mateo a 1010 m s.n.m. en la montaña Bellavista, en la vereda del mismo nombre, recorre el municipio Victoria de oeste a este hasta desembocar al Magdalena en el municipio La Dorada. Tiene afluentes de tercero y cuarto orden. La subcuenca cuenta con 28 afluentes, de los cuales el 40 % son de flujo constante y el 60 % restante desaparece en época de verano (Plan de Desarrollo Municipio de Victoria Caldas 2008-2011). La cuenca del río Purnio- Doña Juana- Pontoná tiene un área aproximada de 93.840 Ha, de las cuales 53 % pertenece a Victoria y el 47 % a la Dorada y recibe principalmente las aguas de las quebradas Cafucha, Cristales, Guamocó, Dejuaguita, Las Vueltas, El Barro, El Quindío, La Castaña, La Castañita, La Guabina, La Rica, Los Monos, Apacuar y Rica Grande. Presenta una cobertura vegetal escasa debido a la presión agrícola, ganadera y de minería, aunque tiene cordones interrumpidos de Guadua y algunas franjas angostas de rastrojo alto donde se pueden encontrar algunos parches arbóreos (Plan de Gestión Ambiental Regional para Caldas 2001-2006).



Mapa 1. Ubicación Hacienda La Española, Victoria – La Dorada, Caldas.

Unidades de estudio

Zona bosque

Las zonas consideradas boscosas presentan una vegetación arbórea y arbustiva muy variable. Se puede encontrar desde sitios con un sotobosque parcialmente formado pero aparentemente homogéneo en su composición de especies, hasta sitios con claros de bosque de variados tamaños y ausencia de un dosel de bosque como tal, y en algunos casos, sotobosques con presencia de herbáceas heliófitas. Dentro de esta zona se encuentran varias quebradas que desembocan en el río Purnio (Figura 1).

En esta zona la temperatura fluctúa entre 25,8 y 33,1 °C, con un promedio de 29,3 °C; el %RH fluctúa entre 48,6 y 92,6 %, con un promedio de 74,0 % y la humedad de suelo se encuentra entre 3,57 y 35,0 % con un promedio de 17,63 %.



Figura 1. Zona bosque en la Hacienda La Española, Victoria – La Dorada, Caldas.

Zona actividad minera

En esta zona se observan sitios con el suelo totalmente desprovisto de vegetación, sitios con cárcavas de variados tamaños, y sitios con una vegetación tipo arbustiva combinada con árboles de porte bajo y medio, y escasos árboles aislados de porte alto relativamente jóvenes pero de crecimiento rápido. También se encuentran sitios de pastizales inundables y pequeños cuerpos de agua que funcionan como piscinas de sedimentación usadas en el proceso de extracción del material de arrastre (Figura 2).

En esta zona la temperatura fluctúa entre 26,5 y 38,4 °C, con un promedio de 32,13 °C, el %RH fluctúa entre 38,5 y 82,1 %, con un promedio de 67,0 % y el porcentaje de humedad del suelo se encuentra entre 0 y 52,0 %, con un promedio de 15,6 %.



Figura 2. Zona actividad minera en la Hacienda La Española, Victoria – La Dorada, Caldas.

Zona silvopastoril sin manejo

Esta zona representa en gran parte un cultivo de palma de vino (*Attalea butyracea*, Arecaceae) aparentemente abandonado, mezclado con sitios de rastrojos bajos y altos de especies en su mayoría pioneras, y pequeños parches relativamente boscosos. En muchos de los sitios se observa una colonización aparentemente invasiva de varias lianas de las familias Bignoniaceae y Sapindaceae (Figura 3).

En esta zona la temperatura fluctúa entre 27 y 35,7 °C, con un promedio de 31,35 °C, el %RH fluctúa entre 45,6 y 97,3 %, con un promedio de 73,2 % y la humedad del suelo se encuentra entre 0 y 93,3 % con un promedio de 16,0 %.



Figura 3. Zona silvopastoril sin manejo en la Hacienda La Española, Victoria – La Dorada, Caldas.

Métodos de campo

Plantas

Se realizó un inventario florístico de los árboles, arbustos, lianas, y hierbas (incluyendo bejucos y hierbas acuáticas) de la zona de estudio, en los tres hábitats descritos. Se utilizó el método propuesto por Gentry (1982) con las modificaciones propuestas por Villarreal *et al.* (2006). Así, se realizaron 20 trayectos de 50 x 2 m para cada hábitat, distribuidos al azar, muestreando en total 2.000 m² en cada uno (Figura 4). En cada transecto se georreferenciaron el punto inicial y el punto final con un GPS Garmin etrex 10.



Figura 4. Personal de trabajo realizando muestreo de hierbas en un trayecto de muestreo en la zona actividad minera.

En el caso de las especies leñosas, se registraron las ramas de todos los individuos con un DAP (diámetro a la altura del pecho) mínimo de 1 cm; se midió por cada rama el CAP (circunferencia a la altura del pecho) medida a 1,3 m desde la superficie del suelo con una cinta métrica, y se registró la altura total y el hábito de

crecimiento de cada individuo (i.e. árbol, arbusto o liana). Para realizar la determinación taxonómica de árboles con alturas mayores a 5 metros directamente en campo se utilizaron binoculares Nikon para la observación de estructuras como hojas, flores y/o frutos. Para el muestreo de las hierbas terrestres, se ubicaron cinco cuadrantes de 1 m² cada 10 m dentro de cada transecto y se muestrearon los individuos presentes, y se calculó la cobertura por cada especie.

Por cada morfoespecie registrada se colectó como mínimo una muestra de herbario para su posterior identificación taxonómica. Se utilizó una desjarretadora Jamerson para la toma de muestra de árboles con alturas mayores a 2 m. Adicionalmente, se realizaron recorridos libres en las diferentes zonas y se colectaron muestras de herbario fértiles de otras especies que no se registraron en los muestreos realizados o cuyas muestras de herbario colectadas no estaban fértiles (Figura 5). Se siguió la clasificación taxonómica actualizada a la fecha en la página www.theplantlist.com. Los especímenes voucher fértiles se incluirán en el Herbario CUVC de la Universidad del Valle (Anexo 1).



Figura 5. Personal de trabajo realizando colectas libres.

Moluscos

Se realizó un levantamiento de 30 parcelas de 10 x 10 m (10 en cada zona mencionada), cada una examinada por dos personas en 1h. En cada parcela se tomaron datos de georreferenciación, temperatura, humedad relativa del micro hábitat, porcentaje de humedad del suelo y descripción de la vegetación. Dentro de cada una de las parcelas se extrajo tres cuadrantes de 50 x 50 cm de hojarasca y suelo a una profundidad de 3 cm, posteriormente tanto de la hojarasca como del suelo se extrajo micro-moluscos. Se recolectaron tanto ejemplares vivos como conchas y se tomaron medidas de altura y ancho con ayuda de un calibrador y el peso por medio de una balanza digital. Para los ejemplares vivos se tomaron fotografías, posteriormente se relajaron sumergiéndolos por 24 horas en agua y se fijaron en alcohol al 96 % durante 24h. Luego de esto se preservaron en alcohol al 70 %. Este procedimiento permite realizar en él, estudios anatómicos necesarios para la determinación taxonómica de algunas de las especies. El material obtenido

en ambos muestreos (parcelas y cuadrantes), se almacenó en frascos, los cuales fueron etiquetados, separando las conchas vacías de los ejemplares vivos, para el posterior tratamiento de éstos.

La identificación de los ejemplares colectados se realizó con base en caracteres morfológicos de la concha, basados en la literatura propuesta por Linares y Vera (2012) en el Catálogo de moluscos continentales para Colombia, la guía ilustrada de Simone (2006) para Moluscos del Brasil y comparaciones con material identificado depositado en la Colección Malacológica de la Universidad del Valle. Las conchas que se hallaron rotas o desgastadas fueron descartadas.

Peces

El método de captura principal fue la pesca eléctrica (modificado de Zamora *et al.* 2009). El equipo de pesca consta de un generador en este caso una planta eléctrica a gasolina marca Yamaha, modelo ET950, un rectificador de onda completa con capacidad de 1kW, dos cables de cobre aislado, una nasa con aro de cobre, y una parrilla galvanizada. Para las zonas donde la profundidad superó 1 m de profundidad (zonas de pozo) se utilizaron artes alternativos de pesca como atarraya, trasmallo y anzuelos.

Las localidades para cada evento de muestreo se escogieron ubicando puntos antes de la zona de mayor impacto de explotación minera de la finca, donde la cobertura arbórea es mayor en las riberas la cual se denominó para efectos de este estudio Zona bosque, en la zona de explotación donde la actividad minera por lavado se hace aunque no directamente sobre el río sí sobre su área de influencia se le denominó Zona actividad minera, y después de la zona de explotación de la hacienda donde aún persiste de alguna forma un uso de suelo con vocación silvopastoril pues la extensión de pastos y vegetación arbustiva es aprovechada por el ganado se le llamó Zona silvopastoril sin manejo.

Los puntos de muestreo se establecieron de acuerdo a la representación proporcional de la extensión de cada zona, ocho en la parte alta antes de la zona de mayor impacto de explotación y con un componente de bosque, cinco en la zona de explotación y siete en la zona posterior a la explotación que incluía sectores de

uso silvopastoril. Se muestrearon cinco quebradas que drenaban sus aguas hasta el río y cinco lagunas formadas por la acumulación de agua en fosas creadas por la explotación y que en algún momento podían tener contacto con el río por efecto del desborde y conexión eventual de sus corrientes.

La pesca eléctrica se realizó estableciendo un tramo de 100 m de longitud trazado sobre el cauce del río o quebrada, empezando desde la zona baja y haciendo el recorrido corriente arriba; Se asume que esta distancia provee una mezcla mínima de hábitats, o como mínimo abarca por duplicado una secuencia de elementos físicos y estructurales, en un gradiente de pozos a corrientes (Barbour *et al.* 1999). El método de captura se estandarizó, realizando faenas de 10 minutos al cabo de los cuales se detenía la electropesca para revisar la nasa y sacar los individuos capturados. Se realizaron tantas faenas como fueron necesarias hasta completar el recorrido de la distancia trazada y luego se relacionó con el tiempo total empleado (Figura 6).



Figura 6. Faena de electropesca en el río Purnio.

Para la pesca con chinchorro en lagunas y pozos se realizó un arrastre con una red de 4 m de largo, 1,5 m de alto y ojo de malla de 5 mm (Figura 7). Esta fue llevada dentro de la laguna y arrastrada hasta una de las orillas por la acción de dos personas que la sostenían de los extremos laterales y una tercera persona que acompañaba el chinchorro en la parte central para evitar que se levantara del fondo y dejara escapar los peces, se hicieron tres arrastres por laguna o pozo.



Figura 7. Pesca con chinchorro en Laguna 1 Bosque (1BL).

También se utilizaron artes de pesca alternativos en las zonas donde la pesca eléctrica no es útil o por motivos de seguridad, particularmente las zonas donde el río forma pozos profundos que superan 1,5 m cerca a la orilla. En este caso se optó por hacer muestreos diurnos con atarraya y anzuelo y muestreos nocturnos con anzuelo y trasmallo. El muestreo con atarraya fue estandarizado a 10 lances por pozo, los anzuelos fueron estandarizados a 3 horas de pesca con anzuelo, por tres anzuelos en cada pozo. El trasmallo fue usado solo en tres pozos donde se dejó por 4 horas durante la noche.

Los individuos capturados fueron muertos por narcotización con aceite de clavo (Griffiths 2000) y luego fijados en formol al 10 %. Algunos individuos se conservaron vivos con fines de fotografía y observación de características en vivo. Los peces fijados se guardaron en bolsas ziploc con formol al 10 % y agrupados por evento de captura. Para la determinación de los ejemplares se emplearon las claves taxonómicas propuestas por Dalh (1971), Gery (1977), Román-Valencia y Cala (1997), Buckup (2004), Maldonado-Ocampo *et al.* (2005), Maldonado-Ocampo *et al.* (2008), Mójica *et al.* (2006). En la elaboración del listado taxonómico se siguió la clasificación propuesta por Reis *et al.* (2003), donde las familias se encuentran en orden filogenético y los géneros y especies son ordenados alfabéticamente; la validez de las especies se corroboró siguiendo a Eschmeyer (2014).

En cuanto al estatus de conservación, las especies registradas fueron clasificadas según los criterios establecidos en los lineamientos generales del Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia (Mojica *et al.* 2012). Para el caso de las especies de consumo se categorizaron a partir de la información obtenida en el catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia (Lasso *et al.* 2011).

Para la descripción ambiental se realizó una caracterización de hábitats en cada tramo donde se hizo el muestreo y se tomó la ubicación mediante coordenadas geográficas con un GPS Garmin GPSmap 78sc. A partir del segundo muestreo se tomaron parámetros fisicoquímicos de temperatura (T), oxígeno disuelto (OD), Saturación de Oxígeno (Sat OD) y Conductividad (C) en diez de los puntos.

Anfibios

Para la realización de la caracterización de anfibios presentes en la localidad de estudio, se escogieron dos diseños de muestreo: trayectos limitados por distancia y tiempo y trampas de caída. El primer diseño consistió en la realización de trayectos de 300 x 5 m, recorridos en jornadas diurnas y nocturnas utilizando el método de Relevamientos por Encuentros Visuales (VES), abarcando así un área de 1.500 m². En los trayectos se caminó en forma de “zig-zag”, removiendo y escarbando entre la hojarasca, piedras y los troncos para encontrar la mayor cantidad de especies posibles. En cada evento de muestreo por unidad de paisaje (B, S y M) se

realizaron tres replicas, cada una muestreada dos veces (3.000 m²), de 08:00 a 12:00 y de 18:00 a 22:00 horas.

Los individuos capturados fueron identificados en campo, aquellos en los que se tuvo duda de su identidad taxonómica fueron fijados y preservados para su posterior análisis e identificación. Para la medición de la diversidad se tomaron datos de fecha de registro, número de especies y número de individuos por especie encontrados en cada una de las tres zonas. Además, a todos los individuos capturados se les tomaron las medidas, como: largo total, edad, sexo, peso, entre otras mencionadas en el Formato Evento de Registro Sensu González-Colorado *et al.* (2013), por último, se geo-referenciaron y tomaron registros fotográficos de todas las especies y especímenes característicos (variación, coloración, morfología y malformaciones, etc.) (Figura 8).



Figura 8. Equipo de trabajo registrando datos de un individuo capturado.

Reptiles

Los muestreos de reptiles se realizaron mediante el método de Relevamiento por Encuentro Visual (REV), que consistió en recorrer trayectos lineales de 300 m (previamente establecidos) con cinco metros de ancho, abarcando en total un área de 1.500 m². Se caminó en forma de zig-zag, removiendo y escarbando entre la hojarasca y los troncos para encontrar la mayor cantidad de especies posibles. En cada unidad de paisaje se realizaron tres trayectos, cada uno muestreado dos veces, uno en jornada diurna (durante cuatro horas, aproximadamente de 08:00 – 12:00 h) y el otro en jornada nocturna (durante cuatro horas, aproximadamente de 19:00 – 23:00 h). Los trayectos fueron georreferenciados cada 10 m de distancia, iniciando en 0 hasta 300 m. Los individuos capturados fueron identificados en campo, los que no pudieron ser identificados se colectaron para fijarlos y preservarlos para su posterior análisis e identificación en la Universidad del Valle; también se les tomaron medidas (largo total, largo del cuerpo, largo de la cola, ancho de la cabeza, peso, escamas, etc.), se anotó el punto del transecto de encuentro del individuo (referencia geográfica) y en caso de ser posible registros fotográficos (la mayoría de reptiles son difíciles de capturar principalmente en horas de la mañana, por lo tanto la toma de datos y fotografías presentó dificultades). Sin embargo, en la cuarta salida de campo el área de intervención por minería no fue muestreada ya que esta ya había sido muestreada en su totalidad en las tres salidas anteriores y también por los trabajos de minería que se estaban realizando en el área se tomó la decisión de no realizar los muestreos en esta unidad de paisaje e intensificar los muestres en el área de bosque la cual presentaba un área mayor que no había sido trabajado, por lo tanto en este se realizaron seis días de muestreo y en silvopastoril seis.

Trampas de caída

Este método que se utilizó consiste en combinar dos tipos de trampas en un solo montaje, el cual se trata básicamente de una trampa de caída con cercas; estas se utilizan con el fin de cubrir un mayor espacio y una forma más eficiente en la captura en comparación a las trampas de caída simples que se utilizan generalmente y por lo tanto reducir la cantidad de hoyos que realizados. Estas trampas pueden variar en su composición y estructura según sea la necesidad o el

área a muestrear. Para este caso se utilizaron tres baldes de plástico (20 galones) enterrados en el suelo en línea recta con la boca hacia la superficie con una distancia entre cada uno de 7,5 m aproximadamente; espacio en el cual se instaló un cercado con tela con una longitud total de 15 m por lo tanto esta pasaba por encima de cada balde hasta llegar al final de cada uno que hará la función de corredor direccionando los individuos directamente a los baldes (Figura 9). En cada unidad de paisaje se realizó el montaje de una trampa la cual fue abierta al inicio del muestreo (REV), se revisaron y cerraron al finalizar el trayecto. Este proceso se llevó a cabo por un periodo de tres días consecutivos dependiendo el lugar donde se estuviera llevando a cabo el REV. Cada una de estas fue referenciada geográficamente.



Figura 9. Trampa de caída montada en zona silvopastoril sin manejo.

Durante las cuatro salidas de campo la única trampa que se mantuvo fija fue la ubicada en el área de silvopastoril, la del área de intervención por minería se cambió en la segunda salida y fue muestreada también en la tercera (en la cuarta salida no se realizó el muestreo en esta área). Finalmente, en el área de bosque durante la segunda salida no se pudo realizar este muestreo debido a que la

trampa que estaba ubicada en la zona fue extraída de su lugar posiblemente por personas pertenecientes a la zona, por lo tanto, en la tercera salida se reubico y fue muestreada durante seis días para compensar los tres días faltantes de la salida anterior; por lo tanto, en la cuarta salida se trabajó con esta.

Trampas cangrejas para la captura de tortugas

A partir de la segunda salida de campo se realizó el montaje de trampas cangrejas para la captura de tortugas, el cual consistió en recorrer los charcos presentes en las diferentes unidades de paisaje para medirles el área y de esta forma poder determinar la cantidad de trampas que se debían ubicar en cada una de estas; este proceso también fue realizado en la tercera salida, debido que al recorrer más la zona se encontraron charcos que no se habían tenido en cuenta y de esta forma poder incluirlos, además, el número de trampas cangrejas aumento entre la segunda y tercera salida; donde en la segunda fueron instaladas 13 trampas repartidas entre el área de silvopastoril (cuatro trampas – tres charcos) y bosque (ocho trampas – seis charcos) durante tres días seguidos; luego de transcurrido este tiempo todas las trampas (13) fueron ubicadas en el área de minería (nueve charcos). Para la tercera y cuarta salida se realizó el mismo procedimiento de la salida anterior instalando primero un total de 17 trampas entre el área de silvopastoril (cuatro charcos - seis trampas) y bosque (siete charcos - 11 trampas) y posteriormente en el área de minería (13 charcos – 18 trampas). Estas trampas fueron cebadas con una mezcla de atún y sardinas cada 12 horas, una en horas de la mañana entre las 07:30 – 10:30 h y la otra en horas de la noche entre las 19:30 – 22:30 h. Al momento de cebarlas se revisaban y los individuos capturados eran llevados al campamento para ser procesados. Adicionalmente, en la segunda salida se realizó un barrido con chinchorro en los charcos donde no se capturaron tortugas, sin embargo, en las dos salidas posteriores no se llevó a cabo este procedimiento.

Aves

Para cada hábitat se realizó un muestreo de trayectos por puntos en los cuales se escogieron de seis a ocho puntos de observación con un radio de 30 metros y una distancia mínima de 80 metros entre ellos. En cada uno de los días de observación

se realizó 10 o 20 minutos de muestreo haciendo registros visuales y auditivos (10 minutos para ocho puntos de muestreo o 20 para seis puntos). La identificación se hizo con la ayuda de la guía de las Aves de Colombia (Hilty y Brown, 1986) y la guía de las aves del Norte de Suramerica (Restall *et al.* 2006).

Adicional a los puntos de conteo, se usó como metodología complementaria 8 redes de niebla de 12 m en promedio por hábitat para la captura de aves de difícil observación. Las horas red se calcularon como el total de redes abiertas de 12 m por el número de horas en que estuvieron abiertas (Villarreal *et al.* 2004). Se estableció un total de 192 m de redes en cada hábitat, las cuales fueron abiertas desde las 6:00 hasta las 10:00 horas y las 16:00 y 18:00 horas, para un total de 816 horas red (288 en bosque y silvopastoril, y 240 en minería). Para cada uno de los individuos capturados se tomaron entre seis y siete medidas morfológicas como masa, cuerda alar, longitud de tarso, culmen, ancho de culmen, cola y envergadura según el caso (especímenes colectado). Estos individuos fueron fotografiados en su mayoría antes de ser liberados.

Mamíferos

Redes de niebla

Para la captura de quirópteros se utilizaron diez redes de niebla de 12 x 2,5 m cada una, estas redes se ubicaron en lugares apropiados para la captura de murciélagos, como claros de bosque, sotobosque, senderos y cruce de ríos (Pérez-Torres 2000). Las redes permanecieron abiertas desde las 18:00 hasta las 24:00 horas y fueron revisadas cada hora. Para cada hábitat se realizaron tres noches de muestreo, teniendo un total de nueve noches de redes en toda la zona de estudio, por cada visita para un total de 12 noches efectivas para cada hábitat y 36 para toda la localidad.

Los especímenes capturados fueron identificados inicialmente en campo, con ayuda de la guía de Mamíferos del Ecuador (Tirira 2007), la clave para los murciélagos de Costa Rica (Timm *et al.* 1999) y la clave de murciélagos de Bolivia (Aguirre *et al.* 2009), además de un catálogo realizado por el equipo de investigación, de las especies posibles para la zona. Los ejemplares de difícil identificación fueron colectados y preparados mediante un montaje taxidérmico y se identificaron en el laboratorio de Mastozoología de la Universidad del Valle en la ciudad de Cali, comparando con los ejemplares depositados en la colección y utilizando la guía de mamíferos de sur América (Gardner 2007), la cual incluye caracteres craneales.

Los individuos capturados fueron transportados en bolsas de tela individuales hasta el sitio donde se les tomaron los datos (Wilson *et al.* 1996), allí se registraron las medidas morfométricas siguiendo a Patterson *et al.* (1998) como: longitud total (LT), longitud cola (LC), longitud pata (LP), longitud oreja (LO), longitud del antebrazo (AB), longitud de la hoja nasal (si presentaba), longitud del trago (LTr) y peso (P), y otras medidas morfométricas adicionales solicitadas por los formatos del proyecto como: longitud del Calcar (Lcal), Longitud del tercer metacarpal (3MC), longitud del uropatagio y ancho de la hoja nasal; además, se registró el sexo, edad, estado reproductivo, el sitio y hora de captura.

Para identificar la edad de los especímenes capturados, se siguió la metodología propuesta por Racey (1982), donde se considera el grado de osificación de las articulaciones a nivel de falanges y la coloración del pelaje. En este sentido se considera un individuo juvenil cuando las articulaciones se observan cartilaginosas, es decir, traslúcidas y engrosadas y el pelaje grisáceo y lanoso, mientras que un individuo es considerado adulto cuando las articulaciones están osificadas y opacas y el pelaje lustroso y abundante. Para determinar la condición reproductiva de los individuos se tuvo en cuenta los siguientes descriptores, para la identificación de las hembras, se consideraron varias categorías siguiendo lo propuesto por Silva (1979): hembras gestantes o preñadas (G ó P): con embrión; hembras lactantes (L): mamas inflamadas, con leche cuando se presionan los pezones y sin pelo alrededor de ellos; hembras lactantes o post-lactantes (PL): las cuales terminaron la lactancia y presentan las mamas algo inflamadas, sin leche cuando se presionan y pocos pelos alrededor del pezón, estas categorías serán catalogadas como reproductivas (R) y finalmente, hembras en receso reproductivo aparente (NR). En el caso de los machos se clasificaron como: reproductivos (R) si presentan los testículos escrotales y como inactivos sexualmente o no reproductivos (NR) si están en posición inguinal los testículos. Finalmente, cada individuo fue marcado en el ala derecha, con una pinza para tatuar conejos (Tattoo outfit-small y un juego de números del 0 al 9) y luego fueron liberados.

Trampas cámara

En cada uno de los hábitats seleccionados se dispusieron tres trampas cámara durante 36 días efectivos. Cada estación de trampa-cámara estuvo compuesta por una cámara ubicada sobre un árbol a una altura promedio de 50 cm, las estaciones fueron distribuidas a lo largo de caminos dentro de la vegetación entre uno y tres kilómetros de senda, esta distancia en cada hábitat dependió de la cobertura de cada hábitat, igualmente en todos los casos las estaciones fueron espaciadas garantizando la independencia de cada una. Los tres modelos de trampas cámara utilizados fueron siete Moultrie Game Spy D40 y dos Moultrie Game Spy I40, las cuales fueron programadas para estar activas continuamente (día y noche), con un intervalo de un minuto entre fotos, y se mantuvieron en los mismos lugares durante todo el periodo de la salida. Las cámaras fueron ubicadas y revisadas cada

nueve días; chequeándolas diariamente para confirmar el buen funcionamiento y ser cebadas. Posteriormente cada registro fotográfico fue identificado y codificado.

Trampas Havahart y Trampas Sherman

En toda el área de estudio se dispusieron 146 trampas plegables tipo Sherman de 10 x 10 x 30 cm, y 60 trampas Havahart. En cada hábitat de estudio, se distribuyeron 48 trampas Sherman y 20 trampas Havahart. Estas se dispusieron en trayectos, los cuales se conformaron en estaciones compuestas por una trampa Havahart y una o dos trampas Sherman, las estaciones se dispusieron con una separación de 30 m. Cada trampa se colocó en microhábitats a nivel del suelo, como bases de troncos en descomposición, troncos huecos, árboles caídos, entre hojarasca, matorrales, grietas, y cerca de cursos de agua. Cada trampa se cebó cada 24 horas, implementando dos tipos de cebos: la primera consistió en una combinación de papaya y maduro, la segunda se preparó con base de maíz molido y sardinas en salsa de tomate (Sutherland 1996).

Cada individuo se identificó, con la ayuda de la guía de Mamíferos del Ecuador (Tirira 2007), así mismo, se empleó el catálogo realizado por el equipo de investigación de mamíferos para especies posibles de la zona. Los ejemplares de difícil identificación fueron colectados y preparados mediante un montaje taxidérmico y se identificaron en el laboratorio de Mastozoología de la Universidad del Valle en la ciudad de Cali, comparando con los ejemplares depositados en la colección y utilizando la guía de Mamíferos de sur América (Gardner 2007), la cual incluye caracteres craneales.

Para cada individuo capturado se registraron datos morfométricos como: longitud total (LT), longitud cola (LC), longitud pata (LP), longitud oreja (LO) y peso. Cada espécimen fue marcado con tinta indeleble en la zona del abdomen, siguiendo un número consecutivo y liberado en el hábitat correspondiente. Los ejemplares de difícil identificación se colectaron y prepararon mediante un montaje taxidérmico para ser identificado en el laboratorio de Mastozoología de la Universidad del Valle, Cali. Adicionalmente se presentó información sobre los gremios alimenticios según la clasificación hecha por Robinson y Redford (1986).

Observación de rastros y búsqueda directa de individuos

En cada sitio de muestreo se realizaron búsquedas de huellas y rastros aprovechando los caminos existentes. Las huellas encontradas se identificaron con ayuda de la guía de campo de Emmons y Feer (1997) y Aranda (2000). Adicionalmente se registró todas las evidencias de alimentación o de actividad que permitan establecer la presencia de alguna especie de mamífero, tales como madrigueras, pelos, espinas, cadáveres, huellas, entre otras. Cumpliendo con un protocolo estandarizado con base a técnicas empleadas para monitorear mamíferos (Emmons 1984, Terborgh 1983, Wemmer *et al.* 1996, Conroy 1996, Peres 1999, Sánchez *et al.* 2004), se realizó la búsqueda directa de individuos en las noches y los días, siguiendo los senderos en el interior de los hábitats.

Resultados

Composición biológica por hábitat

ZONA BOSQUE

Vegetación

En la zona de bosque, se encontraron en total 1.220 individuos agrupados en 209 morfoespecies de 48 familias. La familia Fabaceae presentó el mayor número de morfoespecies (26 = 12,4 %), seguida de Rubiaceae (17 = 8,1 %) y en tercer lugar Euphorbiaceae y Moraceae (11 = 5,3 %, cada una). En esta zona, el 46,0 % de las familias estuvieron representadas por una sola morfoespecie. Las morfoespecie más abundante fueron el arbusto del género *Psychotria* (Rubiaceae, morfoespecie 1) y el árbol del género *Machaerium* (Fabaceae, morfoespecie 1) (7,0 % cada uno).

Fauna

Moluscos

En esta zona se registraron un total de 469 individuos, agrupados en 25 morfoespecies de 15 familias de cuatro órdenes. La familia Subulinidae presentó el mayor número de especies (7 = 28,0 %), seguida de Bulimulidae (3 = 12,0 %). Las morfoespecies más abundantes fueron *Incidostoma* sp. (Megalomastomidae) con el 15,4 % de los individuos, seguida de *Scolodonta* sp. (Scolodontidae) con el 13,0 % y *Lamellaxis* sp. (Subulinidae) con el 12,6 %.

Peces

La zona con influencia de bosque presentó 1372 individuos, agrupados en 39 especies de 17 familias de seis órdenes. La familia Characidae presentó el mayor número de especies (10 = 25,6 %), seguida de Loricariidae (8 = 20,5 %) y en tercer lugar Cichlidae y Heptapteridae (3 = 7,7 %, cada una). Las especies más abundantes fueron *Creagrutus affinis* (Characidae) con el 25,7 % de los individuos, seguida de *Trichomycterus banneau* (Trichomycteridae) con el 13,2 %, *Saccoderma hastatus* (Characidae) y *Lasiancistrus caucanus* (Loricariidae) con el 9,5 % cada una.

Anfibios

En la zona de bosque, se encontraron en total 790 individuos agrupados en 25 especies de 15 familias y dos órdenes. La familia Hylidae presentó el mayor número de especies (9 = 36,0 %), seguida de Craugastoridae (4 = 16,0 %) y en tercer lugar Leptodactylidae (3 = 12,0 %, cada una). Las especies más abundante fueron *Dendrobates truncatus* con el 23,5 %, *Engystomops pustulosus* con el 18,1 %, *Rhinella margaritifera* con el 8,2 %, *Pristimantis gagei* con el 7,7 % y *Craugastor raniformis* con el 7,2 %.

Reptiles

En la zona de bosque, se encontraron en total 146 individuos agrupados en 20 especies de 11 familias y dos órdenes. La familia Colubridae presentó el mayor número de especies (5 = 25,0 %), seguida de Sphaerodactylidae y Teiidae (3 = 15,0 %, cada una). Las especies más abundante fueron *Holcosus festivus* con el 39,0 % y *Cryptochelys leucostomum* con el 26,0 %.

Aves

Para el hábitat de bosque se registró en total 106 especies, las cuales fueron distribuidas en 18 órdenes y 35 familias. La familia más abundante corresponde a Tyrannidae (18 especies), seguida de Thraupidae (14 especies) y Trochilidae (10 especies), Columbidae y Furnariidae (ambas con 5 especies), las cuales componen cerca del 50 % de la riqueza en el bosque.

Al igual que en el patrón general observado para toda el área de estudio, el agrupamiento por gremios tróficos en el bosque, el grupo dietario con un mayor número de especies corresponde a los insectívoros con 51 especies (48 %), seguido de los frugívoros con 25 especies (23 %) y los carnívoros con 15 (14 %); nectarívoros y mezcla componen el 14 % con 15 especies.

Según las estimaciones de abundancias relativas estimadas en bosque, las especies con mayor abundancia corresponden a *Tyrannus tyrannus*, *Tyrannus melancholicus*, *Pitangus sulphuratus*, *Phaetornis antophilus*, *Myiothlypis fulvicauda*, *Mionectes oleagineus*, *Crotophaga sulcirostris*, *Coereba flaveola*, *Euphonia laniirostris*, *Leptopogon amaurocephalus* y *Manacus manacus*. Aunque solo se resaltan 12 especies como abundantes, la distribución de abundancia a través de las especies es heterogénea, sin una dominancia clara por unas pocas especies.

Mamíferos

En esta zona se registraron un total de 385 individuos, agrupados en 37 especies de 19 familias de nueve órdenes. La familia Phyllostomidae presentó el mayor número de especies (10 = 27,0 %), seguida de Didelphidae (7 = 18,9 %) y en tercer lugar Mustelidae (3 = 8,1 %). Las especies más abundantes fueron *Alouatta seniculus* (Atelidae) con el 15,3 % de los individuos, seguida de *Carollia perspicillata* (Phyllostomidae) con el 13,5 % y *Proechimys chrysaolus* (Echimyidae) con el 10,1 %.

ZONA ACTIVIDAD MINERA

Vegetación

En la zona que presenta actividad minera, se encontraron en total 1.063 individuos agrupados en 126 morfoespecies de 37 familias de plantas. La familia Fabaceae presentó el mayor número de morfoespecies (22 = 17,6 %), seguida de Cyperaceae y Poaceae (13 = 10,4 %, cada una), y Malvaceae (10 = 8,0 %). El 50 % de las familias estuvieron representadas por una morfoespecie. La morfoespecie más abundante fue un arbusto del género *Croton* (Euphorbiaceae, morfoespecie 1) (10,3 %), seguida de un árbol del género *Eugenia* (Myrtaceae, morfoespecie 1) (7,4 %) y un arbusto del género *Solanum* (Solanaceae) (7,3 %).

Fauna

Moluscos

En esta zona se registraron un total de 24 individuos, agrupados en seis morfoespecies de cinco familias de un orden. La familia Subulinidae presentó el mayor número de especies (2 = 33,3 %), las demás familias solo estuvieron representadas por una morfoespecie. Las especies más abundantes fueron *Strobilopsis brasiliiana* (Strobilopsidae) con el 58,3 % de los individuos, seguida de *Leptinaria concentrica* (Subulinidae) con el 20,8 %.

Peces

En la zona con influencia de actividad minera se registraron 882 individuos, agrupados en 34 especies de 15 familias de cinco órdenes. La familia Characidae presentó el mayor número de especies (9 = 26,5 %), seguida de Loricariidae (7 = 20,6 %) y en tercer lugar Cichlidae y Heptapteridae (3 = 8,8 %, cada una). Las especies más abundantes fueron *Creagrutus affinis* (Characidae) con el 28,7 % de los individuos, seguida de *Trichomycterus banneai* (Trichomycteridae) con el 13,5 % y *Argopleura magdalenensis* (Characidae) con el 9,2 %.

Anfibios

En la zona que presenta actividad minera, se encontraron en total 186 individuos agrupados en 13 especies de cuatro familias y un orden. La familia Hylidae presentó el mayor número de especies (5 = 38,5 %), seguida de Leptodactylidae (4 = 30,8 %). Las especies más abundantes fueron *Rhinella humboldti* con el 22,6 %, *Dendropsophus microcephalus* con el 15,1 % y *Scinax ruber* con el 14,5 %.

Reptiles

En la zona de actividad minera, se encontraron en total 85 individuos agrupados en 14 especies de 11 familias y tres órdenes. La familia Teiidae presentó el mayor número de especies (4 = 28,6 %), las demás familias estuvieron representadas solo por una especie. Las especies más abundante fueron *Cryptochelys leucostomum* con el 51,8 %, *Caiman crocodylus*, *Cnemidophorus lemniscatus* y *Holcosus festivus* con el 9,4 % cada una.

Aves

Entre observaciones y captura en redes, en el hábitat de Minería se registró en total 97 especies, distribuidas en 15 órdenes y 33 familias. Según la riqueza calculada por los estimadores de Chao 2 y Jackknife 1, las especies observadas a través de los muestreos tuvo una representatividad del 81 %, Los cuales estimaron un total de 119 y 123 especies respectivamente. La distribución de riqueza por familia es similar al observado al del total de la avifauna, dónde Tyrannidae, Thraupidae, Trochilidae y Ardeidae son las cuatro familias con mayor riqueza. En este hábitat Columbidae aparece como la quinta familia con mayor riqueza con cinco especies.

Respecto al agrupamiento dietario, el hábitat de minería sigue el mismo patrón de los hábitats ya descrito: insectívoros con 47 especies (48 %), frugívoros con 22 especies (22 %), carnívoros con 14 (14 %); nectarívoros y mezcla componen el 14 % con 14 especies.

En términos de número de individuos, el hábitat de minería está dominado solo por ocho especies que presentan altas abundancias, las cuales son: *Sicalis flaveola*, *Tyrannus melancholicus*, *Thraupis episcopus*, *Patagioenas cayennensis*, *Columbina talpacoti*, *Crotophaga sulcirostris*, *Dendrocygna autumnalis* y *Pitangus sulphuratus*. El número de especies dominantes es menor respecto a la zona bosque y zona de

actividad minera, sugiriendo poca homogeneidad en la distribución de abundancias.

Mamíferos

En esta zona se registraron un total de 159 individuos, agrupados en 25 especies de 13 familias de seis órdenes. La familia Phyllostomidae presentó el mayor número de especies (8 = 36,0 %), seguida de Didelphidae (3 = 12,0 %), en tercer lugar, Cricetidae y Procyonidae (2 = 8,0 %, cada una). Las especies más abundantes fueron *Marmosops parvidens* (Didelphidae) con el 20,8 % de los individuos, seguida de *Cerdocyon thous* (Canidae) con el 14,5 % y *Carollia perspicillata* (Phyllostomidae) con el 13,8 %.

ZONA SILVOPASTORIL SIN MANEJO

Vegetación

En la zona designada como sistema silvopastoril sin manejo, se encontraron en total 1.157 individuos agrupados en 131 morfoespecies de 37 familias. La familia Fabaceae nuevamente presentó el mayor número de morfoespecies (18 = 13,8 %), seguida de Euphorbiaceae, Poaceae y Malvaceae (11 = 8,5 %). En este caso, el 53,8 % de las familias estuvieron representadas por una morfoespecie. Las morfoespecies más abundante fueron dos arbustos del género *Croton* (morfoespecie 1 y 2) (16,2 % y 14,9 % respectivamente).

Fauna

Moluscos

En esta zona se registraron un total de 281 individuos, agrupados en 12 especies de cinco familias de cuatro órdenes. La familia Subulinidae presentó el mayor número de morfoespecies (6 = 50,0 %), seguida de Corbiculidae y Helicinidae con el 16,7 % de las morfoespecies cada una. Las especies más abundantes fueron *Eupera sp.* (Corbiculidae) con el 47,0 % de los individuos, seguida de *Subulina octona* (Subulinidae) con el 19,6 % y *Psidium sp.* (Corbiculidae) con el 16,4 %.

Peces

En esta zona se registraron un total de 895 individuos, agrupados en 30 especies de 13 familias de cinco órdenes. La familia Loricariidae presentó el mayor número de especies (9 = 30,0 %), seguida de Characidae (7 = 23,3 %) y en tercer lugar Cichlidae (3 = 10,0 %). Las especies más abundantes fueron *Creagrutus affinis* (Characidae) con el 27,9 % de los individuos, seguida de *Trichomycterus banneai* (Trichomycteridae) con el 13,5 % y *Astyanax fasciatus* (Characidae) con el 13,2 %.

Anfibios

Para esta zona se encontraron en total 308 individuos agrupados en 18 especies de siete familias y un orden. La familia Hylidae presentó el mayor número de especies (6 = 33,3 %), seguida de Leptodactylidae (5 = 27,8 %). Las especies más abundantes fueron *Dendropsophus microcephalus* con el 48,4 %, *Engystomops pustulosus* con el 14,9 %, *Scinax ruber* con el 7,5 %, *Hypsiboas crepitans* con el 7,1 % y *Leptodactylus fuscus* con el 5,8 %.

Reptiles

En la zona sistema silvopastoril sin manejo, se encontraron en total 69 individuos agrupados en 17 especies de 10 familias y tres órdenes. La familia Teiidae presentó el mayor número de especies (9 = 29,4 %), seguida de Dactyloidae (3 = 17,6 %) y en tercer lugar Sphaerodactylidae (2 = 11,8 %, cada una). Las demás familias estuvieron representadas solo por una especie. Las especies más abundante fueron *Cryptochelys leucostomum* con el 33,3 % y *Holcosus festivus* con el 15,9 % de los individuos capturados.

Aves

Para el hábitat de Silvopastoril se registró en total 96 especies, las cuales fueron distribuidas en 15 órdenes y 31 familias. Respecto a los hábitats de bosque, la riqueza observada estuvo muy por debajo de lo estimado por los índices de Chao 2 y Jackknife 1, calculando entre 150 y 130 especies respectivamente. Siguiendo el patrón de distribución de riqueza por familia, las tres familias con mayor número de especies fueron Tyrannidae con 18 especies, Thraupidae con 13, y Trochilidae con 10 especies. Al igual que en bosque, Columbidae fue la cuarta familia con mayor riqueza con 5 especies, y solo en este hábitat, Picidae (5 especies) fue una de las cinco familias más abundantes.

En el agrupamiento por gremios tróficos para el hábitat de silvopastoril, el grupo dietario con un mayor número de especies corresponde a los insectívoros con 47 especies (48 %), seguido de los frugívoros con 23 especies (24 %) y los carnívoros con 12 (12 %); nectarívoros y mezcla componen el 14 % con 14 especies.

Según las estimaciones de abundancias relativas en bosque, las especies con mayor abundancia corresponden a *Sicalis flaveola*, *Columbina talpacoti*, *Todirostrum cinereum*, *Thraupis episcopus*, *Ortalis columbiana*, *Leptotila verreauxi*, *Formicivora grisea*, *Euphonia laniirostris*, *Coereba flaveola*, *Cantorchilus leucotis* y *Patagioenas cayennensis*.

Mamíferos

En esta zona se registraron un total de 185 individuos, agrupados en 24 especies de 14 familias de siete órdenes. La familia Phyllostomidae presentó el mayor número

de especies (9 = 37,5 %), seguida de Didelphidae (3 = 12,5 %). El 85,7 % de las familias registraron una sola especie. Las especies más abundantes fueron *Cerdocyon thous* (Canidae) con el 20,0 % de los individuos, seguida de *Proechimys chrysaeolus* (Echimyidae) con el 16,2 % y *Carollia perspicillata* (Phyllostomidae) con el 14,1 %.

Riqueza, diversidad y similitud de especies entre hábitats

Para los siete grupos biológicos, se registraron un total de 646 especies en las tres zonas evaluadas; la mayor riqueza se presentó en las plantas con el 48,8 % de los registros, seguido de las aves con 23,8 %, taxa como moluscos, peces, anfibios, reptiles y mamíferos, presentaron rangos de riqueza menores al 10 % (< 100 especies por grupo biológico). La zona de bosque presentó la mayor incidencia de especies con el 72,4 %, seguida de la zona silvopastoril sin manejo y actividad minera con el 52 % y 48,8 % respectivamente. Consecuencia de los métodos de muestreo diferenciales implementados para cada grupo biológico, se realizaron comparaciones por cada grupo biológico entre zonas y no con la diversidad total.

Plantas

Con la comparación mediante prueba t de los estimadores Simpsons y Shannon, se determinó diferencias significativas entre las tres unidades (Bosque-Silvo-pastoril: $t(15.009) p < 0.0001$ (Shannon)- $t(-10.182) p < 0.0001$ (Simpsons); Bosque-minería: $t(-6.1641) p < 0.0001$ (Simpsons)- $t(11.079) p < 0.0001$ (Shannon) y Silvo-pastoril-minería: $t(-4.7114) p < 0.0001$ (Simpsons)- $t(6.0475) p < 0.0001$ (Shannon)). Esto a partir de la variabilidad en la diversidad y equitatividad en la distribución de los individuos para cada especie; para los estimadores Shannon y Simpsons, la zona bosque presentó los mayores valores 4.580 bits ind⁻¹ y 0.980 respectivamente, en comparación con silvo-pastoril (3.696 bits ind⁻¹- 0.939) y minería (3.985 bits ind⁻¹- 0.965). A partir de la relación de las abundancias entre especies, estimada con el $n=1$, se determinó que las tres zonas presentaron valores menores al 50 % (46,7 % en bosque, 30,8 % Silvo-pastoril y 42,7 % minería)

Moluscos

La mayor representatividad junto con la equitatividad en la distribución de los individuos por morfoespecie, se registró para el bosque (Shannon= 2.478 bits ind-1-Simpsons= 0.894) en comparación con los sistemas silvo-pastoriles (Shannon= 1.492 bits ind-1-Simpsons= 0.702) y minería (Shannon= 1.246 bits ind-1-Simpsons= 0.604) que presentó los valores más bajos. La presencia de un mayor número de especies abundantes (Hill=1), presento una tendencia opuesta, siendo mayor en minería 57,9 % de sp. seguida de la zona bosque (45,8 %) y silvo-pastoril (44,5 %). Por lo que se realizó la comparación mediante prueba t de los estimadores Simpsons y Shannon y se determinaron diferencias significativas entre las tres unidades (Bosque-Silvo-pastoril: $t(14.212)p<0.0001$ - $t(-9.2149)p<0.0001$) y entre Bosque-minería solo para el estimador de Shannon $t(5.9567)p<0.0001$.

Peces

A partir de la relación de las abundancias entre especies, estimada con el $n=1$ Hill (presencia de especies abundantes), se determinó que las tres zonas presentaron valores menores al 50,0 % (35,6 % en bosque, 37,5 % Silvo-pastoril y 41,5 % minería); tendencia similar se presentó con los estimadores de Simpsons y Shannon, para los cuales la zona bosque registro los valores más altos 0.885 -2.656 bits ind-1 respectivamente, en contraste con 0.853-2.545 bits ind-1 de Silvo-pastoril y 0.8682-2.522 bits ind-1 en minería. Sin embargo, mediante la prueba de t no se establecieron diferencias entre las diversidades de las tres zonas con respecto a los dos índices.

Anfibios

La comparación mediante prueba t de los estimadores Simpsons y Shannon, determinó diferencias significativas entre las tres unidades (Bosque-Silvo-pastoril: $t (-7.4186) p < 0.0001$ (Simpsons)- $t (9.7831) p < 0.0001$ (Shannon); Bosque-minería: $t (-2.7219) p = 0.0069$ (Simpsons)- $t (6.9525) p < 0.0001$ (Shannon) y Silvo-pastoril-minería: $t (-5.5675) p < 0.0001$ (Simpsons)- $t (-3.6593) p < 0.001$ (Shannon)), este resultado se sustenta, en las variaciones en la presencia de especies (Shannon) en el cual la zona de bosque registró el valor más alto 2.502 bits ind-1 en comparación con minería (2.272 bits ind-1) y Silvo-pastoril (1.843 bits ind-1). La presencia de un mayor número de especies abundantes (Hill=1), fue mayor en el bosque, de minería seguido de bosque y silvo-pastoril: 74.61-48.83- 35.09 % de las especies respectivamente. Sin embargo, la zona de actividad minera presentó la menor riqueza de especies ($n = 13$). Rangos similares se presentaron en la dominancia de especies, la cual fue más representativa en la zona silvopastoril sin manejo (0.274), seguida de zona actividad minería (0.125) y zona bosque (0.119), este resultado permite establecer que para esta zona bosque las especies presentan tendencia a ser poco dominantes en el ensamble.

Reptiles

Para este grupo en los sistemas silvo-pastoriles, se determinó la mayor equitatividad en la distribución de las especies, con un valor para el índice de Shannon de 2.259 bits ind-1 en comparación con bosque (1.947 bits ind-1) y minería (1.665 bits ind-1), aunque silvo-pastoril presentó menor número de especies que el bosque, la presencia de especies dominantes fue menor (0.163) en contraste con el (0.235) determinado para el bosque; por su parte en minería se registró una baja riqueza (14 sp.) y una alta dominancia (0.316). Las diferencias entre la equitatividad y la dominancia de especies establecida en las tres zonas, se sustenta con el $N=1$ Hill, el cual presentó rangos más altos para silvo-pastoril (56,3 % sp.), seguido de minería (37,8 % sp.) y bosque (35,0 % sp.). Sin embargo, a pesar de esta variabilidad mediante la prueba t, no se determinaron diferencias entre las zonas para los estimadores de Shannon y Simpsons.

Aves

En términos de los estimadores de Shannon, se encontró la zona bosque como la de mayor presencia de especies, seguido por el Silvo-pastoril y Minería (4.262- 4.071- - 4.045 bits ind-1); En cuanto a los índices de equitabilidad y los índices de dominancia (D), se obtuvo que el Bosque presenta una mayor uniformidad en las abundancias de las especies y que la dominancia por unas pocas especies es baja (Hill 1= 66,9 % sp.-Simpsons= 0.981) en comparación con silvo-pastoril (Hill 1= 60,3 % sp.-Simpsons= 0.976) y minería (Hill 1= 58,9 % sp.-Simpsons= 0.9745). Entre las tres zonas se establecieron diferencias en el estimador de Shannon entre Bosque-silvo-pastoril y Bosque-minería ($t(3.0193)p=0.0026$ y $t(3.5384) p=0.0042$ respectivamente) y para Simpsons para Bosque-minería $t(-3.0247)p=0.0025$.

Mamíferos

La zona bosque presentó la mayor riqueza y equitatividad de especies (Shannon= 2.873 bits ind-1; Simpsons (1-D)= 0.919), seguida minería (Shannon= 2.562bits ind-1; Simpsons (1-D)= 0.889) y por último los sistemas silvo-pastoriles (Shannon= 2.496 bits ind-1; Simpsons (1-D)= 0.886). Sin embargo, no se establecieron diferencias significativas entre las tres zonas para los dos estimadores. En términos de la distribución de individuos por especies en relación a la dominancia por zona (Hill=1), el bosque presento el menor valor con el 47,8 % de sp., seguida de silvo-pastoril (50,6 % sp.) y minería (51,9 % sp.).

Discusión

El número total de especies de plantas registradas para la zona de estudio equivale al 14,6 % de las especies reportadas para el valle del río Magdalena según Pizano *et al.* 2014. La composición de familias registrada en cada hábitat dio cuenta de la alta riqueza de especies en la familia Fabaceae en las tres zonas estudiadas, lo que es característico de los bosques secos Tropicales (Pizano *et al.* 2014), sin embargo, existe una alta representatividad en número de especies de las familias Cyperaceae y Poaceae en las zonas de actividad minera y de la familia Poaceae en la zona silvopastoril sin manejo, hecho reportado en otro estudio de bosques secos tropicales del Caribe (Montoya 1996). Esto evidencia el estado de los mismos, en términos de la estructura vertical de la vegetación, ya que las especies de estas familias se caracterizan por ser altamente heliófitas (i.e. requieren de una alta luminosidad para establecerse y dominar en los sitios) (Clayton y Renvoize 1986), por lo que su presencia es una confirmación de la alta incidencia de luz solar en el suelo y por ende, de una pobre o nula estructura de dosel, donde probablemente abunden los claros de bosque (Benitez-Malvido 2006).

La zona de bosque presentó una mayor riqueza de especies de plantas, moluscos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos; este patrón es consistente con el encontrado en otras regiones tropicales en la que se establece una relación entre diversidad y tamaño de parches de hábitat o cobertura (Chiarello 1999, 2000). Estos datos le otorgan a los bosques de esta hacienda cierta importancia en términos de la función de estos como reservorio de las mayoría de las especies en este sitio, las cuales en muchos casos resultan ser exclusivas de esta zona. Además, el hecho de que todas las poblaciones o individuos observados de las especies con algún grado de amenaza estén en esta zona, le da un valor importante a estos bosques para su inclusión en las posibles propuestas de conservación que se planteen para los bosques secos del valle medio del río Magdalena a nivel nacional.

En la zona silvopastoril sin manejo, se registraron individuos de la palma de vino, *Attalea butyracea*. La presencia de dicha especie en esta zona es el resultado de cultivos abandonados, los cuales son típicos en gran parte de la región del valle del río Magdalena, donde se presenta alta producción ganadera y agrícola (IAvH 1998). De acuerdo a observaciones directas y a la riqueza de especies obtenida en

transectos puntuales, se detalló que en los sitios donde esta palma era muy abundante, el reclutamiento de otras especies al parecer es mucho menor que en los sitios donde es más escasa. Por ende, la alta abundancia de esta especie en esta zona podría representar otro inconveniente en el curso natural de la sucesión vegetal. Otro tipo de presiones que acelera la degradación de las coberturas naturales en la zona que supone pérdida de la composición, tamaño y estructura de los parches, es la extracción de material de canteras donde dominan especies como la ortiga, *Cnidoscolus urens*, entre otras especies que se pueden considerar indicadoras de áreas degradadas (Pizano *et al.* 2014).

En cuanto a la ictiofauna registrada en el río Purnio, se obtuvo una representación del 35 % de las especies al comparar con los reportado por Mojica *et al.* (2006) para toda la región del Magdalena medio, sin embargo solo se registró el 25 % de la riqueza reportada para el departamento por Restrepo-Santamaría y Álvarez-León (2011), quienes reportan 180 especies habitando en el departamento, incluyen especies introducidas y trasplantadas para cultivo. Aun así se puede considerar una alta representatividad si se tiene en cuenta que se ha muestreado tan solo una pequeña porción de un afluente del río Magdalena.

A diferencia de los otros grupos evaluados, al comparar la riqueza y diversidad de especies de peces entre las tres zonas no se encuentran grandes diferencias, esto puede deberse a que la porción del río muestreada funciona como un continuo de hábitats que puede presentar en cualquiera de las zonas en su recorrido a través de la hacienda La Española condiciones adecuadas para el establecimiento de las especies, además se refleja un impacto moderado de las labores extractivas sobre el río de manera que las especies no se ven forzadas a desplazarse de la zona de perturbación minera, sin embargo es evidente que la zona de menor impacto (zona de bosque) tiene mejores indicadores de riqueza y diversidad convirtiéndola en referente para el manejo y la conservación de la zona de estudio.

Como se sabe el cambio en la estructura del paisaje se relaciona generalmente con una consiguiente modificación en la biodiversidad. El paisaje definido como un área terrestre heterogénea, con tamaño en el orden de hectáreas o kilómetros cuadrados, integra un conjunto de ecosistemas que interactúan entre sí (Forman y Gordon 1986, Forman 1995), como dijo Hynes (1975) el río está ligado al Valle que lo sustenta. Este concepto puede ser adecuadamente integrado a los paisajes

fluviales o fluvio-lacustres (Wiens 2002). Cada unidad geográfica, como podría ser una cuenca, tiene una diversidad de paisajes que albergan un cierto número de comunidades interrelacionadas. La modificación de esos paisajes necesariamente altera la diversidad de la biota (Moreno 2001), esto es lo que alcanza a observarse con referencia al componente íctico para las zonas de estudio en el río Purnio, al menos en lo que se refiere a una zona antes de la perturbación minera (zona de bosque) y las otras dos que tienen los posibles efectos de la perturbación (zona de actividad minera y silvopastoril sin manejo).

En cuanto a familias de peces, Characidae y Loricariidae fueron las mejor representadas con 11 y 10 especies respectivamente. Dentro de los characidos se encuentra la especie más abundante, *C. affinis*, que puede estar relacionada con la presencia de otros peces que predan sobre ellos como *S. affinis*, *H. malabaricus* y *C. kraussii* y que son reconocidos como especies piscívoras de especies pequeñas como la mencionada. En cuanto al valor representativo de otras especies encontradas se resalta que el río sirve de hábitat a cinco especies que están reportadas en el Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia con alguna categoría de amenaza, destacándose el Bocachico *Prochilodus magdalenae* en categoría Vulnerable, especie que además tiene un valor comercial por su condición de pez de consumo; si bien en la zona de estudio no existe un componente de explotación comercial, su presencia hace del río Purnio un lugar de resguardo de individuos que en algún momento pueden constituirse en una reserva del stock que migrará hacia el río Magdalena. Además el río sirve de hábitat para el Mohino (*Leporinus muyscorum*) y el Nicuro o Barbudo (*Pimelodus blochii*) que son especies importantes en la producción pesquera a nivel nacional (Lasso *et al.* 2011) y que junto a otras especies como las sardinas del género *Astyanax* o el Perro (*H. malabaricus*) son fuente de proteína animal para las comunidades locales. También se observó que las lagunas producto de labores de explotación sirven como hábitats a algunas especies de peces (*C. magdalenae*, *Roeboides dayi* y *A. latifrons*) que se constituyen en una parte fundamental de la estructura trófica que puede sustentar una alta diversidad dentro y fuera de estos cuerpos de agua. Todas las especies capturadas en los sistemas lénticos (lagunas) se capturaron en los sistemas lóticos, lo que puede indicar que los peces que habitan estas lagunas no son exclusivos de ellas y que posiblemente sus poblaciones no estén aisladas del río sino que es probable que haya un flujo

constante de especies e individuos entre el río y las lagunas aledañas lo cual puede sugerir una posible relación de dependencia entre las poblaciones de ambos sistemas.

La presencia de especies como *C. fischeri*, en la que se reconoce su valor como indicador de buena calidad de aguas por su sensibilidad a la alteración de sus hábitats principalmente por sedimentación o *C. marginatum* y *C. nasus*, muy sensibles a contaminación por material orgánico o por químicos (Mojica *et al.* 2005) permite inferir que el río Purnio a su paso por la hacienda La Española aún tiene una calidad de agua que puede considerarse buena y que debe procurar mantenerse reduciendo los posibles focos de perturbación que le puedan estar afectando.

En cuanto a la riqueza de especies que conforman el ensamble de anuros en el área muestreada se reporta una representatividad del 73 % respecto a las especies reportadas para las tierras del valle del río Magdalena, lo cual le otorga a esta área un valor importante para la conservación de especies del Bosque Seco Tropical de este territorio. La familia Hylidae fue la que aportó la mayor representatividad de especies y géneros respecto a las demás familias...

Las especies registradas para la zona de bosque son en su mayoría condicionadas por una estructura de bosque primario o secundario, pocas especies podrían soportar escenarios similares pero con un grado más alto de intervención como las plantaciones forestales (Herrera-Montes *et al.* 2004), como por ejemplo *T. typhoni*, *H. boans* y *D. ebraccatus*, que podrían tolerar estos ambientes, a diferencia de especies como *H. fleischmanni*, *R. susatamai*, *P. gagei*, *Colostethus* sp.1 y *C. thompsoni*, las cuales no lo soportarían por necesitar áreas con cobertura forestal.

En cuanto a los sistemas productivos, la zona silvopastoril sin manejo presentó mayor número de especies que la zona de actividad minera en todos los grupos evaluados, excepto peces y aves. Esto es favorecido, por a la arquitectura de su entorno con mayor cantidad de microambientes debido a las modificaciones hechas por el hombre, las plantas de cultivo y la regeneración propia de ambientes abandonados temporales o permanentes que pueden favorecer la presencia de algunas especies (de Souza *et al.* 2008) lo que explicaría el alto número de las mismas. En cambio en la zona de actividad minera, la estructura del hábitat es más

homogénea, restringiendo el número de especies que podrían distribuirse en este lugar, ya que hay menos micro-ambientes para explotar el recurso. A saber, solo las especies con características ecológicas especiales y/o amplios rangos de tolerancia para soportar estas condiciones pueden registrarse en estos lugares (Heyer *et al.* 1969), como por ejemplo, las ranas del género *Leptodactylus* que presentan características comportamentales como depositar los huevos en madrigueras y cubrirlos con espuma que los protege de la desecación y predación (Heyer *op cit.*, Lucas *et al.* 2008). El mismo fenómeno se puede dar con los pequeños y medianos mamíferos, en donde, la presencia de rastros y otros elementos florísticos abundantes como la presencia de Leguminosas, observado en la zona silvopastoril sin manejo y característico de los Bosques Secos Tropicales de Colombia (Rangel *et al.* 1990) y plantas pioneras, pueden constituirse como elementos claves para sostener poblaciones de estos grupos y a la vez, convertirse en importantes eslabones para otros tipo de especies de mamíferos como son el gremio de los carnívoros (Kattan y Álvarez- López 1996, Alberico *et al.* 2000).

Lo anterior implica que un bosque en regeneración no puede sustentar la diversidad de fauna por sí solo y menos en un escenario en el que aún se está inmerso en una matriz productiva; por ende es recomendable implementar un manejo sostenible en este tipo de agrosistemas, y así contribuir con la conservación de un mayor número de especies.

La representatividad de especies de aves alberga según lo observado, entre el 52 y el 68 % de la avifauna reportada por Gómez y Robinson (2014) y Losada-Prado y Molina-Martínez (2011), quienes reportan una riqueza de aves representativa para todo el valle del Magdalena. En términos generales, esta comparación demuestra que el área de estudio, pese a tener un paisaje altamente fragmentado de parches de bosque seco y zonas fuertemente perturbadas, contiene una riqueza de aves representativa para la región. Al comparar el número de especies encontrada en los fragmentos de bosque entre las diferentes localidades estudiadas, los bosques del área de estudio se encuentran dentro del rango de lo reportado por Gómez y Robinson (2014) y Losada-Prado y Molina-Martínez (2011).

Por otra parte, se encontró que pese a la proximidad entre las zonas de estudio, las muchas especies compartidas y la alta perturbación por minería, la zona de bosque aún presenta un buen estado de conservación, al mantener un distribución de

abundancia relativamente homogénea, baja dominancia y un alto número de especies especialistas (exclusivas de este hábitat), presentando 30 especies únicas y 25 compartidas con al menos uno de los hábitat.

Por otra parte la zona de actividad minera es el segundo hábitat con mayor número de especies especialistas y semigeneralistas (presentes en dos hábitats). Esta diferencia se debe a que en esta zona existen cuerpos de agua temporales, formados como parte de la explotación minera. Estas charcas, albergan especies acuáticas y semiacuáticas que no están presentes en la zona de bosque o silvopastoril sin manejo por la ausencia de estos cuerpos de agua. Un ejemplo de esto es lo encontrado por Espinosa y Morales (2007), en un inventario llevado a cabo en la localidad de la Charca de Guarinocito (cercana al área de estudio), en la cual reportan como la familia Ardeidae (garzas) como la segunda más abundante, después de Tyrannidae. La zona silvopastoril sin manejo, al presentar el mayor número de especies semigeneralistas, refuerza la afirmación de que este hábitat comparte un alto porcentaje de especies tanto con la zona bosque como con la zona de actividad minera, lo que puede estar incrementando su número de especies.

Se resalta el registro de *Habia gutturalis*, una especie de aves endémica del valle del Magdalena y que se encuentra “Cercanamente amenazada” según los criterios de la IUCN bajo una aparente disminución poblacional y degradación de hábitat, especialmente en el Magdalena medio (BirdLife International 2012, Pulgarín-R. y Galvis 2012). El individuo fue capturado en la zona de bosque y hasta la fecha no había sido observado en ninguna otra área de la zona de estudio ni en listados de información secundaria de localidades cercanas.

En los fenómenos de fragmentación del paisaje generalmente muchas especies dejan de estar presentes en los relictos de menor tamaño y otras parecen favorecerse incrementando sus abundancias, este patrón se debe al beneficio de estas especies por la aparición de hábitats de borde, de la matriz o la ausencia de predadores. Los cingulados son capaces de cruzar y forrajear en matrices de potreros y pueden tener alta representación en parches pequeños como es el caso del armadillo común (*Dasybus novencinctus*) el cual se considera una especie común en ecosistemas altamente alterados (Naughton-Treves *et al.* 2003). Esta misma situación se aplica para las chuchas arborícolas (*Marmosops parvidens*, *Marmosa isthmica*), las cuales fueron encontradas en las tres zonas en gran abundancia; estas

especie se considera tolerante a disturbios y típicamente de borde, por lo que sus poblaciones prosperan en hábitats modificados (Malcom 1997, Daily *et al.* 2003), siendo muy abundante en fragmentos pequeños (Fonseca y Robinson 1990). La marteja o mico nocturno (*Aotus griseimembra*) a diferencia de las otras especies de primates parece ser una especie tolerantes a la fragmentación ya que se encontró presentes en dos de los hábitats evaluados. Esto es consistente con lo observado por otros autores respecto a otros primates frugívoros como algunos callitrichidos y cebidos (*Ateles* sp. y *Cebus* sp.) y no primates que pueden persistir en fragmentos e incluso ser más abundantes en parches pequeños (Terborgh *et al.* 2001, Michalski y Peres 2005). El mono aullador colorado (*Allouata seniculus*) en el paisaje de estudio se mostró sensitiva a la fragmentación, presente solo en los fragmentos de bosque, aunque se sabe que esta especie puede utilizar las matrices para movilizarse entre parches (Gómez-Posada *et al.* 2005), este comportamiento no fue observado.

La única especie de felino registrado fue el Margay (*Leopardus wiedii*) registrada en el bosque. No obstante, la dificultad de efectuar avistamientos de la especie y al encuentro de evidencias de su presencia, no permite establecer con seguridad que la especie se encuentre solamente en el bosque (Quintero y Ospina 2012). Varios comentarios de pobladores respecto a la presencia de individuos de la especie en matrices no boscosas, permiten suponer que la especie este distribuida y utilice más elementos del paisaje aunque también podría tratarse de registro de otros felinos como el Ocelote (*Leopardus pardalis*) o el Oncilla (*Leopardus tigrinus*), sin embargo, estas especies se consideran tolerante a la fragmentación, las cuales pueden subsistir en matrices agrícolas que retienen alguna cobertura boscosa (Quintero y Ospina 2012). El Maragy es sensitiva al área de sus hábitats, presentando mayor abundancia en parches grandes y bosques continuos probablemente porque deben aumentar el área de acción en paisajes fragmentados para cubrir mayor área de bosque (Michalski y Peres 2007).

La usencia de perezosos en el muestreo no es de extrañarse, según Chiarello *et al.* (2011) estas especies reportadas en diferentes tipos de bosques son seriamente afectadas por la deforestación y la fragmentación del hábitat. De forma contraria algunos autores sugieren que el oso hormiguero común (*Tamandua mexicana*) exhibe una mayor capacidad de adaptación a zonas intervenidas (Redford y

Eisenberg 1992, Superina *et al.* 2010, Miranda 2012) dado que su dieta no depende exclusivamente de la cobertura boscosa. No obstante esta especie requiere zonas de vegetación alta para protegerse de depredadores y para termoregular (Camilo-Alves y Mourão 2006). Esto explica porque durante la fase de campo se registró esta especie en las tres zonas.

Se registró una mayor abundancia de la familia Phyllostomidae, posiblemente debido a que son especies generalmente de sotobosque y como es bien conocido en la literatura, con la metodología empleada, se favorece la captura de estas especies (Tirira 2007). Las especies de murciélagos presentes en las tres zonas, son especies capaces de atravesar áreas abiertas; probablemente porque dichos Quirópteros no dependen de un substrato para desplazarse, pero sí de su morfología alar, hábitos de forrajeo y capacidad para disuadir a los depredadores lo cual es adecuado para el desplazamiento a lo largo de estas áreas (Pérez-Torres 2000).

En las tres zonas de muestreo (Minera, Silvopastoril y Bosque), se encontró una mayor representación de la especie *Carollia perspicillata*, posiblemente debido a que es una especie generalista y tiene un movimiento relativamente amplio en la noche para poderse alimentar, esto se debe a que prefieren frutas de plantas con una producción continua durante todo el año (Soriano 2000).

Las especies de murciélagos con abundancias bajas como *Micronycteris megalotis* y *Lophostoma brasiliense*, puede deberse a que son especies de tamaños corporales pequeños y que se desplazan únicamente en ambientes que son estructuralmente complejos (Alberico 1995). Estos ambientes además de ofrecer recursos como alimento y percha a los murciélagos, son áreas menos iluminadas que las áreas abiertas, por lo que están menos expuestos a la depredación (Turner 1996). En este caso, es posible que solo se haya capturado un individuo de cada especie, debido a su historia natural, como la formación de colonias poco numerosas (hasta 10 individuos), y la construcción de refugios con características muy particulares, así como su forma de alimentación, la cual se caracteriza por ser animales que esperan a sus presas en la cobertura y por lo general solo se alimentan de insectos en el follaje, no en vuelo (Tirira 2007).

Por otra parte, la composición de especies de Quirópteros para las coberturas estudiadas, está representada principalmente por especies típicas de hábitats

intervenidos y bosques de crecimiento secundario (Linares 1998, Numa 2002 y Castaño y Botero 2004). Entre las cuales dominan las especies de murciélagos frugívoros, seguidos por los insectívoros (Numa 2002, García-Estrada *et al.* 2006). Los murciélagos frugívoros más comunes corresponden a los géneros *Carollia*, *Dermanura*, y *Uroderma*, los cuales se encuentran ampliamente distribuidos y han sido reconocidos como dispersores polinizadores de plantas pioneras (Fenton *et al.* 1992, Medellín *et al.* 2000), lo cual les da la capacidad de forrajear a lo largo de esta zona de estudio.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE INTEGRIDAD BIOLÓGICA



Introducción

El bosque seco tropical en Colombia presenta un alto grado de relictualidad y está representado sólo por parches de tamaños pequeños inmersos en matrices intervenidas, formando en muchos casos corredores ribereños con alto grado de fragmentación y conectividad reducida, con un total de 720.000 hectáreas en todo el país (García et al. 2014). Con esta situación de amenaza urge la necesidad de incrementar el conocimiento sobre la dinámica, funcionamiento y estado de este ecosistema para fortalecer una estrategia integral de conservación y manejo, que permita mejorar la conectividad del paisaje y disminuir la presión de las diferentes actividades humanas.

Los diferentes grupos biológicos permiten identificar cambios en la calidad e integridad biológica de un hábitat (Welsh y Ollivier 1998, Carignan y Villard 2001) y por eso han sido usados como especies indicadoras para determinar el grado de alteración de la estructura y función de los ecosistemas y así proponer acciones de gestión que puedan mejorar su integridad ecológica; estos grupos biológicos incluyen plantas, escarabajos, invertebrados bentónicos, mariposas, anfibios, peces, aves y mamíferos (Carignan y Villard 2001). Sin embargo, a la hora de monitorear solo una especie indicadora se está evaluando solo un rango estrecho de condiciones ecológicas dentro de un tipo de hábitat y no se está proporcionando la información necesaria para interpretar el comportamiento o respuesta de un ecosistema completo; por lo anterior se han planteado estudios que usan una mayor variedad de especies indicadoras en las estrategias de gestión (Carignan y Villard 2001).

La formulación de indicadores de integridad biológica o del cambio de las condiciones de calidad de los ecosistemas basados en ensambles de grupos biológicos en coberturas naturales y transformadas se ha evaluado desde diferentes enfoques (Welsh y Ollivier 1998, Simons et al. 2000, Borja et al. 2008, Vélez-Restrepo y Gómez-Sal 2008, Córdova-Avalos et al. 2009), impulsado desde el año 2005 por la Evaluación de Ecosistemas del Milenio. Estas investigaciones han prestado atención a los ecosistemas humanizados y a la particularidad de que algunos de ellos hayan logrado un nivel notable de autonomía, compatible con valores naturales y con la prestación continua de servicios para el bienestar

humano (Vélez-Restrepo y Gómez-Sal 2008). Generalmente estos índices se han desarrollado en ecosistemas y regiones (ecosistemas de humedales de las zonas templadas del planeta) que cuentan con un amplio conocimiento de las especies presentes, así como de su biología y rasgos ecológicos, fundamentales para la estructuración de los índices.

Según Córdoba-Ávalos et al. (2009) la construcción y formulación de un índice de integridad biológica (IIB) se basa en los supuestos y evidencias que expone la interacción entre la actividad humana y los atributos biológicos de un sitio, que se obtienen a través del monitoreo y análisis espacio-temporal de la interacción y es a partir de la información suministrada por estos análisis que los IBIs miden la proporción en la cual la biota se ha desviado de un estado original o prístino del sistema, es decir, poco o nada intervenido por los humanos o un sistema menos alterado. Dado esto, es necesario tener en cuenta a los seres humanos como parte importante de los mismos, abriendo una nueva perspectiva necesaria para el análisis de la integridad (Vélez-Restrepo y Gómez-Sal 2008).

El propósito principal de este trabajo fue elaborar un análisis de integridad ecológica con diferentes grupos biológicos que permitiera evaluar el estado de conservación de los fragmentos de bosque seco ubicados en el área de estudio, el cuál podrá usarse como referente y comparar con otros bosques secos del país. Esta herramienta aportará información para la implementación de estrategias de conservación para uno de los ecosistemas más amenazados a nivel mundial. Adicionalmente el análisis busca poder comparar los relictos de bosque seco, con otro tipo de coberturas transformadas presentes en la zona, reconociendo que este escenario hace parte del contexto general del paisaje en el cual se encuentran inmersos estos fragmentos de bosque que aún persisten en el país y de esta forma evaluar las implicaciones de los distintos usos (minería y silvopastoril) sobre la estructura y funcionamiento de la biodiversidad.

Métodos

1. Niveles de análisis y valoración de indicadores biológicos

Los niveles de análisis y valoración de los indicadores biológicos evaluados en las diferentes unidades de paisaje, han sido escogidos y jerarquizados en una matriz de importancia teniendo en cuenta información primaria y secundaria. Una descripción detallada de estos se consigna a continuación:

1.1 Indicadores biológicos

Nivel 1. Grupo biológico

Teniendo en cuenta los objetivos y alcances de este proyecto de investigación los grupos seleccionados y priorizados en la matriz de evaluación de acuerdo con sus propiedades biológicas son:

- Plantas

Puntuación en la matriz: 7

La importancia de las plantas en cualquier ecosistema viene del hecho de que en la gran mayoría de los casos son fundamentales para el sostenimiento de la fauna y otros grupos de organismos que los habitan. Esto es debido a que no sólo ofrecen servicios directos a los animales y demás organismos, como comida, refugio, etc., sino que también otorgan servicios indirectos, en lo que respecta a la regulación y el mantenimiento de las características fisicoquímicas y microclimáticas del sitio, como la estabilidad física del suelo, la disponibilidad de nutrientes en formas asimilables para la fauna, la regulación del agua y la temperatura, entre otros (Eviner y Chapin 2001). Incluso, cambios en los atributos de un grupo particular de plantas de un ecosistema que determinan la estabilidad de dichas características, pueden tener efectos a nivel de paisaje, extendiéndose a otros ecosistemas diferentes a los habitados por estas plantas (Chapin 2003).

- Mamíferos

Puntuación en la matriz: 6

Los mamíferos que viven en ecosistemas como los bosques secos tropicales deben tener adaptaciones para mejorar la supervivencia y también para reproducirse, que incluyen adaptaciones fisiológicas como, cambios diarios en la temperatura del cuerpo, torpor estacional o hibernación, conservación de agua y reproducción tardía o adaptaciones comportamentales como cambios en la dieta, migraciones, movimientos locales, tiempos de actividad y/o forrajeo y reproducción estacional (Stoner y Timm 2011). Es por esto que a pesar de que los bosques secos no son tan diversos como los bosques más húmedos, suelen contar con una amplia gama de especies endémicas (Díaz-Pulido *et al.* 2014). Por otra parte, los mamíferos son considerados uno de los grupos de vertebrados más importantes que dispersan semillas en los bosques tropicales, en particular, primates y murciélagos, los cuales dispersan semillas de especies pioneras principalmente a zonas perturbadas, desencadenando efectos sobre la estructura y composición de los bosques y afectando procesos naturales de regeneración en este tipo de ecosistemas (Stoner y Timm 2011).

- Anfibios

Puntuación en la matriz: 5

Los anfibios dada su condición ectotérmica, permeabilidad tegumentaria y complejos requerimientos ecológicos (p. ej. poseer un ciclo de vida terrestre y acuático y contar con una gran diversidad de modos reproductivos), los hace altamente sensibles a modificaciones en su hábitat, estos cambios afectan de manera dramática la estructura y dinámica de sus poblaciones ocasionando un rápido declive, que termina con una extinción local y abre las puertas a la desaparición definitiva de la especie (Crump 2003, Young *et al.* 2004), por lo anterior su monitoreo permite evaluar la calidad del hábitat dada la composición y estructura del ensamble de anuros.

- Aves

Puntuación en la matriz: 4

La avifauna del bosque seco tropical en Colombia es diversa a pesar de tener bajos niveles de endemismo característicos de otras regiones de bosque seco en el neotrópico, debido al recambio de especies entre las diferentes regiones del país. Los cambios en la estructura de la comunidad de aves debido a la transformación o a la baja protección de los remanentes de bosque puede tener efectos inesperados a través de desbalances en las cadenas tróficas, debido a que brinda diversos servicios ecosistémicos importantes como el control biológico, la dispersión de semillas y la polinización (Gómez y Scott 2014).

- Reptiles

Puntuación en la matriz: 3

En el caso de las especies de reptiles Colombia cuenta con un de los mayores registros de especies, con 571 descritas, especialmente del grupo de los escamados (orden Squamata). Igualmente, alberga el mayor número de especies de tortugas de América del Sur (junto con Brasil) y de cocodrilos (junto con Venezuela). La mayoría de las especies de reptiles colombianos viven en ecosistemas terrestres en donde seguramente, al igual que en otras regiones del mundo, juegan un papel importante en la funcionalidad de los mismos. Sin embargo, en Colombia el estado de conocimiento sobre cualquier aspecto de su biología, bien podría ser el más escaso en comparación con otros grupos de vertebrados terrestres colombianos (Galeano *et al.* 2006), esto puede deberse a que este grupo presenta poca aceptación por parte del ser humano, siendo atacados por falta de conocimientos y temores por los peligros que pueden representar. A pesar de esto, se puede considerar que los reptiles juegan un papel importante en los ecosistemas, ya sea por su alta densidad o biomasa regulando las poblaciones de invertebrados o por la dispersión de semillas en el caso de las tortugas.

En Colombia para los reptiles se reportan 25 especies con algún tipo de amenaza, donde siete de estas se han catalogado en estado vulnerable (VU), diez en peligro (EN) y ocho en peligro crítico (CR) (SiB 2014).

- Peces

Puntuación en la matriz: 2

Este grupo biológico representa una gran importancia para cada región, ya que además de su importancia en biodiversidad e interés científico, representan un recurso económico de interés para las poblaciones humanas asentadas en la zona, recurso que es necesario conocer, conservar y utilizar racionalmente. Los peces reúnen características que los favorece como buenos organismos indicadores, como información amplia sobre su historia taxonómica y biológica, la variación de los niveles tróficos, microhábitat y la variada respuesta a diferentes grados de intervención humana (Rodríguez-Olarte y Taphorn 1995).

La estructura de las comunidades de peces se encuentra determinada por las condiciones y por los recursos disponibles dentro de un hábitat. Generalmente, una comunidad que se encuentra establecida dentro de un cierto hábitat se compone de organismos que pueden tolerar, competir, persistir, resistir y reproducirse dentro del mismo, haciendo uso de los recursos disponibles (Mathuriau *et al.* 2011).

- Moluscos

Puntuación en la matriz: 1

En cuanto a la fauna malacológica, en bosques secos no existen estudios de diversidad en el país, solo existe un estudio puntual que reporta las especies encontradas en fragmentos de bosque seco del Valle del Cauca y Cauca. Debido a esta ausencia de información es necesario conocer más acerca de la diversidad de este grupo biológico en los bosque seco y por tal motivo fue incluido dentro de este monitoreo.

Nivel 2. Riqueza de especies

Las mediciones de diversidad frecuentemente se utilizan con propósitos de monitoreo ecológico y de conservación. Uno de los indicadores más simples y más baratos que se utilizan para evaluar una zona determinada es la riqueza de las especies, entendida como la cantidad de especies que habitan la zona. A menudo, la riqueza se combina con la abundancia relativa de cada especie para obtener índices de diversidad, como el de Shannon o el de Simpson (Ralph *et al.* 1996). El muestreo de la presencia-ausencia y la abundancia relativa de las especies tiene el

propósito fundamental de establecer la composición general de la comunidad en el sitio muestreado y evaluar las fluctuaciones anuales. Los datos se manejan en forma conjunta (composición conjunta), obteniéndose una matriz que muestra una lista de especies presentes por sitio de muestra y su abundancia relativa.

En este estudio la riqueza de especies se ha evaluado en términos absolutos y ha sido tomada como el número total de especies por hábitat, sin embargo, y basados en la información secundaria de referencia y dados los esfuerzos moderados de captura, se ha seleccionado como indicador en esta variable de estado la representatividad de especies (riqueza) hallada en términos relativos (%) por grupo biológico en cada una de las zonas evaluadas. Las categorías y sus respectivos valores se consignan en la Tabla 1.

Tabla 1. Categorías de análisis para el nivel 2 de la matriz de valoración.

Nivel en la matriz	Grupos Biológicos al cual aplica	Categorías	Valor
2		Alta representatividad Entre el 60 y 100 % de las especies registradas	3
	Plantas Mamíferos Anfibios Aves Reptiles Peces Moluscos	Moderada representatividad Entre el 40 y 60 % de las especies registradas	2
		Baja representatividad Entre el 1 y 40 % de las especies registradas	1
		Representatividad nula	0

Nivel 3. Hábitat utilizado por las especies

El centro de extensión geográfica donde se halla presente una especie corresponde a la región donde esta puede explotar una mayor combinación de recursos y por lo tanto de hábitats, la especie presentara aquí su mayor abundancia local. Conforme nos alejamos de ese centro, los recursos y condiciones que favorece a la especie escasean cada vez más. Se estrecha la especificidad de sus hábitats y disminuye su abundancia local. A las especies con nicho ecológico amplio les corresponde, pues, una extensión geográfica vasta; a las especies con un nicho ecológico limitado, una extensión geográfica reducida (Benayas 2009).

A partir de esto se plantea que un hábitat en donde se presentan especies exclusivas tiene una mayor combinación de recursos que le da una mayor importancia en comparación con un hábitat en donde se encuentran especies generalistas. Por esto, este nivel se categorizara como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Categorías de análisis para el nivel 3 de la matriz de valoración.

Nivel en la matriz	Grupos Biológicos al cual aplica	Categorías	Valor
3		Más del 50 % de las especies exclusivas a un tipo de hábitat	4
	Plantas Mamíferos Anfibios Aves Reptiles Peces	Más del 25 % de las especies presentes en dos de los hábitats	2
	Moluscos	Más del 25 % de las especies presentes en los tres hábitats	1
		Ausencia	0

Nivel 4. Abundancia de individuos

La abundancia local de taxa/ hábitats, constituye uno de los principales indicadores dentro de la matriz de valoración (Tabla 3). Para este nivel se tomara como referente la composición de especies encontrada en el bosque nativo, es decir una alta riqueza de especies o hábitats y un bajo número de especies o hábitats muy abundantes como una composición ideal. Es decir, se interpreta que la mayor heterogeneidad en términos de especies o hábitats es un indicador de buena calidad del área de estudio. A partir de esto, se interpreta que un área con alta riqueza de especies o hábitats y un bajo número de especies o hábitats abundantes es más importante en términos ecológicos que un área con baja riqueza de especies o hábitats y un alto número de especies o hábitats abundantes. Teniendo en cuenta estos criterios, se definen las siguientes categorías:

- Hábitat con al menos una especie rara: cataloga como especie rara un taxón para el cual se ha identificado una alta especificidad al hábitat o una abundancia local muy baja. Por lo cual su registro indica que el hábitat en cuestión cubre en cierta medida sus requerimientos.

Para la evaluación de las tres siguientes categorías se utilizaran dos estimativos de la Serie del Número de Hill (N₀ y N₁), los cuales fueron obtenidos en cada unidad de muestreo dentro de cada zona de estudio

- Hábitat en donde el número de especies abundantes encontradas está entre el 10-20 %.
- Hábitat en donde el número de especies abundantes encontradas está entre el 20-30 %
- Hábitat en donde el número de especies abundantes supera el 30 %.

Tabla 3. Categorías de análisis para el nivel 4 de la matriz de valoración.

Nivel en la matriz	Grupos Biológicos al cual aplica	Categorías	Valor
4	Plantas Mamíferos Anfibios Aves Reptiles Peces Moluscos	Al menos dos especies poco abundantes	4
		Menos del 50 % de las especies son abundantes	2
		Especies abundantes supera el 50 %	1
		Ausencia	0

Nivel 5. Grado de vulnerabilidad de especies

En este nivel de análisis, se evalúa la presencia-ausencia de especies o taxa con alguna categoría de amenaza. La vulnerabilidad de especies ha sido considerada como el grado de amenaza que enfrenta uno a algunos de estos taxa presentes en cada una de las unidades de paisaje. Los criterios utilizados para categorizarlos se han basado en la clasificación propuesta por la Unión Internacional Para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Tabla 4).

Tabla 4. Categorías de amenaza para las especies según la UICN.

Categoría	Descripción
-----------	-------------

Categoría	Descripción
Críticamente amenazado (CR)	Un taxón está <i>En peligro crítico</i> cuando la mejor evidencia disponible considera que se está enfrentando a un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre.
En peligro (EN)	Un taxón está <i>En peligro</i> cuando la mejor evidencia disponible considera que se está enfrentando a un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.
Vulnerable (VU)	Un taxón está en la categoría de <i>Vulnerable</i> cuando la mejor evidencia considera que se está enfrentando a un riesgo alto de extinción en estado silvestre.
Casi amenazado (NT)	Un taxón está en la categoría de <i>Casi amenazado</i> , cuando ha sido evaluado según los criterios y no satisface, actualmente, los criterios para <i>En peligro crítico</i> , <i>En peligro</i> o <i>Vulnerable</i> , pero está cercano a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfaga en un futuro cercano.
Preocupación menor (LC)	Un taxón está en la categoría de <i>Preocupación menor</i> cuando habiendo sido evaluado, no cumple ninguno de los criterios que definen las categorías <i>En peligro crítico</i> , <i>En peligro</i> , <i>Vulnerable</i> o <i>Casi amenazado</i> . Se incluyen en esta categoría taxones abundantes y de amplia distribución.
Datos insuficientes (DD) o especies no Aplicantes (NA)	Un taxón pertenece a la categoría <i>Datos insuficientes</i> cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción, con base en la distribución y/o el estado de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado y su biología ser bien conocida, pero carecer de datos apropiados sobre su abundancia y/o distribución. Datos insuficientes no es por tanto una categoría de amenaza. Al incluir un taxón en esta categoría se indica que se requiere más información y se reconoce la posibilidad de que investigaciones futuras demuestren que una clasificación de amenaza pudiera ser apropiada. Es importante hacer un uso efectivo de cualquier información disponible. En muchos casos habrá que tener mucho cuidado en elegir entre datos insuficientes y una condición de amenaza. Si se sospecha que la distribución de un taxón está relativamente circunscrita si ha transcurrido un período considerable de tiempo desde el último registro del taxón, entonces la condición de amenazado puede estar bien justificada.

La Lista Roja de especies amenazadas de la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (UICN) es una base de datos que identifica y documenta a las

especies cuya conservación se encuentra en peligro. Posee información sobre el estado mundial y otros datos de referencia de unas 40.000 especies, así como un índice del estado de la diversidad biológica.

En esta lista, la situación actual de los taxones es evaluada a través de la comparación de la situación actual de las poblaciones, con la que supuestamente imperaba hace 100 años o tres generaciones de las mismas (Calderón *et al.* 2002). Es importante anotar, que lo que realmente está en riesgo no son solo las especies, sino también las subespecies, razas, poblaciones, genes y en términos generales los ecosistemas a los cuales se encuentran asociadas (Renjifo *et al.* 2002). Los criterios tenidos en cuenta y su respectiva puntuación al interior de la matriz de valoración se consignan en la Tabla 5.

Tabla 5. Categorías de análisis para el nivel 5 de la matriz de valoración.

Nivel en la matriz	Grupos Biológicos al cual aplica	Categorías	Valor
5	Plantas Mamíferos Anfibios Aves Reptiles Peces	CR	6
		EN	5
		VU	4
		NT	3
		LC	2
		DD o NA	1
		Ausencia	0

Nivel 6. Exigencias primarias de hábitat

El conjunto de especies que vive en un hábitat y explota sus recursos constituye una comunidad faunística. Existen especies capaces de adaptarse a ambientes muy diversos y colonizar distintos hábitats, se pueden encontrar en medios muy variados y no son características de ninguno de ellos. Otras, por el contrario, son muy estrictas en sus exigencias ecológicas y sus necesidades vitales sólo pueden ser satisfechas en un medio determinado, al cual caracterizan por sí solas o junto a otras; constituyen la comunidad faunística típica del hábitat (Krebs 2005).

Las especies pueden agruparse y compararse de acuerdo con los grupos de alimentación (ej. frugívoros, insectívoros, etc.), con los grupos ecológicos (ej. aves de dosel, aves de piso), o con sus sistemas de reproducción (ej. especies que se reproducen en medios acuáticos, terrestres, etc.) lo que permite obtener índices de cambio dentro de un grupo determinado.

En este nivel de análisis de la matriz de valoración, las exigencias primarias de hábitat se han definido como el conjunto de propiedades biológicas relacionadas específicamente con la dieta y/o reproducción que en los distintos grupos biológicos, condiciona su presencia en una unidad de paisaje determinado.

Basados en esto y teniendo en cuenta las características ecológicas de los distintos grupos, se han definido como categorías de valoración las mostradas en la Tabla 6

- a) Plantas: para las plantas el factor ecológico condicionante es el tipo de dispersión, ya que la regeneración de las plantas depende en gran medida de su capacidad para dispersar sus propágulos y colonizar algún sitio; además de la relación que se da con los agentes dispersores como los animales que dependen de estos recursos para sobrevivir.
- b) Mamíferos y Aves: para los mamíferos y las aves el factor ecológico condicionante seleccionado es la dieta, ya que de acuerdo a la estructura y oferta de recursos mostrada en los distintos hábitats, depende la presencia de los gremios tróficos identificados en este grupo. Especies con dietas especializadas son más susceptibles a las variaciones ambientales.
- c) Anfibios: la variable ecológica condicionante en el grupo de los anfibios es la de reproducción, ya que tanto las estrategias como los modos reproductivos de este grupo están mediadas por la presencia o ausencia de cuerpos de agua permanentes o intermitentes.
- d) Reptiles: la variable ecológica condicionante en el grupo de los reptiles es el hábitat, ya que es un grupo que usa una gran variedad de estratos vegetales, los cuales en algunas especies condicionan la presencia de juveniles, hembras y machos.
- e) Peces: la característica ecológica condicionante para el grupo de peces es si se consideran especies indicadoras de buena calidad de agua.

Tabla 6. Categorías de análisis para el nivel 6 de la matriz de valoración.

Nivel en la matriz	Grupos Biológicos al cual aplica	Categorías	Valor
6	Plantas	La mayor proporción de especies presentan Endozoocoria	5
		La mayor proporción de especies presentan Ectozoocoria	4
		La mayor proporción de especies presentan Hidrocoria	3
		La mayor proporción de especies presentan Anemocoria	2
		Autocoria	1
	Mamíferos	La mayor proporción de especies son Carnívoros	5
		La mayor proporción de especies son Frugívoros	4
		La mayor proporción de especies son Nectarívoro	3
		La mayor proporción de especies son Insectívoro	2
		Otros	1
	Anfibios	Modo reproductivo independiente de cuerpos de agua	4
		Modo reproductivo dependiente de cuerpos de agua (Cuerpos de Agua Lóticos)	2
		Modo reproductivo dependiente de cuerpos de agua (Cuerpos de Agua Lénticos)	1

Nivel en la matriz	Grupos Biológicos al cual aplica	Categorías	Valor
	Aves	La mayor proporción de especies son Frugívoro	4
		La mayor proporción de especies son Nectarívoro	3
		La mayor proporción de especies son Insectívoro	2
		Otros	1
	Reptiles	Arbóreos	5
		Semiacuático	4
		Terrestre - arbóreo	3
		Fosoriales	2
		Terrestre	1
	Peces	Más del 50 % de los individuos de las especies indicadoras de buena calidad del agua	4
		Entre el 25 y el 50 % de las especies indicadoras de buena calidad del agua	2
		Menos del 25 % de los individuos de las especies indicadoras de buena calidad del agua	1
	Ausencia	0	

Nivel 7. Especies invasores o exóticos

:

Una **especie nativa**

indirectas por los seres humanos);

Una **especie ajena**

;

Una **especie invasora** es u

(especies, poblaciones y/o ecosistemas).

Tabla 7. Categorías de análisis para el nivel 7 de la matriz de valoración.

Nivel en la matriz	Grupos Biológicos al cual aplica	Categorías	Valor
7	Plantas Mamíferos Anfibios Aves Reptiles Peces	Ausencia de especies invasoras	1
	Moluscos	Presencia de especies invasoras	0

1.2 Indicadores de conectividad

Se implementaron algunos de los indicadores de integridad ecológica propuestos por Zambrano *et al.* (2003), los cuales se basan en los principios y fundamentos de la ecología del paisaje para analizar la heterogeneidad de las unidades de análisis y las interacciones entre los componentes biofísicos y socioeconómicos, permitiendo aproximarse al conocimiento de la estructura y funcionalidad de un área geográfica, además de su dinámica espacio temporal.

Nivel 8. Número de fragmentos

Este indicador calcula el número de parches o fragmentos de cada unidad que conforma un área. Es un indicador que ayuda a interpretar la configuración espacial de los diferentes tipos de coberturas que existen en el área de estudio, el cual analiza la forma como se disponen en un área las unidades espaciales de análisis y por ende de forma básica a conocer sobre el efecto que tienen los procesos naturales o antropogénicos que las afectan (Zambrano *et al.* 2003) (Tabla 8).

Tabla 8. Categorías de análisis para el nivel 8 de la matriz de valoración.

Nivel en la matriz	Hábitat al cual aplica	Categorías	Valor	
8		Entre 4 y 6 fragmentos	3	
	Zona Bosque	Zona	Entre 2 y 4 fragmentos	2
	Actividad minera	Zona	Entre 1 y 2 fragmentos	1
	Silvopastoril sin manejo		Ausencia	0

Nivel 9. Área núcleo efectiva

El área núcleo efectiva se refiere al área de cada unidad de cobertura que se encuentra fuera de una distancia mínima de influencia a partir del borde,

respondiendo al atributo ecológico de configuración espacial (Zambrano *et al.* 2003) (Tabla 9).

Tabla 9. Categorías de análisis para el nivel 9 de la matriz de valoración.

Nivel en la matriz	Hábitat al cual aplica	Categorías	Valor	
9	Zona Bosque Actividad minera Silvopastoril sin manejo	Zona	Entre 48,7 y 73,1 ha de Área núcleo efectiva	3
		Zona	Entre 24,4 y 48,7 ha de Área núcleo efectiva	2
			Entre 0 y 24,4 ha de Área núcleo efectiva	1
			Ausencia	0

Nivel 10. Conectividad entre fragmentos

Es un indicador que mide la distancia entre los parches o fragmentos de cada unidad natural que se encuentra dentro del área de estudio, responde al atributo ecológico de conectividad, el cual analiza las conexiones físicas existentes entre unidades espaciales similares o complementarias (Zambrano *et al.* 2003) (Tabla 10).

Tabla 10. Categorías de análisis para el nivel 10 de la matriz de valoración.

Nivel en la matriz	Hábitat al cual aplica	Categorías	Valor	
10	Zona Bosque Actividad minera Silvopastoril sin manejo	Zona Zona	Entre 0 y 39,6 m de distancia entre fragmentos	3
			Entre 39,6 y 79,2 m de distancia entre fragmentos	2
		Entre 79,2 y 118,8 m de distancia entre fragmentos	1	
		Ausencia	0	

2. Tablas de referencia ecológica para las unidades de análisis

Cada indicador fue categorizado en variables de estado que indican la calidad del hábitat según los atributos considerados previamente (Tabla 11) y a partir de esta valoración se establecieron seis categorías para discriminar los tipos (calidad) de hábitats así: pobre (0 a 92), estado crítico (93 a 110), aceptable (111 a 129), regular (130 a 147), buena (148 a 166) y muy buena (mayor a 167).

Tabla 11. Valores máximos y mínimos obtenidos para los grupos biológicos indicadores en la matriz de valoración de hábitat.

Atributo ecológico	Grupo Biológico	Plantas	Mamíferos	Anfibios	Aves	Reptiles	Peces	Moluscos	Σ / Unidad de Paisaje	
Composición y estructura	N1	Max.	7	6	5	4	3	2	1	28
		Mín.	0	0	0	0	0	0	0	0
	N2	Max.	3	3	3	3	3	3	3	21
		Mín.	0	0	0	0	0	0	0	0
	N3	Max.	4	4	4	4	4	4	4	28
		Mín.	0	0	0	0	0	0	0	0
	N4	Max.	4	4	4	4	4	4	4	28
		Mín.	0	0	0	0	0	0	0	0
Funcionalidad	N5	Max.	6	6	6	6	6	6	0	36
		Mín.	0	0	0	0	0	0	0	0
	N6	Max.	5	5	3	6	4	4	0	27
		Mín.	0	0	0	0	0	0	0	0
	N7	Max.	1	1	1	1	1	1	1	7
		Mín.	0	0	0	0	0	0	0	0
Configuración espacial	N8	Max.	-	-	-	-	-	-	-	3
		Mín.	-	-	-	-	-	-	-	0

Continuidad	N9	Max.	-	-	-	-	-	-	-	3	
		Mín.	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	N10	Max.	-	-	-	-	-	-	-	-	3
		Mín.	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Σ	Max.		30	29	26	28	25	24	13	184	
	Mín.		0	0	0	0	0	0	0	0	

Resultados

Del área total de la zona de estudio, 313,8 ha corresponden a zona bosque, 56,6 ha a zona silvopastoril sin manejo y 43,2 ha de zona actividad minera. Las zona bosque y zona de actividad minera está compuesta por un solo fragmento, mientras que la zona silvopastoril sin manejo la componen seis fragmentos. El área núcleo efectiva es mayor en la zona bosque, con 73,1 ha y la conectividad entre fragmentos solo aplica para la zona silvopastoril sin manejo, con una distancia promedio de 118,8 m entre fragmentos.

Riqueza de especies

Para los seis grupos biológicos, se registraron un total de 615 especies en las tres zonas evaluadas; la mayor riqueza se presentó en las plantas con el 51,2 % de los registros, seguido de las aves con 25 %, taxa como peces, anfibios, reptiles y mamíferos, presentaron rangos de riqueza menores al 10,0 % (menos de 100 especies por grupo). La zona bosque presentó la mayor incidencia de especies con el 71,1 %, seguida de la zona silvopastoril sin manejo y zona de actividad minera con el 52,2 % y 49,6 % respectivamente. Los índice de riqueza de Bootstrap indican que se alcanzó a muestrear de las especies esperadas en plantas el 83,8 %, peces (92,6 %), anfibios (88,4 %), reptiles (87,9 %), aves (88,7 %) y mamíferos (88,5 %), mientras que los índices de Jackknife 1 indicó que se muestreó en plantas el 70,6 %, peces (86,0 %), anfibios y reptiles (78,4 %), aves (79,2 %) y mamíferos (78,6 %).

Especies amenazadas

Se registraron en total 10 especies con alguna categoría de amenaza (Críticamente amenazada (CR), En Peligro (EN) y Vulnerable (VU) según la IUCN); cuatro especies de plantas, *Herrania laciniifolia* (CR), *Astrocaryum malybo* (EN), *Cedrela odorata* (EN), *Rinorea ulmifolia* (VU), tres especies de peces, *Prochilodus magdalenae* (VU), *Leporinus muyscorum* (VU), *Salminus affinis* (VU), una especie de aves, *Agamia agami* (VU) y dos especies de mamíferos, *Saguinus leucopus* (EN) y *Aotus griseimembra* (VU).

Rasgos funcionales

El tipo de dispersión con mayor representatividad en plantas fue la zoocoria (47,6 %), seguida de autocoria (20,8 %), anemocoria (13,7 %) e hidrocoria (1,0 %); no se pudo definir el tipo de dispersión para el 16,9 % de las especies. La zoocoria fue el tipo de dispersión con mayor representatividad en la zona bosque y la zona silvopastoril sin manejo; en la zona de actividad minera predominó la autocoria.

Se reportan tres especies de peces indicadoras de buena calidad de agua, *Chaetostoma fischeri*, *Chaetostoma marginatum* y *Cetopsorhamdia nasus*; aunque las tres especies se registraron en las tres zonas de estudio, la mayor abundancia de individuos se encontró en la zona bosque (51,9 %), seguida la zona silvopastoril sin manejo (25,9 %) y por último zona de actividad minera (22,2 %).

En anfibios el 65,5 % de las especies presentan modo reproductivo dependiente de cuerpos de agua lénticos y los modos reproductivos independientes de cuerpos de agua y dependientes de cuerpos de agua lóticos, estuvieron representados en el 17,2 % de las especies cada uno. El modo reproductivo dependientes de cuerpos de agua lénticos obtuvo mayor representatividad en los tres hábitats; los modos reproductivos independientes de cuerpos de agua y dependientes de cuerpos de agua lóticos estuvieron presentes en la zona bosque y zona silvopastoril sin manejo, con mayor representatividad en la zona bsoque. El tipo de microhábitat con mayor representatividad en reptiles fue el terrestre (31,0 %), seguido de terrestre – arbóreo (24,1 %) y arbóreos (17,2 %); en las tres zonas el microhábitat terrestre obtuvo la mayor representatividad.

Respecto al agrupamiento por gremios tróficos en aves, el grupo con un mayor número de especies en el área de estudio corresponde a los insectívoros con el 51 %, seguido de los frugívoros (20 %) y los carnívoros (15 %); nectarívoros y mezcla componen el 12 % de las especies. En las tres zonas el gremio trófico insectívoro obtuvo la mayor representatividad. Para el grupo de mamíferos la mayor representatividad la tienen los frugívoros (36,4 %), seguida de carnívoros e

insectívoros con el 18,2 % de las especies; en las tres zonas el gremio trófico frugívoro obtuvo la mayor representatividad.

Índice de Integridad Ecológica

La evaluación de las variables de estado en la matriz catalogan la zona bosque como un hábitat Bueno (156 puntos) (Tabla 12), la zona silvopastoril sin manejo como un hábitat Aceptable (114) y la zona actividad minera como un hábitat en Estado crítico (101 puntos) (Tabla 13 y

Tabla 14).

Tabla 12. Valores por indicador para la Zona bosque en el área de estudio.

Zona bosque	Composición y estructura				Funcionalidad			Configuración espacial		Continuidad	Total
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	
Plantas	7	3	4	4	6	5	1	-	-	-	30
Mamíferos	6	3	4	4	5	4	1	-	-	-	27
Anfibios	5	3	4	4	2	4	1	-	-	-	23
Aves	4	3	4	4	4	2	1	-	-	-	22
Reptiles	3	3	4	4	2	3	1	-	-	-	20
Peces	2	3	1	1	4	4	1	-	-	-	16
Moluscos	1	3	4	2	-	-	1	-	-	-	11
Total	28	21	25	23	23	22	7	1	3	3	156

Tabla 13. Valores por indicador para la Zona silvopastoril sin manejo en el área de estudio.

Zona silvopastoril sin manejo	Composición y estructura				Funcionalidad			Configuración espacial		Continuidad	Total
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	
Plantas	7	2	2	2	3	5	1	-	-	-	22
Mamíferos	6	2	1	1	4	4	1	-	-	-	19
Anfibios	5	3	2	2	2	4	1	-	-	-	19
Aves	4	3	2	1	1	2	1	-	-	-	14
Reptiles	3	2	2	1	2	1	1	-	-	-	12
Peces	2	3	1	4	4	2	1	-	-	-	17
Moluscos	1	1	1	2	-	-	1	-	-	-	6
Total	28	16	11	13	16	18	7	3	1	1	114

Tabla 14. Valores por indicador para la Zona actividad minera en el área de estudio.

Zona actividad minera	Composición y estructura				Funcionalidad			Configuración espacial		Continuidad	Total
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	
Plantas	7	2	4	2	3	1	1	-	-	-	20
Mamíferos	6	2	1	1	1	4	1	-	-	-	16
Anfibios	5	2	1	1	2	1	1	-	-	-	13
Aves	4	3	2	1	1	2	1	-	-	-	14
Reptiles	3	2	2	2	2	1	1	-	-	-	13
Peces	2	3	1	4	4	2	1	-	-	-	17
Moluscos	1	1	1	1	-	-	1	-	-	-	5
Total	28	15	12	12	13	11	7	1	1	1	101

Todos los niveles, excepto el nivel número de fragmentos (nivel 8), obtuvo valores más altos en la zona de bosque. Los nivel grupo biológico (nivel 1) y especies invasoras o exóticas (nivel 7) no aportaron diferencias al IIE para las zonas evaluadas. Las Plantas fueron el grupo que más aportó al IIE en las tres zonas. Para ZB y ZSSM le siguen a las plantas los grupos biológicos de los mamíferos y anfibios; y en la ZAM los peces y mamíferos (Figura 10 y Figura 11).

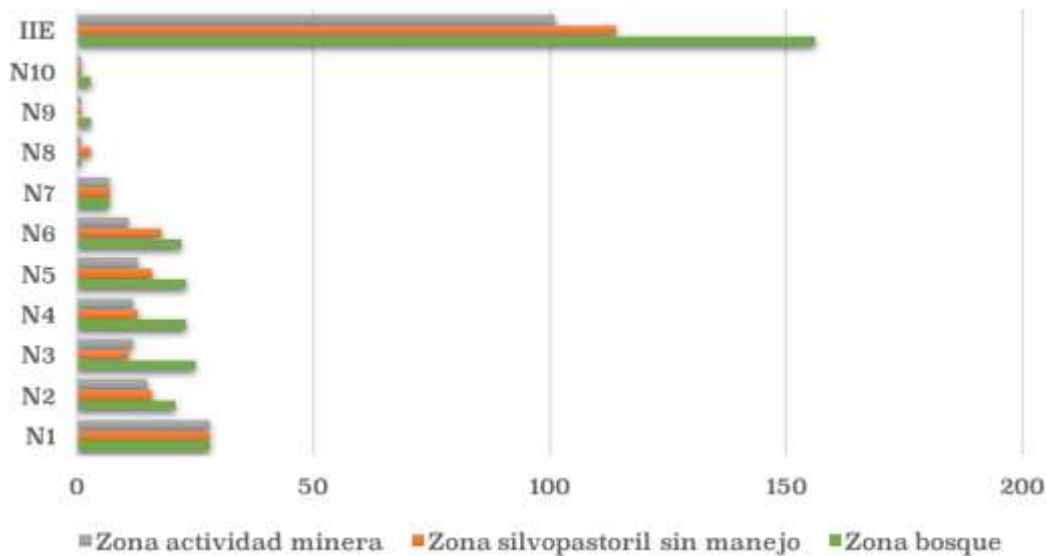


Figura 10. Aporte por nivel de análisis al Índice de Integridad Ecológica.

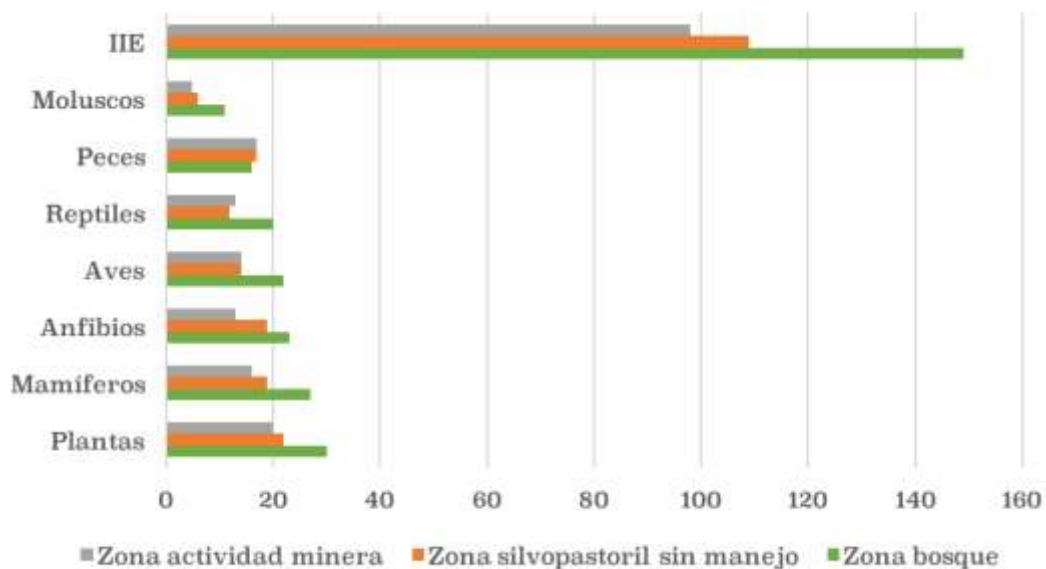


Figura 11. Aporte por grupo biológico al Índice de Integridad Ecológica.

Discusión

La riqueza de especie detectada para cada una de las zonas muestra claramente que la mayor concentración de especies aún permanece en la coberturas boscosas, con el 71,1 % de las especies, lo que confirma la importancia de estas áreas en la conservación de la biodiversidad. Igualmente es necesario tener en cuenta que esta es una primera aproximación hacia el establecimiento de Índices de Integridad Ecológica en zonas de bosque seco con diferentes efectos de transformación que abarca tantos grupos biológicos, razón por la cual se convierte en un punto de partida para futuras evaluaciones.

En un contexto general se puede decir que la mayoría de especies de los distintos grupos biológicos evaluados pueden ser consideradas como especies generalistas, lo que hace evidente el hecho que estas también puedan ser encontradas en zonas con actividad minera y sistema silvopastoril sin manejo. Claramente el bosque aloja a las especies que tienen mayores requerimientos de hábitat. Lo que igualmente se observa es que las especies con mayores exigencias primarias de hábitat están muy localizadas en las zonas de bosque aunque presentan abundancias menores, asociado directamente a las laderas de los ríos y quebradas. Este evento es mucho más notorio en las épocas de menor precipitación, donde muchas especies confluyen a las zonas de las quebradas y del río que aún mantiene disponibilidad de agua.

Los resultados del análisis muestra la relación que existe entre los ensamblajes y los atributos biológicos evaluados, los cuales varían de acuerdo con los distintos grados de perturbación de la zona de estudio. Los grupos biológicos que mayores diferencias marcaron en comparación con los distintos niveles del paisaje fueron las plantas, los mamíferos y los anfibios, mientras que los grupos que permanecieron más uniformes entre las unidades de paisaje son peces, aves y reptiles. Estas diferencias en mamíferos y anfibios entre zonas se debe principalmente al número de especies exclusivas a la zona de bosque relacionado con su sensibilidad a los fenómenos de fragmentación, como *Allouata seniculus* y *Rhaebates palmatus* (Gómez-Posada *et al.* 2005, Acosta-Galvis 2012), otras especies aunque pueden ser registradas en hábitats perturbados presentan una disminución en su densidad poblacional.

En cuanto a la composición de familias de plantas se encontró una alta representatividad en número de especies de las familias Cyperaceae y Poaceae en las zonas de actividad minera y de la familia Poaceae en la zona silvopastoril sin manejo. Estos resultados evidencian el estado de los mismos en términos de la estructura vertical de la vegetación, ya que las especies de estas familias se caracterizan por ser altamente heliófitas, por lo que su presencia es una confirmación de una pobre o nula estructura de dosel, donde probablemente abundan los claros de bosque (Vargas *et al.* sometido).

A diferencia de las plantas, la diversidad de peces no mostró grandes diferencias al comparar las tres zonas, lo que puede deberse a que la porción del río muestreada como un continuo de hábitats puede presentar en cualquiera de las zonas en su recorrido a través del área de estudio condiciones adecuadas para el establecimiento de las especies. Por otra parte, se refleja un impacto moderado de las labores extractivas sobre el río de manera que las especies no se ven forzadas a desplazarse de la zona de actividad minera, sin embargo es evidente que la zona de menor impacto (zona bosque) tiene mejores indicadores de riqueza y diversidad convirtiéndola en referente para el manejo y la conservación del sitio estudiado.

Los atributos ecológicos que más aportan en la diferencia del IIE de las zonas evaluadas son riqueza de especies, hábitat utilizado por las especies y grado de vulnerabilidad. En cuanto al hábitat utilizado por las especies, todos los grupos evaluados, presentan un mayor porcentaje de especies exclusivas a este tipo de hábitat, sin embargo en peces esta diferencia no supera el 25 % de las especies; esta exclusividad a la zona de bosque se debe a la mayor oferta de recursos de alimentación, refugio, entre otros; a diferencia de las zonas intervenidas las cuales son más homogéneas en su composición y estructura.

Por otra parte, de las diez especies con categorías de amenaza registradas en la zona de estudio, siete se reportaron en la zona de bosque, lo que conlleva una importancia de conservar las características de composición y estructura de estas áreas boscosas para la conservación de estas especies como importancia nacional; es necesario evaluar otros aspectos que no fueron tenidos en cuenta para este estudio y que son necesarios para la implementación de estrategias de conservación de estas especies como aspectos de historia de vida, ecología, dinámicas poblacionales, entre otros.

Cuando nos centramos en los sistemas evaluados, se puede evidenciar que los valores totales de la matriz de evaluación presenta a la zona actividad minera como el sistema con menor valor de integridad (Estado crítico), seguido por la zona sistema silvopastoril sin manejo (Aceptable), mientras que la zona de bosque aparece con el mayor valor de integridad (Bueno). Sin embargo hay que tener en cuenta que las zonas boscosas son elementos que fueron perturbados drásticamente desde la década de los 80's aproximadamente por actividades ganaderas y se encuentran en proceso de recuperación, así que no pueden ser considerados como punto de referencia para un sistema sin perturbación, ya que no solo han perdido características propias de su composición y estructura, sino también funciones ecológicas como la regulación hídrica, control de erosión, captura de biomasa, etc. (Pizano *et al.* 2014).

La conservación e implementación de estrategias de conectividad entre estos fragmentos garantizaría la conservación de la biodiversidad de las especies reportadas, aumentando la representatividad de este tipo de ecosistema en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas - SINAP, en donde actualmente solo se reporta un 5 % y además no se tienen registradas ni áreas protegidas nacionales ni reservas de la sociedad civil para el valle del río Magdalena (García *et al.* 2014).

Por otra parte la información generada de cada uno de los grupos biológicos, se convierte en un punto de referencia para trabajo futuros, en temas como riqueza de especies y ensamble en grupos poco estudiados para los bosques secos presentes en el valle del río Magdalena como por ejemplo, las plantas (Pizano *et al.* 2014). Así mismo, se buscar comparar en el tiempo los cambios en el IIE y de esta forma implementar estrategias de conservación que aseguren la conservación de la biodiversidad presente en estos fragmentos de bosque seco tan amenazados a nivel nacional.

CAPÍTULO III

PROPUESTA DE CONECTIVIDAD



Introducción

El establecimiento de corredores biológicos o elementos paisajísticos que favorezcan la conectividad, es una gestión compleja, al tiempo que se constituye en una de las estrategias más importantes en la conservación de la biodiversidad, que además tiene un alto impacto en el ordenamiento territorial y serviría como un instrumento de integración no solo desde el punto de vista ambiental, sino desde el punto de vista institucional porque implicaría la concertación y apoyo de muchas instituciones del orden local hasta el orden nacional.

El establecimiento de conectividades integradas por áreas naturales protegidas y por propiedades privadas, permiten la sostenibilidad de la biodiversidad existente y procuran propiciar la producción de bienes y servicios amigables con la naturaleza, que seguramente conllevaran a mejorar las condiciones socioeconómicas de las poblaciones locales involucradas.

Independientemente de cómo se pueda definir un corredor biológico su alcance queda en demostrar que son unidades territoriales funcionales que pueden servir como aliados en la conservación de la biodiversidad.

Por lo anterior la conectividad de un paisaje depende de la capacidad de movimiento de las diferentes especies a través de los diferentes hábitats (Kattan 2008). Una de las soluciones remediales que se han propuesto para mitigar los efectos del aislamiento causado por la fragmentación del hábitat es el establecimiento de corredores (Kattan 2002).

Los corredores consisten en elementos lineales de hábitat que conectan físicamente los fragmentos, de manera que las especies pueden moverse de un parche a otro. Para el caso de especies que están restringidas a los fragmentos y no pueden cruzar la matriz, ésta es la única manera de proveer conexión entre fragmentos. Pero algunas especies son capaces de cruzar la matriz (o incluso utilizarla temporal o permanentemente), en cuyo caso la “conectividad” depende de los tipos de hábitat que componen la matriz y de la distancia entre fragmentos (Kattan 2008). Por ejemplo, aunque los adultos de muchas especies animales están restringidos a los fragmentos de bosque, los juveniles durante la dispersión posnatal pueden cruzar

matrices antropogénicas y llegar a otros fragmentos de bosque. Entonces, pueden definirse dos tipos de conectividad: la conectividad estructural, que se presenta cuando las especies se mueven a través de un corredor de un ecosistema o tipo de vegetación similar al de los fragmentos y la conectividad funcional, que se refiere a la capacidad de algunos organismos de cruzar algunos tipos de matriz antropogénica para pasar de un fragmento a otro (Kattan 2008).

De acuerdo con Armbrecht 2008, la influencia humana sobre los ecosistemas terrestres es extensa y profunda. Se ha calculado que 95 % de los ecosistemas terrestres son manejados directamente por el ser humano (Paoletti *et al.* 1992) y entre 60 % y 77 % actualmente ya está transformado en campos agrícolas extensos o en mosaicos de pasturas, agricultura y fragmentos de bosque (McNeely y Scheer 2003). Cuando los bosques o praderas se transforman en campos agrícolas, la mayoría de las plantas nativas se pierde. Por ejemplo, en Norteamérica se han extinguido 217 especies de plantas y 71 especies y sub-especies de vertebrados desde la llegada de los europeos (Lacher *et al.* 1999). Es posible que la pérdida de biodiversidad debida a la acción humana esté causando una significativa extinción en masa en la historia del planeta (Pimm 1998, Saunders *et al.* 1991, Terborgh 1992).

Los campos agrícolas y ganaderos son de crucial importancia como conectores entre reservas (Kattan y Naranjo 2008) porque: (1) los movimientos de individuos y las migraciones poblacionales de fauna silvestre tienen necesariamente que darse a través de ellas, (2) los cultivos, los sistemas agroforestales y los potreros constituyen por sí mismos hábitat para muchos organismos silvestres, y (3) la matriz antropogénica se transforma a través del tiempo, con dinámicas diferentes a las de los hábitats naturales, y estas transformaciones obedecen a las leyes sociales más que a leyes naturales (Perfecto 2003). La voluntad humana, traducida en poblaciones o culturas, interactúa inevitablemente tanto con las reservas como con los diferentes componentes del paisaje incluyendo cuerpos de agua, bosques de galería y guaduales, entre otros (Armbrecht 2008).

Muchas de las especies presentes en los hábitats evaluados utilizan el río y las zonas de quebradas como elementos del paisaje que le permiten la movilidad entre los diferentes sistemas, razón por la cual los bosques de la Galería, también conocidos como riparios o ribereños, que se encuentran a lo largo de ríos y

drenajes, son de gran importancia para permitir el flujo de las poblaciones, es por eso que nuestra propuesta de conectividad esta enmarcada en la utilización de estas áreas, como estrategia de largo plazo para la conservación de las poblaciones de fauna y flora presentes en la zona. Esta idea esta soporta en lo que mencionan Galindo y Murgueitio (2004), quienes dicen que en los paisajes modificados por actividades humanas, en especial las ganaderas, los bosques de galería a lo largo de los diferentes ríos se constituyen en corredores, los cuales pueden ser una de las formas más propicias de mejorar la conectividad entre diferentes fragmentos de bosques.

En estas zonas planas y de bosque seco es prioritaria esta estrategia teniendo en cuenta que ya que con esta estrategia también se estarían protegiendo las fuentes de agua, elemento importante para las actividades que se realizan en la zona; ya que estas evitan la erosión de las orillas, reducen los sedimentos en las quebradas y ríos, embellecen el paisaje, y favorecen los flujos de energía para la biota acuática como macroinvertebrados, crustáceos (cangrejos), anfibios (ranas), peces, aves y mamíferos acuáticos (Chará 2003).

Métodos

Para evaluar los atributos ecológicos e integridad ecológica en el área de estudio se implementó la metodología propuesta por Parques Nacionales de Colombia (Ciontescu 2014) a partir de la información de cobertura de la tierra del departamento de Caldas a escala 1:50.000 usando la herramienta Fragstats 3.3. Esta metodología implementa los atributos ecológicos definidos por Zambrano y colaboradores (2003) para evaluar el estado de conservación de un área, los cuáles son: heterogeneidad, configuración espacial y continuidad. Cada uno de estos atributos se evaluaron a través de diferentes indicadores que responden directamente a las características estructurales de cada atributo (Tabla 15).

Tabla 15. Atributos ecológicos para evaluar el estado de conservación de un área protegida (Zambrano *et al.* 2003).

Atributo ecológico clave	Definición	Categoría	Indicadores
Heterogeneidad	Complejidad de los arreglos espaciales en términos de su riqueza y dominancia	Composición	1. Número de unidades espaciales naturales 2. Extensión de unidades espaciales naturales
Configuración espacial	Forma como se dispone en un área las unidades espaciales de análisis y por ende de forma básica a conocer sobre el efecto que tienen los procesos naturales o antropogénicos que las afectan	Composición y estructura	3. Proporción de unidades espaciales naturales 4. Tamaño del fragmento más grande de la unidad espacial natural 5. Número de fragmentos de una unidad espacial natural 6. Número de áreas transformadas 7. Área núcleo efectiva
Continuidad	Conexiones físicas existentes entre	Función	8. Conectividad entre fragmentos de las unidades

Atributo ecológico clave	Definición	Categoría	Indicadores
	unidades espaciales similares o complementarias		espaciales naturales 9. Continuidad longitudinal de las unidades espaciales naturales 10. Continuidad altitudinal entre unidades espaciales naturales

A partir de los indicadores que se obtuvieron del área protegida se construyó un mapa por cada indicador; los valores de cada indicador fueron divididos en tres intervalos iguales y se asignó una categoría a cada rango según la escala de los valores en tres categorías “Bajo”, “Medio” y “Alto”.

Resultados

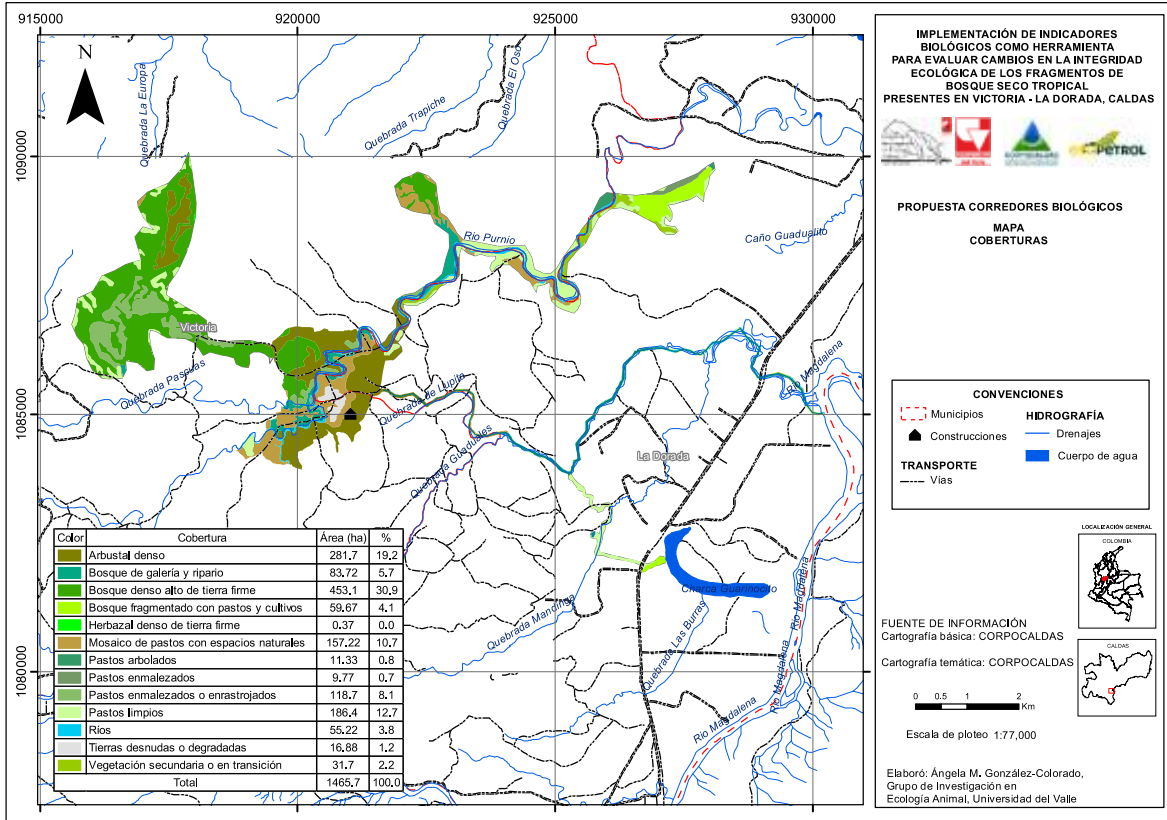
La propuesta de conectividad incluye cubre un área de 1465,7 ha y se pueden encontrar 13 tipos de coberturas diferentes entre naturales y transformadas. Las coberturas naturales representan el 65,9 % del área y de estas predominan los Bosques densos altos de tierra firme (30,9 %) y los Arbustales densos (19,2 %). De las coberturas transformadas predominan los Pastos limpios (12,7 %) y los Mosaicos de pastos con espacios naturales (10,7 %) (Tabla 16 y Mapa 2).

Por otra parte, de las coberturas naturales la de menor representatividad son los Herbazales densos con menos de una hectárea y la Vegetación secundaria (2,2 %), y de las coberturas transformadas son los Pastos enmalezados y arbolados con el 0,7 y 0,8 %, respectivamente.

Tabla 16. Valores por indicador y atributo ecológico para el área de estudio (TA = Área total, UN = Unidades espaciales naturales, Prop. = Proporción, NP = Número de parches, LPI = Índice del parche más grande, TCA = Área núcleo efectiva, AT = Áreas transformadas, ENN = Conectividad entre fragmentos, COHESION = Continuidad longitudinal, RANGE y RANGO = Continuidad altitudinal).

Categoría	Composición		Composición y estructura					Función			
Indicador	TA (ha)	UN	Prop.	NP	LPI	TCA	A T	ENN	COHESION	RANGE	RANGO
Leyenda											
Arbustal denso	281,7	1	19,2	10	9,5	71,0	0	913,4	97,0	342	186-528
Bosque de galería y ripario	83,7	1	5,7	10	1,6	0,2	0	751,1	92,8	462	193-655
Bosque denso alto de tierra firme	453,1	1	30,9	7	22,5	104,0	0	96,0	98,6	402	253-655
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	59,7	1	4,1	3	3,6	16,1	0	4879,6	95,4	107	196-303
Herbazal denso de tierra firme	0,4	1	0,03	1	0,0	0,0	0	N/A	42,6	0	364-364
Mosaico de pastos con espacios naturales	157,2	0	10,7	23	3,7	8,6	1	297,1	92,6	255	212-467
Pastos arbolados	11,3	0	0,8	6	0,5	0,2	1	711,4	83,3	37	186-223
Pastos enmalezados	9,8	0	0,7	1	0,6	0,0	1	N/A	90,2	56	196-252
Pastos enmalezados o enrastrados	118,7	0	8,1	13	5,2	10,5	1	118,6	95,4	434	221-655
Pastos limpios	186,4	0	12,7	99	3,9	1,7	1	152,4	89,7	469	186-655

Ríos	55,2	1	3,8	67	0,4	0,0	0	88,1	75,1	199	186-385
Tierras desnudas o degradadas	16,9	0	1,2	1	1,1	1,2	1	N/A	92,8	16	231-247
Vegetación secundaria o en transición	31,7	1	2,2	12	0,5	0,0	0	291,3	86,5	151	186-337
TOTAL	1465,7	7	100,0				6				



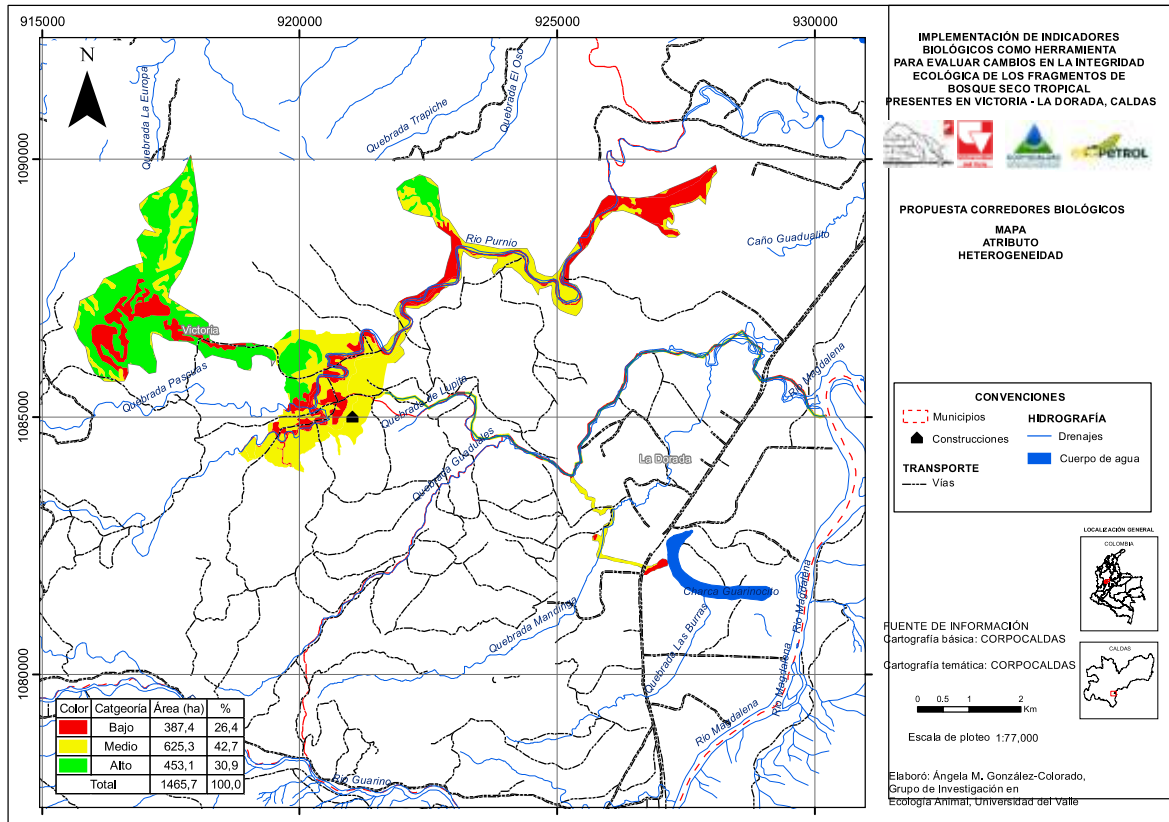
Mapa 2. Coberturas del área de estudio.

Atributos o indicadores

Composición de la biodiversidad - atributo heterogeneidad

El atributo de Heterogeneidad estima el número total de tipos de cobertura naturales y transformadas dentro del área y estima la extensión de cada una de estas, lo que permite inferir acerca de la homogeneidad o diversidad de coberturas presentes. Para el caso de nuestra área de estudio los indicadores de este atributo muestran que el área es heterogéneo ya que tiene 14 tipos de coberturas entre naturales y transformadas. Este atributo se valoró Alto para el 30,9 % del área correspondiente a las coberturas de Bosques naturales densos de tierra firme por ser el tipo de cobertura con mayor área (453,1 ha) comparado con los demás tipos de coberturas que no superan las 281,7 ha (19,2 % del área) como es el caso de los Arbustales densos, que se encuentran en categoría Media, junto con los Pastos

limpios y los Mosaicos de pastos con espacios naturales. Los demás tipos de cobertura se encuentran en categoría Baja, correspondiente al 26,4 % del área (Mapa 3).

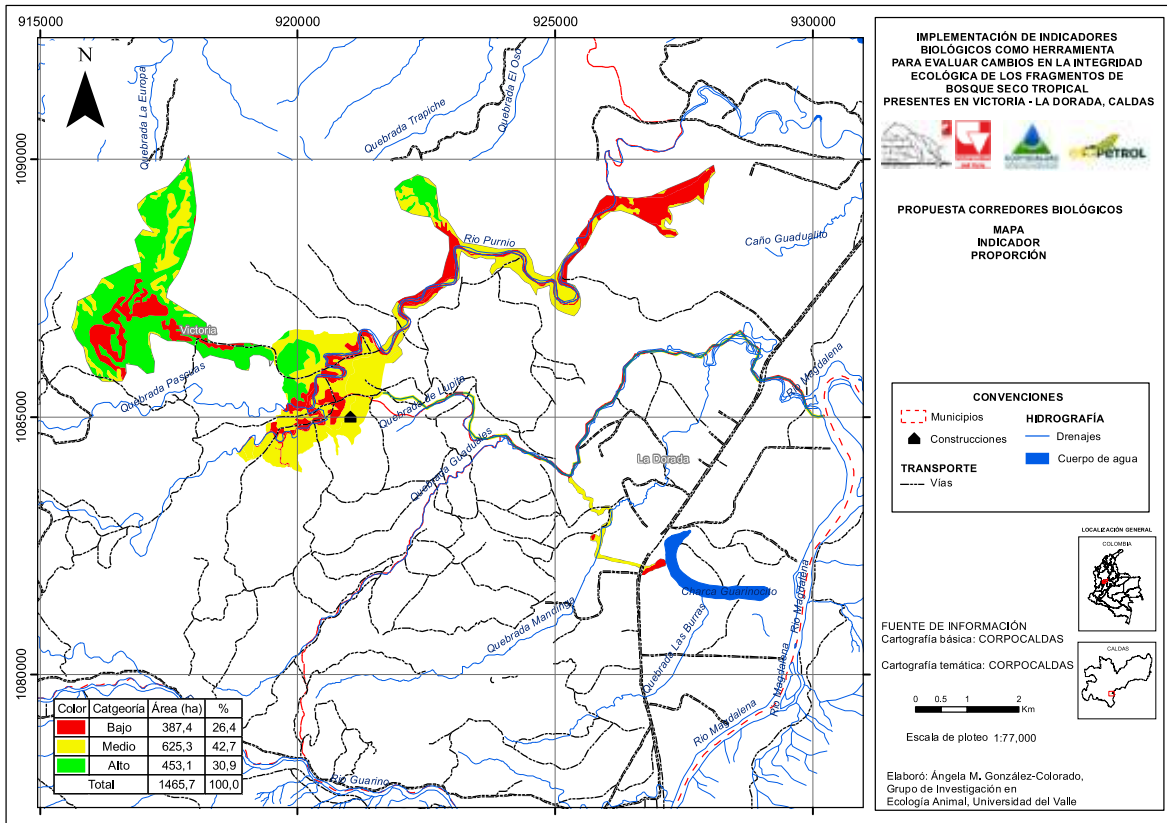


Mapa 3. Atributo - Heterogeneidad para el área de estudio.

Estructura de la biodiversidad - atributo configuración espacial

Este atributo analiza la forma como se disponen en un área las unidades espaciales de análisis y por ende de forma básica permite conocer sobre el efecto que tienen los procesos naturales o antrópicos que las afectan. De igual forma, utilizando el número de unidades espaciales, existentes y la extensión que estas ocupan, es posible conocer la forma como se disponen dichas unidades lo que permite visualizar la disposición de los componentes estructurales de la biodiversidad del área a escala de paisaje.

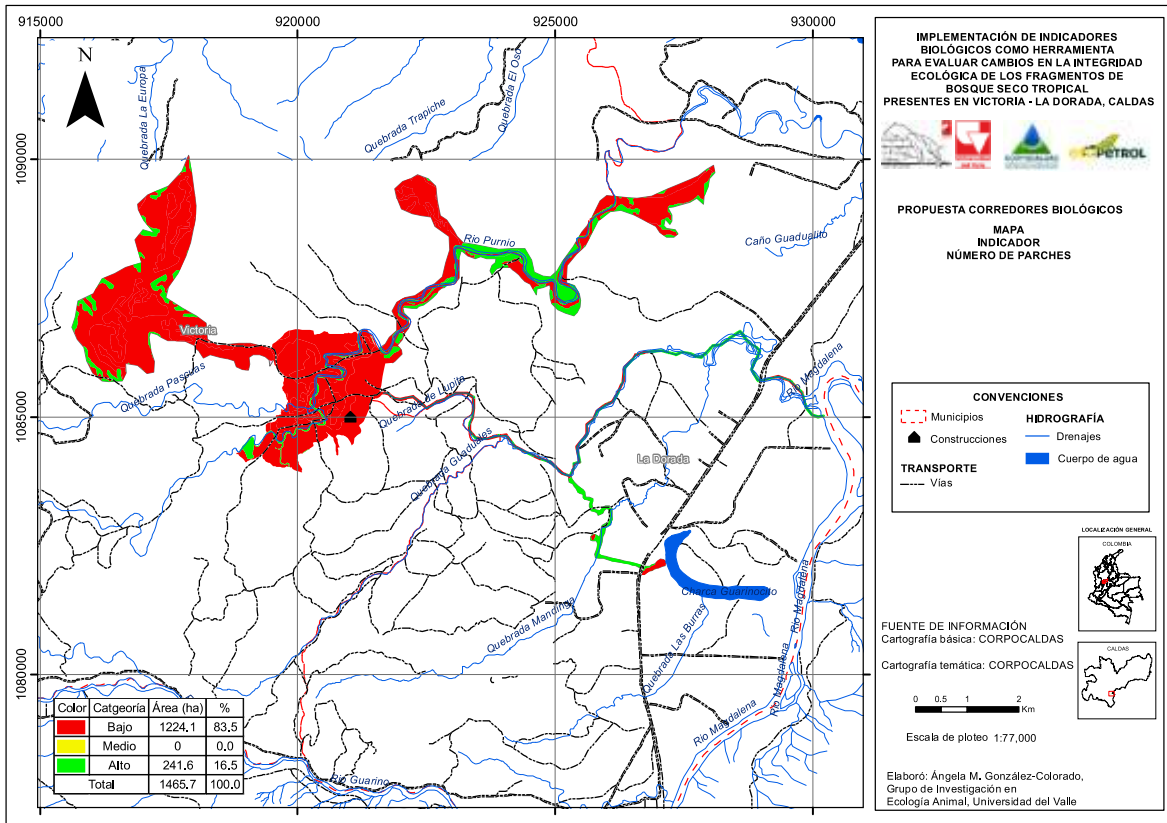
El primer indicador que se valoró es Proporción para el cual la cobertura de Bosques densos de tierra firme estuvo en categoría Alta por ser el tipo de cobertura con mayor representatividad dentro del área, seguido de los Arbustales densos, los Pastos limpios y los Mosaicos de pastos con espacios naturales que están en categoría Media (42,7 % del área), y los demás tipos de coberturas en categoría Baja (Mapa 4).



Mapa 4. Indicador – Proporción para el área de estudio.

En cuanto al indicador de Número de parches fueron las coberturas Pastos limpios (99 parches) y Ríos (67 parches) las que se encontraron en categoría Alta, para el caso del Río debido a su forma lineal y curvada el procedimiento del análisis de la información cuando se crear el archivo tipo raster hace que se disgregue en pequeños fragmentos. Las demás coberturas se encontraron en categoría Baja (83,5 % del área) (Mapa 5). Este indicador calcula el número de parches o fragmentos de cada cobertura lo cual nos permite conocer a cerca la disposición u ordenamiento físico de las coberturas y de forma general visualizar el grado de fragmentación que éstas presentan. El escenario actual del área muestra una menor fragmentación

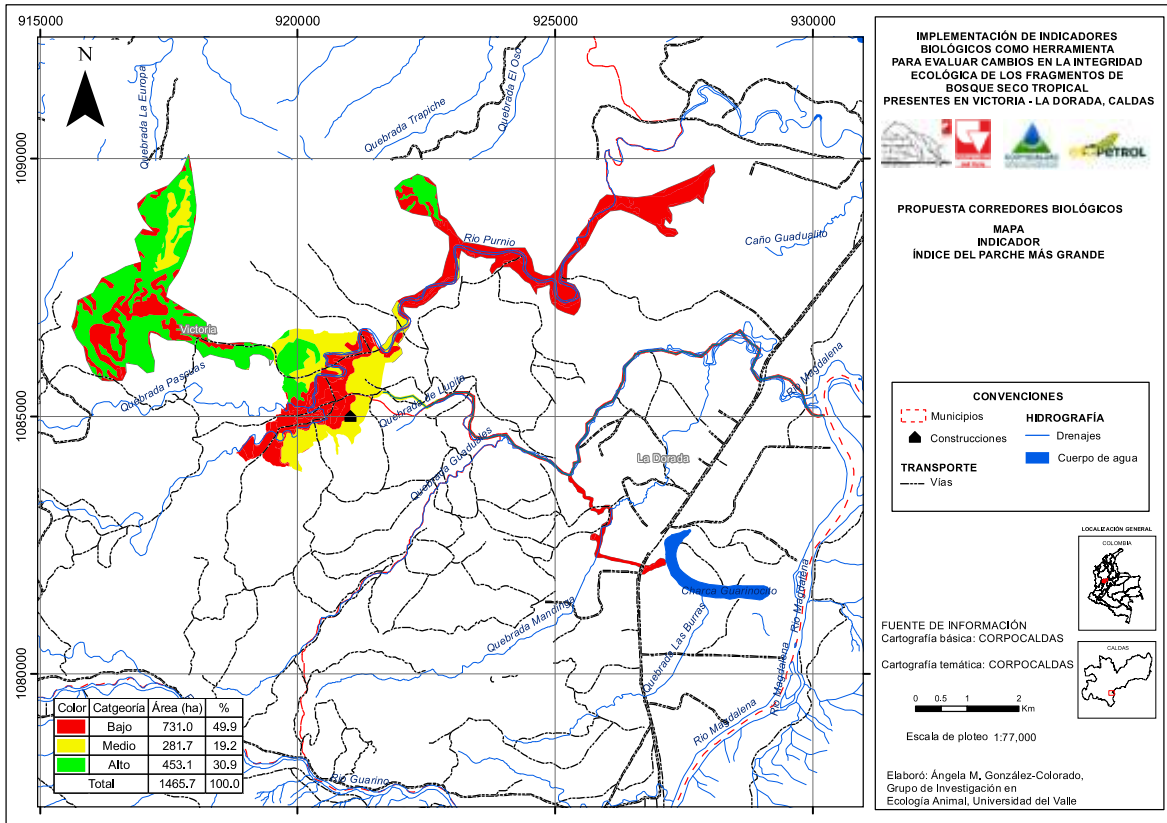
de las coberturas naturales con mayor representatividad, como es el caso de los Bosques naturales densos de tierra firme y los Arbustales densos. Por otra parte las coberturas transformadas, presentan mayor número de fragmentos y menor representatividad dentro del área, con lo cual se esperaría una gran efectividad de las estrategias de manejo que se propongan para disminuir esta presión sobre las coberturas naturales.



Mapa 5. Indicador - Número de parches para el área de estudio.

El indicador Índice del parche más grande relaciona el número de fragmentos de una cobertura y el tamaño de cada uno de estos, lo que nos permite entender cuáles coberturas además de presentar una mayor proporción presentan muchos fragmentos de gran tamaño, característica que las hace menos susceptibles a presiones naturales o antropogénicas a diferencia de aquellas coberturas que presentan pocos fragmentos de menor tamaño. En el área de estudio los Bosques naturales densos de tierra firme además de presentar una gran proporción, presentan pocos parches de gran tamaño y es la única cobertura en categoría Alta

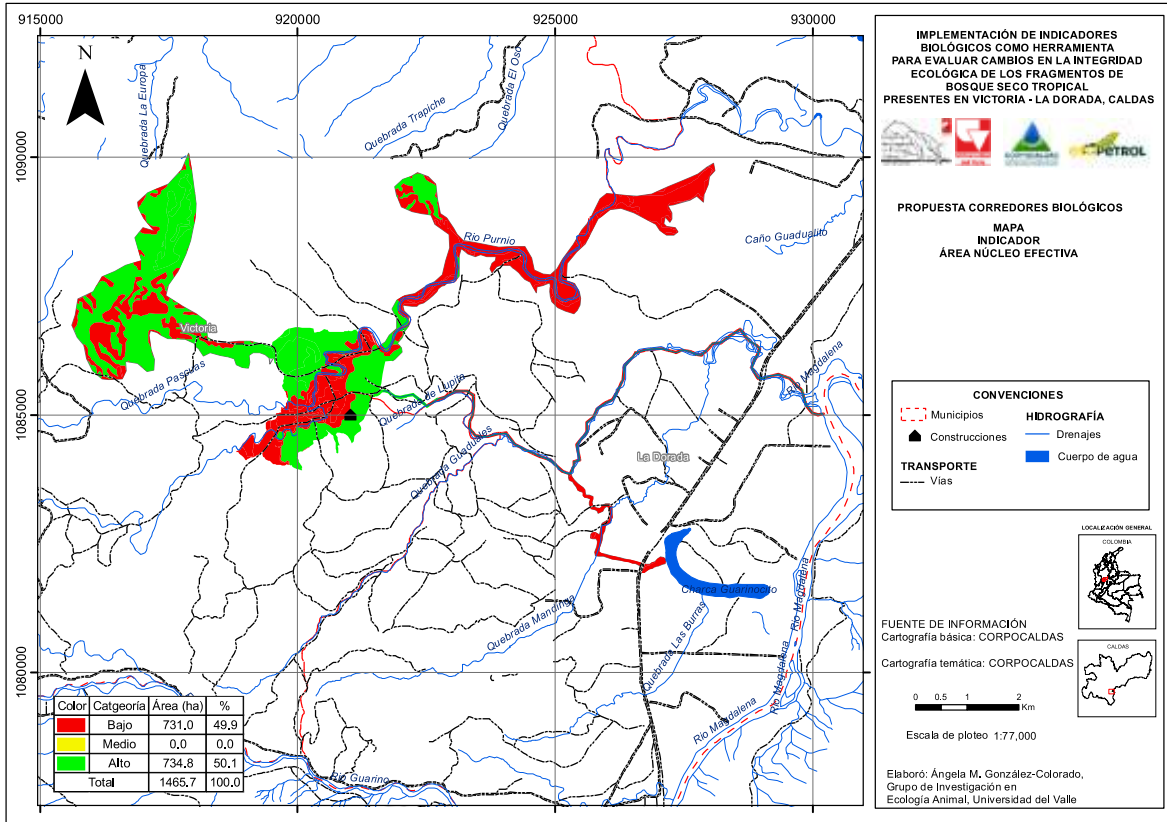
para este indicador. Los Arbustales densos se encontraron en categoría Media y las demás coberturas en categoría Baja (49,9 % del área) (Mapa 6).



Mapa 6. Indicador - Índice del parche más grande para el área de estudio.

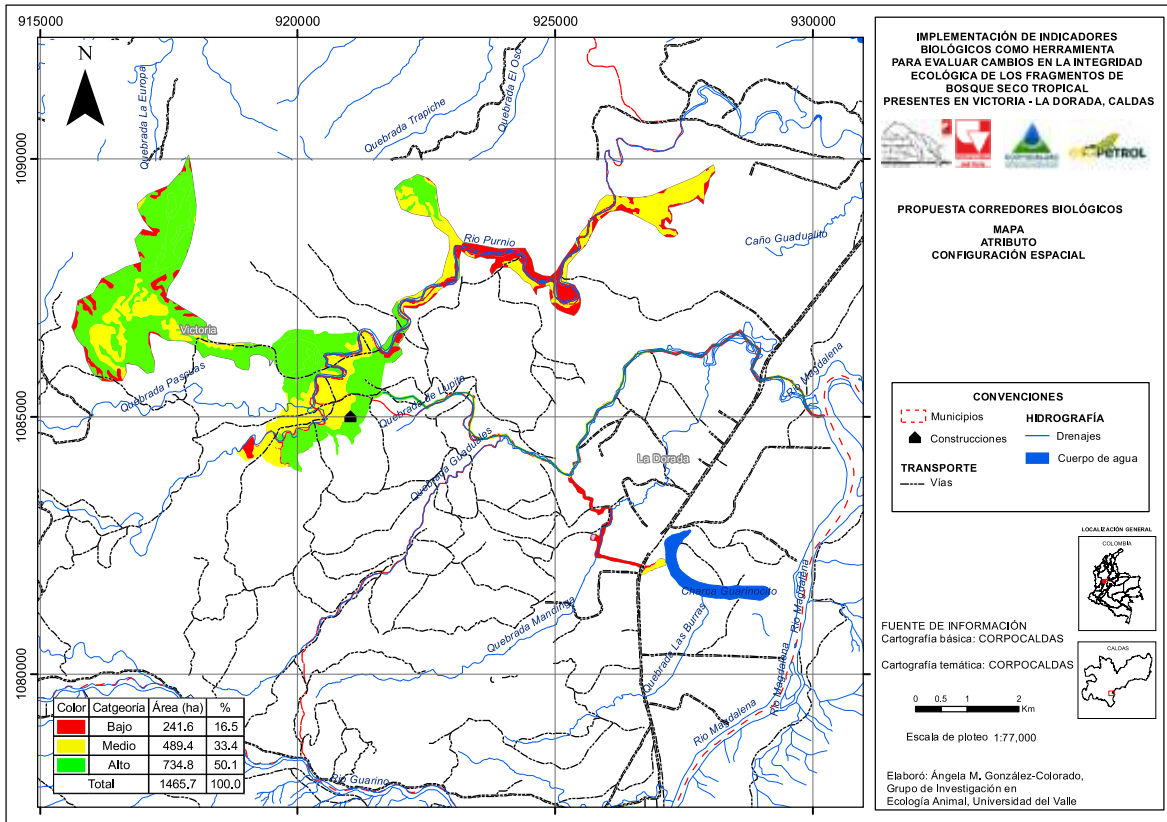
Por otra parte el indicador Área núcleo efectiva nos permite evaluar el área de cobertura que se encuentra sin influencia de un efecto de borde de 100 m, proveyendo además indicios sobre la configuración espacial de los componentes físicos de la biodiversidad. De igual forma, nos permite entrever los posibles efectos que pueden estar generando las coberturas transformadas que se encuentran adyacentes a estos parches naturales. En el área de estudio el 50,1 % del área se encuentra en categoría Alta correspondiente a las coberturas naturales Bosques naturales densos de tierra firme y Arbustales densos, las demás coberturas se encontraron en categoría Baja (Mapa 7). Por lo anterior se debe considerar como un área donde el Bosque natural denso de tierra firme y el Arbustal denso presentan una configuración espacial que asegura el mantenimiento de los componentes físicos y bióticos de la biodiversidad a escala de paisaje. Sin embargo, estos resultados se debe integrar con la evaluación de

posibles efectos que se puedan generar entre matrices transformadas y naturales adyacentes, pues se sabe que las respuestas de las especies de fauna y flora a estos procesos son específicas.



Mapa 7. Indicador - Área núcleo efectiva para el área de estudio.

A partir de los resultados obtenidos con los indicadores descritos anteriormente se evaluó el atributo de Configuración espacial en el área de estudio, encontrando que los Bosques naturales densos de tierra firme y Arbustales densos se encontraron en categoría Alta (50,1 % del área), los Pastos limpios y Ríos en categoría Baja (16,5 %) y las demás coberturas en categoría Media (33,4 %) (Mapa 8). Por lo anterior podemos inferir a partir del atributo Configuración espacial que el área está en un buen estado ya que son las coberturas naturales las que en mayor proporción recibieron valores más altos, por su mayor representatividad en el área, presentan menor fragmentación y estos fragmentos a su vez tiene mayor área efectiva, característica que los hace menos susceptibles a presiones naturales y/o antropogénicas que se puedan presentar en el área.

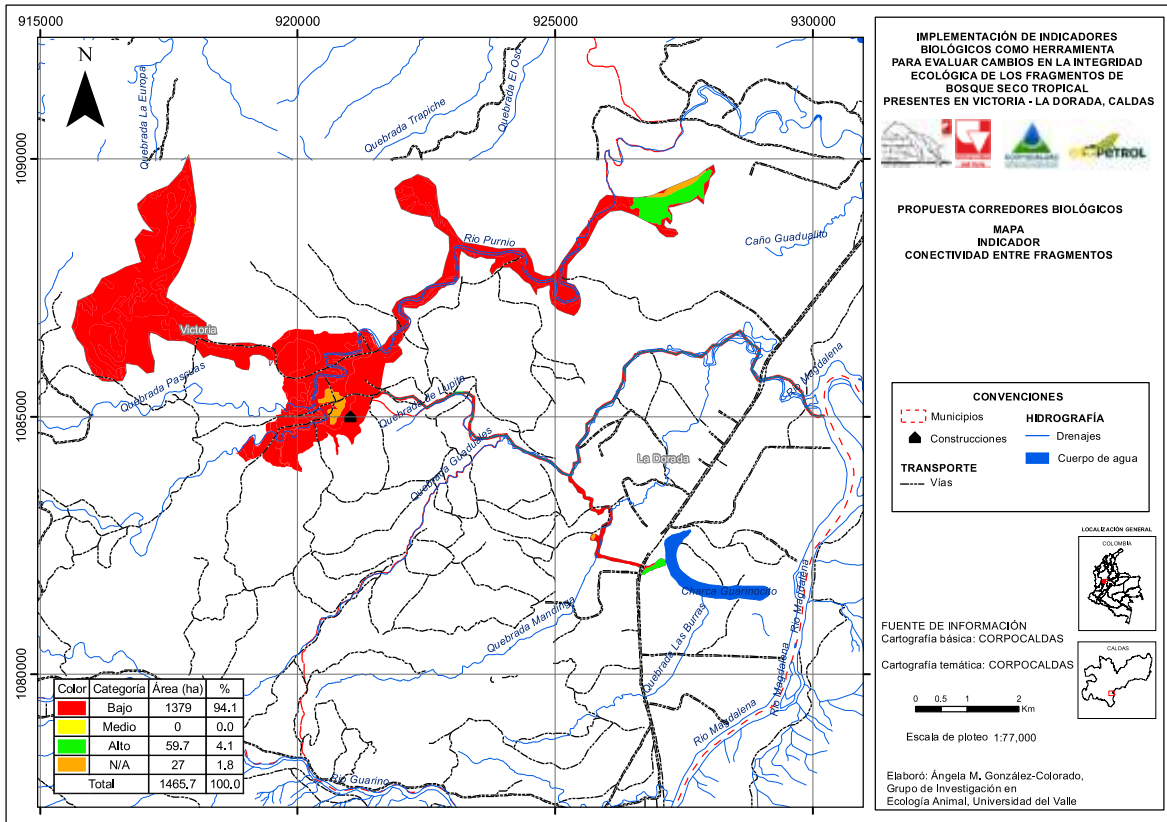


Mapa 8. Atributo – Configuración espacial para el área de estudio.

Función de la biodiversidad - atributo continuidad

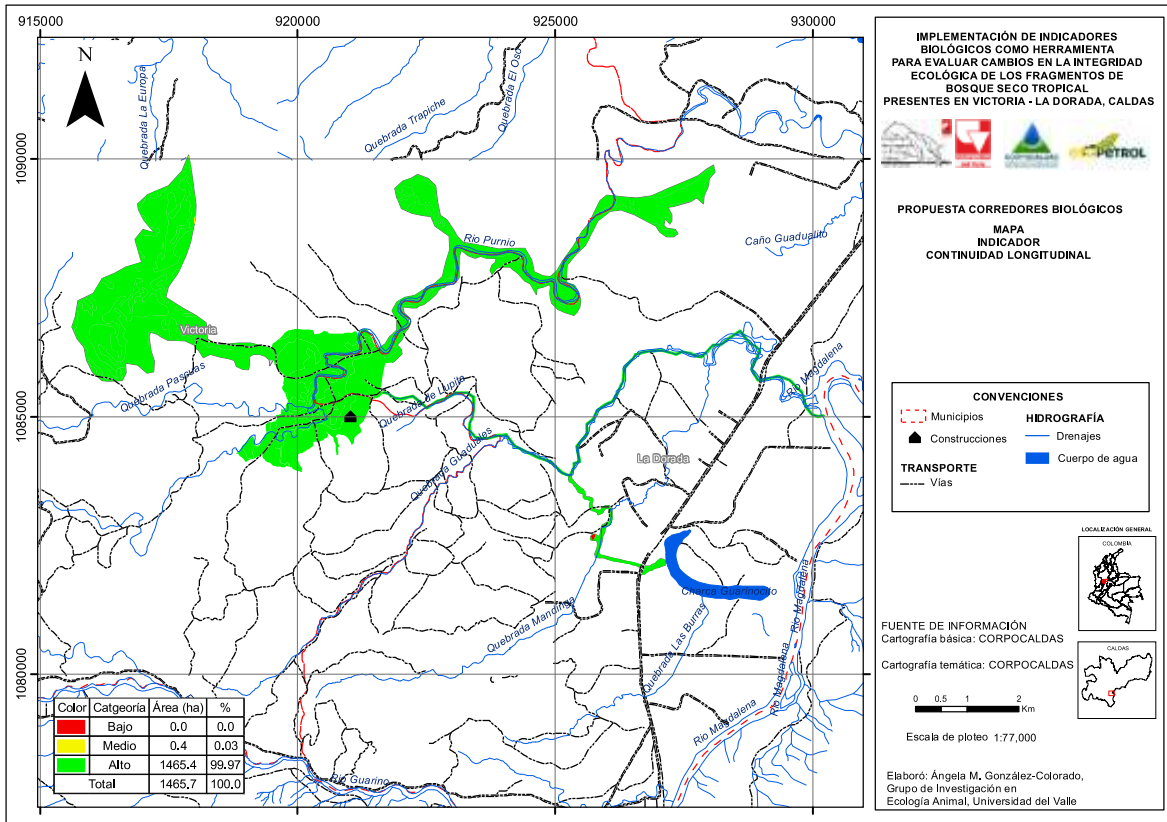
El atributo ecológico de Continuidad analiza las conexiones físicas existentes entre unidades espaciales similares o complementarias. Su análisis permite saber acerca de los disturbios estructurales que limitan o favorecen la variedad de interacciones y procesos que ocurren entre sus componentes biológicos.

El indicador de Conectividad entre fragmentos permite conocer acerca de la cercanía o vecindad en que se disponen los fragmentos que forman parte de la cobertura midiendo la distancia entre los parches o fragmentos de cada unidad natural que se encuentra dentro del área de estudio. En particular, para este indicador solo los Bosques fragmentados con pastos y cultivos se encontraron en categoría Alta, las demás coberturas se encontraron en categoría Baja (Mapa 9). De los siete tipos de coberturas naturales, cinco presentaron valores bajos en este indicador mostrando cercanía entre los fragmentos que las conforman, por lo cual existe una mayor conectividad. Los Bosques naturales densos de tierra firme por ejemplo, presentar un número bajo de fragmentos, la proximidad entre ellos es mayor, por lo cual se puede considerar que en el PNR Páramo del Duende se encuentran coberturas naturales con buena capacidad para mantener flujos ecológicos.



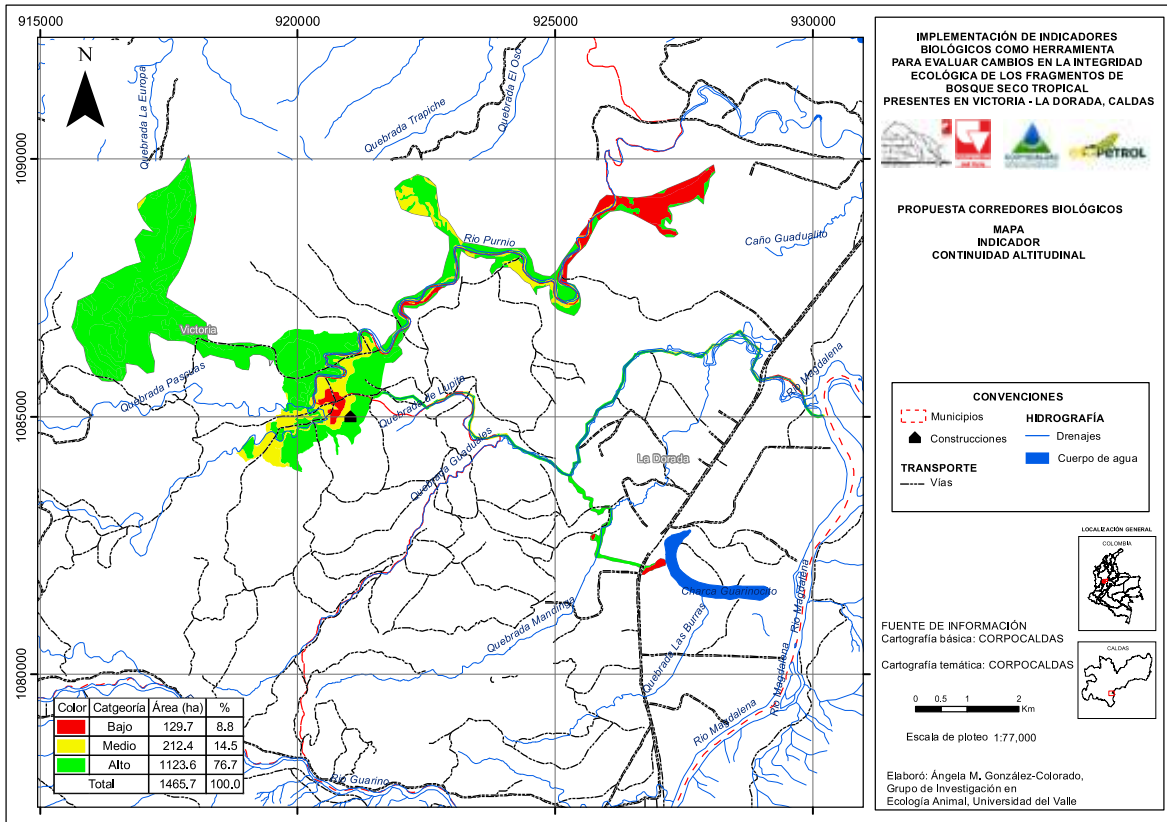
Mapa 9. Indicador – Conectividad entre fragmentos para el área de estudio.

En términos generales existe una buena continuidad longitudinal dentro del área de estudio, ya que se la mayoría de las coberturas se encontraron en categoría Alta, excepto los Herbazales densos de tierra firme que está en categoría Media, debido a la forma y tamaño del único fragmento que se encuentra en la zona (Mapa 10). Por otra parte, la continuidad longitudinal alta en las demás coberturas naturales mantiene su condición en términos de facilitar los flujos ecológicos entre los fragmentos, lo cual garantiza que éstas coberturas naturales cumplan su rol funcionalmente.



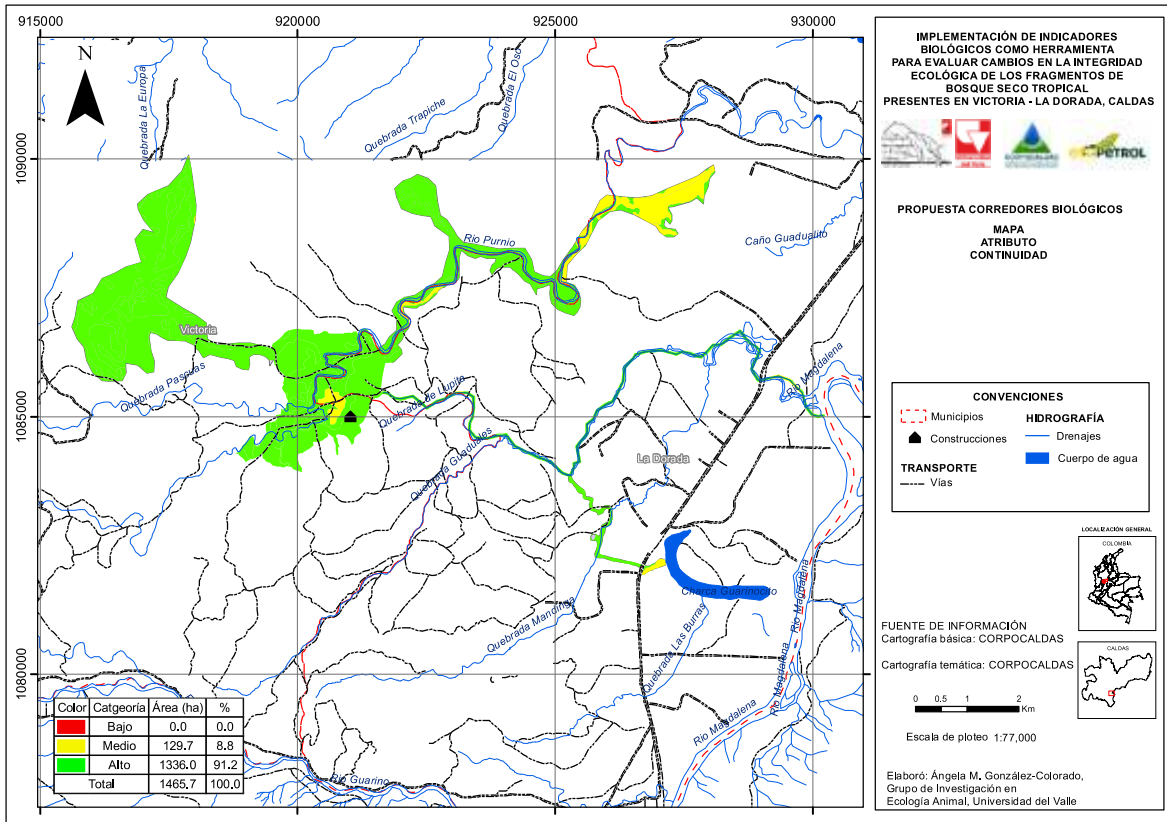
Mapa 10. Indicador - Continuidad longitudinal para el área de estudio.

Según el indicador de Continuidad altitudinal en el área el 76,7 % del área se encontró en categoría Alta, el 14,5 % en categoría Media y el 8,9 % en categoría Baja (Mapa 11). Este indicador permite inferir el grado en el cual los fragmentos de cada cobertura se encuentran físicamente conectada a lo largo de un perfil altitudinal, para el área de estudio existe una buena condición de continuidad en solo tres de los siete tipos de coberturas naturales cumpliendo con ésta función, sin embargo, los Pastos cultivados y los Pastos enmalezados o enrastrados también presentan buena continuidad altitudinal por lo cual es necesario enfocar acciones hacia la reconversión en el uso de estos suelo, ya sea implementando manejos agroecológicos o estrategias de restauración; y así disminuir el impacto sobre las coberturas naturales.



Mapa 11. Indicador - Continuidad altitudinal para el área de estudio.

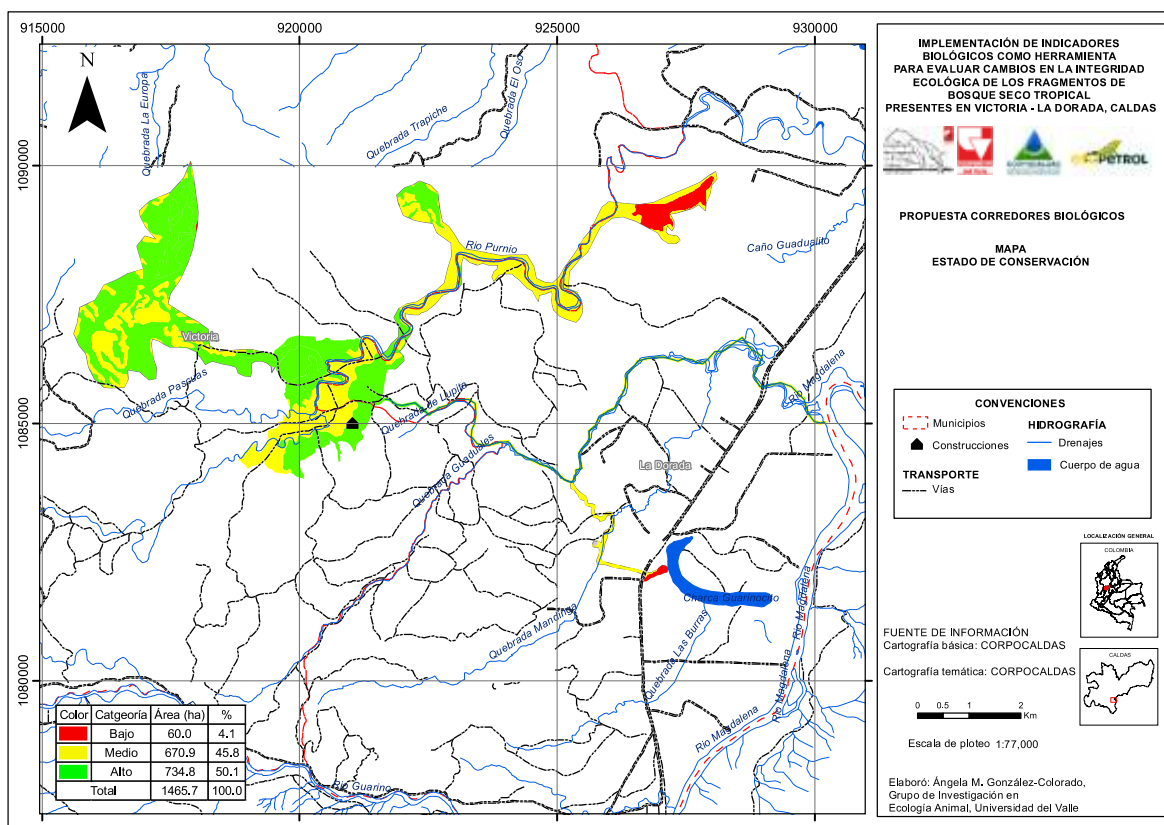
Finalmente al analizar el atributo de Continuidad se encontró que el 91,1 % del área se encuentra en categoría Alta y el 8,9 % en categoría Media (Mapa 12). Cabe resaltar que de las coberturas que se encuentran en categoría Alta están los Bosques densos altos de tierra firme, Arbustales densos, Bosques de galerías y riparios y Ríos.



Mapa 12. Atributo - Continuidad para el área de estudio.

Estado de conservación

Por último el análisis del mapa de estado de conservación indica que el 50,1 % del área se encuentra en categoría Alta, el 45,8 % en categoría Media y tan solo el 4,1 % en categoría Baja (Mapa 13). Las coberturas que se encuentran en categoría Alta corresponden a Arbustales densos y Bosque denso alto de tierra firme las cuales además de su mayor representatividad dentro del área, presentan una mayor conectividad y fragmentos de mayor tamaño. Este panorama prioriza la implementación de estrategias de restauración y conectividad sobre estos tipos de coberturas naturales con el propósito de mejorar o al menos mantener el flujo de los procesos ecológicos en este tipo de ecosistema seco que se encuentra amenazado a nivel nacional.



Mapa 13. Estado de conservación para el área de estudio.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA PLAN DE MANEJO

Introducción

Es un hecho que la biodiversidad es el fundamento de nuestra vida cotidiana, ya que por mucho es base directa e indirecta de numerosas actividades productivas, siendo a su vez de suma importancia para el desarrollo sostenible de un país. Colombia es considerado uno de los países con mayor diversidad biológica, ya que al tener solo un 0,7 % de territorio continental alberga cerca del 10 % de la biodiversidad mundial (MADS 2012).

Lo anterior, además de ser un privilegio también es una gran responsabilidad, pues continuamente en el país se vienen desarrollando actividades como tala, potrerización, minería, entre otras que directa o indirectamente generan presiones sobre las especies, incluso en áreas protegidas donde las actividades de transformación del ambiente han cesado pero a pesar de esto aún se evidencian estos procesos en donde la nueva matriz de bosques fragmentados condiciona la composición natural de especies (Burbano-Yandi *et al.* 2015). Todo estos que han actuado en sinergia generando condiciones ecológicamente inestables y como consecuencia de estas disminuye la conectividad en el paisaje y disminución de los diferentes grupos biológicos.

Múltiples estrategias de conservación se han desarrollado para prevenir la extinción de las especies y/o mantener poblaciones en niveles ecológicamente saludables principalmente en términos de la mitigación de las presiones y fuentes de presión (Granizo *et al.* 2006). Todas han llegado a ser exitosas pues se desarrollan bajo una planificación que permite un manejo adecuado, cuyo objetivo final va a ser la conservación (Granizo *et al.* 2006). En relación a esto, muchas naciones han elaborado o adoptado estrategias, planes o programas nacionales para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, cumpliendo así con lo estipulado en el Artículo 6 del convenio de diversidad biológica (Granizo *et al.* 2006). Cada uno de estos programas está basado en convenios internacionales, pero contextualizados a las políticas y leyes de cada país.

Por lo tanto los planes de manejo se convierten en una hoja de ruta que trata de enfocar programas y acciones que conlleven a la conservación y a la orientación de los recursos para especies focales o para alguna zona en particular, para nuestro caso, nos hemos enfocado en siete especies que consideramos de relevancia y que además interpretan las

necesidades de las distintas poblaciones de fauna y flora que están presentes en la zona de estudio.

Finalmente, estos siete planes de manejo, tienen como principal objetivo conservar poblaciones viables y ecológicamente estables, a partir de alternativas y estrategias de conservación que involucran los distintos actores sociales, en particular las comunidades locales, a las cuales estas especies en muchos casos les sirven de sustento. Cabe resaltar, que estos planes, están ligados a las actividades socioeconómicas y los requerimientos de investigación científica básica que se requiere para realizar el manejo de estas especies, lo que facilitaría la implementación de alternativas de manejo que contemplen el conocimiento de las tecnologías desarrolladas por los pobladores locales para que haya en los casos necesarios un aprovechamiento sostenible, en el que las futuras generaciones puedan seguir beneficiándose de este recurso. Esto significa que el manejo de estos recursos definirá en buena medida la conservación de la biodiversidad de esta zona.

Métodos

Para la cuenca media del río Purnio fueron registradas un total de 646 especies entre los distintos grupos biológicos evaluados en el proyecto, los cuales fueron revisados por el equipo de profesional que hicieron parte del proyecto, con la idea de definir unas especies que reflejaran las amenazas y las potencialidades de la zona, con base en estos dos criterios fueron identificadas una lista de especies potenciales, las cuales serían evaluadas mediante una matriz de priorización (Figura 12) la cual permite definir en cuales de ellas deberíamos inicialmente enfocar nuestro esfuerzos de acuerdo a los criterios establecidos como prioritarios para nuestra zona. Subsecuentemente, esta matriz fue alimentada con un taller de análisis estructural en el que se contrastaron los problemas y los puntos de vista de los participantes a través de una lluvia de ideas que se va visualizando en un cartel o tablero en donde se le va otorgando valor a los problemas en orden de importancia por votación, al final se analizaron los resultados y se concluyó el ejercicio de manera colectiva con una reflexión sobre los objetivos de los planes de manejo de estas especies.

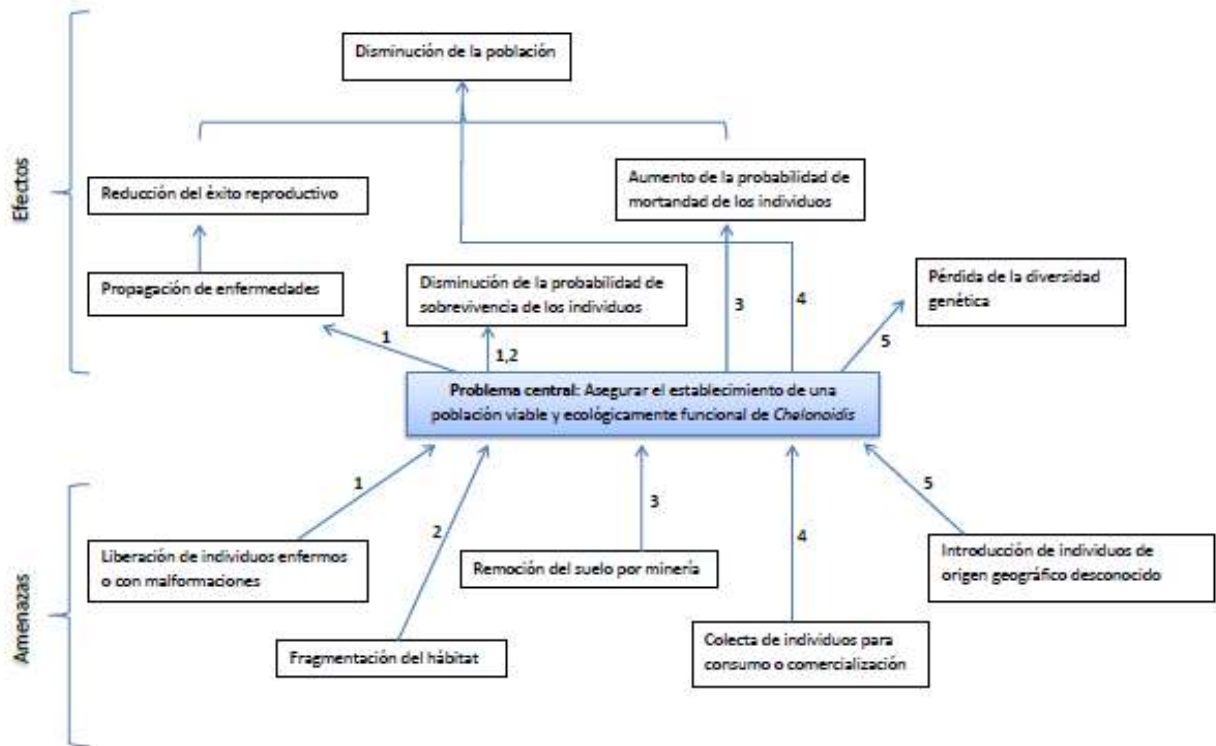


Figura 12. Modelo conceptual (árbol de problemas) para la elaboración de los lineamientos de acción establecidos para la conservación de las especies.

Como parte del ejercicio anteriormente señalado el resultado fue que siete especies quedaron proyectadas para elaborar un plan de manejo, proyectado en un escenario de corto y mediano plazo. Estas especies corresponden a diversos grupos entre ellos plantas, peces y reptiles, las cuales se presentan a continuación:

Resultados

Plan de Manejo Palma Estera



Astrocaryum malybo H.Karst.

Palma estera

Descripción general de la especie

Palmas solitarias con tallo subterráneo o raramente aéreo, con grupos de espinas negras, aplanadas. Hojas hasta 20 m de largo; vaina + pecíolo hasta 1 m de largo, con grupos de espinas café oscuro a negras, aplanadas; raquis hasta 5 m de largo, con espinas negras; pinnas hasta 120 por lado, regularmente dispuestas e insertadas en un mismo plano, envés blanquecino, con pequeñas espinas en los bordes. Inflorescencia

interfoliar, erguida; bráctea peduncular hasta 60 cm de largo, con numerosas espinas en el exterior; pedúnculo hasta 1 m de largo; raquis hasta 35 cm de largo, raquis y raquillas habanas. 2 a 4 flores femeninas en la base y numerosas flores masculinas en la porción distal. Frutos elipsoides a ovoides, hasta 4 cm de largo y hasta 3 cm de ancho, amarillos en estado inmaduro, violáceos a casi negros en estado maduro, superficie lisa, sin espinas, con apículo; mesocarpo carnoso. Semillas 1 (basado en Galeano y Bernal 2010).

Distribución geográfica

Conocida de la cuenca del río Magdalena (desde Mariquita, Tolima, donde ahora es muy escasa, hasta Cesar y Sucre), de la cuenca alta del río Sinú y San Jorge (desde Córdoba hasta Urabá), y del extremo norte de la Costa Pacífica (en el Chocó, hasta Punta Ardita en la frontera con Panamá). En el valle del Magdalena es más común al norte de Puerto Boyacá. Desde cerca del nivel del mar hasta 750 m de altitud (Galeano y Bernal 2005, Galeano y Bernal 2010).

Historia Natural

Astrocaryum malybo crece en bosques húmedos a medianamente secos de tierras bajas (Galeano y Bernal 2010). Se puede encontrar en pequeños fragmentos de bosque en las márgenes de los ríos y quebradas, donde se regenera, o aislada en pastizales, debido a la deforestación y fragmentación de su hábitat natural, lo cual se ha realizado desde hace 15 años, de acuerdo con la comunidad habitante de las zonas donde se encuentra (García *et al.* 2011). Presenta flores en junio y frutos entre julio y noviembre (Galeano y Bernal 2010).

Al menos 14 especies del género *Astrocaryum* se han reportado como fuente de fibra (Isaza *et al.* 2013). Una de las más comúnmente usadas en la Costa Atlántica es *A. malybo*. Las pinnas de las hojas jóvenes se usan para elaborar esteras, manteles, individuales y otros objetos, producidos a nivel doméstico. La producción de estos elementos es un rubro importante en la economía de Chimichagua y Tamalameque, Cesar y El Banco, Magdalena (Galeano y Bernal 2010), y actualmente existe una alta demanda de esteras de *Astrocaryum* en grandes ciudades como Bogotá y Medellín (García *et al.* 2011). Existe evidencia arqueológica en Antioquia, Caldas, Cesar y Santander que indica el posible uso de *A. malybo* desde hace por lo menos 2830 años (Morcote y Bernal 2001).

Amenazas (Estado de conservación y amenazas)

Esta especie ha sido categorizada como En Peligro (EN). En toda su área de distribución, el hábitat está muy alterado por la deforestación y fragmentación de sus bosques y, en el peor de los casos, por la devastación de éstos para establecer zonas de cultivo y para ganadería, como en la región de Urabá y en el Magdalena Medio (Galeano y Bernal 2005). De hecho, en la Costa Atlántica, donde existen comunidades dedicadas a la extracción de la fibra para realizar esteras, la mayor amenaza para las poblaciones de *A. malybo* no es esta actividad, sino la propia tala de los bosques donde éstas se encuentran (García *et al.* 2011).

Medidas de conservación

Debido a que la conservación de la especie *A. malybo* depende de las poblaciones que se encuentran en los bosques secundarios, donde esta palma se puede regenerar, y no en los potreros y pastizales, donde se encuentra aislada y con una nula posibilidad de regenerarse, se ha propuesto como una medida efectiva de protección el establecimiento de áreas protegidas en los sitios donde se encuentran las poblaciones, y la implementación de medidas para prevenir que el ganado entre a los remanentes de bosques. Estrategias de conservación propuestas incluyen el prohibir la tala de las palmas, y el enriquecimiento vegetal de los sitios donde se encuentran las poblaciones. Además, debido a que el impacto de la extracción de fibra es muy poco, se ha considerado el cultivo de *A. malybo* como otra estrategia de conservación, no sólo para esta especie, sino para el ecosistema entero, ya que es una especie que requiere de otros árboles para establecerse. Incluso, al ser un potencial sustento para las comunidades, permite que éstas apoyen las políticas de conservación implementadas por los organismos de control en la zona, siempre y cuando se dé más importancia a la calidad del producto final y no a la cantidad, con el fin de que los ingresos para las familias sean suficientes para su sustento. (García *et al.* 2011).

Literatura citada

Galeano, G. y R. Bernal. 2005. Pp. 59-224. En: Calderón, E., G. Galeano y N. García (Eds.). Libro Rojo de Plantas de Colombia. Volumen 2: Palmas, Frailejones y Zamias. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia, Instituto

Alexander von Humboldt - Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 454 pp.

Galeano, G. y R. Bernal. 2010. Palmas de Colombia, guía de campo. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C. 688 pp.

García, N., M. C. Torres, R. Bernal, G. Galeano, N. Valderrama y V. A. Barrera. Management of the spiny palm *Astrocaryum malybo* in Colombia for the production of mats. *Palms* 55(4): 190-199.

Isaza, C., R. Bernal y P. Howard. 2013. Use, production and conservation of palm fiber in South America: a review. *Journal of Human Ecology* 42(1): 69-93.

Morcote, G. y R. Bernal. 2001. Remains of palms (Palmae) at archaeological sites in the New World - A review. *The Botanical Review* 67: 309-350.

Plan de Manejo del Cabecinegro



Astrocaryum triandrum Galeano-Garces, R.Bernal & F.Kahn

Cabecinegro

Descripción general de la especie

Palmas solitarias, hasta 10 m de alto, con tallo grisáceo, sin espinas o con pocas hileras de espinas, y con la base de las hojas persistentes en el tallo por largo tiempo. Hojas erguidas; vaina + pecíolo hasta 150 cm de largo, con numerosas espinas negras; raquis hasta 4 m de largo, con espinas negras; pinnas hasta 100 por lado, regularmente dispuestas e insertadas en un mismo plano, envés blanquecino. Inflorescencia interfoliar, erguida; pedúnculo hasta 80 cm de largo, con espinas oscuras; raquis hasta 20 cm de largo, raquillas numerosas. Flores femeninas en la base, 1 por raquilla; flores masculinas numerosas en porción distal, con sólo 3 estambres y sin estaminodios. Frutos apiñados en un racimo compacto, hasta 6 cm de largo y hasta 3 cm de ancho, agudos en base, redondeados en ápice, con apículo, superficie con numerosas espinas negras, dirigidas hacia el ápice; mesocarpo anaranjado, harinoso. Semillas 1 (basado en Galeano y Bernal 2010).

Distribución geográfica

Conocida del valle medio del río Magdalena, en los departamentos de Antioquia, Caldas, Boyacá y Santander, desde los alrededores de La Dorada y, por lo menos, hasta el río Carare, entre 160 y 500 m de altitud. Es endémica de Colombia (Galeano y Bernal 2005, Galeano y Bernal 2010).

Historia natural

A. triandrum crece en bosques húmedos, sobre planicies aluviales y sobre colinas con pendiente moderada, en suelos ácidos, de fertilidad moderada a alta (Galeano-Garces *et al.* 1988). A veces sobrevive en áreas deforestadas, en las cuales no se regenera (Galeano y Bernal 2010). Presenta flores y frutos en junio, y a veces empieza a florecer cuando todavía no tiene tallo aéreo (Galeano y Bernal 2010).

El tallo de *A. triandrum* es muy fuerte y se usaba antiguamente para fabricar trapiches de mano, postes para cercas y soportes para casas (Galeano y Bernal 2010). Existe evidencia arqueológica en Caldas que indica el posible uso de *A. triandrum* desde hace por lo menos 730 años (Morcote y Bernal 2001).

Amenazas (Estado de conservación y amenazas)

Esta especie ha sido categorizada como En Peligro (EN). Se tienen registros de pocas localidades, entre las cuales se encuentran algunas subpoblaciones protegidas en áreas de reserva privada como la Reserva de la Sociedad Civil Río Manso y en la adyacente hacienda San Antonio, en La Miel, municipio La Dorada; en Playa alta y en un relicto de bosque de la finca Las Malvinas en Puerto Boyacá (Galeano y Bernal 2005).

Medidas de conservación

Se ha propuesto realizar un diagnóstico sobre el tamaño y distribución de las subpoblaciones que tengan mayor potencial de conservación, y apoyar las áreas de reserva en donde se encuentran (Galeano y Bernal 2005).

Literatura citada

Galeano, G. y R. Bernal. 2005. Pp. 59-224. En: Calderón, E., G. Galeano y N. García (Eds.). Libro Rojo de Plantas de Colombia. Volumen 2: Palmas, Frailejones y Zamias. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia, Instituto Alexander von Humboldt - Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 454 pp.

Galeano, G. y R. Bernal. 2010. Palmas de Colombia, guía de campo. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C. 688 pp.

Galeano-Garces, G., R. G. Bernal y F. Kahn. 1988. Una nueva especie de *Astrocaryum* (Palmae) de Colombia. *Candollea* 43: 279 - 283.

Morcote, G. y R. Bernal. 2001. Remains of palms (Palmae) at archaeological sites in the New World - A review. *The Botanical Review* 67: 309-350.

Plan de Manejo del Mamarón



Attalea cohune Mart.

Mamarrón

Descripción general de la especie

Palmas solitarias, hasta 20 m de alto, con tallos inermes. Hojas hasta 12 m de largo, copa en forma de embudo; pecíolo muy corto, hasta 2 cm de largo; raquis hasta 10 m de largo; pinnas ca. 200 por lado, regularmente dispuestas e insertadas en un mismo plano. Inflorescencia interfoliar, con numerosas raquillas; bráctea floral leñosa, erecta, lisa, anaranjada en interior, café claro en exterior; pedúnculo hasta 60 cm de largo, verde oliva; raquis hasta 80 cm de largo; raquillas numerosas, blancas. Flores masculinas con las anteras retorcidas en espiral. Frutos obovoides, superficie lisa, café claro, con apículo

hasta 1.5 cm de largo; exocarpo leñoso, mesocarpo fibroso, seco. Semillas 1 (basado en Galeano y Bernal 2010).

Distribución geográfica

Se distribuye en el valle medio del río Magdalena desde los alrededores del municipio La Dorada hacia el norte, por lo menos hasta Puerto Serviez, Santander, y en los departamentos de Antioquia, Caldas, Boyacá y posiblemente Cundinamarca, entre 150 y 400 m de altitud. En Centroamérica se encuentra presente desde México hasta Guatemala y Honduras. (Galeano y Bernal 2005, Galeano y Bernal 2010).

Historia natural

Attalea cohune crece mayormente en relictos de bosque de suelos ricos, pero también en áreas abiertas, éstas últimas en las que sobrevive pero no se regenera. Las poblaciones colombianas están aisladas de las de Centroamérica, ya que esta especie no se encuentra en Panamá, Costa Rica ni en Guatemala. (Galeano y Bernal 2010). Presenta flores y frutos en mayo (Galeano y Bernal 2010). Los frutos son parasitados por larvas de escarabajos Bruchidae (Meerow 2008), y se ha reportado la infección con patógenos fúngicos como *Achorella attaleae*, *Gloeosporium palmigenum*, y *Poria ravenalae* (Duke 2001).

Las semillas de *Attalea cohune* pueden permanecer viables por 6 meses, y presentan un aceite no secante de alta calidad usado en iluminación y producción de jabón; los frutos se usan para hacer confites y para alimento del ganado (Meerow 2008). Existe evidencia del uso de esta palma en Centroamérica desde hace por lo menos 4450 años y en Colombia desde hace 750 años, con registros en La Dorada, Caldas, por lo que probablemente su dispersión esté relacionada con las migraciones humanas (Morcote y Bernal 2001).

Amenaza (Estado de conservación y amenazas)

Se considera como una especie En Peligro (EN). En Colombia se conoce en menos de cinco localidades; casi toda la región que comprende su extensión de presencia está bastante deteriorada. Se encuentra en algún grado de protección en los relictos de bosque en la Reserva de la Sociedad Civil Río Manso, La Dorada (Caldas) (Galeano y Bernal 2005).

Medidas de conservación

Se ha propuesto evaluar el estado actual de las poblaciones, apoyar la protección efectiva de los bosques en los que crece e incluirla en jardines botánicos y colecciones vivas (Galeano y Bernal 2005).

Literatura citada

Duke, J. A. 2001. Handbook of nuts. CRC Press. Boca Raton, Florida. 343 pp.

Galeano, G. y R. Bernal. 2005. Pp. 59-224. En: Calderón, E., G. Galeano y N. García (Eds.). Libro Rojo de Plantas de Colombia. Volumen 2: Palmas, Frailejones y Zamias. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia, Instituto Alexander von Humboldt - Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 454 pp.

Galeano, G. y R. Bernal. 2010. Palmas de Colombia, guía de campo. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C. 688 pp.

Henderson, A., G. Galeano y R. Bernal. 1995. Field guide to the palms of the Americas. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. 352 pp.

Meerow, A. W. 2008. Attalea cohune. Pp. 90. En: Janick, J. y R. E. Poll (Eds.). The encyclopedia of fruits and nuts. CABI Publishing. Cambridge, U.K.

Morcote, G. y R. Bernal. 2001. Remains of palms (Palmae) at archaeological sites in the New World - A review. The Botanical Review 67: 309-350.

Tabla 17. Lineamiento de manejo para las tres especies de palmas amenazadas que se encuentran en el área de estudio.

Estrategias	Programas	Proyectos	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
Mantener y/o aumentar el porcentaje de cobertura naturales	Investigación y conocimiento	Monitoreo del estado de las coberturas naturales	6 eventos de monitoreo	Se espera realizar la evaluación del estado de la cobertura a través del tiempo	CARs, IGAC, INCODER, Ministerio de Minas, Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, Universidad del Valle y otras Universidades, ONGs, institutos de investigación	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Mediano plazo (Entre 3 y 6 años)
		Evaluar el impacto de las amenazas sobre las coberturas naturales	Un documento técnico con el diagnóstico de las amenazas sobre las coberturas naturales y propuesta de mitigación	Se espera realizar la evaluación de las amenazas sobre las coberturas naturales como la minería y la ganadería, además de generar un diagnóstico	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Ecopetrol, Universidad del Valle y Universidades, propietarios, ONGs, institutos de investigación	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)
	Restauración y conservación	Aislamiento de coberturas naturales	El 25 % de las coberturas naturales aisladas	Se espera realizar el aislamiento de al menos el 25 % de las coberturas naturales	CARs, Universidad del Valle y otras Universidades, propietarios, comunidad, ONGs, institutos de	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)

Estrategias	Programas	Proyectos	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
					investigación		
		Establecer Herramientas de Manejo del Paisaje (implementar corredores biológicos, enriquecimiento de hábitat, traslocación de plántulas, etc.)	Conectar el 25 % de las coberturas naturales	Se espera realizar la implementación de HMP que conecten al menos el 25 % de las coberturas naturales	CARs, Ecopetrol, Universidad del Valle y otras Universidades, propietarios, comunidad, ONGs, institutos de investigación	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)
	Gestión y administración	Articular actividades de conservación con bosques aledaños	Socializar y vincular al menos dos propietarios de la zona con las actividades de conservación propuestas	Se espera articular actividades de conservación con propietarios colindantes que cuenten con áreas boscosas	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Universidad del valle y otras Universidades, propietarios, comunidad, ONGs	Predios colindantes a la finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Mediano plazo (Entre 3 y 6 años)
		Control y vigilancia de las coberturas naturales	3 eventos de control y vigilancia	Se espera realizar y mantener el control y vigilancia de las coberturas naturales	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, policía ambiental	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)

Estrategias	Programas	Proyectos	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
		Articular actividades de conservación con las políticas e instrumentos de gestión vigentes	Un documento en el que se articulen las políticas y demás instrumentos de gestión con los planes de conservación	Se espera articular las actividades de conservación con los POT, POMCAS, PMA, PND, PNGIBSE, Plan Nacional de desarrollo minero, PRAES	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, Ministerio de Minas, Ecopetrol, Universidad del Valle y otras Universidades	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Mediano plazo (Entre 3 y 6 años)
		Aplicación de medidas sancionatorias y de la normatividad vigente a los asentamientos humanos ilegales y/o actividades antrópicas	Número de procesos sancionatorios abiertos y en curso	Se espera aplicar las medidas sancionatorias y de normatividad vigentes a las actividades ilegales que afecten las coberturas naturales	CARs, Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, Ministerio de Minas, policía ambiental	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)
	Empoderamiento social	Implementar una estrategia de educación ambiental para sensibilizar a comunidades locales con el objeto de proteger las coberturas naturales, articulado con PRAES	Tres eventos de actividades de educación ambiental	Se espera sensibilizar por medio de actividades de educación ambiental a las comunidades locales	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Ecopetrol, Universidad del Valle y otras Universidades, ONGs, institutos pedagógicos, institutos tecnológicos, institutos de educación superior	En el municipio de La Dorada (poblado Villa Esperanza, Centro educativo Villa Esperanza, poblado Guarinocito), municipio	Corto plazo (Menor a 3 años)

Estrategias	Programas	Proyectos	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
						Victoria (poblado Bella vista)	
Lograr el sostenimiento de los atributos ecológicos claves para la viabilidad de plántulas y adultos	Investigación y conocimiento	Establecer y monitorear Parcelas Permanentes de vegetación en coberturas naturales	Un evento de monitoreo en mínimo una Parcela Permanente de vegetación	Se espera realizar el establecimiento y monitoreo de Parcelas Permanentes de vegetación en coberturas naturales	CARs, Universidad del Valle y otras Universidades, comunidad	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Mediano plazo (Entre 3 y 6 años)
		Identificar la distribución de los individuos de las especies focales en la zona	Un mapa de distribución de los individuos de las especies focales en la zona	Se espera obtener un mapa de distribución de los individuos de las especies focales en la zona	CARs, Universidad del Valle y otras Universidades, ONGs, fundaciones, institutos de investigación, comunidad	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)

Estrategias	Programas	Proyectos	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
		Desarrollar estudios de historia natural de las especies focales	Un estudio de historia natural que incluya los temas de germinación, fenología e interacción planta-animal por especie focal cada dos años	Se espera realizar estudios de investigación que abarquen temas de historia natural (germinación, fenología e interacción planta-animal) de las especies focales	CARs, Universidad del Valle y otras Universidades, ONGs, fundaciones, institutos de investigación, comunidad	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Largo plazo (Entre 6 y 9 años)
		Determinar la dinámica poblacional de especies focales que incluya la evaluación de las amenazas sobre la viabilidad de plántulas y adultos en la zona por medio del método de monitoreo más adecuado	Un estudio de dinámica poblacional y evaluación de las amenazas de las especies focales	Se espera determinar la dinámica poblacional y evaluar las amenazas de las especies focales en la zona	CARs, Universidad del Valle y otras Universidades, ONGs, fundaciones, institutos de investigación, comunidad	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Largo plazo (Entre 6 y 9 años)
	Restauración y conservación	Establecer Herramientas de Manejo del Paisaje (viveros, traslocación de plantulas, enriquecimiento del hábitat)	Se establecen HMP en al menos 25 % de las unidades de conservación	Se espera establecer HMP en unidades de conservación para la zona	CARs, Universidad del Valle y otras Universidades, ONGs, fundaciones, institutos de investigación, comunidad	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Largo plazo (Entre 6 y 9 años)

Estrategias	Programas	Proyectos	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
	Gestión y administración	Control y vigilancia de las actividades extractivas ilegales de productos primarios y secundarios de las especies focales	Mínimo un evento de control y vigilancia por año	Se esperan realizar actividades de control y vigilancia de las acciones que impacten negativamente la viabilidad de plantulas y adultos	CARs, Universidad del Valle y otras Universidades, ONGs, fundaciones, institutos de investigación, comunidad	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)
		Aplicación de medidas sancionatorias y de la normatividad vigente a las actividades de extracción ilegal	Número de procesos sancionatorios abiertos y en curso	Se espera aplicar las medidas sancionatorias y de normatividad vigentes a las actividades de extracción ilegal	CARs, Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, Ministerio de Minas, policía ambiental	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)
	Empoderamiento social	Promover entre las comunidades locales la investigación participativa	Número de actores sociales involucrados en los proyectos de investigación	Se espera involucrar a la comunidad en los proyectos de investigación	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Ecopetrol, Universidad del Valle y otras Universidades, ONGs, fundaciones, institutos de investigación, comunidad	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)
		Implementar una estrategia de educación ambiental para formación y sensibilización a comunidades	Número de actividades de educación ambiental desarrolladas con la comunidad	Se espera implementar una estrategia de educación ambiental para involucrar a las comunidades en	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Universidad del Valle y otras Universidades, ONGs, fundaciones,	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)

Estrategias	Programas	Proyectos	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
		locales con el objeto de reducir la extracción selectiva de las especies focales		los procesos de conservación	institutos de investigación, comunidad, institutos pedagógicos, institutos tecnológicos e institutos de educación superior		
	Aprovechamiento sostenible	Promover entre la comunidad el uso tradicional sostenible de los productos naturales secundarios de las especies vegetales	Número de productos naturales secundarios de las especies vegetales	Se espera promover el uso tradicional de productos secundarios de las especies vegetales	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, Universidad del Valle y otras Universidades, Corpoica, ONGs, SENA y otros institutos pedagógicos y de investigación, comunidad	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Largo plazo (Entre 6 y 9 años)
		Desarrollo de paquetes tecnológicos para el uso sostenible de las especies vegetales	Número de paquetes tecnológicos de aprovechamiento o sostenible desarrollados con especies vegetales	Se espera desarrollar paquetes tecnológicos que permitan el aprovechamiento sostenibles de las especies vegetales	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Ecopetrol, Universidad del Valle y otras Universidades, ONGs, institutos de investigación,	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Largo plazo (Entre 6 y 9 años)

Estrategias	Programas	Proyectos	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
					comunidad		
Promover el manejo y reconversión de los sistemas productivos que garanticen la calidad de los hábitats naturales y transformados	Investigación y conocimiento	Monitoreo de calidad del agua y suelos a partir de bioindicadores	Un documento técnico sobre la calidad del agua y suelos	Se espera realizar el monitoreo de la calidad de agua y suelos a partir de bioindicadores	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Ecopetrol, Universidad del Valle y otras Universidades, IDEAM	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)
		Evaluar la regeneración vegetal en zonas post-explotación minera (metodología Parcelas Permanentes de Monitoreo)	Un evento de monitoreo comparando zonas con diferentes tiempos de explotación	Se espera evaluar la regeneración vegetal en zonas post-explotación minera	CARs, Ministerio de Minas, Universidad del Valle y otras Universidades, propietarios	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)
		Evaluar el efecto del manejo de la reubicación de la tierra capote para restauración en zonas post-explotación minera	Un documento que determine el efecto de la reubicación de la tierra capote	Se espera evaluar el efecto de la reubicación de la tierra capote en zonas post-explotación	CARs, Universidad del Valle y otras Universidades, propietarios	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)

Estrategias	Programas	Proyectos	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
	Restauración y conservación	Liberación y recuperación de áreas forestales protectoras y franjas forestales del río (aproximadamente 30 m)	25 % de las áreas forestales y las franjas forestales de los cuerpos de agua liberadas y recuperadas para la conservación	Se espera delimitar y mantener tanto áreas forestales como las franjas forestales de los cuerpos de agua	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Ecopetrol, Universidad del Valle y otras Universidades, propietarios, comunidad	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)
		Implementar Herramientas de Manejo del Paisaje (corredores biológicos, cercas vivas y uso de bosque energéticos)	25 % de las áreas de bosque conectadas	Se espera implementar HMP con el fin de generar conectividad entre los fragmentos de bosque	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Ecopetrol, Universidad del Valle y otras Universidades, propietarios, comunidad	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Mediano plazo (Entre 3 y 6 años)
	Gestión y administración	Control y vigilancia (acceso ganado de vecinos)	áreas claramente delimitadas para el paso de ganado, para que estas no intervengan en los procesos de regeneración y conservación de la zona	Se espera que la actividad de ganadería se restrinja a la zona silvopastoril	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Ecopetrol, Universidad del Valle y otras Universidades, propietarios, comunidad	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)

Estrategias	Programas	Proyectos	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
	Aprovechamiento sostenible	Realizar apiques de exploración minera antes de intervenir áreas de bosque o tener una planeación estratégica de las áreas a explotar	Un documento que defina y delimite claramente las zonas de explotación minera y las zonas de conservación	Se espera definir las zonas de explotación minera y las zonas de conservación	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Ministerio de Minas, Ecopetrol, Universidad del Valle y otras Universidades, propietarios, comunidad	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)

Plan de Manejo Bocachico



Prochilodus magdalenae Steindachner 1879

Bocachico

Descripción general de la especie

El bocachico es un pez de cuerpo fusiforme que puede crecer más de 50 cm de longitud total (Mojica y Álvarez León 2002) y llegar a pesar hasta 10kg (Flórez 1999); Tiene una boca carnosa y prominente, provista de un gran número de dientes débiles filiformes dispuestos en una serie que rodea la circunferencia de los labios. Su rostro es corto y los ojos están ubicados aproximadamente en la mitad de la cabeza. Presenta una espina predorsal punzante, la aleta dorsal con 11 o 12 radios y la anal con 10 a 11 radios. El cuerpo es los adultos es plateado uniforme y las aletas con matices rojos o amarillos (Mojica y Álvarez León, 2002).

Distribución geográfica

Es una especie endémica de Colombia (Ortega Lara *et al.* 1999). Se distribuye en las zonas bajas de los sistemas del Magdalena, Sinú y Atrato; en el río ranchería hasta los 1000 m s.n.m. aproximadamente y en el río Cauca remonta hasta los 1500msnm (Mojica y Álvarez León 2002).

Historia Natural

Habita ríos, ciénagas y madrevejas con aguas entre los 20 y los 24°C, en partes medias y profundas, ubicándose donde el sustrato es lodoso (Ortega Lara *et al.* 1999). En estado larvario es herbívoro (algas unicelulares), al alcanzar una longitud mayor de 6-8 cm se convierte en detritívoro (Flórez 1986) en este cambio de hábitos alimenticios ocurre una alta mortandad de individuos. Su ciclo de vida es más de 4 años de edad y efectúa dos grandes migraciones anuales como estrategia reproductiva (Ortega Lara *et al.* 1999). El bocachico migra desde el río Magdalena hacia los tributarios en los meses de octubre y noviembre para reproducirse; la época de lluvias desencadena la maduración sexual, los huevos son depositados en el río y son arrastrados por la corriente hacia humedales lenticos (lagunas y madrevejas) donde eclosionan para reiniciar nuevamente el ciclo (Ortega Lara *et al.* 1999).

En el río La Miel y Manso, tributarios al río Samana Sur, *P. magdalenae* es dominante (muy frecuente y abundante) en las capturas de los pescadores durante las migraciones. Sus ejemplares alcanzan sectores del cauce a 190 m s. n. m. (Isagen -Universidad de Antioquia 2008, 2010a).

Amenazas (Estado de conservación y amenazas)

El bocachico está amenazado por la sobrepesca, ya que se captura durante todo el año y por la alteración y destrucción de sus hábitats.

Medidas de conservación

El bocachico se encuentra incluido en la resolución 584 de 2002 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, que declara las especies amenazadas en el país debido a que sus poblaciones nacionales se encuentran en riesgo de desaparecer. En la resolución 25 de 1971 se estableció la talla mínima de pesca del bocachico en 25 cm de longitud, para la cuenca de los ríos Magdalena y Cauca (Mojica y Álvarez León 2002). El decreto 2811 de 1974, capítulo VI, artículo 284, reglamenta que se prohíbe: 1) medios de pesca con explosivos y sustancias venenosas, 2) uso de aparejos, redes o aparatos de arrastre de especificaciones no permitidas, y 3) de secar, varias o desviar cauces de los ríos lagunas y ciénagas.

Además, la ordenación de la actividad pesquera está basada en la ley 13 de 1990 y decreto reglamentario 2256 de 1991, que proporcionan el marco jurídico institucional y administrativo, y cuyo objetivo general es regular el manejo integral y la explotación racional de los recursos pesqueros con el fin de asegurar su aprovechamiento sostenido. A pesar de que la normatividad no otorga poder jurídico para priorizar las obligaciones de los acuerdos y convenios internacionales, Colombia las acata a través de resoluciones o acuerdos expedidos por la actividad pesquera.

Medidas de conservación en el departamento

Las medidas incluyen planes de repoblamiento por parte de Corpocaldas.

Estado de conservación

De acuerdo al Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia, el bocachico está en estado Vulnerable (VU, A2c, d), debido a la rápida reducción de tamaño de sus poblaciones y el aumento en los niveles de explotación (Mojica *et al.* 2012).

Literatura citada

Flórez PE, 1986. Hoja de Vida del Bocachico (*Prochilodus magdalena*), Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC. Colombia.

Flórez PE, 1999. Protocolo de reproducción artificial del Bocachico (*Prochilodus magdalena*) en la estación piscícola de Buga. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC. Colombia.

ISAGEN-Universidad de Antioquia. 2008. Evaluación del impacto provocado por la operación de la central hidroeléctrica Miel sobre la actividad pesquera. Informe final, Universidad de Antioquia. Medellín. 78 pp.

ISAGEN-Universidad de Antioquia. 2010a. Monitoreo y seguimiento hidrobiológico del río Manso, durante la fase de construcción del proyecto Manso. Segundo Informe semestral, Universidad de Antioquia. Medellín. 158 pp.

ISAGEN-Universidad de Antioquia. 2010b. Crecimiento del bocachico *Prochilodus magdalena* y el patalo *Ichthyoelephas longirostris* (Steindachner, 1879), cuenca del río La Miel. Pp. 27-29. En: Dinámica de la comunidad de peces en la cuenca baja del río La Miel, bajo diferentes escenarios hidrológicos. Informe técnico, Universidad de Antioquia. 75 pp.

Mojica JL y Álvarez- León R, 2002. Libro Rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Serie de Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá Colombia.

Mojica JL, Usma JS, Álvarez-León R y Lasso CA (Eds), 2012. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, D. C., Colombia, 319 pp.

Ortega- Lara A, Murillo OE, Pimienta MC y Sterling JE, 1999. Caracterización de la ictiofauna nativa de los ríos de la cuenca alta del río Cauca en el departamento del Valle del Cauca. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cuca, CVC. Colombia.

Plan de Manejo Mojarra Amarilla



Caquetaia kraussii Steindachner, 1879

Mojarra amarilla

Descripción general de la especie

Boca muy protractil; color del cuerpo amarillo o marrón claro, con franjas negras verticales ubicadas a todo lo largo; presenta un punto negro en la región posterior superior del pedúnculo caudal, otro mas grande en la parte media del cuerpo, en la hendidura opercular, y en la parte baja del opérculo un punto blanco con los bordes negros gruesos; el primer radio de la aleta pectoral es de color blanco y termina en un filamento del mismo color; todas las aletas

tienen tonos amarillos. Escamas relativamente grandes, 29-30 longitudinales, 6-6 y media/11 escamas transversales y 19- 20/9-11 en la línea lateral. Aletas escamadas, la

dorsal, ventral y anal con filamentos prolongados. Aleta dorsal con 10-15 radios; anal con 5-6 espinas y 8-10 radios.

Distribución geográfica

En Colombia y Venezuela. En el país en las cuencas Caribe, Magdalena, Orinoco (introducida) (Lasso obs. pers.) y Pacifico (Maldonado-Ocampo *et al.* 2008).

Historia Natural

En el Magdalena se encuentra en las aguas tranquilas de las partes bajas de los ríos, especialmente en las zonas con vegetación sumergida (Ortega-Lara *et al.* 2002, Maldonado-Ocampo *et al.* 2005). Jiménez *et al.* (2009) reportan ejemplares dentro de ciénagas y la consideran una especie dominante en estos ambientes. Consume otros peces más pequeños e invertebrados bentónicos (Maldonado-Ocampo *et al.* 2005, Ortega-Lara *et al.* 2002). Esta especie también es considerada como omnívora con una tendencia a la carnivoría (Arango 2005, López-Casas *et al.* 2005).

La talla mínima de madurez sexual para el río Magdalena se ha registrado en 15,95 cm LE, en el río Sinú 15,75 cm LE (MADRCCI 2007, 2006) y en el río Atrato 18,6 cm LE con una edad correspondiente a 2,7 años (Barreto y Borda 2008).

Amenazas (Estado de conservación y amenazas)

Su principal amenaza es la sobrepesca (Lasso *et al.* 2011).

Medidas de conservación

No existen medidas de conservación para la especie.

Medidas de conservación en el departamento

No existen medidas de conservación para la especie en el departamento.

Estado de conservación

Esta especie no está incluida en el Libro Rojo de peces dulceacuícolas de Colombia ni en ninguna lista de especies en peligro.

Literatura citada

Flórez PE, 1986. Hoja de Vida del Bocachico (*Prochilodus magdalenae*), Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC. Colombia.

Flórez PE, 1999. Protocolo de reproducción artificial del Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) en la estación piscícola de Buga. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC. Colombia.

ISAGEN-Universidad de Antioquia. 2008. Evaluación del impacto provocado por la operación de la central hidroeléctrica Miel sobre la actividad pesquera. Informe final, Universidad de Antioquia. Medellín. 78 pp.

ISAGEN-Universidad de Antioquia. 2010a. Monitoreo y seguimiento hidrobiológico del río Manso, durante la fase de construcción del proyecto Manso. Segundo Informe semestral, Universidad de Antioquia. Medellín. 158 pp.

ISAGEN-Universidad de Antioquia. 2010b. Crecimiento del bocachico *Prochilodus magdalenae* y el patalo *Ichthyoelephas longirostris* (Steindachner, 1879), cuenca del río La Miel. Pp. 27-29. En: Dinámica de la comunidad de peces en la cuenca baja del río La Miel, bajo diferentes escenarios hidrológicos. Informe técnico, Universidad de Antioquia. 75 pp.

Mojica JL y Álvarez- León R, 2002. Libro Rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Serie de Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá Colombia.

Mojica JI, Usma JS, Álvarez-León R y Lasso CA (Eds.), 2012. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, D. C., Colombia, 319 pp.

Ortega- Lara A, Murillo OE, Pimienta MC y Sterling JE, 1999. Caracterización de la ictiofauna nativa de los ríos de la cuenca alta del río Cauca en el departamento del Valle del Cauca. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cuca, CVC. Colombia.

Plan de Manejo del Mohíno



Leporinus muyscorum Steindachner 1900.

Mohíno

Descripción general de la especie

Cuerpo fusiforme, Boca subterminal, dientes inferiores y superiores en una sola serie, planos, enteros, relativamente grandes y poco numerosos, inclinados hacia delante como en los roedores; 4-6 dientes premaxilares. Una a tres manchas redondas en los costados y de 40 a 43 escamas en la línea lateral. Tres manchas negras a cada lado del cuerpo, la primera próxima a la cabeza y la siguiente en la mitad del cuerpo. Alcanza 43 cm de longitud total.

Distribución geográfica

Colombia. Cuencas: Caribe y Magdalena (Maldonado-Ocampo *et al.* 2008). Subcuencas: Caribe (Atrato, Ranchería, Sinú) (Dahl 1971, Castillo 1981, Mojica *et al.* 2006a); Magdalena (Cauca, Lebrija, San Jorge) (Dahl 1971, Isagen 2008, 2010, Jiménez-Segura *et al.* 2009, Mojica *et al.* 2006b, Ortega - Lara *et al.* 2006, Villa-Navarro *et al.* 2006).

Historia natural

Habita en ciénagas, asociada a macrófitas flotantes. Jiménez *et al.* (2009a) reportan ejemplares dentro de ciénagas cuyas profundidades son menores a 6 m y dentro de condiciones de la masa de agua con pH entre 6-7,35, conductividad entre 24,9-110 ms, oxígeno disuelto entre 0,61-8,1 mg.l-1 y temperaturas entre 26,5-31,2 °C. Es una especie dominante dentro de la asociación en ciénagas de la cuenca media del río Magdalena. En la cuenca del río La Miel la especie es capturada en ríos con temperaturas que oscilan entre los 20,8 y los 29,2 ° C, concentraciones de oxígeno desde 3,31 mg. L-1 hasta 9,8 mg. L-1, conductividades que oscilan entre 31 y 100 μ s.cm-2 y un pH entre 5,8 y 8,52 (Isagen-Universidad de Antioquia 2008). Es una especie omnívora. Casas *et al.* (2007) señalan a *L. muyscorum* como omnívora con tendencia a la herbívora donde el alimento dominante son las semillas acompañados de algunos insectos. Presenta migraciones locales y cortas (< 100 km). Migra durante los dos momentos de aguas bajas (Usma *et al.* 2009).

Amenaza (Estado de conservación y amenazas)

Sus principales amenazas en general son la sobrepesca y alteración de sus hábitats. En la zona de influencia de la hacienda la Española su principal amenaza puede estar en la alteración de las condiciones de su hábitat.

Medidas de conservación

No existen para la región del Magdalena Medio. Para la cuenca del río Sinú su talla mínima de captura es de 25 cm LT (Valderrama *et al.* 2006).

Medidas de conservación en el departamento

No existen medidas de conservación en el departamento de Caldas.

Estado de conservación

Se considera como una especie Vulnerable (VU, A2d).

Literatura citada

ISAGEN-Universidad de Antioquia. 2008. Evaluación del impacto provocado por la operación de la central hidroeléctrica Miel sobre la actividad pesquera. Informe final, Universidad de Antioquia. Medellín. 78 pp.

ISAGEN-Universidad de Antioquia. 2010a. Monitoreo y seguimiento hidrobiológico del río Manso, durante la fase de construcción del proyecto Manso. Segundo Informe semestral, Universidad de Antioquia. Medellín. 158 pp.

ISAGEN-Universidad de Antioquia. 2010b. Crecimiento del bocachico *Prochilodus magdalenae* y el patalo *Ichthyoelephas longirostris* (Steindachner, 1879), cuenca del río La Miel. Pp. 27-29. En: Dinámica de la comunidad de peces en la cuenca baja del río La Miel, bajo diferentes escenarios hidrológicos. Informe técnico, Universidad de Antioquia. 75 pp.

Mojica JL y Álvarez- León R, 2002. Libro Rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Serie de Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá Colombia.

Mojica JI, Usma JS, Álvarez-León R y Lasso CA (Eds.), 2012. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, D. C., Colombia, 319 pp.

Ortega- Lara A, Murillo OE, Pimienta MC y Sterling JE, 1999. Caracterización de la ictiofauna nativa de los ríos de la cuenca alta del río Cauca en el departamento del Valle del Cauca. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cuca, CVC. Colombia.

Tabla 18. Lineamiento de manejo para las tres especies de peces de interés comercial que se encuentran en el río Purnio, en el área de estudio.

Estrategias	Programas	Proyectos	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
Aumentar y mejorar los hábitats para los peces de interés comercial en la zona de influencia de la Hacienda la Española.	Investigación y conocimiento	Identificación de las preferencias de Hábitats de las poblaciones de peces de interés comercial en la zona de influencia de la Hacienda La Española	Cuatro eventos de monitoreo.	Se espera realizar la evaluación de la preferencia de hábitats en el río Purnio a su paso por la Hacienda La Española.	CARs, IGAC, INCODER, Ministerio de Minas, Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, Universidad del Valle y otras Universidades, ONGs, institutos de investigación	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Mediano plazo (Entre 3 y 6 años)
		Evaluar el impacto de las amenazas sobre los hábitats.	Un documento técnico con el diagnóstico del impacto de las amenazas sobre los microhábitats del río Purnio a su paso por la Hacienda La Española.	Se espera realizar la evaluación de las amenazas sobre los microhábitats del río Purnio.	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Ecopetrol, Universidad del Valle y Universidades, propietarios, ONGs, institutos de investigación	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)

Estrategias	Programas	Proyectos	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
	Restauración y conservación	Protección de Microhabitats	El 50 % de las coberturas naturales aisladas	Se espera realizar el aislamiento de al menos el 50 % de la totalidad de microhábitats identificados.	CARs, Universidad del Valle y otras Universidades, propietarios, comunidad, ONGs, institutos de investigación	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)
	Gestión y administración	Articular actividades de conservación en zonas aguas arriba de Fincas vecinas a la Hacienda la Española.	Socializar y vincular al menos dos propietarios de la zona con las actividades de conservación propuestas	Se espera articular actividades de conservación con propietarios colindantes por las que corre el río Purnio.	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Universidad del valle y otras Universidades, propietarios, comunidad, ONGs	Predios colindantes a la finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Mediano plazo (Entre 3 y 6 años)
		Control y vigilancia de las Zonas aisladas	Cuatro eventos de control y vigilancia	Se espera realizar y mantener el control y vigilancia de las zonas aisladas para la protección de microhábitats	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, policía ambiental	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)

Estrategias	Programas	Proyectos	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
		Articular actividades de conservación con las políticas e instrumentos de gestión vigentes	Un documento en el que se articulen las políticas y demás instrumentos de gestión con los planes de conservación	Se espera articular las actividades de conservación con los POT, POMCAS, PMA, PND, PNGIBSE, Plan Nacional de desarrollo minero, PRAES	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, Ministerio de Minas, Ecopetrol, Universidad del Valle y otras Universidades	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Mediano plazo (Entre 3 y 6 años)
		Aplicación de medidas sancionatorias y de la normatividad vigente a los asentamientos humanos ilegales y/o actividades antrópicas	Número de procesos sancionatorios abiertos y en curso	Se espera aplicar las medidas sancionatorias y de normatividad vigentes a las actividades ilegales que afecten las zonas escogidas para protección.	CARs, Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, Ministerio de Minas, policía ambiental	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)

Estrategias	Programas	Proyectos	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
	Empoderamiento social	Implementar una estrategia de educación ambiental para sensibilizar a comunidades locales con el objeto de proteger las poblaciones de peces de interés comercial que habitan el río Purnio.	Tres eventos de actividades de educación ambiental	Se espera sensibilizar por medio de actividades de educación ambiental a las comunidades locales	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Ecopetrol, Universidad del Valle y otras Universidades, ONGs, institutos pedagógicos, institutos tecnológicos, institutos de educación superior	En el municipio de La Dorada (poblado Villa Esperanza, Centro educativo Villa Esperanza, poblado Guarinocito), municipio Victoria (poblado Bella vista)	Corto plazo (Menor a 3 años)
Estudiar la dinámica poblacional de los peces de interés comercial que habitan en la zona de influencia de la Finca La Española.	Investigación y conocimiento	Hacer un estudio poblacional de tres especies de peces de interés comercial que habitan el río Purnio a su paso por la Hacienda La Española.	Cuatro eventos de evaluación de la dinámica poblacional de las tres especies de peces de interés comercial.	Se espera realizar la caracterización de las poblaciones de tres especies de peces de interés comercial que habitan el río Purnio a su paso por la Hacienda La Española.	CARs, Universidad del Valle y otras Universidades, comunidad	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Mediano plazo (Entre 3 y 6 años)

Estrategias	Programas	Proyectos	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
		Identificar los factores y amenazas que pueden afectar directamente las poblaciones de las tres especies de peces de interés comercial que habitan el río Purnio a su paso por la Hacienda La Española.	Un mapa de amenazas a las poblaciones de peces.	Se espera obtener un mapa de las amenazas y la forma en que afectan las poblaciones.	CARs, Universidad del Valle y otras Universidades, ONGs, fundaciones, institutos de investigación, comunidad	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Mediano plazo (Entre 3 y 6 años)
	Restauración y conservación	Desarrollar y mantener programas de repoblamiento.	Planes de repoblamiento en la zona.	Se espera mantener planes de repoblamiento de las tres especies de interés comercial.	CARs,	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)

Estrategias	Programas	Proyectos	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
	Gestión y administración	Aplicación de medidas sancionatorias y de la normatividad vigente a las actividades de extracción ilegal	Número de procesos sancionatorios abiertos y en curso	Se espera aplicar las medidas sancionatorias y de normatividad vigentes a las actividades de extracción ilegal	CARs, Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, Ministerio de Minas, policía ambiental	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)
	Empoderamiento social	Promover entre las comunidades locales la investigación participativa	Número de actores sociales involucrados en los proyectos de investigación	Se espera involucrar a la comunidad en los proyectos de investigación	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Ecopetrol, Universidad del Valle y otras Universidades, ONGs, fundaciones, institutos de investigación, comunidad	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)

Estrategias	Programas	Proyectos	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
		Implementar una estrategia de educación ambiental para formación y sensibilización a comunidades locales con el objeto de reducir el impacto de las actividades humanas sobre los microhábitats en el río Purnio.	Número de actividades de educación ambiental desarrolladas con la comunidad	Se espera implementar una estrategia de educación ambiental para involucrar a las comunidades en los procesos de conservación	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Universidad del Valle y otras Universidades, ONGs, fundaciones, institutos de investigación, comunidad, institutos pedagógicos, institutos tecnológicos e institutos de educación superior	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Corto plazo (Menor a 3 años)

Estrategias	Programas	Proyectos	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
	Aprovechamiento sostenible	Promover entre la comunidad el uso tradicional sostenible de los peces de interés comercial que habitan el río Purnio.	Medidas de autoregulación adoptadas por las propias comunidades que realizan pesca de subsistencia en el río Purnio.	Se espera promover el uso racional de los recursos pesqueros del río Purnio.	CARs, Alcaldías de La Dorada y Victoria, Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, Universidad del Valle y otras Universidades, Corpoica, ONGs, SENA y otros institutos pedagógicos y de investigación, comunidad	Finca La Española, municipio La Dorada - Victoria (Caldas)	Largo plazo (Entre 6 y 9 años)

Plan de Manejo de la Tortuga Morrocoy



Chelonoidis carbonaria (Spix, 1824)

Tortuga morrocoy, Tortuga de patas rojas

Sinonimia y comentarios taxonómicos

Testudo carbonaria Spix 1824, *Testudo herculetruncata* Gray 1830, *Testudo boiei* Wagler 1833, *Geochelone carbonaria* (Williams 1960 citado por Gallego-García *et al.* 2012).

Descripción

Debido a su hábito terrestre su caparazón es alto y abombado, de color negro en el fondo y con una mancha amarilla o rojiza en el centro de los escudos vertebrales y

costales. Las escamas tienen anillos de crecimiento muy marcados, aunque en individuos muy viejos son más lisas. La cabeza está recubierta por escudos córneos amarillos, las patas son macizas de color negro con escamas amarillas, naranjas o rojas. Esta especie tiene un marcado dimorfismo sexual, los machos son más grandes que las hembras, tienen el plastrón cóncavo, una tenue cintura en el contorno del caparazón y colas más grandes que las hembras. La abertura entre los escudos anales y el escudo supracaudal es más amplio en las hembras que en los machos (Moskovits 1988, Gallego-García *et al.* 2012).

Historia natural de la especie

Chelonoidis carbonaria es una especie totalmente terrestre y diurna, que habita en zonas de bosque seco tropical y se encuentra en hábitats de sabanas, bosques de galería, morichales y esteros (Castaño-M. 2002). Utiliza como refugio madrigueras hechas por armadillos, que les proporcionan ocultamiento y sombra (Noss *et al.* 2013). También se refugian en cuevas formadas por la acumulación de grandes rocas, en áreas donde se encuentra roseta o chivichivi (*Bromelia* sp., *Aechmea* sp.) y entre montículos de rastrojo con crecimiento denso de arbustos, hierbas, trepadoras y bejucos (Gallego *et al.* 2012). Esta especie es omnívora, aunque se alimenta preferencialmente de frutas a través de todo el año, y de flores en época de sequía. Otros ítems alimenticios son hojas, tallos, hojarasca, hongos, tierra, arena, pequeñas piedras y material animal (Moskovits y Bjorndal 1990).

El home range de esta especie varía entre 0,63 y 117,5 ha. Su actividad está relacionada con su biología reproductiva, siendo los machos más activos durante la temporada de apareamiento, ya que, inician la búsqueda de pareja. Esta temporada coincide con los meses más lluviosos del año. La temporada de nidificación se da en los meses de verano, y en este caso, son las hembras las que presentan mayor actividad, debido a, la búsqueda de sitios para realizar la postura (Moskvits y Kiester 1987). El número de nidadas por hembra varía entre dos y cinco por año y el tamaño de la nidada y el tamaño del nido varía entre dos y 15 huevos (Hernández 1997, Vanzolini 1999).

Distribución geográfica

En Colombia esta especie se distribuye a lo largo de las cuencas hidrográficas Caribe, Magdalena, Pacífico y Orinoco. Se encuentra en los departamentos de Antioquia, Arauca, Atlántico, Bolívar, Boyacá, Caldas, Caquetá, Casanare, Cauca, Cesar, Chocó, Córdoba, Cundinamarca, Guainía, La Guajira, Magdalena, Meta, Santander, Sucre, Tolima, Vichada, y en isla de Providencia, donde se supone fue introducida (Castaño-M. y Lugo-R 1981, Gallego-García *et al.* 2012).

En la Hacienda La Española los individuos se encontraron principalmente en pequeños fragmentos de bosque y rastrojos, que están en los alrededores de la casa, aunque también se han observado en el bosque, alimentándose del fruto de la palma *Attalea butyracea*.

Estado poblacional

En un fragmento de bosque en Brasil, Aponte *et al.* (2003) reportó una densidad de 12,9 individuos/ha, con una tendencia poblacional hacia individuos adultos y con tasas de crecimiento bajas. En un bosque lluvioso en Maracá, Brasil Moskovits (1988) estimó la abundancia de *C. carbonaria* en 1,05 individuos/ha, y una proporción sexual que no difirió de 1:1.

En la Hacienda La Española se registró una densidad promedio de 0,64 tortugas por hectárea. Los individuos registrados fueron dos machos, una hembra y cinco juveniles, estos individuos probablemente son procedentes de las liberaciones realizadas por Corpocaldas.

Estado de conservación y amenazas

Chelonoidis carbonaria se encuentra En Peligro Crítico de Extinción (CR), dentro de la categoría nacional, según el Libro Rojo de Reptiles de Colombia. Las principales amenazas que enfrenta esta especie son la caza para consumo y comercialización, la fragmentación y quema de bosques, y la deficiencia de estudios en poblaciones silvestres y naturales.

Medidas de conservación tomadas

Está incluida en el Apéndice I del CITES. Creación de áreas protegidas Santuario de Fauna y Flora Ciénaga Grande de Santa Marta, PNN Los Katíos, Macuira, Tayrona, Parramillo y Tuparro (Castaño-M 2002).

Literatura citada

ACH. (2011), Plan Estratégico de Conservación para las Tortugas Continentales Colombianas. Asociación Colombiana de Herpetología. Medellín.

Aponte, C., Barreto, G. R. and Terborgh, J. (2003), "Consequences of habitat fragmentation on age structure and life history in a tortoise population". BIOTROPICA, Vol. 35(4), pp. 550-555.

Castaño-Mora, O. V. (2002), Libro rojo de reptiles de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente, Conservación Internacional-Colombia. Bogotá.

Castaño-M, O. V. and M. Lugo-R. (1981), "Estudio comparativo de dos especies de morrocoy: *Geochelone carbonaria* y *Geochelone denticulata* y aspectos comparables de su morfología externa". Cespedesia, Vol. 10, pp. 55-122.

Gallego-García, N., Cárdenas-Arévalo, G. y Castaño-Mora, O. (2012), "Ficha *Chelonoidis carbonaria*", en Paéz, V., Morales-Betancour, M., Lasso, C., Castaño-Mora, O. y Bock, B (Ed.), Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia, Edición 5, Serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de

Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, pp. 407-411.

Hernández, O. E. (1997), "Reproducción y crecimiento del morrocoy, *Geochelone (Chelonoidis) carbonaria* (Spix, 1984) (Reptilia, Testudinidae)". *BIOLLANIA*, Vol. 13, pp. 165-183.

Moskovits, D. (1988), "Sexual Dimorphism and Population Estimates of the Two Amazonian Tortoises (*Geochelone carbonaria* and *G. denticulata*) in Northwestern Brazil". *Herpetologica*, Vol. 2, pp. 209-217.

Moskovits, D. and Bjorndal (1990), "Diet and food preferences of the tortoises *Geochelone carbonaria* and *G. denticulata* in Northwestern Brazil". *Herpetologica*, Vol. 46, pp. 207-218.

Moskovits, D. and Kiestler, A. (1987), "Activity Levels and Ranging Behaviour of the Two Amazonian Tortoises, *Geochelone carbonaria* and *Geochelone denticulata*, in North-Western Brazil", *Functional Ecology*, Vol. 1, pp. 203-214.

Noss, A. J., Montaña, R. R., Soria, F., Deem, S. L., Fiorello, C. V. and Fitzgerald, L. A. (2013), "*Chelonoidis carbonaria* (Testudines: Testudinidae) Activity Patterns and Burrow use in the Bolivian Chaco". *South American Journal of Herpetology*, Vol. 8(1), pp. 19-28.

UICN. (1988), *Guías para Reintroducciones de la UICN*. Preparadas por el Grupo Especialista en Reintroducción de la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN, Gland, Suiza y Cambridge. Reino Unido.

Vanzolini, P. E. 1999. "A note on the reproduction of *Geochelone carbonaria* and *G. denticulate* (Testudines, Testudinidae)", *Revista Brasileira de Biología*, Vol. 59, pp. 593-608.

Williams, E. E. (1960), "Two species of tortoises in northern South America". *Breviora*, Vol. 120, pp. 1-13.

Tabla 19. Lineamiento de manejo para la especie *Chelonoidis carbonaria* (Tortuga Morrocoy) en el área de estudio.

Estrategias	Programas	Actividades	Indicadores de gestión	Resultados esperados	Actores involucrados	Lugar	Tiempo de ejecución
Asegurar el éxito de la población introducida.	Investigación y monitoreo	Realizar estudios sobre las preferencias de hábitat, comportamiento social, composición de los grupos, tamaño del área de acción, refugio, requerimientos alimenticios, depredadores y enfermedades, de poblaciones silvestres de la tortuga morrocoy para determinar las necesidades críticas de la especie.	Número de investigaciones realizadas sobre la biología de la especie	Artículos científicos donde se describe la biología básica de la especie en Colombia	Organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, Corpocaldas, Universidades, Ecopetrol	Hacienda La Española	Mediano plazo (3-5 años)

	Conservación y manejo del paisaje	Iniciar un programa de restauración del bosque seco tropical	Área de los fragmentos de bosque seco	Mayor cobertura del bosque seco tropical	Organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, Corpocaldas, Universidades, Ecopetrol	Hacienda La Española	Mediano plazo (5 años)
	Políticas e instrumentos de gestión	Definir el protocolo de introducción	Una población ecológicamente funcional (reproductiva)	Documento escrito en el cual se plantean las pautas a seguir para la introducción de individuos de la tortuga morrocoy	Organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, Corpocaldas, Universidades, Ecopetrol	Hacienda La Española	Corto plazo (1-2 años)
	Educación y comunicación	Socializar a las comunidades que habitan y/o frecuentan la zona sobre el proyecto de introducción y los esfuerzos de conservación de la tortuga morrocoy	Número de charlas de socialización	Que las comunidades tengan conocimiento del proyecto de introducción y de los esfuerzos de conservación de la tortuga morrocoy, y sus avances	Organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, Corpocaldas, Universidades, Ecopetrol	Centros educativos y Junta de Acción Comunal del corregimiento de Guarinocito, La Dorada, Caldas y Hacienda La Española	Corto plazo (1-3 años)

Asegurar la supervivencia de la población liberada a largo plazo	Investigación y monitoreo	Implementar un programa de monitoreo post-liberación por métodos directos como marcaje o telemetría	Tamaño de la población liberada	Informes con estimaciones poblacionales, índices de natalidad y mortalidad de la población liberada	Organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, Corpocaldas, Universidades, Ecopetrol	Hacienda La Española	Largo plazo (7 años)
		Realizar estudios demográficos, ecológicos, de comportamiento y sobre el estado de salud de la población liberada	Número de investigaciones realizadas sobre la biología básica y el estado de salud de la población liberada	Informes sobre la demografía, uso de hábitat, interacciones, comportamiento y estado de salud de la población liberada	Organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, Corpocaldas, Universidades, Ecopetrol	Hacienda La Española	Largo plazo (7 años)
	Conservación y manejo del paisaje	Asegurar la protección a largo plazo del área de introducción, que albergará la población de la tortuga morrocoy	Áreas de introducción protegidas y conservadas	Áreas de introducción protegidas y restricción en la extensión del área de extracción minera	Organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, Corpocaldas, Universidades, Ecopetrol	Hacienda La Española	Largo plazo (10 años)

	Políticas e instrumentos de gestión	Fortalecer las actividades de control y vigilancia de tráfico de fauna por parte de la Policía y la Corporación Regional	Reportes sobre decomisos realizados y número de inspecciones realizadas	Aumento de las actividades de control y vigilancia sobre el tráfico de la tortuga morrocoy en la Hacienda La Española y zonas aledañas	Organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, Corpocaldas, Universidades, Ecopetrol	Hacienda La Española	Mediano plazo (3-5 años)
	Educación y comunicación	Desarrollar programas de educación ambiental y participación comunitaria dirigidos al seguimiento y/o manejo de poblaciones de la tortuga morrocoy	Número de participantes en los programas de educación ambiental y en las actividades de seguimiento a la población liberada	Comunidad capacitada para el manejo y seguimiento de la población introducida	Organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, Corpocaldas, Universidades, Ecopetrol	Centros educativos y Junta de Acción Comunal del corregimiento de Guarinocito, La Dorada, Caldas y Hacienda La Española	Mediano plazo (3-5 años)

		<p>Generar mecanismos de información y divulgación que contribuyan a la conservación de las poblaciones de esta especie</p>	<p>Número de elementos de información y divulgación sobre la importancia de la conservación de la tortuga morrocoy</p>	<p>Concienciar a las comunidades de la zona sobre la importancia de la conservación de la tortuga morrocoy</p>	<p>Organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, Corpocaldas, Universidades, Ecopetrol</p>	<p>Corregimiento de Guarinocito y zonas aledañas</p>	<p>Corto plazo (1-3 años)</p>
--	--	---	--	--	---	--	-------------------------------

CONCLUSIONES GENERALES

La caracterización ecológica es quizás la herramienta base sobre la cual se plantean los ejercicios de ordenamiento y manejo de las unidades de paisaje. La información que se genera a partir de los muestreos ecológicos rápidos se convierten en la base fundamental para conocer los diferentes elementos biológicos presentes en una localidad, y por ende, identificar los elementos prioritarios a considerar en un enfoque funcional del ecosistema.

Para lograr una adecuada representación de este componente del ecosistema, es necesario unificar los métodos de muestreo, y aún más importante que esto, es estandarizar los esfuerzos de muestreo, de tal manera que se puedan obtener estimados numéricos del estado de las comunidades e incluso de las poblaciones de interés, los cuales se convierten en elementos fundamentales para evaluar la integridad biológica del ecosistema.

La caracterización ecológica realizada en los fragmentos de bosque seco de la Victoria – La Dorada, Departamento de Caldas, es quizás el primer esfuerzo de investigación en el país en el que se incorporó el estudio simultáneo de la flora, fauna de vertebrados terrestres, vertebrados asociados a ambientes acuáticos presentes (e.g. peces) e invertebrados no tradicionales (e.g. moluscos terrestres) como elementos prioritarios para evaluar, desde una óptica de funcionalidad el estado actual del ecosistema.

Es importante destacar que la consolidación de un índice de integridad biológica parte del concepto general de la influencia de la actividad humana sobre los atributos biológicos de una localidad, de tal manera que es a través de un muestreo ecológico sistemático y en el tiempo, se puede tener la información requerida para desarrollar el análisis espacio temporal de esta interacción, permitiendo de esta manera evaluar la magnitud de la desviación que ha tenido la biota de esta localidad en función de la referencia general esperada. El enfoque utilizado en la presente investigación es novedoso en el sentido de que no utiliza solamente una fuente de información específica (un solo grupo taxonómico) para establecer el valor del índice de integridad, sino que utiliza de manera simultánea diferentes grupos taxonómicos como fuentes de información para establecer la magnitud del índice de integridad. Esta aproximación, permite entre otros beneficios, tener una

valoración más acertada del estado actual del ecosistema, y por ende, facilitaría en un potencial proceso de conservación, establecer estrategias cuantitativas para priorizar las acciones.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación, los fragmentos de bosque seco de la zona de estudio presentan un estado de integridad biológica entre Bueno (silvopastoril y zona de minería) a Muy Bueno (bosques secundarios), registrándose en total 649 especies de los siete grupos biológicos evaluados. Lamentablemente, los fragmentos de bosque seco evaluados durante la presente investigación, se encuentran inmersos en un paisaje altamente alterado por las actividades humanas, en el que afortunadamente, aún existen estrechos corredores de interconexión, los cuales deben ser fortalecidos con el propósito de favorecer la movilidad de los individuos, y la diversidad genética de las poblaciones que los habitan.

Consolidar corredores de conexión biológicos o incluso identificar elementos de paisaje que favorezcan la conectividad es una gestión compleja, aunque es quizás una de las estrategias más importantes en los procesos de conservación de la biodiversidad y el ordenamiento del territorio, llegando incluso a servir como ejes de integración administrativas. Este es quizás el mayor reto resultante del presente trabajo de investigación. De acuerdo con los resultados obtenidos, la zona de estudio presenta características apropiadas para establecer una sólida estrategia de interconexión entre las diferentes unidades de paisaje identificadas, para lo que se hace necesario aunar esfuerzos públicos y privados. Un primer paso hacia este propósito, es la propuesta de conectividad que se describe en el presente informe, y la consolidación de siete planes de manejo para igual número de especies de flora y fauna de la región.

Los resultados técnicos de este proyecto de investigación se encuentran contenidos en 15 artículos científicos y con la información de registros se consolidó el correspondiente reporte al Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. Además, se produjo un video de divulgación en el que se destacan la importancia biológica del Bosque Seco utilizando como referencia la zona de estudio y se editó una cartilla de divulgación con la que se fortaleció el proceso de apropiación social del conocimiento implementado, teniendo como público objeto

los niños y adolescentes de la zona. Finalmente, se realizaron talleres de sensibilización con la comunidad local, propietarios de predios aledaños y autoridades civiles de la zona de influencia, con el propósito no solo de divulgar los resultados del proyecto, sino establecer las bases requeridas para promover acciones de conservación dirigidas a consolidar estrategias privadas de conservación (e.g. reservas de la sociedad civil) y procesos de interconexión biológica en la región.

Bibliografía

Acosta-Galvis, A.R. 2012. Anfibios de los enclaves secos del área de influencia de los Montes de María y la ciénaga de La Caimanera en el Departamento de Sucre. *Revista Biota Colombiana*. 13(2): 211 – 231.

Alcaldía Victoria. 2008. Plan de Desarrollo Municipio Victoria Caldas 2008 – 2011. 60 p.

Aguirre L.F., A. Vargas y S. Solari. 2009. Clave de campo para la Identificación de los Murciélagos de Bolivia. Centro de Estudios en Biología Teórica y Aplicada. Cochabamba, Bolivia. 38pp.

Angermeier, P.L. y J.R. Karr. 1994. Biological integrity versus biological diversity as policy directives. *BioScience* 44(10) 690-697.

Armbrecht, I. 2008. El papel de la matriz rural como conector entre reservas. Pp: 117 – 128. En: Kattan, G. y L.G. Naranjo. *Regiones biodiversas: herramientas para la planificación de sistemas regionales de áreas protegidas*. Cali: El Banco Creativo. 224 p.

Barbour M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder y J.B. Stribling. 1999. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition*. EPA 841-B99-002. US. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.

Benayas, J.M. 2009. La rareza de las especies. *Investigación y Ciencia*. 62-69.

Borja, A., S.B. Bricker, D.M. Dauer, N.T. Demetriades, J.G. Ferreira, A.T. Forbes, P. Hutchings, J. Xiaoping, R. Kenchington, J.C. Marques y C. Zhu. 2008. Overview of

integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide. *Marine Pollution Bulletin*. 56: 1519 – 1537.

Buckup, P.A. 2004. *Introducao a Sistemátca de Peixes Neotropicales: chaves de identificacao*. Volumen II. Rio de Janeiro. Universidade Federal. 46 p.

Burbano-Yandi, C.E., W. Bolívar-G. y A. Giraldo. 2015. Ensamblajes de anuros en tres zonas con intervención humana en el Parque Nacional Natural Los Katíos (Colombia). *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*. 19(1): 157-170.

Calderon, E., G. Galeano y N. García. 2002. *Libro Rojo de plantas Fanerogamas de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Chapin, F.S. 2003. Effects of plant traits on ecosystem and regional processes: a conceptual framework for predicting the consequences of global change. *Annals of Botany*, 91(4): 455-463.

Chará, J.J. 2003. *Manual para la evaluación biológica de ambientes acuáticos en microcuencas ganaderas (No. C/634.99 C4)*.

Ciontescu, N. 2014. *Instructivo metodológico para evaluación de atributos ecológicos e integridad ecológica en áreas protegidas*. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Bogotá. 52 p.

Conroy, M. 1996. Techniques for estimating abundance and species richness. Pp 177-234. En: Wilson, D.E., F. R. Cole, J. D. Nichols, R. Rudran y M. S. Foster (Eds.). *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for mammals*. Smithsonian Institution Press, Washington D. C.

Córdoba-Avalos, A., J.L. Alcántara-Carbajal, R. Guzmán-Plazola, G.D. Mendoza-Martínez y V. González-Romero. 2009. *Desarrollo de un índice de integridad*

biológica avifaunístico para dos asociaciones vegetales de la reserva de la biosfera Pantanos de Centla, Tabasco. *Universidad y ciencia trópico húmedo*. 25(1): 1 – 22.

Corporación Autónoma Regional de Caldas – CORPOCALDAS. Subdirección de Planeación y Sistemas de CORPOCALDAS. 2001. Plan de gestión ambiental regional para Caldas. 209 p.

Crump, M.L. 2003. Conservation of amphibians in the New World tropics. P. 53–69. En: Semlitsch, R.D. (Ed.), *Amphibian Conservation*. Smithsonian Institution, USA.

Dahl, G. 1971. *Los Peces del Norte de Colombia*. INDERENA. Bogotá. 391 pp.

Díaz-Pulido, A., A. Benítez, D.A. Gómez-Ruiz, C.A. Calderón-Acevedo, A. Link, A. Pardo, F. Forero, A. Gabriela de Luna, E. Payán y S. Solari. 2014. Mamíferos del bosque seco, una mirada al caribe colombiano. Pp: 129 – 165. En: Pizano, C. Y H. García (Eds.) *El bosque seco tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

Emmons, L.H. 1984. Geographic variation in densities and diversities of non-flying mammals in Amazonia. *Biotropica*. 16:210-222.

Emmons, L.H. y F. Feer. 1997. *Neotropical rainforest mammals, a field guide*. Second edition. Chicago, The University of Chicago Press, Chicago, Illinois.

Eschmeyer W. N. (Ed.). 2014. *Catalog of fishes*. Updated internet version of 03 January 2014. Catalog databases of CAS cited in FishBase (website).

Espinal, S. y E. Montenegro. 1963. *Formaciones vegetales de Colombia: memoria explicativa sobre el mapa ecológico*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, D.C.

Eviner, V.T. y F. Stuart Chapin. 2001. *Especies de plantas brindan funciones al ecosistema para la agricultura sostenible en el manejo y restauración de tierras*.

[Plant species provide vital ecosystem functions for sustainable agriculture rangeland management and restoration]. California agriculture (EUA).(Nov-Dic, 55(6), 54-59.

Galeano, S.P., J.C. Urbina, P.D.A Gutiérrez-C., M. Rivera-C. y V.P. Páez. 2006. Los anfibios de Colombia, diversidad y estado del conocimiento. Tomo II. 92-104 p. En: Chaves, M.E. y M. Santamaría (eds.) 2006. Informe sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998 – 2004. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia.

Galindo, W. y E. Murgueitio. 2004. Herramientas de manejo sostenible para la ganadería andina. Pp: 19-56 En: Manejo Sostenible de los Sistemas Ganaderos Andinos. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, CIPAV, Cali, Colombia.

García, H., G. Corzo, P. Isaacs y A. Etter. 2014. Distribución y estado actual de los remanentes del bioma de bosque seco tropical en Colombia: insumos para su gestión. Pp: 229 – 251. En: Pizano, C. Y H. García (Eds.) El bosque seco tropical en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

Gardner A.L. (ed.). 2007. Mammals of South America. Volume 1. Marsupials, Xenarthrans, Shrew, and Bats. The University of Chicago Press. Chicago.

Gentry, A.H. 1982. Patterns of neotropical plant diversity. *Evolutionary Biology*, 15: 1 - 84.

Gery, J. 1977. *Characoids of the world*. USA. T.F.H Publications. 672 p. ISBN 0-87666-458-3.

Gómez-Posada, C., N. Roncancio y P. Hincapié. 2005. Evaluación de las poblaciones de mono aullador rojo (*Alouatta seniculus*: Primates) en fragmentos de bosque en el Valle del Cauca. Informe Técnico presentado a la Corporación Regional del Valle del Cauca. Fundación EcoAndina/WCS Colombia, Cali, Colombia.

Granizo, T., M.E. Molina, E. Secaira, B. Herrera, S. Benítez, O. Maldonado y M. Castro. 2006. *Manual de Planificación para la Conservación de Áreas, PCA*. Quito: TNC y USAID, 203.

Griffiths S.P. 2000. The use of clove oil as an anaesthetic and method for sampling intertidal rockpool fishes. *Journal of Fish Biology*, 57:1453–1464.

Hilty, S.L. y W.L. Brown. 1986. *A guide to the birds of Colombia*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Karr, J.R. 1991. Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management. *Ecological applications*, 1(1): 66-84.

Karr, J.R. 2000. Health, integrity, and biological assessment: The importance of measuring whole things. Pp. 209-226 En: Pimentel, D., Westra, L. y Noss, R.F. (eds.). *Ecological Integrity: Integrating environment, conservation, and health*. Island Press. Washington, D. C. Covelo California.

Kattan, G.H. 2002. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. Pp: 561-590 En: Guariguata, M.R. y G.H. Kattan (eds.). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Libro Universitario Regional, Cartago, Costa Rica.

Kattan, G. y L.G. Naranjo. 2008. Regiones biodiversas: herramientas para la planificación de sistemas regionales de áreas protegidas. Cali: El Banco Creativo. 224 p.

Kay, J.J. 1993. On the nature of ecological integrity: some closing comments, Pp 201-212, En: Woodley, S., J. Kay y G. Francis, G. Ecological integrity and management of ecosystems, ST. Lucie Press, USA. 220 p.

Kay, J.J. y H. Regier. 2000. Uncertainty, complexity, and ecological integrity: insights from an ecosystem approach Pp. 121-156. En: Crabbé, P., A. Holland, L. Ryszkowski y L. Westra (eds), *Implementing Ecological Integrity: Restoring Regional and Global Environmental and Human Health*, Kluwer, NATO Science Series, Environmental Security.

Krebs, C. 2005. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*.

Lacher, T.E., R.D. Slack, L.M. Coburn y M.I. Goldstein. 1999. The role of agroecosystems in wildlife biodiversity. Pp. 147-165 En: Collins, W.W. y C.O. Qualset (eds.). *Biodiversity in agroecosystems*. CRC Press LLC. Boca Raton, Florida.

Lasso C.A, E. Agudelo-Córdoba, L.F. Jiménez-Segura, H. Ramírez-Gil, R.E. Morales-Betancourt, R.E. Ajiaco-Martínez, F. de Paula Gutierrez, J.S. Usma-Oviedo, S.E. Muñoz-Torres y A.I. Sanabria-Ochoa (Eds.). 2011. I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia, 715 pp.

Linares, E. y M. Vera. 2012. Catálogo de los moluscos continentales de Colombia. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Biblioteca José Jerónimo Triana. No. 23. 360p.

MADS. 2012. Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos. 124 p.

Maldonado-Ocampo, J.A., A. Ortega-Lara, J.S. Usma, G. Galvis, F.A. Villa-Navarro, L. Vásquez, S. Prada- Pedreros y C. Ardila. 2005. Peces de los Andes de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos «Alexander von Humboldt». Bogotá, D.C. Colombia. 346 p.

Maldonado-Ocampo, J.A., R. Vari y J.S. Usma-Oviedo. 2008. Checklist of the Freshwater Fishes of Colombia. *Biota Colombiana*. 9(2): 143-237.

Mathuriau, C., N. Mercado Silva, J. Lyons y L.M. Martínez Rivera. 2011. Los peces y macroinvertebrados como bioindicadores para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos en México: estado actual y perspectiva. Pp: 363 – 374. En: Oswald Spring, U. (Ed.). Retos de la investigación del agua en México. Universidad Nacional Autónoma de México, Cuernavaca, México.

McNeely, J.A. y S.J. Scheer. 2003. *Ecoagriculture, strategies to feed the world and save biodiversity*. Island Press, Washington DC.

Mojica, J.I., G. Galvis, P. Sánchez- Duarte, C. Castellanos, F.A. Villa- Navarro. 2006. Peces del valle medio del río Magdalena. Colombia. *Biota colombiana* 7(1) 23-38.

Mojica, J.I., J.S. Usma, R. Álvarez-León y C.A. Lasso (Eds.) 2012. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, D. C., Colombia, 319 pp.

Paoletti, M.G., D. Pimentel, B.R. Stinner y D. Stinner. 1992. Agroecosystem biodiversity: matching production and conservation biology. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 40:3-23.

Patterson, B.D., D.F. Stotz, S. Solari, J.W. Fitzpatrick, y V. Pacheco. 1998. Contrasting patterns of elevational zonation for birds and mammals in the Andes of southeastern Peru. *Journal of Biogeography*. 25:593-607.

Pérez-Torres, J. 2000. Estructura y composición de la comunidad de murciélagos: Comparación entre fragmentos y áreas continuas de bosque andino. Fundación para la Promoción de la investigación y la tecnología. Proyecto No. 915.

Peres. C.A. 1999. General guidelines for standarzig line-transect surveys of tropical Forest primates. *Neotropical Primates*. 7(1):11-16.

Perfecto, I. 2003. Conservation biology and agroecology: de un pájaro las dos alas. *Endangered Species Update* 20(4-5):133-145.

Pimm, S.L. 1998. Extinction. Pp. 20-38 En: Sutherland, W. J. (ed.). *Conservation: science and action*. Blackwell Science Ltd. Oxford.

Pizano, C., R. González-M., M.F. González, F. Castro-Lima, R. López, N. Rodríguez, A. Idárraga-Piedrahíta, W. Vargas, H. Vergara-Varela, A. Castaño-Naranjo, W. Devia, A. Rojas, H. Cuadros y J.L. Toro. 2014. Las plantas de los bosques secos de Colombia. Pp: 49 – 93. En: Pizano, C. y H. García (Eds.) *El bosque seco tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

Quigley, T.M., R.W. Haynes y W.J. Hann. 2001. Estimating ecological integrity in the interior Columbia River basin. *Forest Ecology and Management*, 153(1): 161-178.

Racey, P.A. 1982. Ecology of bat reproduction. Pp: 57-104 En: Kunz, T.H. (ed.). *Ecology of Bats*. Plenum Press, New York, 425p.

Ralph, C.J., G.R. Geupel, P. Pyle, T.E. Martin, D. DeSante y B. Milá. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. General Technical Report PSW-GTR-159. Albany, California, EEUU.

Reis RES, Kullander y Ferraris Jr. C., (Organizadores). 2003. Check List of The Freshwater Fishes of South and Central America. Porto Alegre: EDIPUCRS. 729 pp.

Renjifo, L. M., A. A. Franco, J. D. Amaya, G. H. Kattán, y B. López. 2002. Libro rojo de las aves de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia.

Restall, R., C. Rodner y M. Lentino. 2006. Birds of northern South America. Yale University Press, New Haven, CT.

Robinson, J.G. y K.H. Redford. 1986. Body size, diet, and population density of Neotropical forest mammals. *American Naturalist*, 665-680.

Rodríguez-Olarte, D. y D.C. Taphorn. 1995. Los peces como indicadores biológicos: aplicación del índice de integridad biótica en ambientes acuáticos de los llanos occidentales de Venezuela. *Biollania* 11: 27-55.

Román-Valencia C y P. Cala. 1997. Las especies colombianas de género *Creagrutus*. (Pisces, Characidae). *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 21(79): 143-157.

Sánchez, F., P. Sánchez-Palomino y A. Cadena. 2004. Inventario de mamíferos en un Bosque de los Andes Centrales de Colombia. *Caldasia* 26:291-309

Saunders, D., R. Hobbs y C. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5:18-32.

Silva, G. 1979. Los murciélagos de Cuba. Editorial Academia, La Habana, Cuba, 423.

Simone, L.R.L. 2006. Land and Freshwater Molluscs of Brazil. EGB, Fapesp. São Paulo, 390 pp.

Simon, T.P, R. Jankowski y C. Morris. 2000. Modification of an index of biotic integrity for assessing vernal ponds and small palustrine wetlands using fish, crayfish, and amphibian assemblages along southern Lake Michigan. *Aquatic Ecosystem Health and Management*. 3: 407 – 418.

Stoner, K.E. y R.M. Timm. 2011. Seasonally dry tropical Forest mammals: adaptation and seasonal patterns. Pp: 85 – 106. Dirzo, R., H. S. Young, H. A. Mooney y G. Ceballos (Eds.). *Seasonally dry tropical forests ecology and conservaction*. Island press, Washington, USA.
(Sutherland 1996

Terborgh, J. 1983. *Five new world primates: A study in comparative ecology*. Princeton University Press, Princeton, N.J.

Terborgh, J. 1992. Maintenance of diversity in tropical forests. *Biotropica* 24:283-292.

Timm, R.M., R.K. Laval y B. Rodríguez. 1999. Field key to the bats of Costa Rica. *Clave de campo para los murciélagos de Costa Rica*. Brenesia (Costa Rica).

Tirira, D. 2007. *Guía de campo de los mamíferos del Ecuador*. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador, 6.

Vargas-Figueroa, J.A., A.M. González-Colorado, E. Barona-Cortés, W. Bolívar-García y A. Giraldo-López. *Composición y estructura vegetal de fragmentos de bosque seco tropical y de dos zonas con actividad antrópica en La Dorada-Victoria, Caldas*. (Sometido)

Vélez-Restrepo, L. A. y A. Gómez-Sal. 2008. Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje.

Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. 2004. *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto

de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. Colombia. 236 p.

Villareal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. Segunda edición. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 pp.

Welsh, H.H. y L.M. Ollivier. 1998. Stream amphibians as indicators of ecosystem stress: a case study from California's redwoods. *Ecological Applications*. 8(4): 1118 – 1132.

Wemmer, Ch., T. H. Kunz, H. G. Lundie-Jenkins y W. J. McShea. 1996. Mammalian sign. In *Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for mammals*. D. E. Wilson, F. Russell Cole, J. D. Nichols, R. Rudran y M. S. Foster (eds.). Smithsonian Institution, Washington, D. C. p. 157–176.

Westra, L. 1995. Ecosystem integrity and sustainability: The foundational value of the wild. In *Perspectives on ecological integrity* (pp. 12-33). Springer Netherlands.

Wilson, D.E.C., R.F. Nichols, J.D. Rudran, M.S. Rasanayagam Foster, F.R. Cole, J.D. Nichols y M.S. Foster. 1996. *Measuring and monitoring biological diversity standard methods for mammals* (No. 599.05248 M4).

Young, B.E., S.N. Stuart, J.S. Chanson, N.A. Cox y T.M. Boucher. 2004. *Disappearing Jewels. The status of new world amphibians*. Arlington, V.A: Natureserve.

Zamora L.L., A. Vila y J. Naspleda. 2009. La biota de los ríos: Los Peces. Pp: 271-291. En: Elosegui A. y Sabater S. *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Fundación BBVA. España.

Zambrano H., P. Marco y L. Naranjo. 2003. Evaluación de integridad ecológica propuesta metodológica. WWF – Parques Nacionales Naturales de Colombia – Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá. 30 p.