	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		1(142)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	ALAN CAMILO MARTÍNEZ GARCÍA		
	EDWARD DULCEY MORENO		
FACULTAD	CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA AMBIENTAL		
DIRECTOR	JUAN CARLOS HERNANDEZ CRIADO		
TÍTULO DE LA TESIS	CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS E IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO DE INVASIÓN EN LA RONDA HÍDRICA DE LA QUEBRADA LA MEDIA, CUENCA MEDIA, ÁREA NATURAL ÚNICA LOS ESTORAQUES, NORTE DE SANTANDER.		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>EL PRESENTE TRABAJO DE GRADO, COMO PROYECTO DE INVESTIGACIÓN TIENE EL PROPÓSITO LA CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS, IDENTIFICANDO EL RIESGO DE INVASIÓN EN LA CUENCA MEDIA DE LA QUEBRADA LA MEDIA, ÁREA NATURAL ÚNICA LOS ESTORAQUES, MUNICIPIO DE LA PLAYA DE BELÉN. PARA ELLO SE HA LLEVADO A CABO UN INVENTARIO BIOLÓGICO DE LAS ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO, CALCULANDO LA DIVERSIDAD POR ESTRATOS TENIENDO EN CUENTA EL USO DE ÍNDICES BIOLÓGICOS.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 142	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 46	CD-ROM: 1



CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS E IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO
DE INVASIÓN EN LA RONDA HÍDRICA DE LA QUEBRADA LA MEDIA, CUENCA
MEDIA, ÁREA NATURAL ÚNICA LOS ESTORAQUES. NORTE DE SANTANDER

AUTORES:

ALAN CAMILO MARTÍNEZ GARCÍA

EDWARD DULCEY MORENO

Trabajo de grado para optar el título de INGENIERO AMBIENTAL.

DIRECTOR:

ING. JUAN CARLOS HERNÁNDEZ CRIADO

Msc. En Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERÍA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia

Enero de 2017

CONTENIDO

RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
1. CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS E IDENTIFICACIÓN DEL RIEZGO DE INVASIÓN PRESENTE EN LA RONDA HÍDRICA DE LA QUEBRADA LA MEDIA, CUENCA MEDIA, ÁREA NATURAL ÚNICA LOS ESTORAQUES.	13
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.3 OBJETIVOS	17
1.3.1. Objetivo General.	17
1.3.2. Objetivos Específicos.	17
1.4 JUSTIFICACIÓN	18
1.5 DELIMITACIONES	20
1.5.1. Delimitación conceptual.	20
1.5.2. Delimitación geográfica.	20
1.5.3. Delimitación temporal.	20
1.5.4. Delimitación operativa.	20
2. MARCO REFERENCIAL	21
2.1 MARCO HISTÓRICO	21
2.1.1. Mundial.	21
2.1.2. Latinoamérica y Colombia.	26
2.2 MARCO CONCEPTUAL	31
2.3 MARCO TEÓRICO	37
2.3.1. Las Invasiones Biológicas.	37
2.3.2. Proceso De Invasión.	38
2.3.3. Tasas de Invasión.	40
2.3.4. Velocidad de la Invasión.	41
2.3.5. Reglas Ecológicas de las Invasiones.	41
2.3.6. Consecuencias de las Invasiones.	42

2.3.7. Perfil de una Especie Invasora.....	43
2.3.8. Características Intrínsecas de las Especies Invasoras.....	44
2.3.9. Características Vegetativas.....	45
2.3.10. Características Reproductivas.....	46
2.3.11. Tolerancia al Estrés y a las Perturbaciones.....	48
2.3.12. Plasticidad.....	49
2.4 MARCO LEGAL.....	50
3. DISEÑO METODOLÓGICO.....	53
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	53
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	55
3.2.1. Población.....	55
3.2.2. Muestra.....	55
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	55
3.4 METODOLOGÍA PARA CARACTERIZAR EL ÁREA DE ESTUDIO.....	58
3.4.1. Delimitación del área de trabajo.....	58
3.4.2. Fotointerpretación.....	58
3.4.3. Prueba de textura en campo.....	58
3.4.4. Prueba granulométrica.....	60
3.4.5. Prueba de infiltración y escorrentía.....	61
3.4.6. Medición de la Pendiente.....	61
3.5 METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LA DIVERSIDAD DE LA VEGETACIÓN.....	61
3.5.1. Método para estimar diversidad en estrato herbáceo.....	61
3.5.2. Metodología para estimar diversidad en estratos arbustivo y arbóreo.....	64
3.5.3. Colección general de plantas.....	66
3.6 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	67
3.6.1. Altura.....	67
3.6.2. Área basal.....	67
3.6.3. Diámetro.....	68
3.6.4. Cobertura.....	69
3.6.5. Composición Florística.....	69

3.6.6. Densidad.....	69
3.6.7. Diversidad.....	69
3.6.7.2. Índice de Shannon-Wiener.....	70
3.6.7.3. Índice de Simpson.....	71
3.6.7.4. Serie Número de Hill.....	72
3.6.8. Fenología.....	73
3.6.9. Frecuencia.....	73
4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	74
4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA.....	74
4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA QUEBRADA LA MEDIA.....	77
4.2.1. Fotointerpretación.....	78
4.2.2. Pendiente.....	83
4.2.3. Prueba de Textura en campo.....	84
4.2.4. Prueba granulométrica.....	84
4.3 RESULTADOS DE DIVERSIDAD PARA EL ESTRATO HERBACEO.....	86
4.3.1. Composición y Abundancia del estrato herbáceo.....	88
4.3.2. Índices de Diversidad Alfa.....	90
4.3.3. Diversidad Beta.....	93
4.3.4. Índice Valor de Importancia.....	94
4.4 RESULTADOS DE DIVERSIDAD PARA EL ESTRATO ARBUSTIVO Y ARBÓREO.....	96
4.4.1. Composición y abundancia de los estratos arbustivo y arbóreo.....	98
4.4.2. Índices de Diversidad Alfa.....	101
4.4.3. Diversidad Beta.....	103
4.4.4. Índice Valor de Importancia.....	104
4.5 IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS EN LA RONDA HÍDRICA, CUENCA MEDIA DE LA QUEBRADA LA MEDIA.....	106
4.5.1. Especies exóticas en la ronda hídrica, cuenca media de la Quebrada La Media.....	108
4.6 CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS EN LA RONDA HÍDRICA, CUENCA MEDIA DE LA QUEBRADA LA MEDIA.....	110
4.6.1. <i>Panicum máximum</i> (Exótica con riesgo de invasión).....	110

4.6.2. <i>Paspalum notatum</i> (Exótica invasora).....	112
4.6.3. <i>Cymbopogon citratus</i> (Exótica sin potencial invasor).	115
4.6.4. <i>Hyparrhenia rufa</i> (Exótica naturalizada con potencial de invasión alto).	116
4.6.5. <i>Cynodon dactylon</i> (Exótica Naturalizada Invasora).	119
CONCLUSIONES.....	123
REFERENCIAS	126
APENDICE	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Numeración y abertura de tamices.</i>	60
Tabla 2. <i>Cálculos para análisis granulométrico.</i>	85
Tabla 3. <i>Composición y Abundancia del estrato herbáceo en la cuenca media de la Quebrada La Media.</i>	88
Tabla 4. <i>Riqueza de familias del estrato herbáceo en la cuenca media de la Quebrada La Media.</i>	89
Tabla 5. <i>Índices de Diversidad alfa para 10 cuadrantes en la cuenca media de la Quebrada La Media.</i>	92
Tabla 6. <i>Índice Valor de Importancia IVI para las especies herbáceas en la cuenca media de la Quebrada La Media.</i>	95
Tabla 7. <i>Composición y Abundancia de los estratos arbustivo y arbóreo en la cuenca media de la Quebrada La Media.</i>	98
Tabla 8. <i>Riqueza de familias de los estratos arbustivo y arbóreo en la cuenca media de la Quebrada La Media.</i>	99
Tabla 9. <i>Índices de Diversidad alfa para 10 transectos en la cuenca media de la Quebrada La Media.</i>	102
Tabla 10. <i>Índice Valor de Importancia IVI para las especies arbustivas y arbóreas en la cuenca media de la Quebrada La Media.</i>	105
Tabla 11. <i>Identificación de especies exóticas presentes en la cuenca media de la Quebrada La Media.</i>	107
Tabla 12. <i>Condiciones favorables para establecimiento de Panicum máximum.</i>	111
Tabla 13. <i>Condiciones favorables para establecimiento de Paspalum notatum.</i>	114
Tabla 14. <i>Condiciones favorables para el establecimiento de Hyparrhenia rufa.</i>	118
Tabla 15. <i>Condiciones favorables para establecimiento de Cynodon dactylon.</i>	121

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Unidades de paisaje.</i>	14
Figura 2. <i>Proceso de invasión.</i>	40
Figura 3. <i>Modelo de formato para la consignación en la tabla base en Excel de los datos de campo de los muestreos de 0.1 Ha metodología Gentry (1982).</i>	56
Figura 4. <i>Modelo de formato para la consignación en la tabla base en Excel de los parámetros estructurales de los muestreos de 0.1 ha metodología Gentry (1982).</i>	57
Figura 5. <i>Modelo del formato de la tabla base de las colecciones generales de plantas.</i>	57
Figura 6. <i>Clasificación del USDA de las partículas según el tamaño.</i>	59
Figura 7. <i>Cuadrante para muestreo de vegetación.</i>	62
Figura 8. <i>Muestreo aleatorio simple.</i>	63
Figura 9. <i>Medición al DAP.</i>	64
Figura 10. <i>Transectos utilizando el método propuesto por Gentry (1982).</i>	65
Figura 11. <i>Paquetes para colectas.</i>	66
Figura 12. <i>Fotografía aérea tomada con Drone UFPSO, en la cuenca media de la Quebrada La Media, Área Natural Única los Estoraques.</i>	79
Figura 13. <i>Polígono del área de estudio, cuenca media, Quebrada La Media, Área Natural Única Los Estoraques.</i>	80
Figura 14. <i>Análisis de coberturas.</i>	82
Figura 15. <i>Perfil de elevación.</i>	83
Figura 16. <i>Resultado de la prueba granulométrica, realizada a una muestra de suelo de la Quebrada La Media.</i>	85
Figura 17. <i>Curva Especies/área para 10 unidades de muestreo por cuadrantes en la cuenca media de la Quebrada La Media, Área Natural Única Los Estoraques.</i>	87
Figura 18. <i>Distribución de las abundancias para el estrato herbáceo en la cuenca media de la Quebrada La Media.</i>	90
Figura 19. <i>Agrupamiento-Cluster (índice Bray-Curtis) para 10 cuadrantes en la cuenca media de la Quebrada La Media.</i>	93
Figura 20. <i>Curva especies/área para 10 unidades de muestreo por transectos, en la cuenca media de la Quebrada La Media, Área Natural Única Los Estoraques.</i>	97
Figura 21. <i>Distribución de las abundancias para los estratos arbustivo y arbóreo en la cuenca media de la Quebrada La Media.</i>	100
Figura 22. <i>Agrupamiento-Cluster (índice Bray-Curtis) para 10 transectos en la cuenca media de la Quebrada La Media.</i>	104
Figura 23. <i>Comparación entre condiciones ambientales del área de estudio y las condiciones favorables de las especies identificadas como exóticas.</i>	108
Figura 24. <i>Panicum máximum (Pasto guinea).</i>	111
Figura 25. <i>Paspalum Notatum (Pasto remolino).</i>	113
Figura 26. <i>Cymbopogon citratus (Limonaria).</i>	114
Figura 27. <i>Hyparrhenia rufa (Jaragua).</i>	117
Figura 28. <i>Cynodon dactylon (Pasto estrella).</i>	120

RESUMEN

Se realizó la caracterización de las especies exóticas e identificación del riesgo de invasión en la cuenca media, de la Quebrada La Media, del Área Natural Única Los Estoraques, Municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander, Colombia. Para ello, se efectuaron 10 muestreos por cuadrantes para el estrato herbáceo, distribuidos de forma aleatoria simple o al azar. También se muestrearon las especies arbustivas y arbóreas a través de 10 transectos de 2 m x 5 m cada uno, distribuidos según el análisis fotointerpretativo de las coberturas. Para cada especie registrada se tomaron datos de altura, cobertura para herbáceos y arbustos y DAP para árboles, el número de individuos por unidad de muestreo, además de las notas descriptivas de las especies. Se calcularon índices de Diversidad Alfa, como también la Diversidad Beta entre unidades de muestreo y el Índice Valor de Importancia IVI, identificando las especies más abundantes, frecuentes y dominantes de la comunidad. Para la identificación y caracterización de las especies exóticas, se realizó una revisión bibliográfica y teórica de cada especie, y se comparó con los datos y condiciones de las especies en el área de estudio, determinando las condiciones más favorables para el establecimiento y desarrollo de las exóticas, y su riesgo de invasión. Durante el proceso, se tomaron muestras de plantas, para ser herborizadas y clasificadas taxonómicamente, en el Herbario Universitario de la UFPSO.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como propósito la caracterización de especies exóticas, identificando el riesgo de invasión en la cuenca media de la Quebrada la Media, Área Natural Única Los Estoraques, Municipio de la Playa de Belén. Para ello se ha llevado a cabo un inventario biológico de las especies vegetales presentes en el área de estudio, calculando la diversidad por estratos teniendo en cuenta el uso de índices biológicos. Se identificaron las especies nativas, las naturalizadas y las exóticas; además de la categorización de las especies exóticas como invasoras, con potencial o sin potencial de invasión.

En el primer capítulo encontramos el planteamiento del problema, la pregunta problema, el establecimiento de objetivos para el desarrollo del proyecto y su respectiva justificación. Para el segundo capítulo se han planteado los marcos referenciales correspondientes al tema de investigación, con un análisis histórico del problema de las invasiones biológicas, la descripción de conceptos claves para una adecuada interpretación y el marco legal que cumple el proyecto.

A continuación, en el tercer capítulo, encontramos la metodología aplicada al desarrollo del proyecto, la descripción de la población y de la muestra, los métodos y herramientas necesarias para su adecuada implementación. En el cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos, en términos de diversidad y composición de los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo; identificación de las especies exóticas y su caracterización, de acuerdo a la revisión bibliográfica y las condiciones ambientales del área de estudio. Finalmente, se plantean las conclusiones, las referencias utilizadas durante el desarrollo del proyecto y una sección de anexos con las evidencias de trabajo y cumplimiento.

1. CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS E IDENTIFICACIÓN DEL RIEZGO DE INVASIÓN PRESENTE EN LA RONDA HÍDRICA DE LA QUEBRADA LA MEDIA, CUENCA MEDIA, ÁREA NATURAL ÚNICA LOS ESTORAQUES.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

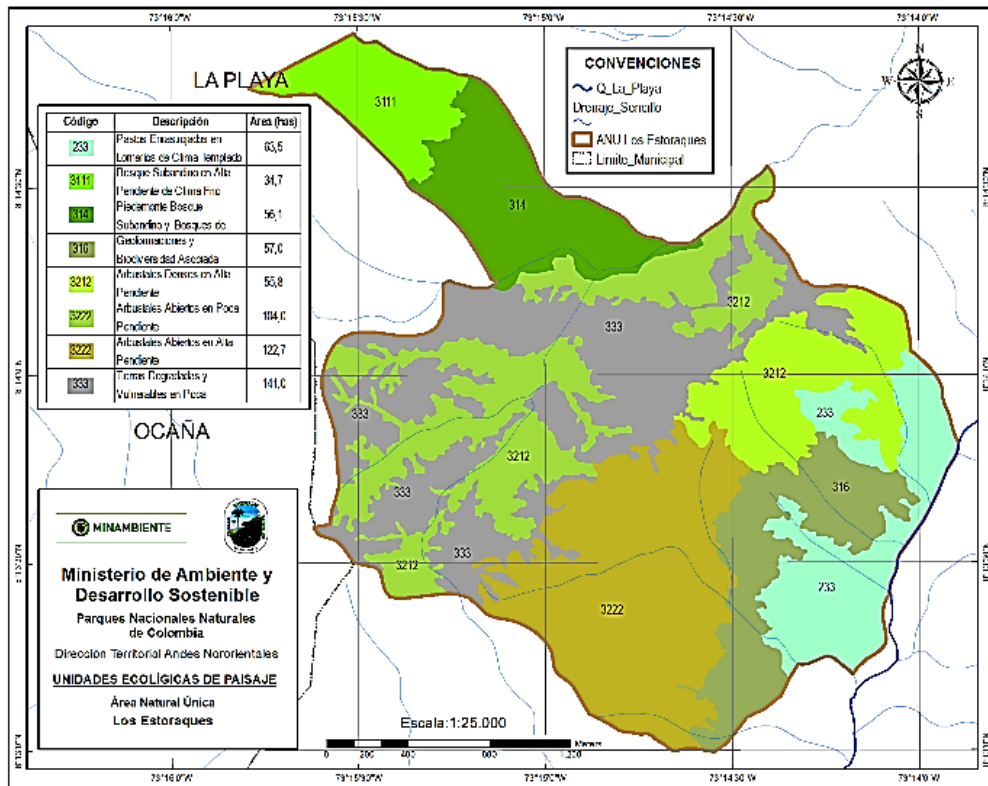
El Área Natural Única los Estoraques se encuentra ubicada en el municipio de la Playa de Belén, al occidente del departamento de Norte de Santander; vertiente occidental de la cordillera oriental (Fundación Para el Desarrollo Sostenible de Las Zona de Páramo y su Área de Influencia [FUNDEPARAMOS], 2015). Es una de las 51 áreas protegidas que conforman el Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Está constituido por un conglomerado de formaciones geológicas producto de un acelerado proceso erosivo natural y antrópico, donde la investigación, conservación y el ecoturismo son las actividades que se destacan (Área Natural Única los Estoraques [ANULE], 2013). El ANU fue declarada, alinderada y reservada mediante el Acuerdo 0031 del 26 de Mayo de 1988, de la Junta Directiva del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente INDERENA, aprobada por el ministerio de Agricultura con Resolución Ejecutiva 135 del 24 de Agosto de 1988 (FUNDEPARAMOS, 2015).

Las Unidades de Paisaje del Área Natural Única los Estoraques, involucran dos grandes biomas específicos que son: Subhigrofítico Subandino y Subxerofítico Subandino. En este sentido el Área protegida está conformada por 8 Unidades de Paisajes, para el primer bioma corresponden dos y para el segundo cinco unidades de paisaje. (ANULE, 2013) Ver Imagen 1. En cuanto al Bosque Subxerofítico subandino, este se desarrolla en zonas con déficit de humedad, generalmente asociado a valles interandinos. Su vegetación está conformada por arbustos,

subarbustos, hierbas y un arbolado bajo hasta unos cinco metros de altura (Latorre, Jaramillo, Corredor, y Arias, 2014). El bosque Subxerofítico Subandino, se encuentra con un alto grado de fragmentación, pues se presenta en lugares con climas aptos para la agricultura y la ganadería, hasta tal punto que en todas las formaciones forestales del país y en el caso propio del área, es el más amenazado, en comparación con los demás bosques secos tropicales, lo cual puede ser el resultado de una disminución en la precipitación producida por la alta deforestación que ha ocurrido a nivel regional (ANULE, 2013).

Figura 1.

Unidades de paisaje.



Fuente: ANU Estoraques.

De acuerdo a la clasificación de Holdridge, la zona de estudio corresponde a bosque seco premontano (bs-PM) y Bosque húmedo premontano (bh-PM) con presencia de unidades de

vegetación muy intervenidas (FUNDEPARAMOS, 2015). El bosque seco es considerado una de los ecosistemas más amenazados del mundo, sin embargo es también una de los menos estudiados (Pizano & García, 2014). En Colombia el Bosque seco Tropical es considerado entre los tres ecosistemas más degradados, fragmentados y menos conocidos (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos [IAVH], 1998). Más de la mitad del área que estaba cubierta originalmente por Bosque Seco en nuestro país se ha degradado hasta el punto de la desertificación, lo cual prueba la fragilidad de este tipo de ecosistema, la urgente necesidad de conservar lo poco que queda y de restaurarlo en las zonas degradadas de donde ha desaparecido (Pizano & García, 2014).

Una de las mayores amenazas al bosque seco subxerofítico del ANU Los Estoraques, es después de la ganadería, la presencia de especies exóticas – invasoras (ANULE, 2013). Las especies exóticas invasoras son animales, plantas u otros organismos introducidos por el hombre en las áreas fuera de su área de distribución natural, donde se establecen y se dispersan, provocando un impacto negativo en el ecosistema y especies locales. Representan la segunda causa más significativa de la extinción de especies a nivel mundial, después de la destrucción de los hábitats (UICN, 2010). La ocurrencia de especies exóticas - invasoras al interior del área, es producto principalmente de las actividades de mejoramiento de pasturas para mayor productividad de la ganadería, que se presentó al interior del área antes de la declaratoria y que se presenta en la actualidad en la zona limítrofe del área (Velosa, 2014). Entre los efectos negativos atribuidos a la producción ganadera figuran el pastoreo excesivo, la tala ilegal de especies leñosas para utilizarlas como forraje durante la estación seca, las quemas de arbustos para fomentar el rebrote de gramíneas fuera de estación, la erosión del suelo y la competencia con los animales

silvestres por los alimentos y el agua. Por estas razones existe una prohibición (si bien no se ha hecho cumplir) del pastoreo de rebaños de rumiantes en los parques nacionales (FAO, 2006).

El establecimiento de especies exóticas ha roto el aislamiento genético de comunidades de especies de plantas y animales, interfiriendo con la dinámica de los sistemas naturales, además de causar la extinción prematura de especies, por ser particularmente exitosas y agresivas, llegando a dominar grandes áreas, reemplazando la variedad de comunidades autóctonas (Crooks & Soule, 1997). Este problema ha llevado a los ecosistemas a graves estados de fragmentación, quedando reducidos a fracciones o islas de menor tamaño, más o menos conectadas entre sí en una matriz de hábitats diferentes al original, generando la disminución de la superficie de hábitat, la reducción del tamaño de los fragmentos y el aislamiento de los fragmentos en el paisaje (Forman, 1995). El efecto borde representa las fronteras comunes entre los elementos de diferente composición y la estructura de un paisaje. Un borde puede actuar como un límite para resistir invasores (químicos o biológicos) (Morláns, 2005).

El incremento de la fragmentación al interior del área, el consecuente incremento del efecto de borde y la cercanía con la frontera agropecuaria, han facilitado el ingreso de especies invasoras, principalmente pastos, al interior del área. La cercanía de viviendas al área protegida es factor motivador del incremento de esta presión, lo mismo que el tránsito actual de ganado del exterior hacia el interior debido a la ausencia de cercas (Velosa, 2014). Cerca del 70% de las tierras de pastoreo en las zonas áridas están degradadas, principalmente a causa del exceso de pastoreo, la compactación de la tierra y la erosión causadas por el ganado (FAO, 2006).

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el riesgo de invasión por especies exóticas, en la ronda hídrica de la Quebrada la Media, cuenca media, Área Natural Única Los Estoraques, Norte de Santander?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General. Caracterizar las especies exóticas identificando el riesgo de invasión presente en la ronda hídrica de la Quebrada la Media, cuenca media, Área Natural Única Los Estoraques.

1.3.2. Objetivos Específicos. Determinar la composición y diversidad florística presente en la ronda hídrica de la Quebrada la Media, cuenca media del Área Natural Única Los Estoraques.

Identificar las especies nativas, naturalizadas y exóticas presentes en la ronda hídrica de la Quebrada la Media, en su cuenca media, Área Natural Única Los Estoraques, Norte de Santander.

Clasificar las especies exóticas como invasora, con potencial o riesgo de invasión y sin potencial o riesgo de invasión, de acuerdo a su abundancia, condiciones ambientales del área, la revisión teórica y bibliográfica.

1.4 JUSTIFICACIÓN

A pesar de que no todas las especies exóticas llegan a desencadenar procesos de invasión, la proliferación de algunas de ellas constituye hoy en día la segunda causa de pérdida de biodiversidad. Las especies invasoras pueden producir cambios radicales en la abundancia y la integridad genética de especies nativas e incluso conducir a su extinción local (Vilà, Valladares, Traveset, Santamaría, & Castro, 2008). Las especies exóticas invasoras pueden transformar la estructura de los ecosistemas y las especies nativas que lo componen, reprimiéndolas o excluyéndolas, ya sea directamente compitiendo con ellas por los recursos, o indirectamente cambiando la forma de reciclar nutrientes (McNeely, Mooney, Neville, Schei, & Waage, 2001). De las mayores amenazas presente en el ANU Los Estoraques, se encuentra el establecimiento de especies exóticas-invasoras en el bosque seco subxerofítico, el cual es objeto de conservación del Parque (ANULE, 2013). Los efectos o impactos más importantes visualizados en el área por esta amenaza son: modificación de coberturas vegetales naturales, transformación del hábitat, fragmentación, cambio en las relaciones ecológicas (fenológicas, polinización, dispersión), posible afectación de los suelos, posible creación de condiciones ambientales favorables para el ingreso de nuevas plagas (Velosa, 2014).

De acuerdo a lo anterior se realizó la caracterización de las especies exóticas presentes en la ronda hídrica de la Quebrada la Media, específicamente en la cuenca media, Área Natural Única Los Estoraques; determinando la diversidad y composición de las especies por hábito de crecimiento, como también, la identificación de las especies con riesgo de invasión, las invasoras y las nativas. La metodología utilizada corresponde a la presentada por el Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad del Instituto de Investigación de Recursos

Biológicos Alexander Van Humboldt (Villareal, y otros, 2004), además, se siguen los lineamientos del libro de Bosque seco en Colombia (Pizano, García, 2014), el Protocolo Para la Detección y Manejo de Plantas Invasoras o Potencialmente Invasoras en áreas Naturales y Seminaturales de Cuba y el Programa Mundial de Especies Invasoras (Oviedo, y otros, 2012), bajo un enfoque ecosistémico, como estrategia para la gestión integrada de la tierra, el agua y recursos vivos.

Como resultados de este proyecto de investigación, se obtienen documentos de campo y técnicos con información de investigación, en términos de la caracterización de especies exóticas en bosque seco subxerofítico, en la ronda hídrica de la Quebrada la Media, representado en un inventario biológico, , tabla de datos de campo, listas de familias y lista de especies, con sus respectivos cálculos de diversidad para las especies por hábito de crecimiento (Arbol, Arbsto y herbaceo); como tambien, la identificación y caracterización de las especies con riesgo de invasión e invasoras. Se presenta la metodología aplicada, el cronograma de actividades y presupuesto necesario, los resultados y sugerencias.

Esta investigación, permitirá ser un referente para futuras investigaciones dentro del Área Natural o en áreas similares que presenten Bosque seco Subxerofítico. Así mismo, se beneficia Parques Naturales Nacionales de Colombia, el Área Única Los Estoraques particularmente, por ser el lugar del desarrollo del proyecto, aportando al conocimiento de las especies exóticas y posible riesgo de invasión en el área, y así motivar la conservación del ecosistema y a los servicios ambientales que presta el Parque. La Universidad Francisco de Paula Santander como centro principal del conocimiento y la investigación en la región, y a la comunidad académica en general como aporte académico y de investigación.

1.5 DELIMITACIONES

1.5.1. Delimitación conceptual. En el proyecto se utilizan conceptos caracterización de especies exóticas, especies exóticas e invasiones biológicas, alteración ecosistémica, componentes de la biodiversidad y biodiversidad florística; todos adquiridos en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, con un potencial muy amplio de aplicabilidad en las áreas relacionadas directamente con el proyecto, ofreciendo así una amplia y objetiva fuente de información que permitirán el buen desarrollo del mismo.

1.5.2. Delimitación geográfica. Este proyecto se realizó en la ronda hídrica de la Quebrada la Media, en su cuenca media, del Área Natural Única Los Estoraques, Municipio de la Playa de Belén, con el fin de caracterizar las especies exóticas presentes, determinando la diversidad de las especies por hábito de crecimiento, como también, la identificación de las especies con riesgo de invasión, las invasoras y las nativas.

1.5.3. Delimitación temporal. El actual proyecto tuvo un marco de acción de 4 meses, en los cuales se realizó la caracterización de las especies exóticas, el cálculo de índices de diversidad de las especies por hábito de crecimiento, como también, la identificación y priorizando las especies con riesgo de invasión, las invasoras y las nativas.

1.5.4. Delimitación operativa. Para el presente proyecto se contó con un capital humano calificado referenciado en docentes de la UFPSO y personal profesional del ANU los estoraques, los cuales nos ayudaran a abordar temas afines, al igual se tendrá apoyo tecnológico como lo son instrumentos de medición y herramientas necesarias para el adecuado desarrollo del proyecto.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO HISTÓRICO

2.1.1. Mundial. A lo largo del tiempo, la humanidad se ha encargado de transformar el medio que lo rodea, con el fin de satisfacer sus necesidades y mejorar su calidad de vida. Con el origen del comercio y el transporte se rompieron las barreras geográficas, permitiendo el desplazamiento de especies de sus áreas naturales a lugares en donde nunca estuvieron presentes.

El incremento mundial en la inmigración de plantas, animales y microorganismos de manera general sigue los pasos del incremento en el transporte y el comercio (Ecological Society of America [ESA], 2000). De acuerdo al aporte realizado por Dr. Sergio M. Zalba, en el Programa Mundial Sobre Especies Invasoras (2005):

Muchos animales y plantas fueron y son movidos de manera voluntaria en un intento por garantizar la seguridad alimentaria o la disponibilidad de combustible, de materiales de construcción y de insumos para distintas actividades humanas. Otras, en cambio, viajan de manera inadvertida escondidas en cargamentos de semillas, de madera o en el agua de lastre de los barcos. (pág. 4)

El hombre ha llevado especies de un lugar a otro con el fin de obtener un provecho económico de las mismas. Esto ha sucedido por ejemplo, con las especies agrícolas o ganaderas, que hoy se encuentran por todo el mundo (Castro-Díez, Valladares, & Alonso, 2004). Muchas de estas especies se han establecido y acoplado, manteniendo poblaciones, hasta el punto de ser

fundamentales en los ecosistemas. De hecho, existe toda una comunidad de animales y plantas que siguen a los humanos a donde quiera que éstos vayan (Gutiérrez, 2006). Algunas de estas especies se han convertido en invasoras, causando graves impactos en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas invadidos (Alonso & Castro-Díez, 2015).

La introducción de especies se remonta a antiguas civilizaciones y siempre ha acompañado los procesos de colonización. Los primeros registros para aguas continentales datan del siglo XVI (Elton 1958, Crooks y Soule 1997, Ruiz 1997) aunque en aguas marinas el movimiento de ostras (*Crassostrea angulata* y *C. gigas*) ocurrió hace seis siglos (Carlton 1985) sucediendo para esta misma época lo mismo con la tórtola turca (*Streptopelia decaocto*) que fue llevada desde el Sureste de Asia y China a Europa. En cuanto a árboles se ha detectado, que entre la introducción y la constitución de poblaciones ensambladas a su nuevo ambiente, normalmente transcurre bastante tiempo y son ejemplos relevantes: falsa acacia (*Robinia pseudacacia*, 152 años); hacer o arce (*Acer negundo*, 183 años); castaño de indias (*Aesculus hippocastanum*, 124 años); lluvia de oro ébano falso, Codeso (*Laburnum anagyroides*, 198 años); y sauce (*Salix intermedia*, 112 años) (Williamson y Brown 1986). Según Feinstein (2004) las especies introducidas e invasoras se pueden encontrar a todo nivel, entre microorganismos, plantas terrestres y acuáticas, invertebrados, anfibios, aves, peces, mamíferos y reptiles (Gutiérrez, 2006, pág. 12).

Desde comienzos del año 1500 los europeos transportaron especies del viejo mundo a sus nuevos asentamientos en el hemisferio Occidental, así como a otras partes del mundo. Los manifiestos del segundo y subsiguientes viajes de Cristóbal Colón, por ejemplo, mencionan el transporte deliberado de especies consideradas cultivos y ganado potenciales.

El comercio global ha crecido astronómicamente desde entonces, proveyendo una oportunidad para el correspondiente crecimiento de las invasiones biológicas. En consecuencia, las invasiones biológicas pueden ser vistas como un evento predominantemente post-colombino. Puesto en perspectiva, el movimiento de organismos provocado por los humanos, accidental o deliberadamente en los últimos 200 a 500 años, indudablemente empequeñece en frecuencia e impacto al movimiento de organismos por fuerzas naturales en cualquier período de 500 años de la historia de la Tierra (ESA, 2000, p.4)

Como parte de la colonización europea a escala mundial, se generó una intensa introducción y aclimatación de diversas especies exóticas, especialmente desde el siglo XVIII, hasta principios del XX, incentivado todo por expectativas de producción económica. De ahí, que a escala global hasta los años ochenta se tenía como una actividad progresista que permitiría el aumento de las opciones económicas y la variedad de fauna y flora. En la actualidad, en vista de las múltiples malas experiencias, la introducción de especies suele estar integral y debidamente regulada. Y frente a los diagnósticos, considerar como un problema menor que tan sólo el 10% de las especies sean introducidas accidentalmente, es un error, pues precisamente mediante este procedimiento muchas especies, se han incorporado al medio natural, han generado grandes impactos y se han establecido de manera definitiva, siendo algunas de imposible erradicación (Gutiérrez, 2006, pág. 22).

En la década de los 50 del pasado siglo, el ecólogo británico Charles S. Elton sentó las bases de la ecología de las invasiones biológicas en su famoso libro *The ecology of*

invasions by plants and animals (Elton, 1958). Este autor advirtió de los impactos que las especies exóticas podían causar en los ecosistemas, aportando ejemplos tan graves como la destrucción de numerosas poblaciones de cangrejos europeos por un patógeno fúngico desde los años 70 del siglo XIX. Tres décadas más tarde, un estudio sobre el impacto del arbusto exótico *Myrica faya* en el ciclo del nitrógeno en las islas de Hawái tuvo una gran repercusión científica. Vitousek y Walker (1989) estimaron que la invasión de esta planta, fijadora de nitrógeno atmosférico, había cuadruplicado la entrada de nitrógeno en los suelos volcánicos oligótrofos de estas islas, facilitando a su vez la invasión de otras plantas exóticas. El impacto de este y otros estudios hizo que, poco a poco, la comunidad científica haya tomado conciencia de la importancia de este problema, aportando cada vez más evidencias de impactos de las especies exóticas invasoras en diferentes ecosistemas del planeta. El creciente interés de los ecólogos en las causas y consecuencias de las invasiones biológicas se ha reflejado en el auge de las publicaciones científicas en las últimas décadas. Además han aparecido revistas internacionales especializadas, como *Biological Invasions* (1999) o *Aquatic Invasions* (2006), ambas incluidas en el *Journal Citation Report*. También hay que remarcar que este tema es cada vez más tratado en revistas generales de ecología y de ciencias ambientales (Alonso & Castro-Díez, 2015, pág. 1).

Ya existen numerosas políticas globales y regionales que están haciendo frente al problema de las EEI. Pero la coordinación de la implementación de dichas políticas y la cooperación entre los responsables de estos instrumentos no son ni mucho menos suficientes. Las medidas prácticas de prevención, erradicación y control tampoco son las adecuadas. El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) podrían tomar la iniciativa, pero los

sectores del comercio, el transporte, los viajes y otros sectores económicos deben colaborar estrechamente con ellos. Otras instituciones, como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización Mundial del Comercio (OMC), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés) y la Organización Marítima Internacional (OMI) son componentes clave en el ámbito internacional. Estas instituciones cuentan con el apoyo de organizaciones internacionales no gubernamentales (ONG), como La Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés), Wetlands International, Conservación Internacional (CI) y The Nature Conservancy (TNC)...

El instrumento más completo es el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) de 1993, según el cual, cada Parte Contratante (178 gobiernos desde el año 2000) “impedirá que se introduzcan, controlará o erradicará las especies exóticas que amenacen a ecosistemas, hábitats o especies” (artículo 8h). La Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) de 1952 es un instrumento mucho más antiguo dedicado y principalmente a las plagas de plantas, y basado en un sistema de certificados fitosanitarios. También hay una serie de acuerdos regionales que refuerzan la CIPF...

En 1997 la comunidad científica internacional estableció el Programa Mundial sobre Especies Invasoras, o GISP por sus siglas en inglés. El objetivo del GISP es ayudar a los gobiernos y otras organizaciones a utilizar las mejores prácticas disponibles para controlar las EEI y promover el desarrollo de herramientas y estrategias adicionales necesarias para mejorar la gestión mundial de estas especies (McNeely, Mooney, Neville, Schei , & Waage, 2001, pág. 3).

La UICN en 2001 declaró las 100 especies invasoras dañinas a nivel mundial, reportando 8 microorganismos, 4 plantas acuáticas, 32 plantas terrestres, 8 invertebrados acuáticos, 18 vertebrados terrestres, 3 anfibios, 8 peces, 3 aves, 2 reptiles y 14 mamíferos (Gutiérrez, 2006). De otra parte, el Compendio Global de Malezas (GCW, por sus siglas en inglés) contiene cerca de 28.000 especies de plantas, de las cuales aproximadamente 1.000 han sido listadas como invasoras (Baptiste, y otros, 2010).

Pero en general, los listados de especies exóticas invasoras de los países presentan entre 80 y 90% de introducciones voluntarias, normalmente vinculadas a finalidades económicas. Esas son especies de ambientes terrestres y especies acuáticas utilizadas para cultivo, en la mayor parte de agua dulce. Así, en estos ambientes solamente un 10 a 20% representan introducciones accidentales, que no podrían pasar por una evaluación previamente a una decisión de introducción. Esos números solamente demuestran que no hay procedimientos eficientes para permitir o negar la introducción de especies. Además, muchos son los ejemplos de especies introducidas para fines económicos sin cualquier estudio de mercado y que nunca llegan a generar beneficios: la rana toro y el caracol africano son excelentes ejemplos. Los perjuicios son socializados: el problema se entrega a los gobiernos para resolverlo, y los ciudadanos se ven obligados a pagar por programas de control o de erradicación (Baptiste, y otros, 2010, pág. 9).

2.1.2. Latinoamérica y Colombia. El problema de las EEI en Sudamérica es de enormes proporciones, tanto en el número como a la variedad de especies, como su impacto sobre la salud y los medios de subsistencia de todos los pueblos de la región (Matthews, 2005).

Cuando los colonizadores europeos desembarcaron en Centro y Suramérica, descubrieron que las gramíneas nativas no toleraban el pastoreo intensivo de los ungulados importados. En vista de esto, decidieron “enriquecer” la vegetación con algunas especies africanas, principalmente *Hyparrhenia rufa*, *Melinis minutiflora*, *Panicum maximum* y *Brachiaria spp.* (Parsons, 1972; D’Antonio y Vitousek, 1992). La selección de estas especies se debió a que resisten la defoliación frecuente mejor que las especies locales (Simões y Baruch, 1991).

La creación de pastizales fue precedida por la remoción y quema de la vegetación presente. Debido a que las gramíneas exóticas utilizadas son propensas a crecer en formaciones densas muy sensibles al fuego, particularmente si la intensidad de pastoreo es relativamente baja (Pohl, 1983; Janzen, 1988)...

El resultado es un ciclo con retroalimentación positiva, mediante el cual la introducción de gramíneas exóticas aumenta la frecuencia de incendios en las sabanas (Rodríguez, 2001, pág. 480).

Los poblados indígenas de América del Sur fueron objeto de introducciones de algunas plantas cultivadas y de animales de compañía como el perro. Patiño (1969-1970) y Yepes (2001) documentan ampliamente la historia de introducción de plantas cultivadas y animales domésticos a América tropical durante la colonización europea, estableciendo que los primeros embarques de vacunos y ovejas llegaron a La Española (República Dominicana) en el segundo viaje de Colón, en el año 1493. En ese momento llegaba la antiquísima tradición pastoril de los ibéricos que recurría a la ganadería como una estrategia de ocupación territorial. Ya en 1513 en Cuba, el número de cerdos liberados era superior a 30.000 individuos (Yepes 2001). En Argentina los caballos (*Equus caballus*)

liberados en Buenos Aires en 1537 se volvieron salvajes, y fueron reportados en Magallanes en 1558, con lo cual se calcula su avance en 48 km/año (Darwin 1845 citado por Ojasti 2001). Por su parte, las ovejas trajeron en su lana numerosas semillas de pastos exóticos (Primack *et al.* 2001). En 1525 se introdujeron a la Nueva Granada –Colombia– 200 bovinos, 25 yeguas y 300 cerdos (Yepes 2001). De hecho, los primeros colonos españoles asentados en algunas áridas tierras costeras americanas implantaron aquí su tradición ganadera y el impacto de sus rebaños empezó a sentirse en los campos y matorrales de América tropical, poco afectados por los herbívoros pastadores...

Subregionalmente, entre los cinco países de la Comunidad Andina (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela) se han identificado 227 especies exóticas invasoras, en su mayoría plantas malezas o invasoras (92) insectos plaga (61) y 30 vertebrados (Ojasti 2001a). Es una lista incompleta, especialmente en cuanto a los invertebrados, plantas inferiores, hongos y biota microbiana. Aun así, es evidente que los mismos grupos de especies invasoras y problemas ambientales son repetitivos en los cinco países y que los elementos previos de análisis para permitir tales acciones nunca estuvieron dotadas del debido biorrigor...

Los grupos característicos identificados para la región, son las plantas invasoras, las malezas acuáticas, los insectos plaga de cultivos, numerosas especies de peces de aguas continentales, mamíferos domésticos cimarrones, roedores cosmopolitas, aves exóticas urbanas, algunas especies de crustáceos y moluscos y la rana toro (*R. catesbeiana*). A esto debe agregarse el dilema de la implantación de pastos africanos y plantaciones forestales exóticas que generan altos ingresos, pero a expensas de pérdidas de la biodiversidad nativa en vastas extensiones (Ojasti, 2001a) (Gutiérrez, 2006, págs. 28-29).

La reciente intensificación del comercio hortícola entre los países de Sudamérica y entre los países de Norteamérica con los de Sudamérica ha aumentado enormemente la introducción de EEI en bosques, incluidas plagas como las moscas blancas, los minadores de hojas y los trips. Muchas de las malezas invasoras que afectan a la agricultura y a los pastizales naturales se han dispersado por el mundo como especies contaminantes transportadas entre las semillas de cultivos (McNeely, Mooney, Neville, Schei , & Waage, 2001, pág. 13).

En América desde los años setenta, debido a la falta de investigaciones sobre las especies nativas, y al sobreaprovechamiento de los recursos continentales, se optó por la introducción de especies hidrobiológicas y/o pesqueras. Por ejemplo en el lago Nicaragua (Nicaragua) y en Colombia en los embalses de Betania e Hidroprado, la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y *O. niloticus*, se han convertido en las especies más abundantes (Mackaye 1977, Mackaye et al. 1995, Alvarado 1998, Márquez y Guillot 2001, Gutiérrez 2005) siendo objeto de una intensa actividad de pesca artesanal. A su vez, en Colombia en la Ciénaga Grande de Santa Marta (730 km² de sistema lagunar y 570 km² de área marina) *O. niloticus*, ha dominado desde 1999, la pesquería, llegando a representar el 67% de las capturas (7.427,62 t) haciendo aportes económicos por U\$ 2,5 millones de dólares americanos (Gutiérrez, 2006, págs. 30-32).

Hasta la fecha Sudamérica ha hecho caso omiso a la presencia y a los efectos de las especies exóticas invasoras sobre la biodiversidad y los sistemas naturales. Es imprescindible que esto cambie, porque esta región tiene más que perder que muchas otras,

ya que es el hogar de más de un 20% de las especies del planeta y tiene la mayor proporción de hábitat natural que queda en el mundo (Matthews, 2005, pág. 3).

En Colombia, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt” (2005) declaró como especies invasoras en plantas a: canutillo (*Melinis minutiflora*); retamo espinoso (*Ulex europaeus*); retamo liso (*Teline monspessulana*); susanita de ojos negros (*Thunbergia alata*); buchón (*Eichhornia crassipes*). En invertebrados marinos a: *Electroma sp.*, que presumiblemente llegó del Indopacífico a través de las aguas de sentinas y/o adherido a los cascos de los buques y a *Mytilopsis sallei* (mejillón de estuario). En moluscos a *Helix aspersa* (caracol de jardín). En artrópodos a la hormiga loca (*Paratrechina fulva*). En anfibios a la rana toro (*Rana catesbeiana*) y en peces: la trucha común (*Salmo trutta*); la trucha arco iris (*Onchorhynchus mykiss*) y la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). En cuanto a plantas el canutillo, el retamo espinoso, el retamo liso, la susanita de ojos negros y el buchón coinciden con la declaratorias de la UICN (2001) y de Quentin *et al.* (2001). Para el caso de fauna no todos corresponden a los listados como invasores por la UICN, siendo coincidentes tan sólo la rana toro y las tres especies de peces (Gutiérrez, 2006, pág. 22).

Por otro lado, los diferentes procesos de colonización del territorio colombiano han generado un flujo de especies de una región a otra, con lo cual se han introducido especies entre ecosistemas al interior del país (Baptiste, y otros, 2010).

2.2 MARCO CONCEPTUAL

Para comprender de mejor forma los procesos relacionados con las invasiones biológicas es importante conocer y definir claramente los términos empleados, de manera que no existan ambigüedades o interpretaciones inexactas de los términos y el análisis de la problemática (Baptiste, y otros, 2010).

La UICN define **Desplazamiento** como el traslado de organismos vivos desde un lugar para dejarlos en libertad en otro. Las tres clases principales de desplazamiento a que se refiere este documento se definen de la siguiente manera:

Introducción de un organismo es la dispersión intencional o accidental hecha por un agente humano de un organismo vivo fuera de lo que históricamente se conoce como su área de dispersión natural.

Reintroducción de un organismo es el movimiento intencional del mismo hacia una parte de su área de dispersión natural de la que ha desaparecido o de la que ha sido extirpado en tiempos históricos como resultado de actividades humanas o de catástrofes naturales.

Reconstitución de población es el traslado de un determinado número de plantas o animales de una especie con la intención de acrecentar el número de individuos de dicha especie en su hábitat original...

La reintroducción de especies para reestablecer poblaciones extintas o deterioradas dentro de su área de distribución original no se considera una introducción en términos de esta definición, a menos que los organismos introducidos representen una subespecie diferente. Para mayor claridad, se consignan las definiciones utilizadas y reconocidas en la

normatividad nacional y en las convenciones, protocolos y directrices internacionales (Gutiérrez, 2006, pág. 15).

Comunidad vegetal: es el conjunto de plantas que prospera en un determinado hábitat y que, a su vez, puede ser caracterizado por una serie de factores ecológicos (Gómez, 2008).

Contención: forma específica de control cuyo objetivo es restringir a una especie invasora a un rango geográfico limitado. Implica la combinación de erradicación de los individuos que se establezcan fuera del límite del área definida y la prevención de cualquier nueva introducción de individuos de la especie en cuestión (Wittwnberg & Cock, 2001, pág. 138).

Control: Es una práctica de manejo, cuyo objetivo es reducir la abundancia o rango de distribución de una especie invasora hasta niveles por debajo del límite deseado, disminuyendo su impacto hasta niveles aceptables o tolerables. Esta práctica permite reducir la competencia con las especies nativas, de forma tal que estas últimas puedan ganar terreno y remplazar a la invasora (Wittwnberg & Cock, 2001, pág. 139).

Dispersión: Movimiento unidireccional de un organismo con respecto a sus parentales (Oviedo, y otros, 2012).

Enfoque por ecosistemas: es una estrategia para la gestión integrada de tierras, extensiones de aguas y recursos vivos por la que se promueve la conservación y utilización sostenible de modo equitativo (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica [CDB],

2004). Es el marco principal para la aplicación del Convenio de Diversidad Biológica. Tiene como objetivo prioritario la conservación de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas para el mantenimiento y restauración de los servicios ecosistémicos (Oviedo, y otros, 2012).

Especies exóticas: está definida por la CBD, como: “Especie que está presente fuera de su propagación normal”. Una especie introducida, exótica, alóctona, foránea o no-nativa (“alien” en inglés) es una especie originaria de otra región (Vilà, Valladares, Traveset, Santamaría, & Castro, 2008). Para la UICN (2016) una especie exótica se refiere a las especies, subespecies o taxón inferior, introducidas fuera de su área de distribución natural en el pasado o actual; incluye cualquier parte, gametos, semillas, huevos o propágulos de dichas especies que podrían sobrevivir y subsiguientemente reproducirse (pág.1).

Especie exótica invasora: hace referencia a una especie naturalizada, frecuentemente con abundante descendencia fértil y capacidad de dispersión, que coloniza áreas relativamente extensas o tiene el potencial para hacerlo. Estas especies pueden producir cambios en la composición, estructura y los procesos de funcionamiento de los ecosistemas (Regalado , González-Oliva, Fuentes, & Oviedo, 2012).

Está definida por la CBD, como: “Especies no nativas que son introducidas deliberadamente o de manera accidental por fuera de su hábitat natural donde éstas se establecen, proliferan y dispersan de tal forma que causan daños a los intereses del hombre”. Según (Vilà, Valladares, Traveset, Santamaría, & Castro, 2008) “Las especies invasoras son especies naturalizadas que se expanden rápidamente lejos del foco de introducción.” (p.23.)

Especie potencialmente invasora: especie exótica, presente en un territorio, naturalizada o no, que se conoce su comportamiento invasor fuera de este, o se infiere su potencialidad para ello dada su elevada capacidad de multiplicación, dispersión, propagación o proliferación (Regalado , González-Oliva, Fuentes, & Oviedo, 2012).

Especie nativa: son aquellos individuos que ocurren dentro de su área natural, y de dispersión potencial (Vilches , Arcaria, & Darrigran, 2010). Para (Vilà, Valladares, Traveset, Santamaría, & Castro, 2008) son aquellas especies que ocupan su área de distribución original (p.22.)

Especie naturalizada: Denominamos así, a aquellas especies que pueden llegar a constituir poblaciones autónomas capaces de reproducirse y mantenerse en el tiempo, las que se incorporan a los ecosistemas (Carvallo, 2009).

Impacto Ambiental: es una alteración favorable o desfavorable sobre el medio o alguno de sus componentes (Vilches , Arcaria, & Darrigran, 2010). En el caso de las invasiones biológicas, se entiende como la descripción o cuantificación de cómo una especie invasora afecta su ambiente y otros organismos en el ecosistema colonizado (Oviedo, y otros, 2012).

Invasión: proceso de varios estados por medio del cual un organismo exótico franquea una serie de barreras en el proceso continuo de naturalización-invasión (Regalado , González-Oliva, Fuentes, & Oviedo, 2012).

Invasiones biológicas: es el fenómeno que incluye: el transporte de los organismos a través de la actividad humana (intencional o accidental) en áreas fuera de su rango potencial, definido por sus mecanismos naturales de dispersión y las barreras biogeográficas; y el destino de esos organismos en el nuevo rango, incluyendo su capacidad de sobrevivir, establecerse, reproducirse, dispersarse, propagarse, proliferar, interactuar con la biota residente y ejercer influencia de distintas maneras sobre los ecosistemas invadidos (Richardson, Pyšek, & Carlton, 2011, pág. 411).

Manejo del hábitat: acciones de manejo enfocadas en el hábitat y no directamente sobre la especie invasora, aunque redundan en su reducción (p. ej. quema controlada, pastoreo, cambio en las abióticas) (Wittwnberg & Cock, 2001).

Método mecánico: remoción de individuos ya sea a mano o mediante algún tipo de herramienta. Aunque puede tener un alto costo de mano de obra, es uno de los más efectivos e inocuos (Wittwnberg & Cock, 2001).

Método biológico: liberación intencional de enemigos naturales de la especie invasora para controlar su densidad. Es un método económico siempre que el enemigo utilizado sea específico para controlar, y requiere de mucha información científica, infraestructura de cuarentena, y gran inversión en monitoreo (Gutiérrez, 2006).

Método integrado: frecuentemente referido en la literatura bajo el nombre de Manejo Integrado de Plagas (IPM), consiste en una combinación de los métodos mecánico, biológico, químico y manejo de habitad, pero requiere de investigaciones ecológicas,

supervisiones periódicas (monitoreo) y una cuidadosa coordinación (McNeely, Mooney, Neville, Schei , & Waage, 2001, pág. 29).

Monitoreo: evaluación periódica de uno o varios indicadores para detectar tendencias, cambios e irregularidades fuera de los parámetros deseados o esperados, tras la aplicación de cierta acción de manejo (Oviedo, y otros, 2012).

Restauración (restauración ecológica): Herramienta de gran importancia para implementar el enfoque por ecosistemas (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica [CDB], 2004), que persigue la recuperación de la estructura y el funcionamiento de un ecosistema degradado por las actividades humanas, de forma tal que se restablezcan sus servicios ecosistémicos (Begon, Townsend, & Harper, 2006). Es necesario el uso de especies nativas propias del ecosistema y el aprovechamiento de la regeneración natural. Implica la remoción de especies invasoras que cambian el carácter del hábitat colonizado, y la reducción considerable de los efectos heredados en el ecosistema (Oviedo, y otros, 2012).

Vector de invasión: es el mecanismo de dispersión y transporte de la especie invasora, mediado por el hombre o no (viento, agua, animales) (Richardson, Pyšek, & Carlton, 2011).

Vía de dispersión: combinación de procesos y oportunidades resultantes en el movimiento de propágulos de una especie invasora desde un área invadida a otra, incluyendo aspectos relativos a los vectores de invasión, características de los ambientes tanto emisor como receptor, naturaleza de lo que se dispersa y momento en que ocurre la dispersión (Richardson, Pyšek, & Carlton, 2011, pág. 412).

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1. Las Invasiones Biológicas. Las invasiones biológicas hacen referencia al proceso de introducción, establecimiento y expansión de especies exóticas procedentes de otras áreas geográficas. La mayoría de estas invasiones han sido ocasionadas por introducciones accidentales, pero en otros casos han sido intencionadas. Este movimiento de especies de unas regiones a otras se ha llevado a cabo desde hace mucho tiempo pero, sin duda alguna, los movimientos humanos, la intensificación del comercio, la alteración de los ecosistemas y el mayor desarrollo han acelerado el proceso (Vilà, Valladares, Traveset, Santamaría, & Castro, 2008, pág. 21).

Las invasiones biológicas pueden ocurrir cuando los organismos son transportados a áreas nuevas y por lo general distantes, donde sus descendientes proliferan, dispersan y persisten...

Pocos hábitats en la Tierra permanecen libres de especies introducidas por los humanos y muchos menos pueden considerarse inmunes a esta dispersión. Las especies involucradas presentan tal mezcla de categorías taxonómicas y orígenes geográficos que desafían cualquier clasificación existente.

Las consecuencias adversas de las invasiones son diversas y están interconectadas. Los invasores pueden alterar características ecológicas fundamentales, tales como las especies dominantes en una comunidad, las propiedades físicas del ecosistema, el ciclo de nutrientes y la productividad vegetal (Ecological Society of America [ESA], 2000).

El alcance de las invasiones biológicas es mundial y el coste es enorme, tanto en términos medioambientales como económicos. Las especies exóticas invasoras han invadido y perjudicado a biota nativa en prácticamente todos los tipos de ecosistema que existen en la Tierra. Estas especies han contribuido a la extinción de varios cientos de especies, sobre todo en islas propiamente dichas o en islas ecológicas, como por ejemplo los ecosistemas fluviales. El coste medioambiental es la pérdida irrecuperable de especies y ecosistemas nativos (McNeely, Mooney, Neville, Schei , & Waage, 2001, pág. 6).

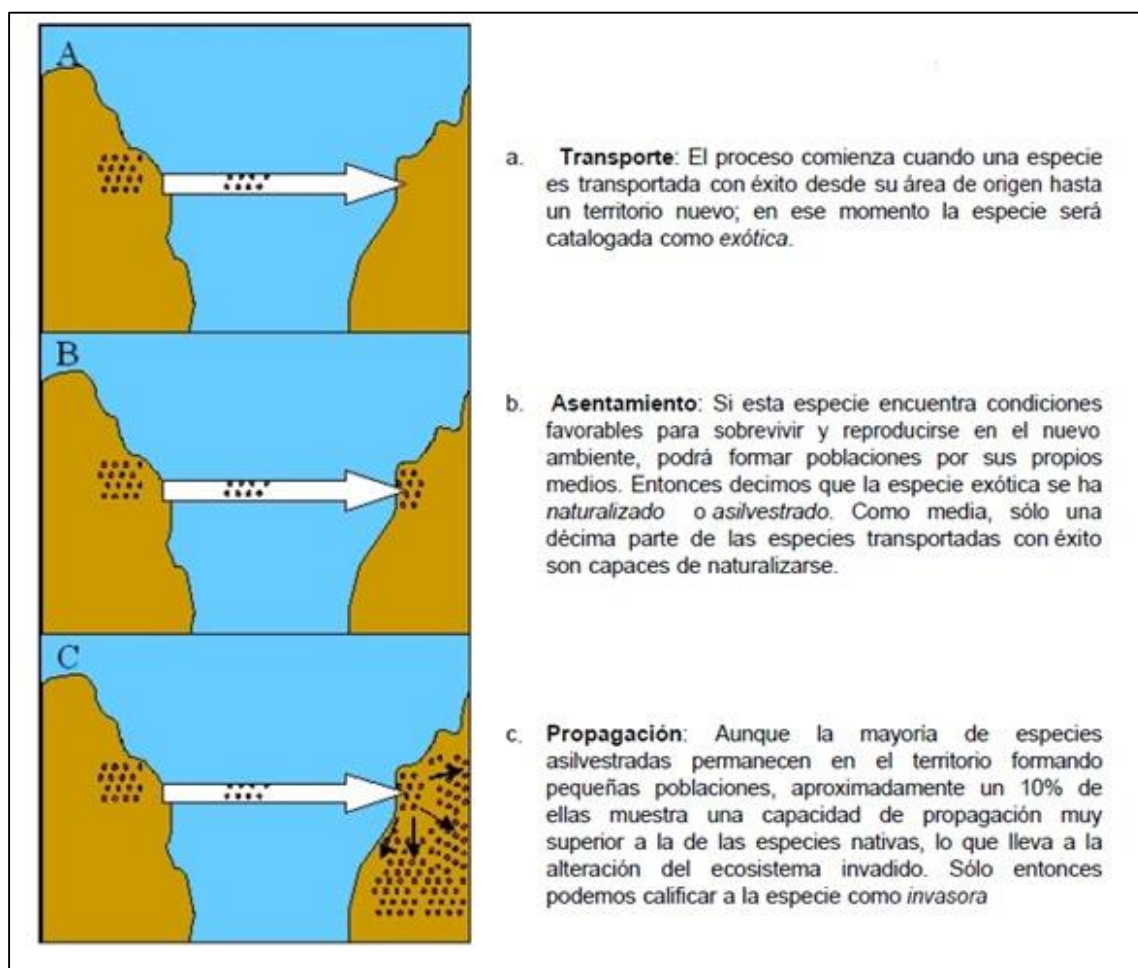
Las invasiones de especies tienen cuatro elementos principales. Primero, la población de origen se encuentra allí donde la especie forma naturalmente parte del ecosistema nativo (aunque a menudo proceden de otros ecosistemas invadidos). Segundo, las vías de entrada son rutas por las que las especies se mueven de un sitio a otro, ya sea dentro de un mismo país o de un país a otro. Tercero, los destinos son lugares a los que la nueva especie llega inadvertidamente o en los que es introducida deliberadamente. Cuarto, los vectores son los medios por los que especies de una población de origen siguen una vía que les lleva a un nuevo destino (McNeely, Mooney, Neville, Schei , & Waage, 2001, pág. 18).

2.3.2. Proceso De Invasión. El proceso de invasión, comprende desde que la especie se encuentra en su región nativa hasta que se convierte en invasora en un área remota...

Una especie introducida, exótica, alóctona, foránea o no-nativa es una especie originaria de otra región. No todas las especies introducidas son invasoras: pensemos por ejemplo en la multitud de plantas ornamentales que hay en parques y jardines o en los animales de compañía, incapaces de sobrevivir sin los cuidados que les proporciona el hombre. Algunas de estas especies se “escapan” o “liberan” en espacios naturales, se

establecen y reproducen sin intervención humana. Muchas de ellas dan lugar a poblaciones muy pequeñas y poco viables cuya persistencia depende de la proximidad a zonas antrópicas y/o de la entrada continuada de nuevos individuos; en este caso hablamos de especies subespontáneas o adventicias. Sin embargo, otras son capaces de formar poblaciones estables, en cuyo caso decimos que se han naturalizado. Las especies invasoras son especies naturalizadas que se expanden rápidamente lejos del foco de introducción. Una especie vegetal se considera invasora si en menos de 50 años se ha establecido a 100 m del foco de entrada, si su reproducción es por semillas; o a más de 6 m en 3 años, si su reproducción es vegetativa a través de rizomas o estolones. Finalmente, las plagas o pestes son aquellas especies invasoras que ocasionan un impacto ambiental y económico importante, como por ejemplo el desplazamiento de especies nativas, cambios en los ciclos de nutrientes, transmisión de enfermedades, daños en infraestructuras, etc., y por tanto interfieren de forma directa o indirecta en el estado de bienestar del ser humano (Vilà, Valladares, Traveset, Santamaría, & Castro, 2008, págs. 23-24).

Además de las especies invasoras exóticas, existen las invasoras nativas (nativas trasplantadas o traslocadas), como las plantas pioneras de las primeras etapas de sucesión, capaces de colonizar rápidamente áreas perturbadas y que se portan a menudo como malezas agrícolas (Gutiérrez, 2006).

Figura 2.*Proceso de invasión.*

Fuente: Castro-Díez, P., Valladares, F., & Alonso, A. (2004). La creciente amenaza de las invasiones biológicas. *Ecosistemas*, 13 (3): pág. 64.

2.3.3. Tasas de Invasión. El proceso de invasión es un fenómeno progresivo que no tiene por qué ser unidireccional. Es decir, no todas las especies introducidas pasarán a naturalizadas, ni todas las naturalizadas serán invasoras. Tampoco existe una proporción constante de especies que pasen de un estadio a otro, a pesar de que hasta hace poco, se aceptaba que el proceso de invasión seguía “la regla de los 10”. Según esta regla, un

promedio de un 10% de las especies introducidas pasan a ser subespontáneas, un 10% de éstas se naturalizan, un 10% de las naturalizadas invaden, y un 10% de las invasoras son plagas. Recientemente se ha demostrado que dicha regla no siempre se cumple, y que más bien depende de la identidad de la especie, de las características del ecosistema receptor y de la frecuencia de introducciones...

También se puede dar el proceso inverso, es decir, que especies ya naturalizadas empiecen a reducir su dominancia e incluso desaparezcan (Vilà, Valladares, Traveset, Santamaría, & Castro, 2008, págs. 24-25).

2.3.4. Velocidad de la Invasión. La rapidez de la propagación depende tanto de la reproducción como de la dispersión, ya que hay especies que se reproducen rápidamente y se propagan con facilidad desplazándose en menos tiempo. En el caso de las plantas, para poder determinar su velocidad de propagación hace falta conocer los fenómenos que contribuyen a su dispersión enviándolas a distancias más largas de lo normal. Aunque la velocidad de dispersión es decisiva, hay otros factores que también son importantes, como la edad de madurez reproductiva, la frecuencia de las perturbaciones, la perturbación del hábitat y la fecundidad. Las semillas pueden ser transportadas a largas distancias por agentes como el agua, el viento, los vehículos o el ganado, a menudo a velocidades asombrosas (McNeely, Mooney, Neville, Schei, & Waage, 2001, págs. 22-23).

2.3.5. Reglas Ecológicas de las Invasiones.

1. La probabilidad de que una especie se convierta en invasora aumenta con el tamaño de la población inicial, de manera que las especies introducidas deliberadamente y

cultivadas (plantas) o criadas (animales) durante un largo periodo de tiempo tienen más probabilidades de establecerse.

2. Cuanto más amplio es el ámbito geográfico en el que es capaz de vivir una especie, más probabilidades hay que se convierta en invasora.

3. Si una especie es invasora en un país o ubicación, existe un gran riesgo de que se convierta en invasora en otro país o ubicación con características ecológicas o climatológicas similares.

4. Es poco probable que las especies con polinizadores específicos se conviertan en invasoras a no ser que se introduzcan también sus polinizadores.

5. Para que una invasión tenga éxito, normalmente hace falta que el nuevo hábitat tenga unas características comparables a las del punto de origen, sobre todo en lo que se refiere al clima (McNeely, Mooney, Neville, Schei , & Waage, 2001, pág. 22).

2.3.6. Consecuencias de las Invasiones. Los procesos de transporte de especies tienen como consecuencia que las especies, tanto las exóticas como las de ecosistema receptor, se enfrentan a situaciones ambientales nuevas, para las que no han sufrido un proceso de adaptación por selección natural. Aunque muchas de las especies introducidas desaparecen, la persistencia de algunos ejemplares puede desencadenar una serie de efectos, a menudo difíciles de predecir, tales como:

Desplazamiento de especies nativas. Esto sucede cuando la especie introducida es resistente a plagas o enfermedades ?que puede haber traído ella misma- u ocupa el mismo nicho ecológico que una especie nativa, pero con mayor eficacia...

Hibridación y contaminación genética. Ciertas especies exóticas que llegan a naturalizarse pueden intercambiar material genético con especies nativas, pudiendo

amenazar la persistencia de estas últimas. Esto es particularmente destacable en el caso de algunas especies endémicas o relictas... En otros casos, el cruce entre especies simplemente reduce la cantidad de descendientes de la población por inviabilidad de los híbridos...

Alteraciones de las redes de interacción entre especies de la comunidad. A menudo las nuevas especies interfieren en las interacciones establecidas entre las especies nativas de una comunidad. Así, las plantas exóticas compiten con las nativas por los polinizadores y los dispersores de la zona; las nuevas especies pueden servir de alimento o alimentarse de especies nativas, alterando sus proporciones y su dinámica poblacional (Traveset y Santamaría 2004)...

Alteración de las condiciones del ecosistema nativo. Cambio en los patrones de agua, luz, nutrientes. En otros casos las especies introducidas alteran el régimen de las perturbaciones (Castro-Díez, Valladares, & Alonso, 2004, págs. 65-66).

2.3.7. Perfil de una Especie Invasora. Los estudios de Elton (1958) apuntaron a que el primer agente promotor de la invasibilidad es el disturbio, en virtud de que los ecosistemas alterados tienen menos especies vigorosas que opongan “resistencia biótica” a las especies inmigrantes. Una especie puede ser invasora en un ecosistema, pero fracasar en otro. La invasión como principio de análisis, disminuye al aumentar: la competencia interespecífica; el número de residentes en la comunidad y la variación ambiental.

En otro extremo del mismo proceso, el tamaño de la población inicial de la especie invasora y su frecuencia de introducción, son determinantes del éxito de su establecimiento, pues estas variables son indicadoras de la “presión”.

En resumen, las comunidades que aparecen más susceptibles a las especies invasoras contienen pocas especies o están altamente perturbadas por la acción humana; con nichos y recursos poco o temporalmente disponibles para los inmigrantes; tienen condiciones climáticas parecidas con aquellas de la región de origen de la especie invasora, constituyen estados sucesionales tempranos y tienen ausencia de depredadores y parásitos naturales que controlen su crecimiento poblacional...

Cada especie invasora tiene un espectro diferente de impactos, dependiendo del ecosistema que invada, y de la misma manera, el mismo impacto puede ser causado por distintas especies y dependerá de su similitud con las especies nativas. De este modo, el mayor impacto lo generarán aquellas especies que componen grupos funcionales no representados en la comunidad, puesto que estarán implicadas en una magnitud muy distinta en los procesos del ecosistema.

Los principales impactos de las especies invasoras sobre los ecosistemas pueden clasificarse en aquellos que: afectan la estructura y los que afectan sus atributos funcionales. Entre los primeros se destacan la homogeneización del paisaje, la exclusión de especies nativas y la incorporación de patógenos propios del elemento invasor. Por otra parte, los impactos más importantes sobre los aspectos funcionales del ecosistema tienen que ver con la modificación de las relaciones tróficas, los regímenes de disturbios, la interacción sustrato-planta-animal y la alteración de los servicios del ecosistema (Gutiérrez, 2006, pág. 49).

2.3.8. Características Intrínsecas de las Especies Invasoras. Elevadas tasas de crecimiento y reproducción. Ambos caracteres conducen a una eficaz monopolización de recursos y a un desplazamiento de las especies nativas por exclusión competitiva...

Flexibilidad y plasticidad fenotípica. Diversos autores han sugerido que las especies invasoras son capaces de aclimatarse más y mejor que las especies nativas a condiciones ambientales nuevas o cambiantes. Esta capacidad de aclimatación puede deberse a una elevada plasticidad fenotípica, cuando un determinado genotipo da lugar a fenotipos muy distintos en respuesta al ambiente, o a una alta flexibilidad funcional, es decir, el fenotipo puede variar en el tiempo en respuesta a las oscilaciones ambientales...

Facilidad para la hibridación. Algunas especies poseen gran facilidad para hibridar con otras, lo cual les permite aumentar su variabilidad genética. Esta capacidad les puede conferir un gran potencial invasor, ya que favorece el establecimiento de poblaciones estables en áreas nuevas a partir de unos pocos ejemplares introducidos... Los híbridos son fértiles y se pueden cruzar entre sí y con los progenitores, lo cual contribuye a la expansión de esta malvasía a expensas de una pérdida de los caracteres originales de la especie autóctona (Castro-Díez, Valladares, & Alonso, 2004, págs. 66-67).

2.3.9. Características Vegetativas. Las características vegetativas de las plantas exóticas que consistentemente confieren carácter invasor se relacionan con distintas fases del proceso de invasión, pero casi todas obedecen a una elevada capacidad competitiva. Las plántulas invasoras se establecen mejor y sobreviven más, teniendo una mayor probabilidad de persistir frente a posibles eventos estocásticos que pudieran eliminar la población inicial. Una vez en la fase adulta, una de las características más favorables es poseer capacidad de propagación clonal. Ello permite acaparar más espacio para disponer de una mayor cantidad de recursos...

Otro rasgo importante es la altura, que en gran medida depende de la forma de crecimiento de la especie y limita los tipos de ecosistema que puede invadir. En general, los

terófitos o plantas anuales suelen invadir zonas perturbadas, mientras que los fanerófitos (árboles y arbustos) suelen invadir áreas naturales o seminaturales. Dentro de cada ecosistema, una altura mayor que la de las plantas nativas permite disponer de más cantidad de luz y evitar que el resto de especies con las que compite puedan captarla. Una altura elevada se puede alcanzar más rápidamente gracias a un crecimiento rápido, otro de los rasgos vegetativos que se asocian con el potencial invasor de una planta. A su vez, crecer rápidamente es el resultado de combinar dos rasgos: una elevada tasa fotosintética y una elevada superficie foliar específica. Con respecto al primero, si una planta invasora tiene mayor tasa fotosintética significa que es capaz de fijar y disponer de más carbono que una nativa con la misma cantidad de luz. Este proceso se puede ver optimizado con el segundo rasgo: si una especie invasora posee una elevada superficie foliar por unidad de masa de hoja, puede capturar mucha luz con poca inversión en biomasa foliar. La mayor cantidad de carbono disponible puede emplearse para distintas funciones: crecimiento del tallo o la raíz o bien para incrementar el número de flores o el número y tamaño de los frutos. Sin embargo, la revisión bibliográfica señala que las plantas invasoras utilizan el carbono para crecer más rápidamente, ya que no demuestran una mayor inversión en reproducción, ni tampoco poseen más biomasa total. Por último, cabe señalar que la rapidez con la que crece una planta depende también de su estado ontogenético, habiendo especies invasoras que muestran un rápido crecimiento desde la fase de plántula, mientras que otras acentúan esa diferencia en la fase de adulto (Vilà, Valladares, Traveset, Santamaría, & Castro, 2008, págs. 57-58).

2.3.10. Características Reproductivas. En cuanto a las características reproductivas, aunque también existen estudios que apuntan en direcciones distintas, las plantas invasoras

suelen ser con menor frecuencia dioicas (individuos de un sólo sexo) y con más frecuencia hermafroditas (ambos sexos en un mismo individuo) que las nativas. El hermafroditismo, por ejemplo, evita problemas de fecundación en poblaciones introducidas donde hay un desequilibrio en el sex ratio...

Por otro lado, las plantas invasoras suelen tener elevados niveles de autopolinización, asegurando así su descendencia y la viabilidad de la población a partir de unos pocos individuos. No obstante, muchas especies invasoras aumentan considerablemente su fertilidad si son polinizadas por animales, principalmente insectos y en menor medida aves. Estas especies polinizadas por animales pueden a su vez competir por los polinizadores con las nativas, llegando a desplazarlas. Es común observar como las plantas invasoras suelen producir abundantes flores ricas en néctar y polen, hecho que provoca disminuciones en las tasas de reproducción de las plantas nativas.

Otra de las características que suelen poseer las plantas invasoras es una fenología de floración y/o de fructificación diferente de los promedios que muestran las nativas. En muchos casos se ha encontrado que la floración de las invasoras es más larga que la de las plantas nativas, lo que puede aumentar su éxito reproductivo. El calendario de floración es una característica muy conservativa que mantienen las plantas invasoras una vez desplazadas de su lugar de origen...

La dispersión a larga distancia es otra característica que confiere potencial invasor. Este rasgo acelera y facilita la localización de nuevas zonas susceptibles de ser invadidas y difiere entre especies en función del hábitat que invada la planta y del tamaño de la semilla...

Una vez dispersadas, las semillas de las plantas exóticas invasoras germinan mejor, más rápidamente y en una mayor diversidad de ambientes, lo que da lugar a una mayor

densidad inicial de individuos que les confiere una ventaja competitiva. Durante la fase vegetativa monopolizan antes el espacio y los recursos, lo cual les permite reproducirse mejor y dejar mayor descendencia. Este ciclo se repite a lo largo del tiempo, ya que son más fecundas y sus semillas perduran más, con lo que cada vez la cantidad y densidad de las poblaciones invasoras al inicio de cada estación de crecimiento es mayor. El resultado final es un bucle de retroalimentación que termina por eliminar a las plantas nativas, persistiendo a largo plazo unas pocas especies invasoras dominantes.

Es importante resaltar que aunque se pretende aquí establecer generalidades que se puedan aplicar a una mayoría de especies invasoras, las invasiones, como las especies que las protagonizan, son en su mayoría idiosincrásicas. A menudo, la obtención de características particulares que definen de forma clara el potencial invasor de una planta resulta de estudios detallados de grupos taxonómicos y formas de crecimiento concretos (Vilà, Valladares, Traveset, Santamaría, & Castro, 2008, págs. 59-60).

2.3.11. Tolerancia al Estrés y a las Perturbaciones. Tanto los rasgos vegetativos como los reproductivos de las plantas invasoras están en general encaminados a conferirles ventajas competitivas sobre las especies nativas...

Numerosos estudios muestran como las plantas invasoras muestran una mayor eficiencia en el uso de los recursos disponibles. Por tanto, no solo acaparan en general más recursos, sino que son capaces de aprovecharlos mejor. Esto les permite invadir tanto ambientes ricos en recursos, donde son más comunes, como zonas pobres o adversas. Muchas veces esa mayor eficiencia es debido a que poseen ciertas características no presentes en la flora nativa...

El fuego es una perturbación que no solo es tolerada por ciertas especies invasoras sino que muchas veces resulta más recurrente debido precisamente a la proliferación de la especie invasora. A menudo las especies que invaden ecosistemas secos son plantas pirófitas (amantes del fuego), que cambian las condiciones del ecosistema en su propio beneficio. Esta característica se encuentra tanto en especies herbáceas como leñosas...

La herbivoría puede contrarrestar el crecimiento y frenar la invasión. Sin embargo, en muchos casos las especies invasoras toleran mejor la herbivoría que las nativas. La razón es doble. Por un lado, las plantas invasoras pueden recuperarse más rápidamente tras la eliminación de una parte de la planta por los herbívoros gracias al crecimiento acelerado que muestran. Por otra parte, las especies invasoras son menos atacadas por los herbívoros locales porque poseen compuestos químicos de defensa a los que los herbívoros nativos no están acostumbrados y les resultan desagradables o incluso tóxicos (Vilà, Valladares, Traveset, Santamaría, & Castro, 2008, pág. 60).

2.3.12. Plasticidad. Uno de los rasgos menos explorados en las plantas invasoras es la plasticidad fenotípica, definida como la habilidad de un genotipo de dar lugar a distintos fenotipos en respuesta a distintos ambientes. Las plantas son organismos sésiles, es decir, no pueden desplazarse a otro lugar si las condiciones ambientales cambian o son desfavorables, por lo que deben aclimatarse al ambiente donde crecen o, de lo contrario, desaparecen. Una elevada plasticidad fenotípica le permite a una planta invasora superar en un corto periodo de tiempo los límites que supone una adaptación con base genética a las nuevas condiciones ambientales del territorio donde ha sido introducida...

En general, se hipotetiza que la plasticidad de las plantas invasoras es mayor en aquellas especies que poseen rangos de distribución amplios en sus regiones de origen. La

razón es que esa misma plasticidad fenotípica que poseen les posibilita vivir en diferentes ambientes y les confiere ventajas a la hora de invadir lugares nuevos...

Por otra parte, la plasticidad fenotípica puede incrementarse mediante la hibridación entre especies o variedades, de forma que no solo el vigor sino también la capacidad de aclimatarse a ambientes nuevos incrementa (Vilà, Valladares, Traveset, Santamaría, & Castro, 2008, pág. 63).

2.4 MARCO LEGAL

En la constitución política de Colombia en su Artículo 79 consagra que: “Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines” y en su Art. 63 “Los bienes de uso público, los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos, las tierras de resguardo, el patrimonio arqueológico de la Nación y los demás bienes que determine la Ley, son inalienables, imprescriptibles e inembargables”.

Mediante la Ley 165 de 1994, Colombia ratificó el Convenio Internacional sobre Diversidad Biológica. Su compromiso como país es fomentar la investigación para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica.

La Ley 99 de 1993 (Sistema Nacional Ambiental), en los Artículos 1, numeral 2 expresa “La biodiversidad del país, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible”; Artículo 5 en el numeral 2 se establece como función del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial: “Regular

las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente, y el uso, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración, y recuperación de los recursos naturales, a fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes, deteriorantes o destructivas del entorno o del patrimonio natural”. Numeral 19 expresa “Administrar las áreas que integran el Sistema de Parques Nacionales Naturales, velar por la protección del patrimonio natural y la diversidad biótica de la Nación, así como por la conservación de las áreas de especial importancia ecosistémica”. Numeral 20 Coordinar, promover y orientar las acciones de investigación sobre el medio ambiente y los recursos naturales renovables, establecer el Sistema de Información Ambiental, y organizar el inventario de la biodiversidad y de los recursos genéticos nacionales; promover la investigación de modelos alternativos de desarrollo sostenible; ejercer la Secretaría Técnica y Administrativa del Consejo del Programa Nacional de Ciencias y del Medio Ambiente y el Hábitat. Numeral 22; Participar con el Ministerio de Relaciones Exteriores en la formulación de la política internacional en materia ambiental y definir con éste los instrumentos y procedimientos de cooperación en la protección de los ecosistemas de las zonas fronterizas; promover las relaciones con otros países en asuntos ambientales y la cooperación multilateral para la protección de los recursos naturales y representar al Gobierno Nacional en la ejecución de Tratados y Convenios Internacionales sobre medio ambiente y recursos naturales renovables. Numeral 43. Establecer técnicamente las metodologías de valoración de los costos económicos del deterioro y de la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

Decreto ley 216 de 2003: Son funciones de la Dirección de Ecosistemas, formular e implementar las políticas, planes, programas, proyectos y regulación con respecto a la conservación, manejo, restauración y uso sostenible de los ecosistemas forestales, terrestres,

acuáticos continentales, costeros y marinos y de la biodiversidad; proponer los criterios técnicos para el ordenamiento, manejo y restauración de cuencas hidrográficas; regular las condiciones generales del uso sostenible, aprovechamiento, manejo, conservación y restauración de la diversidad biológica tendientes a prevenir, mitigar y controlar su pérdida y/o deterioro.

El marco legal que rige la introducción, el trasplante, la repoblación y el control de cualquier clase de organismo (fauna, flora, recursos hidrobiológicos, recursos pesqueros están contemplados en el Decreto-Ley 2811 de 1974 (Código de los Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente) en los Artículos 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 41, 45, 137, 164, 165, 166, 266, 267, 274, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, y 336.

El decreto-Ley 28811 de 1974, en su artículo 8, se consideran factores que deterioran el ambiente, entre muchos: La introducción, y propagación de enfermedades y de plagas; la introducción, utilización y transporte de especies animales o vegetales dañinas o de productos de sustancias peligrosas; la alteración perjudicial o antiestética de paisajes naturales.

El Decreto 622 de 1978 (Sistema de Parques Nacionales), en los Artículos 3 y 13 toma en consideración los recursos genéticos de flora y fauna silvestre y su conservación, y en el numeral 12 del Artículo 30 prohíbe: “Introducir transitoria o permanentemente animales, semillas flores o propágulos de cualquier especie”.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La metodología de este proyecto cumple por definición con las características de una investigación aplicada, de tipo exploratorias y diseño descriptivo, debido a los procesos que se ejecutaron en campo. Para su desarrollo , se utilizó como guía el Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Van Humboldt (Villareal, y otros, 2004). Además, se siguen los lineamientos del libro de Bosque seco en Colombia (Pizano & García, 2014), el Protocolo Para la Detección y Manejo de Plantas Invasoras o Potencialmente Invasoras en áreas Naturales y Seminaturales de Cuba (Oviedo, y otros, 2012) y el Programa Mundial de Especies Invasoras (Matthews, 2005). Para su implementación, fue necesario realizar un inventario de especies exóticas, invasoras y potencialmente invasoras (Wittwnberg & Cock, 2001).

Etapa I: Diagnóstico de las especies en el área. Se identifica, delimita y caracteriza el área de estudio, teniendo en cuenta su condición socioeconómica y ambiental (uso, vocación y tenencia de la tierra, asentamientos humanos, posibles vectores y vías de dispersión).

Se elabora un inventario de especies exóticas, invasoras y potencialmente invasoras presentes en el área. Estas se deben categorizar en función del impacto que provoca en el área: transformadora, maleza y con efecto desconocido. Toda la información del inventario será automatizada en hojas de datos, mediante Microsoft Excel 2013.

Se recolecta la información conocida o inferida sobre las especies invasoras o potencialmente invasoras en el área, registrando las posibles causas de la invasión, determinando el hábito (árbol, arbusto, hierba) y el tipo de ciclo de vida (anual, bianual, perenne). También se documenta el comportamiento fenológico de la especie en el área. Es recomendable incluir detalles de propagación sexual, vegetativa o de ambas, sistema de cruzamiento y producción de semillas; y caracterizar el tipo de diáspora (semilla, fruto, propágulos o planta completa) y su posible mecanismo de dispersión (mediante viento, agua, animales o la planta misma).

Esta caracterización se realiza a escala de comunidad (se determina la diversidad a través de muestreos por cuadrantes y transectos al azar o aleatorio simple) y a escala de individuo (clasificación taxonómica y valoración ecológica) (Gómez, 2008).

Etapa II: Identificación y categorización de especies exóticas. En esta etapa se identifican las especies exóticas presentes en la Quebrada La Media, en su cuenca media, se categorizan en invasoras, con potencial o riesgo de invasión y/o naturalizada, y se priorizan según su categoría, para luego establecer objetivos de manejo y posibles acciones para dar manejo o control.

Las especies priorizadas deberían ser:

Aquellas que causan los mayores impactos dentro del área, o sea, aquellas que pueden alterar significativamente el funcionamiento del ecosistema.

Aquellas que se extienden por gran parte del territorio del área o cercano a esta.

Que afectan zonas de alto valor de conservación dentro del área.

Las que amenazan las especies endémicas y en peligro de extinción.

Aquellas que se expanden con mayor velocidad.

Aquellas que aún son poco abundantes pero que se conoce o se sospecha que pueden comportarse como invasoras en el área.

Aquellas que se conoce pueden ser controladas exitosamente.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población. La población para este proyecto, corresponde a la vegetación de bosque seco presente en la ronda hídrica de la Quebrada la Media, en su cuenca media, Área Natural Única Los Estoraques. No se cuenta con un número exacto para la población por la dificultad que genera cuantificarla.

3.2.2. Muestra. La muestra corresponde a las especies de plantas presentes en las unidades de muestreo. Estas unidades de muestreo consisten en áreas de superficie fija (cuadrantes y transectos), cuyo tamaño 1 m x 1 m y 2 m x 50 m respectivamente. Se realizarán muestreos por cuadrante en 10 lugares distintos que serán ubicadas de forma aleatoria simple, y muestreos por transectos en 10 lugares que serán determinados por fotointerpretación de las coberturas del área de estudio, pues el área presenta alta fragmentación, efecto de borde y erosión.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

El trabajo de campo con fines experimentales y descriptivos, requiere de una documentación adecuada, que permita la recuperación rápida de información, la cuantificación de observaciones y la

interpretación de los resultados. Para ello, se utilizó la bitácora o libreta de campo, en la cual se almacena la información de las observaciones y experiencias adquiridas en el desarrollo del trabajo de campo, la descripción de procedimientos, condiciones meteorológicas y descripciones necesarias. También se utilizaron hojas de campo, que luego se digitalizaron en hojas de datos para un mejor manejo de la información, utilizando los modelos de formatos para la consignación de datos en Excel, presentada por el Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Van Humboldt (Villareal, y otros, 2004).

Figura 3.

Modelo de formato para la consignación en la tabla base en Excel de los datos de campo de los muestreos de 0.1 Ha metodología Gentry (1982).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
No. Trans.	Cosec.	Morfoespecie	Familia	Género	Especie	Hábito	No. Colección	Colector	Sitio de muestreo	Fecha	CAP1	AB1	CAP2	AB2	AB TOT
T1	1	1	Euphorbiaceae	Hevea	nitida	a	4572	H. Mendoza	7	01/12/1997	32.2	83		0	82.509
T1	2	2	Icacinaeae	Lereticia		l	4910	H. Mendoza	7	01/12/1997	4.2	1.4		0	1.4037
T1	3	3	Piperaceae	Piper	aduncum	r	4691	H. Mendoza	7	01/12/1997	4.2	1.4	4	1.3	7.014
T2	3	10	Araceae	Philodendron	scandens	l	5062	H. Mendoza	7	01/12/1997	4.5	1.6		0	1.6114
T3	1	24	Acanthaceae	Aphelandra		r	4691	H. Mendoza	7	01/12/1997	3	0.7		0	0.7162
T10	5	150	Sapindaceae	Allophylus	excelsus	a	4926	H. Mendoza	7	01/12/1997	4	1.3		0	1.2732
T10	6	163	Arecaceae	Socratea	exorrhiza	a	5063	H. Mendoza	7	01/12/1997	5.5	2.4		0	2.4072
T10	7	165	Bignoniaceae	Tabebuia		a	5064	H. Mendoza	7	01/12/1997	5.5	2.4		0	2.4072

Explicación de los campos

- Es el número del transecto
- Consecutivo de los individuos que se han registrado en el transecto. En este ejemplo sólo se colocan unos cuantos registros pero los muestreos pueden arrojar cerca de 100 y 250 individuos por transecto de 50x2 m
- Número de morfoespecie. En caso de no tener listas completas determinadas es aconsejable asignarle a cada especie un número o código único de morfoespecie
- Familia: nombre de la familia taxonómica (se sugiere poner solo las primeras letras)
- Nombre del género
- Nombre de la especie; epíteto específico nombre
- Hábito de crecimiento: (a) árbol, (r) arbusto, (h) hierba, (l) liana
- Código de colección. Corresponde a un código de un ejemplar de herbario; cada registro en el transecto debe tener siempre un código de colección
- Nombre del colector
- Sitio de muestreo. En este caso corresponde a un código el cual debe estar referenciado en una tabla de sitios de muestreo
- Fecha de la fase de campo
- 12 y 14. Corresponde a los valores del DAP o CAP. El número de columnas para estos datos depende de los individuos con tallos divididos; hay casos en que un individuo presenta hasta 30 ramificaciones del tallo y por ende toca poner 30 columnas para almacenar sus datos, para este ejemplo sólo se usaron dos columnas
- 13 y 15. El AB (área Basal) es la transformación del CAP o DAP a unidades de área. Se realiza configurando dentro de las celdas la fórmula: =casilla anterior X casilla anterior X 0.78 en caso de que la medida sea DAP. Si es CAP es: =casilla anterior X casilla anterior X 0.079.
16. El AB TOT es la sumatoria o área basal total de un individuo. En este ejemplo es la sumatoria de AB1 y AB2; fórmula: = Casilla de AB1 + Casilla de AB2 + Casilla de AB3+

Fuente: Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., . . . Umaña, A. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Figura 4.

Modelo de formato para la consignación en la tabla base en Excel de los parámetros estructurales de los muestreos de 0.1 ha metodología Gentry (1982).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Consec	Familia	Género	Especie	Hábito	No. de Colección	Densidad	Densidad relativa	Frecuencia	Frecuencia relativa	Área basal	Área basal relativa	IVI
1	Annonaceae	Duguetia		a	3543	30	0.003	0.3	0.006	366201.8	0.1655	0.175
2	Apocynaceae	Lacmellea		a	3600	30	0.003	0.2	0.004	164553.9	0.0744	0.082
6	Arecaceae	Chamaedorea	pinnatifrons	r	3741	380	0.043	0.5	0.010	13121.4	0.0059	0.060
7	Arecaceae	Wettinia	praemorsa	a	3533	10	0.001	0.1	0.002	124161.0	0.0561	0.059
12	Boraginaceae	Cordia	cylindrostachya	a	3674	20	0.002	0.2	0.004	86794.5	0.0392	0.046
160	Boraginaceae	Cordia	nodosa	a	3497	210	0.024	0.9	0.019	1506.3	0.0007	0.043
161	Euphorbiaceae	Hyeronima		a	3352	110	0.013	0.4	0.008	206.8	0.0001	0.021
162	Hippocastanaceae	Billia	colombiana	a	3428	30	0.003	0.2	0.004	23501.6	0.0106	0.018
	Total (sumatoria)					34500	1	14.8	1	1619578.4	1	3

Explicación de los campos

- Consecutivo de las especies registradas en el transecto. En este ejemplo sólo se colocan unos cuantos y se hace un salto puesto que esta tabla puede tener más de 190 especies
- Nombre de la familia taxonómica
- Nombre del género
- Nombre de las especies (epíteto específico)
- Hábito de crecimiento. Porte o apariencia de la planta: (a) árbol, (r) arbusto, (h) hierba, (l) liana, (he) hemiepipíta
- No. de colección. Corresponde al número asignado bajo la numeración del colector principal. Este debe estar relacionado con la tabla de determinaciones taxonómicas
- Densidad: es el número de individuos de una especie multiplicado por 10 (No. Indiv. sp A x 10). El final de esta columna debe ser la sumatoria de todas las densidades
- Densidad o abundancia relativa: es la densidad de una especie dividida entre la sumatoria de todas las densidades (D spA/D total). Se realiza configurando dentro de la celda la fórmula: =Celda anterior/sumatoria total de las densidades. Luego se copia esto en las celdas inferiores
- Frecuencia: es el número de transectos donde se registra una especie dividido entre 10 (F spA/10). El final de esta columna debe ser la sumatoria de todas las frecuencias
- Frecuencia relativa: es la frecuencia de una especie dividida entre la sumatoria de todas las frecuencias de las especies (F spA/F total). Se realiza configurando dentro de la celda la fórmula: =Celda anterior/sumatoria total de las frecuencias
- Cobertura: es la sumatoria del área basal de todos los individuos de una especie. El final de esta columna debe ser la sumatoria de todas las coberturas. Se recomienda trabajar los datos de cobertura en centímetros cuadrados
- Cobertura relativa: es la cobertura de una especie dividida entre la sumatoria de todas las coberturas de las especies (C spA/C total). Se realiza configurando dentro de la celda la fórmula: =Celda anterior/sumatoria total de las coberturas
- IVI o Índice de Valor de Importancia: es la sumatoria de densidad relativa, frecuencia relativa y cobertura relativa (IVI= Dr + Fr + Cr). La sumatoria del IVI de todas las especies siempre debe dar 3

Fuente: Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., . . . Umaña, A. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Figura 5.

Modelo del formato de la tabla base de las colecciones generales de plantas.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Familia	Género	Stat.	Especie	Autor	Nom. Vulo	Notas	NumCol	Colec. Prt	Colec. Ave	FechaCol	País	Depto	Mpio	Localidad	Habitat	Latitud	Longitud	Alt (m)	Dupl	Det	Año Det	Proy.	
Actinidiaceae	Souroubea				Moquillo	Arbol	842	Dávila, Daniel	H. Mendoza	28-Nov-01	Colombia	Huila	Palestina	Cueva de los Quachanos, El Pesebre	Bosque secundario	01°36'59" N	76°06'16" W	2100	1				GEMA
Anacardiaceae	Tapirira	cf.	gualanensis	Autl.		Arbol 20 m. al. 843 luz: luteo-escuro y brotando como puntos	843	Dávila, Daniel	H. Mendoza	28-Nov-01	Colombia	Huila	Palestina	Cueva de los Quachanos, El Pesebre	Bosque secundario	01°36'59" N	76°06'16" W	2100	3	H. Mendoza	2001		GEMA
Annonaceae	Cuatteria				Guasco blanco	Arbol	844	Dávila, Daniel	H. Mendoza	28-Nov-01	Colombia	Huila	Palestina	Cueva de los Quachanos, El Pesebre	Bosque secundario	01°36'59" N	76°06'16" W	2100	3				GEMA
Annonaceae						Arbol, con olor a ajo.	845	Dávila, Daniel	H. Mendoza	28-Nov-01	Colombia	Huila	Palestina	Cueva de los Quachanos, El Pesebre	Bosque secundario	01°36'59" N	76°06'16" W	2100	3				GEMA

Explicación de los campos

- Nombre de la familia
- Nombre del género
- Estatus del nombre del epíteto específico: Confirmar (cf.) o afinidad (aff.)
- Nombre de la especie. Sólo se coloca el epíteto específico
- Autor de la especie
- Nombre vernáculo (el nombre con el cual es conocida la especie en la localidad)
- Notas referente al ejemplar colectado (generalmente se describen las características que se pierden con el secado)
- Código de colección. Corresponde a un número de ejemplar de herbario y puede agregarse las iniciales del nombre del colector
- Nombre del colector principal
- Nombre de los colectores secundarios o acompañantes
- Fecha de colecta (día/mes/año)
- 12 a 19 Datos de localidad
- Número de duplicados
- Nombre de determinador (letra inicial del nombre, y apellido completo)
- Año de determinación (generalmente sólo se coloca el año)
- Proyecto o estudio bajo el cual se realizó la colección

Fuente: Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., . . . Umaña, A. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

3.4 METODOLOGÍA PARA CARACTERIZAR EL ÁREA DE ESTUDIO

3.4.1. Delimitación del área de trabajo. Como primera acción es la delimitación y marcación de las áreas de estudio con estacas y cinta perimetral. Con ayuda de un GPS se tomaron las coordenadas para el cálculo del área y se proyectará en cartografía con ayuda de herramientas SIG.

3.4.2. Fotointerpretación. Con ayuda del Drone UFPSO, se tomaron fotografías aéreas al lugar de estudio con el fin de realizar la fotointerpretación del paisaje y las coberturas. Esto permitirá tener una mejor visión y conocimiento del área, y así obtener mejores resultados.

3.4.3. Prueba de textura en campo. La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa (FAO, 2016). Se toma una porción de la muestra y se humedece con agua, con el fin de amasarla hasta lograr la consistencia deseada y formar una bola, la cual se lanza hacia arriba y se deja caer al suelo o sobre la mano para determinar el tipo de textura, de acuerdo a si esta bola mantiene o no su consistencia. Si la bola se desmorona, el suelo es pobre y contiene demasiada arena; Si la bola mantiene su cohesión, probablemente sea un suelo bueno con suficiente arcilla (FAO, 2016).

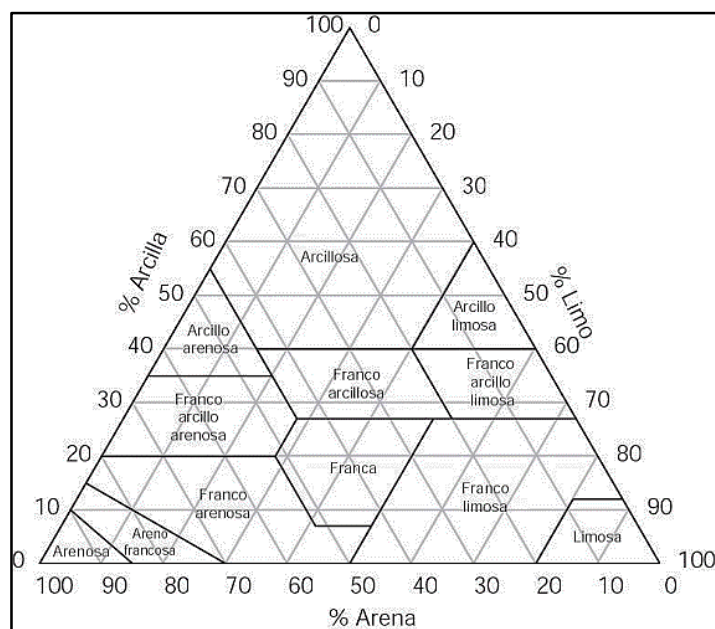
El resto de la muestra es utilizado para realizar una prueba de textura utilizando una botella plástica en donde se agrega la porción de suelo y se llena dicha botella con agua, luego esta botella se tapa y se agita para posteriormente dejar sedimentar durante 24 horas y poder medir las

franjas correspondientes a cada textura y determinar las proporciones aproximadas de arena, limo y arcilla. Esta es una prueba sencilla que dará una idea general de las proporciones de arena, limo y arcilla presentes en el suelo (FAO, 2016). En el fondo de la botella debe quedar una capa de arena, en el centro hay una capa de limo, en la parte superior hay una capa de arcilla. Si el agua no está completamente transparente ello se debe a que parte de la arcilla más fina está todavía mezclada con el agua. En la superficie del agua pueden flotar fragmentos de materia orgánica. Se mide la profundidad de la arena, el limo y la arcilla y se calcula la proporción aproximada de cada uno (FAO, 2016).

Los resultados de las proporciones para arena, limo y arcilla, se comparan con la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) de las partículas según su tamaño.

Figura 6.

Clasificación del USDA de las partículas según el tamaño.



Fuente: ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/General/x6706s/x6706s06.htm

4.3.4. Prueba granulométrica. Esta prueba es realizada en el Laboratorio de Suelos y Pavimentos UFPSO. Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Así es posible también su clasificación. Para obtener la distribución de tamaños, se emplean tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente (N° 10, N° 40, N° 100, N° 200). Se homogeniza cuidadosamente el total de la muestra en estado natural (desmenuzándola con un mazo). Se toma 1.500 gr de la muestra y se seca el material utilizando un horno o estufa, a una temperatura promedio de 60 ° C.

Luego de secado y enfriado el material, se deposita el material en la criba superior del juego de támenes, los que deberán encontrarse limpios y ordenados en forma decreciente. El juego deberá contar de una tapa en la parte superior y una bandeja de residuos en la inferior. Se hace vibrar el conjunto durante 5 a 10 minutos (figura 1.7.), tiempo después del cual se retira del vibrador y se registra el peso del material retenido en cada tamiz. Se pesa y registra el material retenido en cada tamiz, para luego realizar el cálculo de los porcentajes, margen de error, y así determinar el tipo de suelo. Para identificar los tipos de suelo es utiliza la siguiente tabla.

Tabla 1.

Numeración y abertura de tamices.

TAMIZ	ABERTURA	TIPO DE SUELO
No. 10	2.0 mm	Arena gruesa
No. 40	425 µm	Arena media
No. 100	150 µm	Arena Fina
No. 200	74 µm	Limo y arcilla

Fuente: Adaptado de (Espinace, 1979).

3.4.5. Prueba de infiltración y escorrentía. La primera consiste en realizar un hueco de 40 cm de profundidad y 15 cm tanto de ancho como de largo, para posteriormente agregar un litro de agua en el mismo, y contabilizar el tiempo que demora el agua en infiltrarse, midiendo cada 5 minutos la profundidad del agua. La segunda prueba consiste en medir 1 m en el terreno, en la parte más pendiente del mismo y dejar correr agua desde la parte inicial de la distancia medida y contabilizar cuanto demora el líquido en recorrer el metro de distancia (FAO, 2016).

3.4.6. Medición de la Pendiente. Para la medición de la pendiente se utiliza la herramienta Google Earth Pro, la cual permite realizar un perfil de elevación de la quebrada, y determinar la altitud mínima, máxima y promedia, además de las variaciones de la pendiente en porcentajes y su respectiva gráfica.

3.5 METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LA DIVERSIDAD DE LA VEGETACIÓN

3.5.1. Método para estimar diversidad en estrato herbáceo. El método de los cuadrantes es una de las formas más comunes de muestreo de vegetación, y consiste en colocar un cuadrado sobre la vegetación, para determinar la densidad, cobertura y frecuencia de las plantas. (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

Para muestrear vegetación herbácea, la unidad de muestreo consiste en un área de superficie fija con tamaño del cuadrante de 1 m^2 ($1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$), con una cuadrícula a intervalos regulares de 20 cm, formándose una retícula de 25 cuadrados, cada uno con 400 cm^2 . Para cada especie se estima el número o % de cuadrados ocupados lo que dará una medida directa de su

cobertura (Gómez, 2008). Además se determina el número de individuos por especie, la altura y sus características fenológicas.

Figura 7.

Cuadrante para muestreo de vegetación.



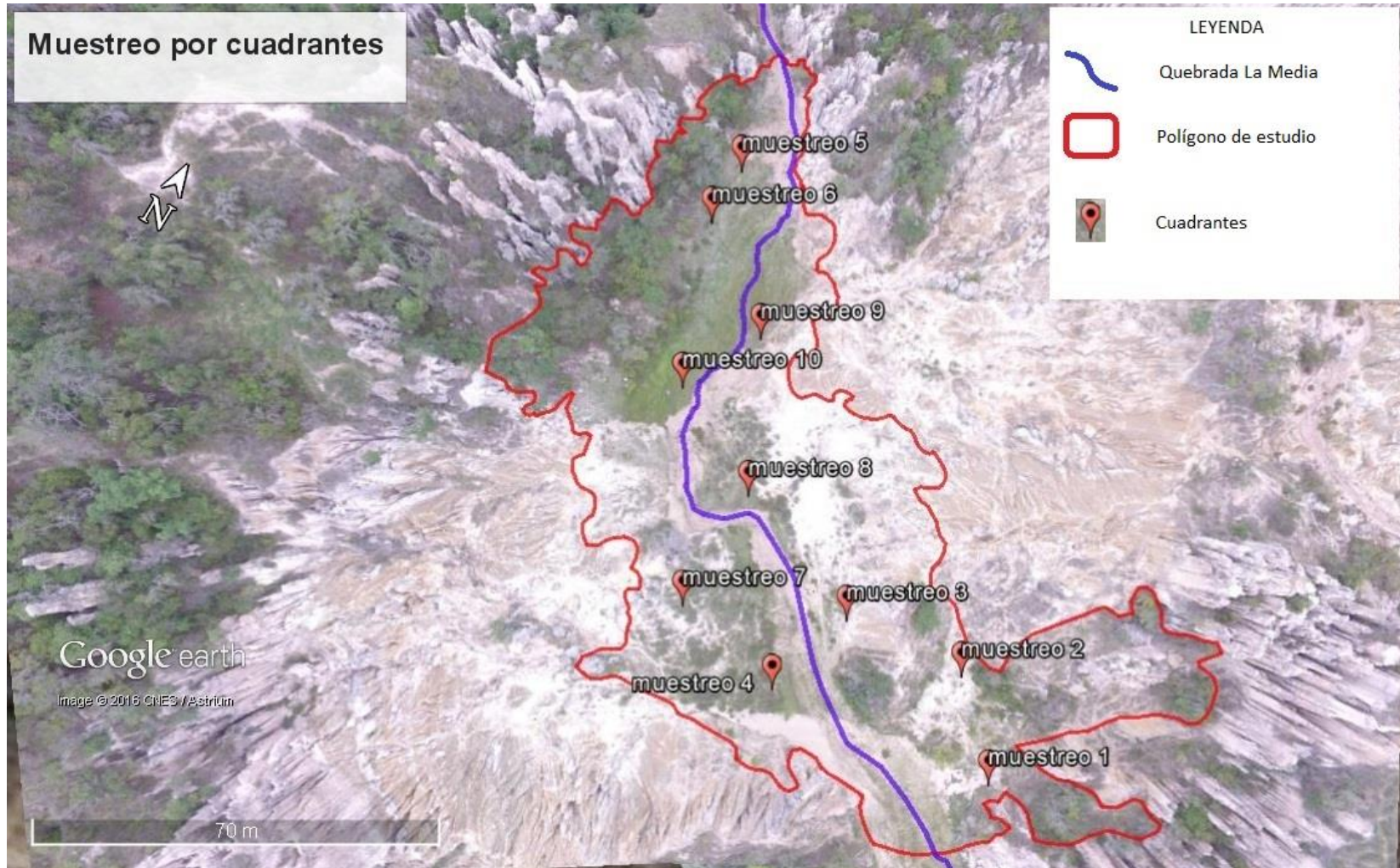
Fuente: Disponible en: <http://www.bbc.co.uk/staticarchive/3028420270fd9bf566ac6b5253fb709d765c8afd.gif>

Se dispone 10 unidades de muestreo de forma aleatoria simple, diseño que se emplea en aquellos casos en que se posee poca información previa acerca de las características de la población a medirse.

El posterior tratamiento de los datos permite conocer, junto a la composición florística detallada, distintos índices de diversidad. La diversidad, los datos meteorológicos y características ambientales, junto con la revisión teórica y bibliográfica, permiten identificar las especies con riesgo de invasión y a las invasoras.

Figura 8.

Muestreo aleatorio simple.

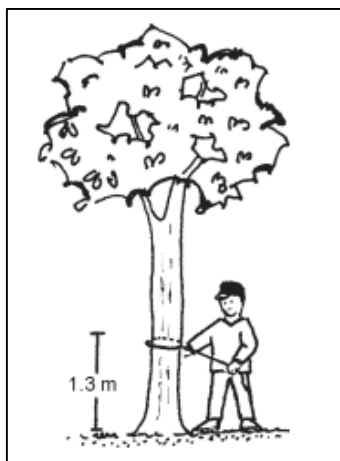


Fuente: Autores del proyecto.

3.5.2. Metodología para estimar diversidad en estratos arbustivo y arbóreo. Consiste en censar, en un área de 0.1 Ha, todos los individuos cuyo tallo tenga un diámetro a la altura del pecho (DAP medido a 1.3 m desde la superficie del suelo) mayor o igual a 2.5 cm. Se censarán los individuos con DAP mayor o igual a 1 cm, pues con esta modificación se obtiene una mejor representación de los estratos inferiores (sotobosque) (Villareal, y otros, 2004).

Figura 9.

Medición al DAP.



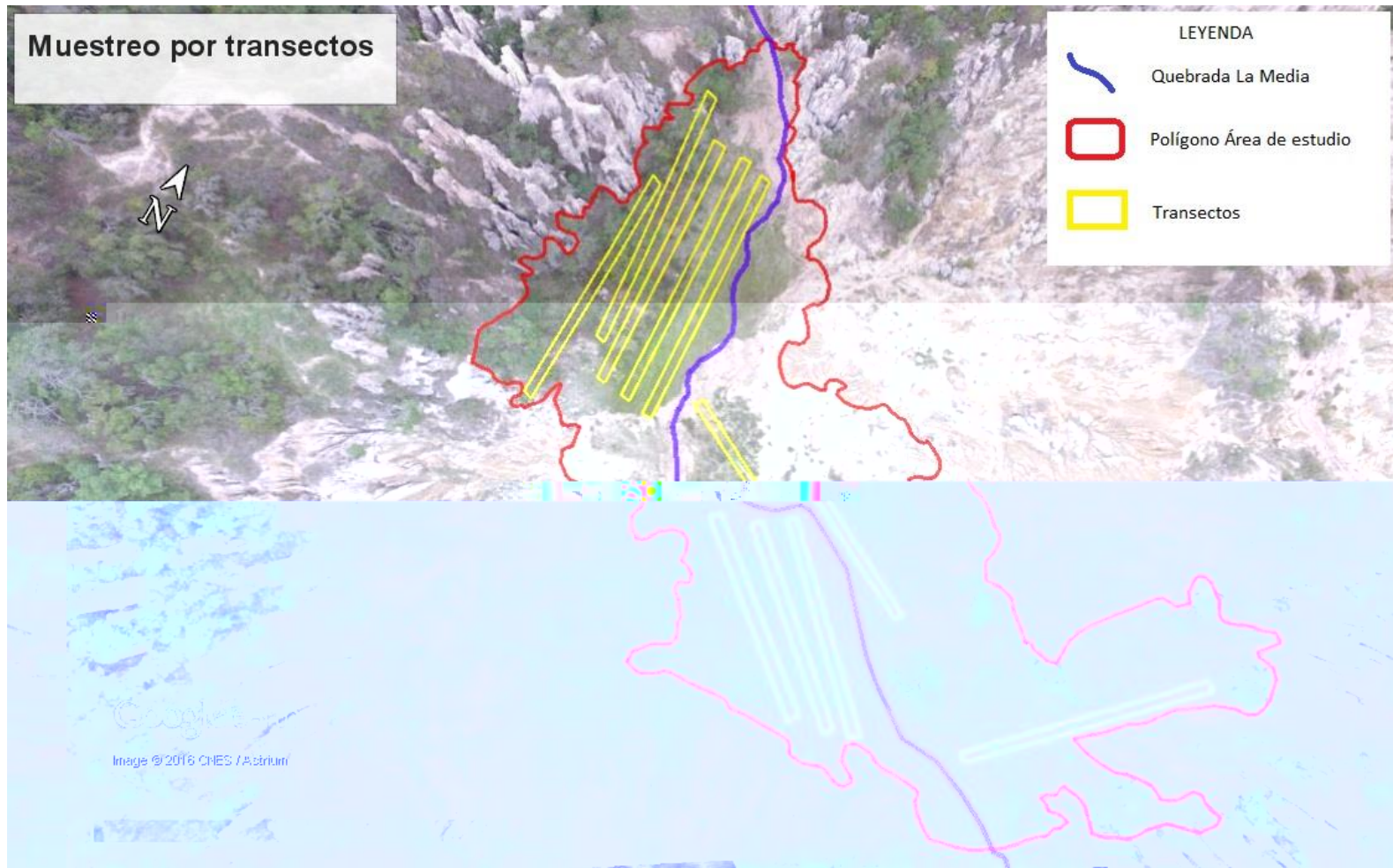
Fuente: Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., . . . Umaña, A. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad.* Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Para esto, se realizan 10 transectos de 50 x 2 m. Estos transectos no se pueden interceptar.

Se censaron todos los individuos con DAP mayor o igual a 1 cm que se encontraron dentro del área de muestro, se colectaron, midiendo su DAP, estimando su altura, registrando su hábito de crecimiento y todas las características que permitan reconocerlos posteriormente (si es posible se identifican en campo) (Villareal, y otros, 2004).

Figura 10.

Transectos utilizando el método propuesto por Gentry (1982).



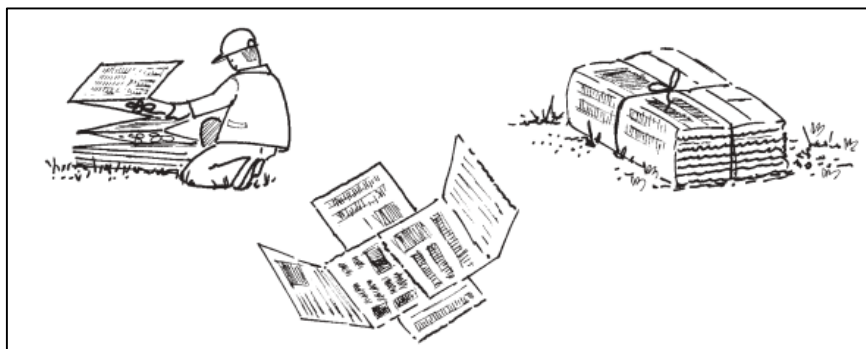
Fuente: Autores de proyecto.

3.5.3. Colección general de plantas.

Las colecciones generales de plantas deben realizarse durante todo el tiempo de la fase de campo, en especial durante los recorridos de reconocimiento o una vez finalicen los muestreos con transectos. Para la colección en el campo se utilizará papel periódico, con el cual se hacen paquetes entrecruzando periódicos y amarrándolos con cabuya, haciendo el efecto de una prensa.

Figura 11.

Paquetes para colectas.



Fuente: Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., . . . Umaña, A. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Es fundamental llevar la bitácora actualizada con los registros de campo de las colecciones botánicas. Se debe llevar una secuencia numérica única para la colección e incluir una descripción detallada de acuerdo a sus atributos. Para cada una de las colecciones botánicas realizadas se debe registrar los siguientes datos: Localidad, Coordenadas geográficas, Altitud,

Fecha, Número de colección, Familia, Género, Hábito, Determinador y notas descriptivas. Las especies herborizadas son enviadas al Herbario Federico Meden Bogotá (FMB), del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, donde se identifican las especies, siendo un soporte fundamental para el presente proyecto de investigación. Para cada especie se tomaron 2 muestras, secadas en horno a 60 ° C por 48 horas.

3.6 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Existe un gran número de parámetros para medir vegetación y tratar de interpretar su composición, distribución y abundancia, algunos de ellos resultan conocidos por resultar más fácil su medición. Los parámetros que se utilizarán para realizar estas valoraciones son los siguientes:

3.6.1. Altura. La altura es uno de los principales parámetros que se miden en una vegetación o una especie (Mostacedo & Fredericksen, 2000). Muchas veces se refiere sólo a la altura de las hojas sobre el suelo, pero en el caso de los pastos es conveniente registrar también la de las inflorescencias. La altura, al igual que la cobertura, puede ser medida a lo largo de un transecto o en puntos seleccionados al azar (Gómez, 2008).

3.6.2. Área basal. El área basal es una medida que sirve para estimar el volumen de especies arbóreas o arbustivas. En árboles, este parámetro se mide obteniendo el diámetro o el perímetro a la altura del pecho (DAP a una altura de 1.3 m). En arbustos u otras plantas, que se ramifican desde la base, el diámetro o perímetro se toma a la altura del suelo (Mostacedo & Fredericksen, 2000). El área basal (AB) para un individuo se obtiene de la siguiente manera:

Ecuación 1.

Área Basal.

$$AB = \pi \left(\frac{D^2}{4} \right)$$

Donde:

D = Diámetro a la altura del pecho (DAP)

3.6.3. Diámetro. El diámetro de los árboles se mide a una altura de 1.3 m de la superficie del suelo (DAP=diámetro a la altura del pecho) utilizando una cinta diamétrica. También, es posible medir el diámetro con una forcípula o con una cinta métrica (Mostacedo & Fredericksen, 2000). Cuando se mide el perímetro el cálculo para transformar a diámetro es el siguiente:

Ecuación 2.

Calculo del DAP

$$D = \frac{P}{\pi}$$

Donde:

D = Diámetro

P = Perímetro

3.6.4. Cobertura. Es la variable más utilizada para cuantificar la abundancia de especies vegetales. Es la proporción de la superficie muestreada recubierta por la proyección vertical de la vegetación (Universidad de Alcalá, 2005). Se expresa en porcentaje o fracción del área de estudio. No hay que confundir la cobertura con la densidad o número de individuos por unidad de superficie (Gómez, 2008).

La cobertura ha sido utilizada para medir la abundancia de especies cuando la estimación de la densidad es muy difícil, pero principalmente la cobertura sirve para determinar la dominancia de especies o formas de vida (Matteucci y Colma, 1982). La cobertura es muy usada con especies que crecen vegetativamente, como por ejemplo los pastos y algunos arbustos (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

3.6.5. Composición Florística. Se expresa mediante la lista de plantas presentes en una determinada comunidad vegetal (Gómez, 2008).

3.6.6. Densidad. La densidad es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie o una clase de plantas. La densidad (D) es el número de individuos (N) en un área (A) determinada: $D = N/A$ (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

La densidad relativa es la relación entre el número de individuos por especies y el número total de individuos por comunidad multiplicado por 100.

3.6.7. Diversidad. Es uno de los parámetros más utilizados actualmente en ecología para definir la estructura y comparar comunidades. La diversidad define el número de especies

(Riqueza) y su abundancia relativa (dominancia y equidad), y puede ser cuantificada con diversos índices:

3.6.7.1. Índice de Margaleff. Relaciona el número de especies de acuerdo con el número total de individuos (Riqueza de especies) (Villareal, y otros, 2004). Valores inferiores a 2,0 son considerados como relacionados con zonas de baja diversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad (Margaleff. R, 1995).

Ecuación 3.

Índice de Margalef.

$$D_{MG} = \frac{S-1}{\log N}$$

Donde:

S = Número de especies.

N = Número total de individuos.

3.6.7.2. Índice de Shannon-Wiener. (Equidad) Es uno de los índices más utilizados para determinar la diversidad de especies de plantas de un determinado hábitat. Para utilizar este índice, el muestreo debe ser aleatorio y todas las especies de una comunidad vegetal deben estar presentes en la muestra (Mostacedo & Fredericksen, 2000). Aunque asume que todas las especies

están representadas en las muestras; indica que tan uniforme están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas (Villareal, y otros, 2004).

En las comunidades de seres vivos este índice no sobrepasa el valor 5 y en el caso de los herbáceos encontramos por lo general valores comprendidos entre 1 y 4 (Gómez, 2008). Este índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 4.

Índice de Shannon-Viener.

$$H' = - \sum pi * \log pi$$

Donde:

H' = Índice de Shannon-Wiener

P_i = Abundancia relativa

Log = Logaritmo base 10

3.6.7.3. Índice de Simpson. Expresa Dominancia, muestra la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra correspondan a la misma especies (Villareal, y otros, 2004). Para calcular el índice de forma apropiada se utiliza la siguiente fórmula:

Ecuación 5.*Índice de Simpson.*

$$S = \frac{1}{\sum \left(\frac{n_i * (n_i - 1)}{N * (N - 1)} \right)}$$

Donde:

 S = Índice de Simpson n_i = número de individuos en la i ésima especie N = número total de individuos

3.6.7.4. Serie Número de Hill. (Diversidad) Es una medida del número de especies cuando cada una es ponderada por su abundancia relativa, a medida que aumenta el número de especies, las más raras se vuelven menos importante (Villareal, y otros, 2004).

Ecuación 6.*Serie números de Hill.*

$$N_k = \left(\sum (p_i^k) \right)^{\frac{1}{1-k}}$$

$$N_1 = e^H = \exp \left(\sum p_i (-\log p_i) \right)$$

$$N_2 = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\sum p_i^2}$$

Donde:

P_i = abundancia proporcional de la especie i

N_1 = número de especies abundantes ($e^{H'}$) (H' es el índice de Shannon-Weiner)

N_2 = número de especies muy abundantes = $1/\lambda$ (para λ ver el índice de Simpson)

3.6.8. Fenología. Define las distintas fases por las que pasa una planta a lo largo de su desarrollo que suelen seguir un ritmo periódico, como son: brotación, floración, dispersión de semillas, agostamiento, etc. (Gómez, 2008).

3.6.9. Frecuencia. La frecuencia se define como la probabilidad de encontrar una especie en una unidad muestral y se mide en porcentaje. Este porcentaje se refiere a la proporción de veces que se mide en las unidades muestrales en relación a la cantidad total de unidades muestrales. En el método de transectos o cuadrantes, la frecuencia relativa sería la relación de los registros absolutos de la presencia de una especie en los sub-transectos o sub-cuadrantes, en relación al número total de registros para todas las especies (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

Ecuación 7.

Frecuencia relativa.

$$Fr = \left(\frac{a}{A}\right) * 100$$

Dónde:

a = número de transectos o cuadrantes en los que aparece la especie.

A = número total de registro para todas las especies.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

El Área Natural Única los Estoraques se encuentra ubicada en el municipio de la Playa de Belén, al occidente del departamento Norte de Santander sobre la cordillera oriental, con un área de 640.62 hectáreas. Lo más relevante y más conocido del ANU Los Estoraques son sus formaciones geológicas, las cuales son frecuentes en la mayoría del territorio rural del municipio; en algunos casos, por el desconocimiento de su importancia y su función, parte de los habitantes de la región los ven como simple procesos erosivos (ANULE, 2013).

La mayor importancia de la conservación del Área Única Los Estoraques, son sus ecosistemas, pues se encuentran tres zonas claramente identificadas:

Zona de Bosque Seco, presenta una vegetación arbustiva discontinua, predominan los matorrales, acá se encuentran las formaciones geológicas. 1450-1500m de altura sobre el nivel del mar.

Zona media o Subandina seca, esta área se caracteriza por tener suelos desnudos. Esta cobertura vegetal se encuentra principalmente en la ribera de la quebrada La Tenería, entre los 1500 y los 1650 m de altura.

La zona Alta o Bosque Subandino Húmedo, esta área se conoce como Piritama, se encuentra la mayor parte del año verde, árboles hasta 30 m (ANULE, 2013).

Temperatura. Los valores medios mensuales de temperatura no poseen mayor variación, la temperatura media mensual es de 19.9 ° C, con intervalos de variación del valor medio mensual desde 19.8 a 20.7 ° C y con un valor medio anual que oscila entre los 19.4 ° C y los 21 ° C. Los valores más bajos se registran en los meses de diciembre y enero y los más altos en los meses mayo y agosto (IDEAM, 2015).

Precipitación. El régimen de lluvias en la zona se caracteriza por tener un comportamiento bimodal, con intensas precipitaciones en los meses de abril y mayo, con un promedio de 131 mm, y los meses de agosto, septiembre y octubre con un promedio de 159 mm. La precipitación promedio anual es de 1074.1 mm. En los meses de enero y febrero se presentan los índices de precipitación más bajos con un promedio de 19.3 mm. La precipitación promedio total anual es de 1074.1 mm (IDEAM, 2015).

Humedad Relativa. El valor medio mensual de humedad corresponde al 83%, presentándose una variación media mensual entre el 80% y el 85 y una variación anual entre el 77% y el 85% Los meses en los cuales se registra mayor humedad corresponden a agosto, septiembre y octubre, con un 91% (IDEAM, 2015).

Evaporación. El valor medio anual de evaporación para el Municipio de La Playa corresponde a 1.389 mm, siendo el mes de julio en donde este parámetro registra el valor medio mensual más alto con 149.9 mm. Los meses de junio y agosto con valores de 125.5 mm y 139.8 mm, presentan los registros más bajos, causado principalmente por la alta nubosidad que se presente durante este periodo el cual asciende a 5 optas, hecho que impide la penetración directa de los rayos solares y el movimiento activo de las masas de aire (IDEAM, 2015).

Brillo Solar. El valor medio anual corresponde a 1.893 horas luz, presentándose con mayor intensidad entre los meses de junio, julio y agosto y con menor intensidad en los meses de abril, mayo y noviembre, coincidiendo con la descripción hecha anteriormente en cuanto al comportamiento de los periodos de lluvia y verano durante el año (IDEAM, 2015).

Hidrografía. El área de los Estoraques pertenece a la cuenca alta del río Catatumbo; subcuenca río Algodonal. El Área está alimentada por cuatro 4 quebradas: quebrada Volcán Blanco, quebrada La Media, quebrada La Vaca y quebrada Alcantarillas; esta última quebrada forma parte del lindero sur en una longitud aproximada de 464 metros, las anteriores drenan sus aguas al río Playón el cual disminuye su caudal en tiempo de verano y se activa en invierno (ANULE, 2013).

El cauce de la quebrada Alcantarillas permanece seco casi todo el tiempo, solo en épocas de invierno o de lluvias fuertes extemporáneas hay un caudal circulante, lo anterior se explica parcialmente porque existe una captación de aguas en la parte alta de la quebrada. Dichas aguas son llevadas por medio de mangueras a los campos de cultivos (ANULE, 2013).

En la zona alta se encuentra la quebrada La Honda, esta nace en la zona amortiguadora, y envía sus aguas hacia el norte del Área, uniéndose con la quebrada Caldo Huevo. Su caudal es usado para abastecer el acueducto urbano del municipio.

La quebrada Caldo Huevo sirve de límite del Área en la zona alta, su caudal es utilizado para acueducto rural de la vereda Piritama y Tenería (ANULE, 2013).

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA QUEBRADA LA MEDIA.

La Quebrada La Media se encuentra a los 8°13'22.74"N y 73°14'31.08"W, a unos 1491 msnm. Hace parte del sistema hidrográfico del ANU Los Estoraques, drenando sus aguas en el río Playón. Hace parte de los depósitos aluviales presentes en el área, formados por acumulaciones de diferentes rocas y materiales arrastrados por las corrientes. Presenta una vulnerabilidad a erosión media, lo cual se logra observar en la ronda hídrica de la quebrada.

Durante los recorridos de reconocimiento, se observó que la zona baja de la quebrada se caracteriza por ser una zona rocosa, con árboles de altura entre 7 y 12 metros, entre los que se observan *Escallonia péndula* (Loqueto), *Myrsine guianensis* (Mantequillo colorado) y *Calycolpus moritzianus* (Arrayan), también se observaron algunos arbustos como la *Mimosa púdica* y *Calea jamaicensis*. Durante el recorrido aguas arriba, se logra observar drenajes al margen derecho, provenientes de las laderas y formaciones geológicas, algunos son cárcavas como resultado de la erosión.

A medida que se avanza hacia la zona media, que corresponde a la zona de estudio, el espacio empieza a ser más abierto o amplio, los arbustos son más abundantes, pero también se observa mayor grado de erosión en el área. La zona media presenta grandes áreas sin cobertura vegetal, una zona de arbustos y matorrales entre los que se observan *Heliotropium indicum* (Rabo alacrán), *Lantana cámara*, *Mimosa púdica* y *Calea jamaicensis*. Se puede observar dos conjuntos de árboles que son dominantes en el lugar, con presencia de especies como *Myrsine guianensis* (Mantequillo colorado), *Clusia multiflora* (Rampacho) y *Calycolpus moritzianus* (Arrayan). Existe un área particular que solo posee cobertura herbácea, en la cual se observaron especies

como *Hyparrhenia rufa* (pasto Jaragua), *Paspalum notatum* (Remolino), *Lantana trifolia* (Maíz tostao), además de *Panicum máximum* (pasto Castilla) y *Cynodon dactylon* (Estrella) como especies exóticas. Se puede observar y sentir, en especial por el zumbido, la presencia de himenópteros y ordenatos en los lugares donde se encuentran los arbustos y matorrales, pues muchos de ellos se encuentran en estado de floración, siendo llamativos para estos polinizadores.

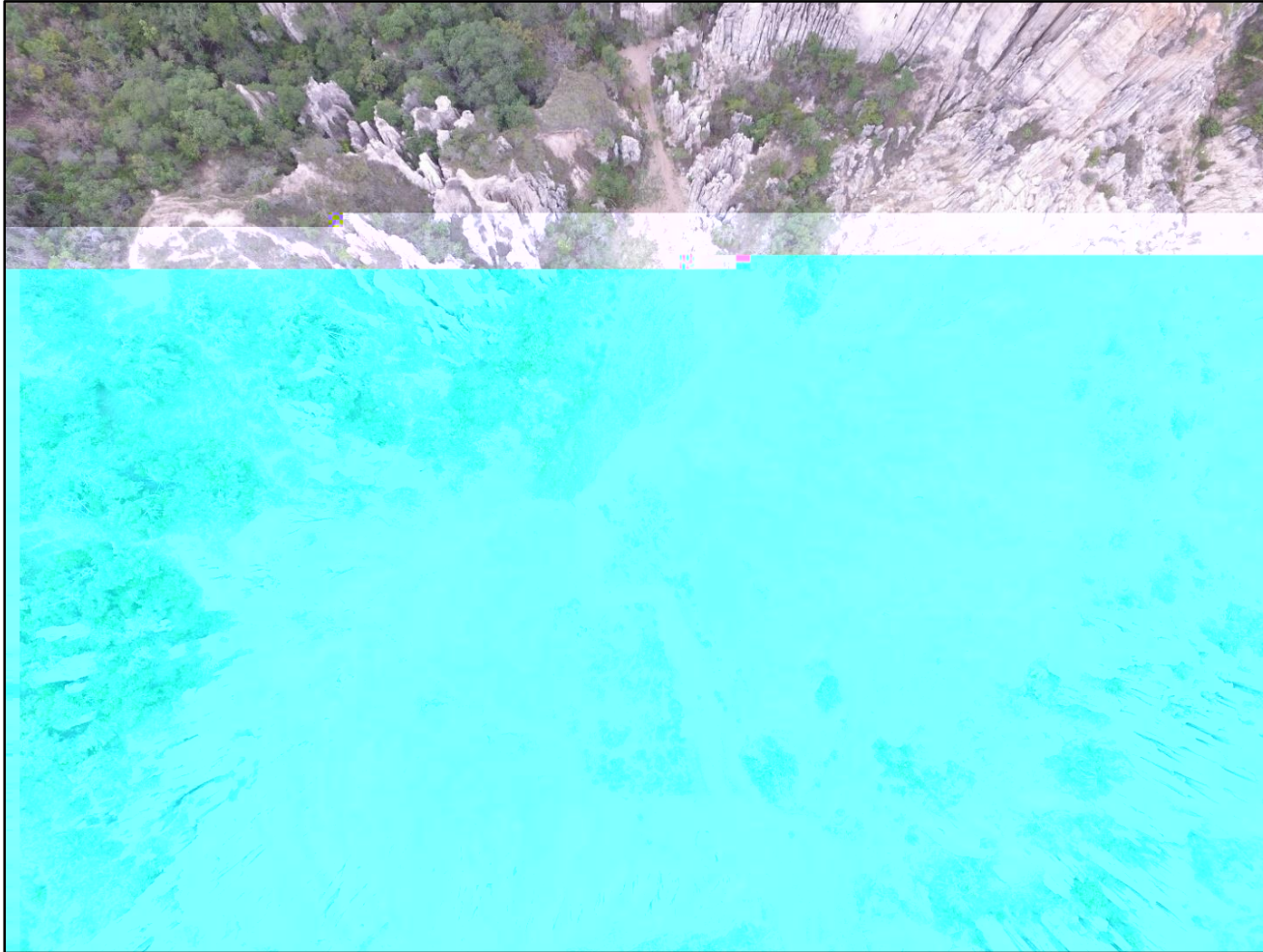
La zona alta de la cuenca es similar a la zona baja, su cauce y ronda hídrica se ubica entre las geoformaciones, con una vegetación arbórea más abundante y altura entre 8-10 metros. La quebrada nace en una zona de alta pendiente y terreno quebrado. En el punto donde límite entre la Cuenca media y alta, se evidencia el arrastre de materiales de suelo y roca proveniente de las partes altas, y que por escorrentía y erosión se depositan en la cuenca media.

4.2.1. Fotointerpretación. Luego de realizar recorridos de reconocimiento del área y delimitar la zona de trabajo, se realizó la toma de fotografías aéreas con Drone UFPSO, con el fin de analizar el estado de la cuenca media de la Obrada La Media, identificando las coberturas vegetales y las zonas sin coberturas o erosionadas, y así, mejorar la caracterización basada en el análisis del paisaje. El análisis y la interpretación de imágenes se realizaron con el software Google Earth Pro.

La cuenca media de la Quebrada la media se encuentra ubicada entre las geoformaciones, presenta vegetación riparia de arbustos y árboles con bajo porte, con alto grado de fragmentación y efecto de borde generado por la erosión que es evidente en las fotografías, y que junto con las condiciones ambientales ha llevado al deterioro del ecosistema de bosque seco. La erosión en el área es aproximadamente de un 65%. **Ver ilustración 12.**

Figura 12.

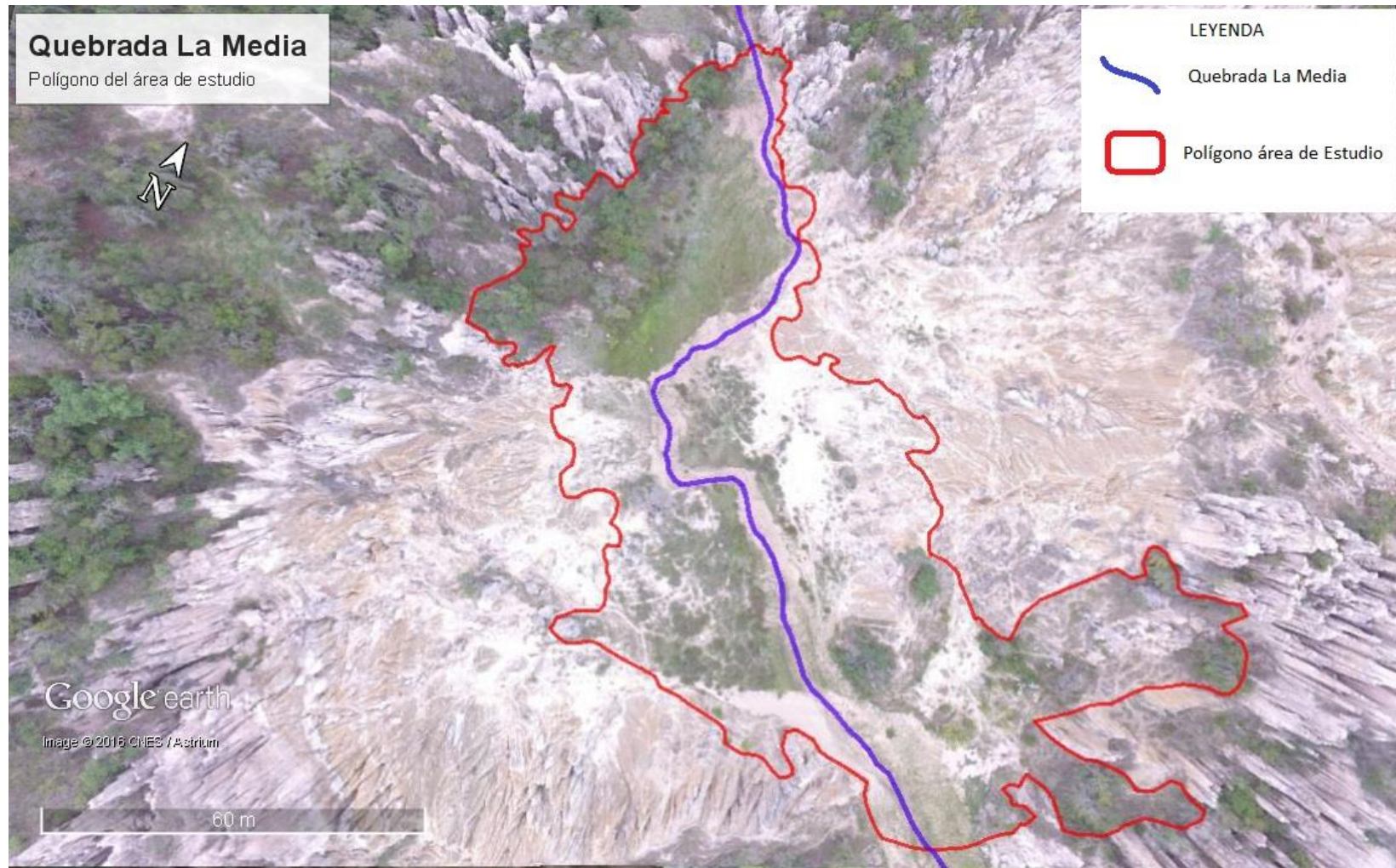
Fotografía aérea tomada con Drone UFPSO, en la cuenca media de la Quebrada La Media, Área Natural Única los Estoraques.



Fuente: Autores del proyecto

Figura 13.

Polígono del área de estudio, cuenca media, Quebrada La Media, Área Natural Única Los Estoraques.



Fuente: Autores del proyecto.

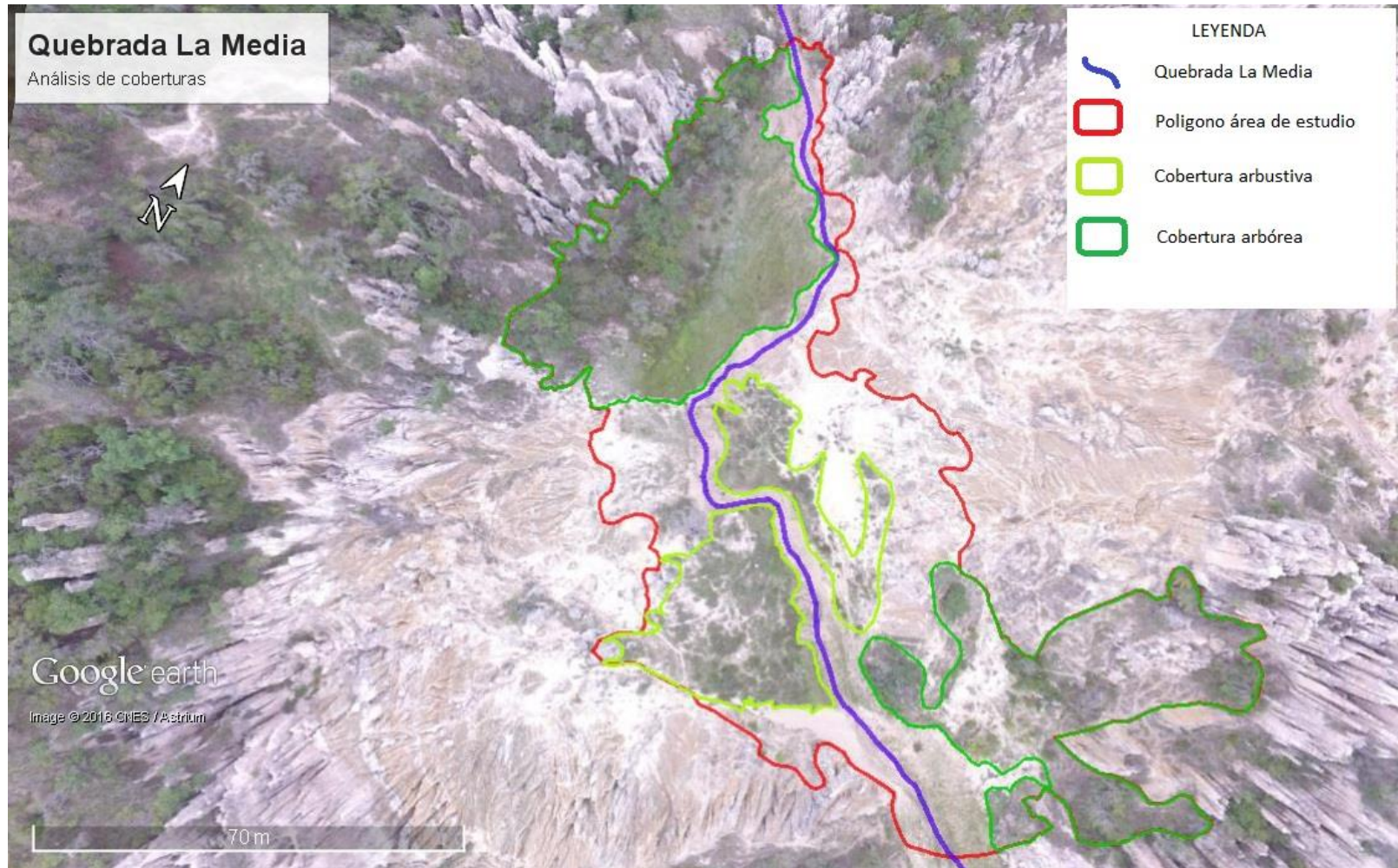
Durante el recorrido del área, se tomaron coordenadas para georeferenciar y establecer el sitio de estudio. Con la ayuda de Google Earth Pro, representamos las coordenadas tomadas en campo y se realizaron sus respectivos ajustes, teniendo en cuenta la fotografía aérea, para crear el polígono del área a estudiar. **Ver Ilustración 13.**

La zona o polígono de estudio se encuentra en la cuenca media de la Quebrada La Media, con un área de 8.872 m^2 equivalente a $0,887 \text{ Ha}$. Este polígono involucra zonas sin cobertura vegetal por efecto de la erosión con un área de 3344 m^2 o $0,334 \text{ Ha}$. El área con cobertura vegetal corresponde a 5.528 m^2 o $0,553 \text{ Ha}$. **Ver Ilustración 14.** La cobertura vegetal se a categorizados de la siguiente manera:

Cobertura arbórea: Ubicada en la parte superior de la fotografía con 2.221 m^2 o $0,222 \text{ Ha}$; y en la parte inferior derecha con 1.838 m^2 o $0,184 \text{ Ha}$. Se identifican con el color verde oscuro. Ocupa el $45,75\%$ del área de estudio.

Cobertura arbustiva: Se ubica en el centro de la fotografía dividida en dos por la quebrada, un área con 897 m^2 o $0,090 \text{ Ha}$ y otra con 572 m^2 o $0,057 \text{ Ha}$. Se identifican con color verde claro. Ocupa el $16,56\%$ del área de estudio.

Sin cobertura: Existen áreas sin cobertura vegetal por efecto de la erosión, ocupando una superficie de 3344 m^2 o $0,334 \text{ Ha}$, representando el $37,69\%$ del área de estudio. **Ver Ilustración 14.**

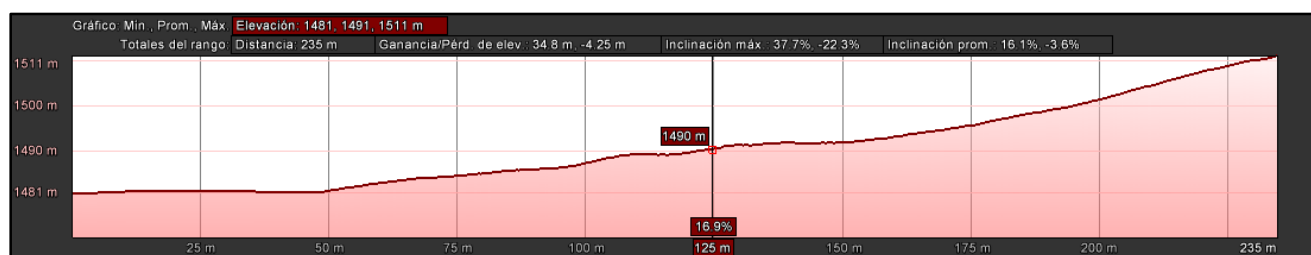
Figura 14.*Análisis de coberturas.***Fuente:** Autores del proyecto.

4.2.2. Pendiente. La Quebrada La Media en su cuenca media, presenta una distancia de 235 m, con una pendiente promedio de 16,1 % con altitudes entre 1481 msnm y 1511 msnm.

Ver Ilustración 15.

Figura 15.

Perfil de elevación.



Fuente: Autores del proyecto.

Luego de tener ya el área delimitada procedimos a realizar las diferentes pruebas de suelos: TACTO y SEDIMENTACION (Texturas). INFILTRACION y ESCORRENTIA. Las pruebas se realizaron el día 04 de agosto del 2016 con los siguientes datos (IDEAM, 2015):

Temperatura: 19,2 ° C

Precipitación: 92,4 mm

Humedad Relativa: 77,3

Hora: 10:00 am

Altitud: 1482

Coordenadas: 8°13'22.12"N/ 73°14'29.06"W

4.2.3. Prueba de Textura en campo. La prueba de textura por tacto, se realizó a las 10:23 am. Se tomó una muestra con la mano, de manera que se pudiera manipular fácilmente. Agregamos un poco de agua, de tal forma que se pudiera amasar con facilidad. No excediéndonos en agua para no formar un lodo. La muestra se amasó hasta que ser homogénea.

Luego de moldear la muestra en forma ovalada, procedimos a lanzarla hacia arriba y dejarla caer. En la caída la muestra se desmoronó, algunos granos se mantuvieron unidos por ayuda de la arcilla, lo que pudimos concluir que es un suelo Arenoso con poca presencia de arcilla.

También, se realizó la prueba de sedimentación, que inició a las 12:00 am, en la cual utilizamos un recipiente con capacidad de 1 litro le agregamos 5 cm de material del suelo. Se agregó agua y agitamos el recipiente para homogeneizar la muestra. Comenzó a evidenciarse la decantación 1 hora después es decir a las 1:00 pm. La muestra se dejó por 24 horas para realizarle seguimiento, cumpliendo las 24 horas ya estaba el agua clara y el material sedimentado.

De acuerdo los colores identificados y a la clasificación del USDA de las partículas según su tamaño, corresponde a un suelo Franco Arenoso, con 70% de Arena, 20% de Arcilla y 10% de Limos, en promedio, con tendencia a ser Arenoso.

4.2.4. Prueba granulométrica. Se realizó una prueba granulo métrica a una muestra de suelo de la Quebrada La Media, en el Laboratorio de Suelos y Pavimentos de la UFPSO. El objetivo de la prueba fue determinar los porcentajes de materiales de acuerdo al tamaño de las partículas, y con ello el cálculo de los porcentajes para cada material, y así la identificación del tipo de suelo. Se obtuvo los siguientes resultados:

Figura 16.

Resultado de la prueba granulométrica, realizada a una muestra de suelo de la Quebrada La Media.



Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 2.

Cálculos para análisis granulométrico.

TAMIZ	TAMAÑO DE LA PARTÍCULA	PESO ACUMULADO (gr)	%	TIPO DE SUELO
10	> 2 mm	533,5	35,57	Grava
40	2 mm - 425 μ m	558,2	37,21	Arena gruesa
100	425 μ m - 150 μ m	176,7	11,78	Arena Media
200	150 μ m - 75 μ m	79,3	5,29	Arena fina
Base	< 75 μ m	152,2	10,15	Limo y Arcilla
	TOTAL	1499,9	100,00	
	Error	+ 0,1		

Fuente: Autores del proyecto.

De acuerdo a los resultados y cálculos de la prueba de granulometría para 1500 gr de muestra de suelo, de la Quebrada La Media, la muestra es de tipo arenosa en un 54,28 %. El limo y arcilla suman juntos un 10,15 %.

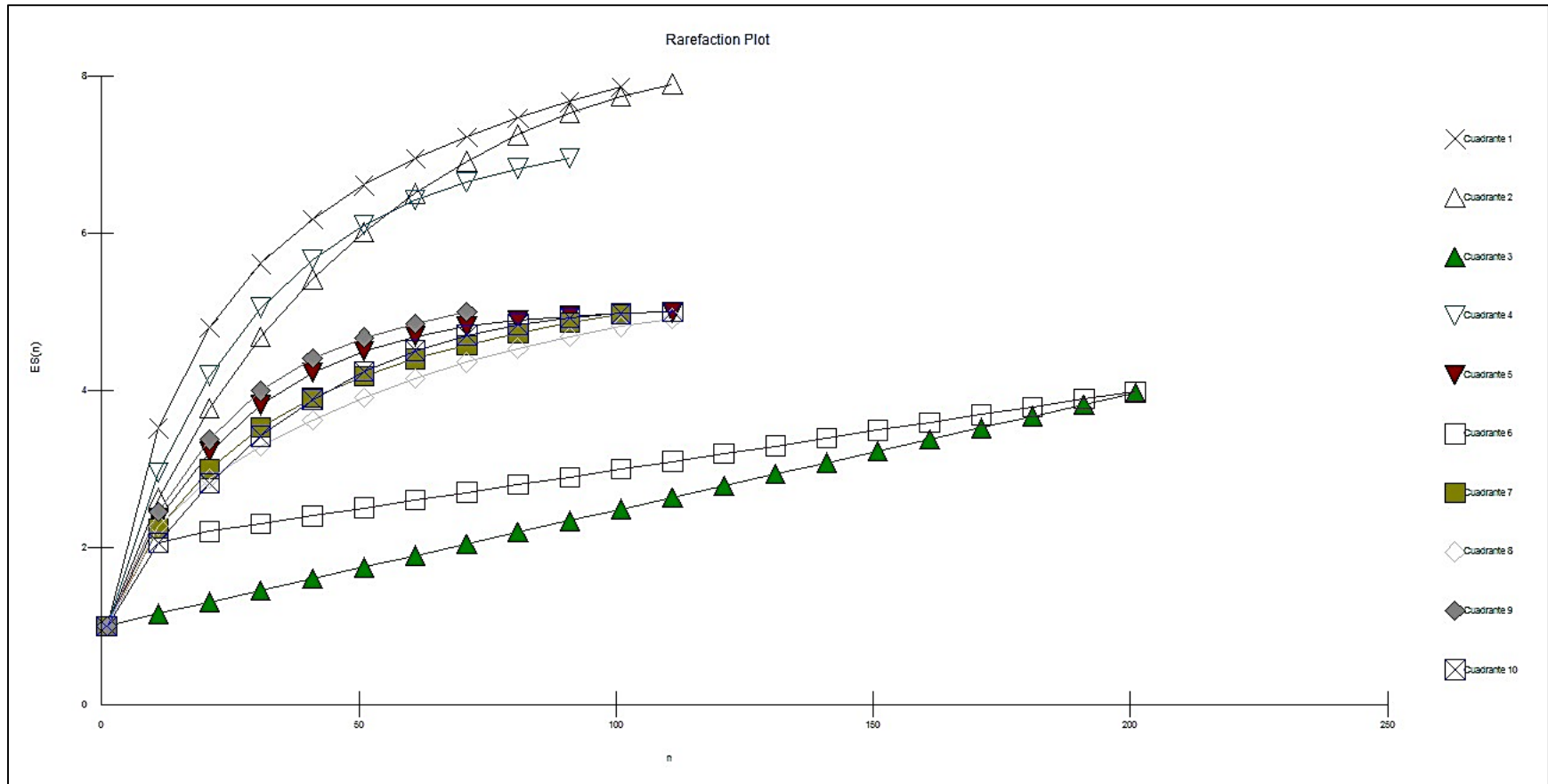
4.2.5. Prueba de infiltración y escorrentía. Iniciamos a las 10:30 am. Con la ayuda de una barra se abre un hueco de 40 cm de profundidad y 15 de ancho por 15 de largo. Luego de formado con la profundidad de 40 cm, agregamos 1 Litro o mil mililitros de agua. Esperamos hasta que se infiltrara toda la cantidad de agua, finalizando la prueba a las 11:29:34 am. Con lo que se pudo concluir que la infiltración es moderada con un tiempo de 29,34 minutos. Luego se realizó la prueba de escorrentía, que inició a las 11:08 am. Utilizamos para esta prueba 1 litro de agua. Se estableció 1 metro de distancia para el recorrido del agua. Depositamos el litro de agua en un recipiente, con el propósito de simular un aguacero. Descargamos el agua sobre el terreno, obteniendo como resultado que en 5,49 seg, el agua llegó al punto seleccionado de un metro. Concluyendo que la escorrentía superficial de este terreno es media principalmente por la fragmentación de la vegetación, generada por la erosión.

4.3 RESULTADOS DE DIVERSIDAD PARA EL ESTRATO HERBACEO

Los muestreos para el estrato herbáceo se realizaron en bosque ripario del Bosque Seco utilizando la metodología por cuadrantes (Mostacedo & Fredericksen, 2000), estableciendo 10 unidades de muestreo de forma aleatoria simple, que corresponden a 10 m². Para cada especie herbácea se estimó el número de individuos, la altura, su cobertura, la familia a la que pertenece y su hábito de crecimiento. Con la ayuda del software BioDiversity Pro (McAleece, Gage, Lambhead, & Paterson, 1997) se calcularon los respectivos índices de diversidad para el estrato herbáceo. Se realizó la estimación de la curva especies/área para un total de 10 muestreos o cuadrantes de vegetación (n=10), indicando que el muestreo fue suficiente para lograr la caracterización de dicho estrato, pues la curva alcanzó una asíntota. **Ver Ilustración 17.**

Figura 17.

Curva Especies/área para 10 unidades de muestreo por cuadrantes en la cuenca media de la Quebrada La Media, Área Natural Única Los Estoraques.



Fuente: Autores del proyecto.

4.3.1. Composición y Abundancia del estrato herbáceo. Para 10 unidades de muestro por cuadrante en bosque ripárico del Bosque Seco Subxerofítico, la riqueza del estrato herbáceo se encuentra representada en 7 familias, 13 especies y 1252 individuos.

Tabla 3.

Composición y Abundancia del estrato herbáceo en la cuenca media de la Quebrada La Media.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	CUADRANTES										TOTAL	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Paja de pisco	<i>Cyperus luzulae</i>	Cyperaceae	9	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	14
Jaragua	<i>Hyparrhenia rufa</i>	Poaceae	1	6	1	0	6	0	0	3	0	4	21	
Remolino	<i>Paspalum notatum</i>	Poaceae	75	100	200	75	0	0	90	100	0	100	740	
Uvita negra	<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae	3	0	0	1	5	0	1	0	3	2	15	
Escobilla	<i>Sida acuta</i>	Malvaceae	3	2	0	3	0	0	2	0	0	0	10	
Maíz tostao	<i>Lantana trifolia</i>	Verbenaceae	1	2	1	5	2	0	6	0	0	4	21	
Pega pega rastrera	<i>Desmodium incanum</i>	Fabaceae	5	5	1	6	0	0	0	14	0	0	31	
Tripa de pollo	<i>Euphorbia hirta</i>	Euphorbiaceae	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12	
Rabo alacrán	<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	Verbenaceae	0	2	0	3	4	0	0	1	4	0	14	
Desconocida	<i>Crucianella sp.</i>	Rubiaceae	0	2	0	2	0	1	5	0	1	2	13	
Estrella	<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae	0	0	0	0	0	150	0	0	60	0	210	
Limonaria	<i>Cymbopogon citratus</i>	Poaceae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
Pasto guinea	<i>Panicum máximum</i>	Poaceae	0	0	0	0	100	50	0	0	0	0	150	

Fuente: Autores del proyecto.

La familia con mayor riqueza de especies es Poaceae con 5 especies, representando un 38,47%, seguido de Verbenaceae con 3 especies, luego Cyperaceae, Malvaceae, Rubiaceae, Fabaceae y Euphorbiaceae con una especie cada una.

Tabla 4.

Riqueza de familias del estrato herbáceo en la cuenca media de la Quebrada La Media.

FAMILIAS	No. ESPECIES	%
Poaceae	5	38,47
Verbenaceae	3	23,08
Cyperaceae	1	7,69
Malvaceae	1	7,69
Fabaceae	1	7,69
Euphorbiaceae	1	7,69
Rubiaceae	1	7,69
TOTAL	13	100

Fuente: Autores del proyecto.

De igual forma, la familia Poaceae presenta la mayor abundancia con 1122 individuos. La especie con mayor abundancia es *Paspalum notatum* (Pasto Remolino) con 740 individuos. Le sigue *Cynodon dactylon* (Pasto Estrella) con 210 individuos, *Panicum máximum* (Pasto guinea) con 150 individuos. La especie con menor abundancia es *Cymbopogon citratus* (Limonaria) con 1 individuo. **Ver Ilustración 18.**

Figura 18.

Distribución de las abundancias para el estrato herbáceo en la cuenca media de la Quebrada La Media.



Fuente: Autores del proyecto.

De acuerdo a la Distribución de las abundancias para el estrato herbáceo en la cuenca media de la Quebrada La Media, existe baja equidad entre las abundancias de las especies, encontrando pocas especies con alta abundancia y muchas especies con poca abundancia.

4.3.2. Índices de Diversidad Alfa. Para cada uno de los cuadrantes se ha calculado los índices de Margaleff (Riqueza), Shannon (Equidad), Simpson (Dominancia) y Números de Hill (Diversidad). Se presentan los valores de los índices de diversidad para los 10 cuadrantes en la cuenca media de la Quebrada La Media. **Ver Tabla 5.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Número 0 de Hill H_0 , la riqueza de las especies herbáceas para 10 muestreos por cuadrantes varió entre 4 especies (95 individuos) presentes en el cuadrante 4 y 8 especies (120 individuos) en el cuadrante 2, en un área total de 10 m^2 , con un promedio de 5,67 especies y una desviación estándar de 1,51. Los valores de riqueza de especies entre cuadrantes, para los índices de Margaleff y el Número 0 de Hill H_0 , se encuentran cerca del promedio, lo cual indica poca variación entre los mismos.

En el índice de Margaleff para cada unidad de muestreo por cuadrantes se obtuvo valores mayores a 5, lo cual indica alta diversidad en todas las muestras. El cuadrante No. 9 presenta la mayor valor de diversidad con 6,482 seguido del cuadrante No. 4 con 6,068. El cuadrante 3 es el de menor valor con 5,2. En general los valores varían muy poco, por lo tanto la riqueza de especies entre cuadrantes es similar.

Sin embargo, se presentan variaciones en los índices de Diversidad y equidad. De manera particular el Cuadrante No. 1 registró los mayores valores en los índices de diversidad (índice de Shannon $H' = 0,487$), número de especies abundantes (N_1 de Hill = 7,27) y equidad (Shannon $J' = 0,539$), esto se debe a la presencia del mayor número de especies con abundancias intermedias o mejor distribuidas.

Por el contrario, en el Cuadrante No. 3 se registraron los menores valores de índices de diversidad (índice de Shannon $H' = 0,04$), número de especies abundantes (N_1 de Hill = 1,65) y equidad (Shannon $J' = 0,067$). Este resultado es producto de un mayor número de especies con pocas abundancias. **Ver Tabla 5.**

Tabla 5.

Índices de Diversidad alfa para 10 cuadrantes en la cuenca media de la Quebrada La Media.

ÍNDICES	CUADRANTES									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Número 0 de Hill H0	8	8	4	7	5	4	5	5	5	5
Margaleff M Base 10,	5,901	5,772	5,2	6,068	5,802	5,205	5,949	5,772	6,482	5,856
Número 1 de Hill H1	7,27	4,238	1,65	5,014	3,459	3,525	3,219	3,443	3,589	2,896
Número 2 de Hill H2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Shannon H' Log Base 10,	0,487	0,324	0,04	0,375	0,263	0,269	0,242	0,262	0,274	0,21
Shannon J'	0,539	0,359	0,067	0,444	0,377	0,447	0,346	0,375	0,393	0,3
Simpson (D)	0,499	0,697	0,971	0,629	0,734	0,611	0,753	0,707	0,717	0,799
Simpson (1/D)	2,005	1,434	1,03	1,591	1,362	1,637	1,329	1,415	1,395	1,252

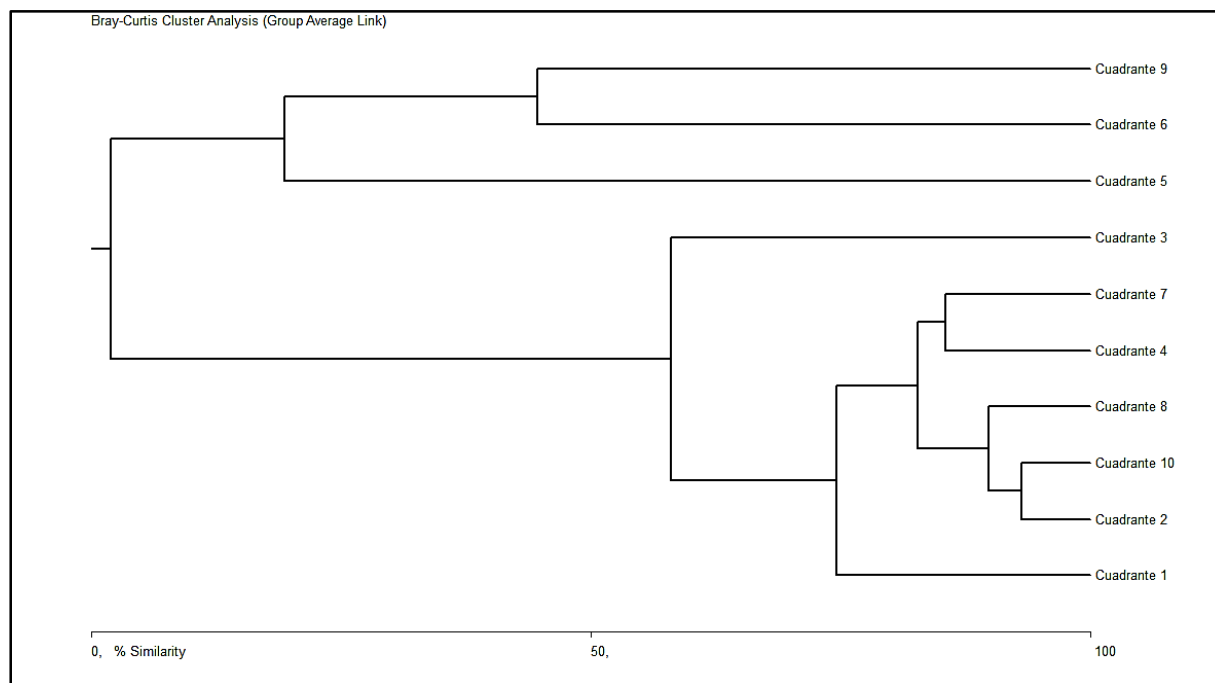
Fuente: Autores del proyecto.

El índice de Simpson D, corrobora el análisis anteriormente realizado, indicando que los cuadrantes con los mayores valores de dominancia son aquellos que presentan menor diversidad, puesto que en ellos se encuentran pocas especies con valores altos de abundancia, y por el contrario los cuadrantes con valores bajos de dominancia son aquellos con mayor diversidad. De esta manera el cuadrante No. 1 es el de mayor diversidad, seguido del cuadrante No. 4. El cuadrante con menor diversidad corresponde al No. 3.

4.3.3. Diversidad Beta. De acuerdo con las variaciones de la Diversidad Beta, teniendo en cuenta la composición y distribución de las abundancias entre los cuadrantes, es decir, del grado de similitud o similitud entre cuadrantes, se obtuvo el siguiente dendograma.

Figura 19.

Agrupamiento-Cluster (índice Bray-Curtis) para 10 cuadrantes en la cuenca media de la Quebrada La Media.



Fuente: Autores del proyecto.

Para realizar el análisis de agrupamiento –Clúster, se utilizó el índice de Bray-Curtis como medida de similitud y se empleó el método de agrupamiento de promedio en grupos. Este análisis fue realizado utilizando el software BioDiversity Pro (McAleece, *et. al*,1997).

Se identifican dos grandes grupos que se diferencian en su similitud. El primer grupo está conformado por los cuadrantes 1, 2, 3, 4, 7, 8 y 10. La especie *Paspalum notatum* (Pasto Remolino) es la responsable de dicho agrupamiento.

El segundo grupo lo conforman los cuadrantes 5,6 y 9. Esta agrupación se debe a las especies *Cynodon dactylon* (Pasto Estrella) y *Panicum máximum* (Pasto guinea).

4.3.4. Índice Valor de Importancia. El índice Valor de Importancia para cada especie se calculó mediante la sumatoria entre la densidad relativa (DeR), frecuencia relativa (FR) y dominancia (cobertura) relativa (DoR).

Los resultados de este índice mantienen la tendencia de relevancia de la especie *Paspalum notatum* (Pasto Remolino) con IVI de 131,957. Le sigue *Cynodon dactylon* (Pasto Estrella) con 30,044, *Panicum máximum* (Pasto guinea) con 22,480. **Ver Tabla 6.** Estas especies son las más abundantes, las más frecuentes y las que mayor dominancia presentan en la cuenca media de la Quebrada La Media.

Tabla 6.

Índice Valor de Importancia IVI para las especies herbáceas en la cuenca media de la Quebrada La Media.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Hábito	Densidad	DR %	Frecuencia	FR %	Dominancia	DoR %	IVI
Cyperaceae	<i>Cyperus luzulae</i>	Paja de pisco	H	14	1,118	3	5,357	1450	2,232	8,708
Poaceae	<i>Hyparrhenia rufa</i>	Jaragua	H	21	1,677	6	10,714	1839	2,831	15,223
Poaceae	<i>Paspalum notatum</i>	Remolino	H	740	59,105	7	12,500	39200	60,351	131,957
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	Uvita negra	H, r	15	1,198	6	10,714	2075	3,195	15,107
Malvaceae	<i>Sida acuta</i>	Escobilla	H	10	0,799	4	7,143	600	0,924	8,865
Verbenaceae	<i>Lantana trifolia</i>	Maíz tostao	H, r	21	1,677	7	12,500	2175	3,349	17,526
Fabaceae	<i>Desmodium incanum</i>	Pega pega	H	31	2,476	5	8,929	3850	5,927	17,332
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i>	Tripa de pollo	H	12	0,958	2	3,571	1139	1,754	6,283
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	Rabo alacrán	H	14	1,118	5	8,929	1150	1,771	11,817
Rubiaceae	<i>Crucianella sp.</i>	Desconocida	H	13	1,038	6	10,714	575	0,885	12,638
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	Estrella	H	210	16,773	2	3,571	6300	9,699	30,044
Poaceae	<i>Cymbopogon citratus</i>	Limonaria	H	1	0,080	1	1,786	100	0,154	2,020
Poaceae	<i>Panicum máximum</i>	Pasto guinea	H	150	11,981	2	3,571	4500	6,928	22,480
				1252	100,000	56	100,000	64953	100,000	300,000

Fuente: Autores del proyecto.

4.4 RESULTADOS DE DIVERSIDAD PARA EL ESTRATO ARBUSTIVO Y ARBÓREO

Los muestreos para el estrato arbustivo y arbóreo, se realizaron en bosque ripario del Bosque Seco utilizando la metodología por transectos, estableciendo 10 unidades de muestreo teniendo en cuenta la fotointerpretación y el análisis de las coberturas, pues el área de estudio presenta fragmentación causada por la erosión y procesos estresores, que han llevado a la reducción de la vegetación y al aumento de zonas calvas o sin cobertura vegetal.

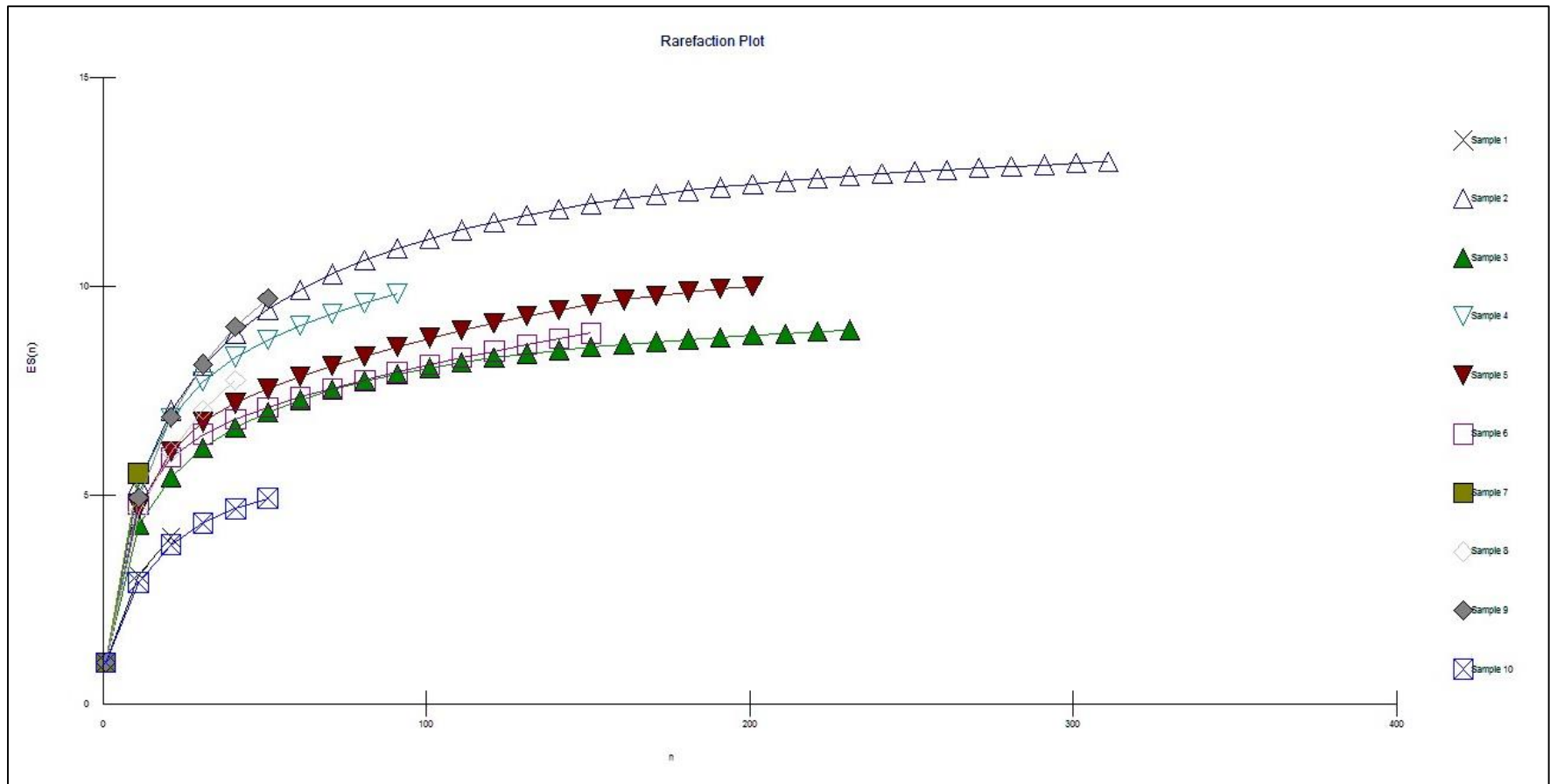
El método consistió en censar, en un área de 0.1 Ha, todos los individuos cuyo tallo tenga un diámetro a la altura del pecho (DAP medido a 1.3 m desde la superficie del suelo) mayor o igual a 2.5 cm. Se censaron los individuos con DAP mayor o igual a 1 cm, pues con esta modificación se obtiene una mejor representación de los estratos inferiores (sotobosque) (Villareal, y otros, 2004).

Con la ayuda del software BioDiversity Pro (McAleece, Gage, Lambshead, & Paterson, 1997) se calcularon los respectivos índices de diversidad para estos estratos.

Se realizó la estimación de la curva especies/área para un total de 10 transectos o 0,1 Ha de vegetación (n=10), indicando que el muestreo fue suficiente para lograr la caracterización de ambos estratos, pues la curva alcanzó una asíntota. **Ver Ilustración 20.**

Figura 20.

Curva especies/área para 10 unidades de muestreo por transectos, en la cuenca media de la Quebrada La Media, Área Natural Única Los Estoraques.



Fuente: Autores del proyecto.

4.4.1. Composición y abundancia de los estratos arbustivo y arbóreo. La riqueza del estrato arbustivo y arbóreo se encuentra representada en 8 familias, 15 especies y 1207 individuos, en un área de 0,1 Ha, dividido en 10 transectos de 2 x 50 metros.

Tabla 7.

Composición y Abundancia de los estratos arbustivo y arbóreo en la cuenca media de la Quebrada La Media.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	TRANSECTOS										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Guayabo arrayan	<i>Calycolpus moritzianus</i>	Myrtaceae	2	1								5	6
Rampacho blanco	<i>Clusia multiflora</i>	Clusiaceae	1	4							1	9	4
Mantequillo colorado	<i>Myrsine guianensis</i>	Myrsináceae	16	53							7	28	42
Maíz tostao	<i>Lantana trifolia</i>	Verbenaceae		18	64	35	38	23	1				
Suma queso	<i>Desconocida</i>	Verbenaceae		126	3	1	15	7			2	1	
Calea SP	<i>Calea jamaicensis</i>	Asteraceae		43	106	20	92	68	3	16	4		
Uvita negra	<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae		4	27	8	18	15	1	1	2		
Pega pega	<i>Desmodium incanum</i>	Fabaceae		26	16	4	14	25	3	2	1		
Pajarito	<i>Baccharis trinervis</i>	Asteraceae		4			2	1					
Escobilla	<i>Sida cordifolia</i>	Malvaceae.		11	4	7	2	1	2				
Cordoncillo	<i>Piper aduncun</i>	Piperaceae		2		6		2	4				
Mimosa	<i>Mimosa púdica</i>	Fabaceae		16	14	15	17	18		15	2		
Guayabo agrio	<i>Psidium guineense</i>	Myrtaceae			1	1	2			2	3	1	
Chilco	<i>Baccharis latifolia</i>	Asteraceae			5	2	1						
Mantequillo blanco	<i>Myrsine Coriácea</i>	Myrsináceae	2	7								1	2

Fuente: Autores del proyecto.

Se presentan dos familias con mayor riqueza de especies, Verbenaceae con 3 especies representando un 20% y Asteráceas con 3 especies o un 20%. Seguido de Myrtaceae con 2 especies o 13,33%, Fabáceas con 2 especies para un 13,33% y Myrsináceae con 2 especies para un 13,33%. Luego Clusiaceae, Malvaceae y Piperácea con una especie y 6,67% cada una.

Tabla 8.

Riqueza de familias de los estratos arbustivo y arbóreo en la cuenca media de la Quebrada La Media.

FAMILIAS	No. ESPECIES	%
Myrtaceae	2	13,33
Clusiaceae	1	6,67
Myrsináceae	2	13,33
Verbenaceae	3	20,00
Asteraceae	3	20,00
Fabaceae	2	13,33
Malvaceae	1	6,67

Fuente: Autores del proyecto.

La familia Verbenácea presenta la mayor abundancia con 410 individuos, le sigue Asterácea con 367 individuos. La especie con mayor abundancia es *Calea jamaicensis* (Calea sp.) una Asterácea con 352 individuos, le sigue *Lantana trifolia* (Maíz tostao) con 179 individuos, *Desconocida* (Sumaqueo) con 155 individuos y *Myrsine guianensis* (Mantequillo

colorado) con 146 individuos. La especie con menor abundancia es *Baccharis trinervis* (Pajarito) con 7 individuos. **Ver Ilustración 21.**

Figura 21.

Distribución de las abundancias para los estratos arbustivo y arbóreo en la cuenca media de la Quebrada La Media.



Fuente: Autores del proyecto.

De acuerdo a la distribución de las abundancias para los estratos arbustivo y arbóreo, en la cuenca media de la Quebrada La Media, existe una equidad media de las abundancias entre especies, puesto que 7 de las especies (46,67 %) son las más abundantes y el resto presentan poca abundancia.

4.4.2. Índices de Diversidad Alfa. Para cada uno de los transectos se ha calculado los índices de Margaleff (Riqueza), Shannon (Equidad), Simpson (Dominancia) y Números de Hill (Diversidad). Se presentan los valores de los índices de diversidad para los 10 transectos en la cuenca media de la Quebrada La Media. **Ver Tabla 9.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Número 0 de Hill H_0 , la riqueza de las especies arbustivas y arbóreas, para 10 muestreos por transectos varió entre 4 especies (21 individuos) presentes en el transecto 1, y 13 especies (315 individuos) en el transecto 2, en un área total de 0,1 Ha, con un promedio de 8,4 especies y una desviación estándar de 2,72. Los valores de riqueza de especies entre cuadrantes, para los índices de Margaleff y el Número 0 de Hill H_0 , se encuentran cerca del promedio, lo cual indica poca variación entre los mismos.

En el índice de Margaleff, para cada unidad de muestreo por transectos se obtuvo valores mayores a 5, lo cual indica alta diversidad en todas de las muestras. El transecto No. 7 presenta la mayor valor de riqueza con 12,215 seguido del transecto No. 1 con 10,588. El transecto 2 es el de menor valor con 5,604. Los valores de riqueza para los demás transectos se mantienen con valores similares, cerca de la media.

Pero además, se presentan variaciones en los índices de diversidad y equidad. De manera particular el transecto No. 2 registró los mayores valores en los índices de diversidad (índice de Shannon $H' = 0,815$), número de especies abundantes (N_1 de Hill = 21,654) y equidad (Shannon. $J = 0,732$), esto se debe a la presencia del mayor número de especies con abundancias intermedias o mejor distribuidas. Por el contrario, el transecto No. 1 se registra los valores más bajos de índices de diversidad (índice de Shannon $H' = 0,347$), número de especies abundantes

Tabla 9.

Índices de Diversidad alfa para 10 transectos en la cuenca media de la Quebrada La Media.

ÍNDICES	TRANSECTOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Número 0 de Hill H0	4	13	9	10	10	9	6	8	10	5
Margaleff M Base 10	10,588	5,604	5,882	7,015	6,079	6,352	12,215	8,42	8,008	8,044
Número 1 de Hill H1	4,576	21,654	13,154	20,467	15,391	15,716	16,124	14,399	15,709	4,789
Número 2 de Hill H2	0,004	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Shannon H' Log Base 10	0,347	0,815	0,665	0,798	0,713	0,719	0,727	0,693	0,719	0,361
Shannon J'	0,577	0,732	0,697	0,798	0,713	0,753	0,934	0,767	0,719	0,517
Simpson (D)	0,581	0,219	0,285	0,198	0,268	0,245	0,143	0,241	0,282	0,595
Simpson (1/D)	1,721	4,558	3,514	5,048	3,738	4,089	7	4,157	3,54	1,682

Fuente: Autores del proyecto

(N1 de Hill = 4,576) y equidad (Shannon $J' = 0,577$). Particularmente, el transecto 1 es el único que presenta valor en el número 2 de Hill H2 de 0,004, puesto que en este transecto se encuentran las especies más representativas de la comunidad. **Ver Tabla 9.**

El índice de Simpson D, corrobora el análisis anteriormente realizado, indicando que los transectos con los mayores valores de dominancia son aquellos que presentan menor diversidad, puesto que en ellos se encuentran pocas especies con valores altos de abundancia, y por el contrario los transectos con valores bajos de dominancia son aquellos con mayor diversidad. De esta manera el transecto No. 7 es el de mayor diversidad. El transecto con menor diversidad corresponde al No. 1.

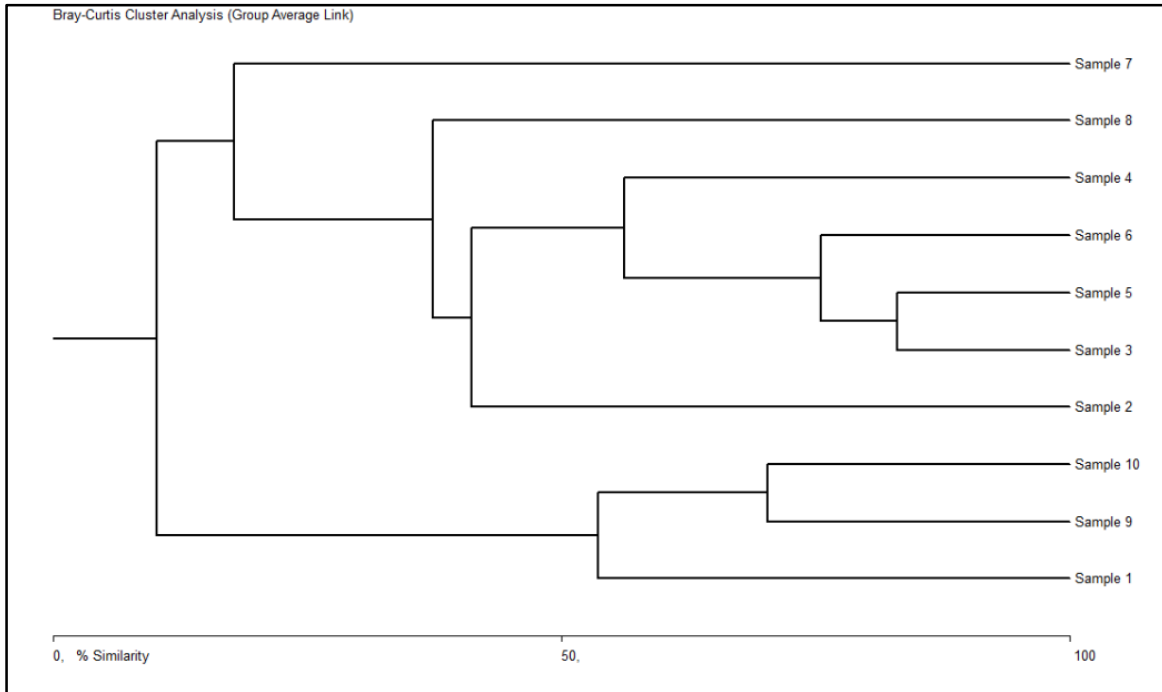
4.4.3. Diversidad Beta. De acuerdo con las variaciones de la diversidad Beta, teniendo en cuenta la composición y distribución de las abundancias entre los transectos, es decir, del grado de similitud o similitud entre cuadrantes, se obtuvo el siguiente dendrograma.

Para realizar el análisis de agrupamiento –Clúster, se utilizó el índice de Bray-Curtis como medida de similitud y se empleó el método de agrupamiento de promedio en grupos. Este análisis fue realizado utilizando el software BioDiversity Pro (McAleece, *et. al*,1997).

Se identifican dos grandes grupos que se diferencian en su similitud. El primer grupo está conformado por los transectos 1, 9 y 10. Las especies *Myrsine guianensis* (Mantequillo colorado), *Clusia multiflora* (Rampacho blanco) y *Calycolpus moritzianus* (guayabo arrayan) son las responsables de dicho agrupamiento.

Figura 22.

Agrupamiento-Cluster (índice Bray-Curtis) para 10 transectos en la cuenca media de la Quebrada La Media.



Fuente: Autores del proyecto.

El segundo gran grupo lo conforma los transectos 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8. Las especies responsables de este agrupamiento son *Calea jamaicensis* (*Calea* sp), *Desconocida* (Sumaqueso), *Lantana cámara* (Uvita negra) y *Desmodium incanum* (Pega pega).

4.4.4. Índice Valor de Importancia. El índice Valor de Importancia para cada especie se calculó mediante la sumatoria entre la densidad relativa (DeR), frecuencia relativa (FR) y dominancia (cobertura) relativa (DoR).

Tabla 10.

Índice Valor de Importancia IVI para las especies arbustivas y arbóreas en la cuenca media de la Quebrada La Media

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Hábito	Densidad	DR	Frecuencia	FR	Dominancia	DoR	IVI
Myrtaceae	<i>Calycolpus moritzianus</i>	Guayabo arrayan	A	14	1,160	4	4,878	1.347,491	0,028	6,066
Clusiaceae	<i>Clusia multiflora</i>	Rampacho blanco	A	19	1,574	5	6,098	44,822	0,001	7,673
Myrsinaceae	<i>Myrsine guianensis</i>	Mantequillo colorado	A	146	12,096	5	6,098	2.721,625	0,057	18,251
Verbenaceae	<i>Lantana trifolia</i>	Maíz tostao	Ar	179	14,830	6	7,317	830.000,000	17,429	39,577
Verbenaceae	<i>Desconocida</i>	Suma queso	Ar	155	12,842	5	6,098	93.800,000	1,970	20,909
Asteráceas	<i>Calea jamaicensis</i>	Calea SP	Ar	352	29,163	8	9,756	1.890.000,000	39,689	78,608
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	Uvita negra	Ar	76	6,297	8	9,756	558.700,000	11,732	27,785
Fabáceas.	<i>Desmodium incanum</i>	Pega pega	Ar	91	7,539	8	9,756	300.800,000	6,317	23,612
Asteráceas	<i>Baccharis trinervis</i>	Pajarito	Ar	7	0,580	3	3,659	71.600,000	1,504	5,742
Malvaceae.	<i>Sida cordifolia</i>	Escobilla	Ar	27	2,237	6	7,317	11.000,000	0,231	9,785
Piperácea	<i>Piper aduncun</i>	Cordoncillo	Ar	14	1,160	4	4,878	7.400,000	0,155	6,193
Fabáceas.	<i>Mimosa púdica</i>	Mimosa	Ar	97	8,036	7	8,537	916.000,000	19,235	35,808
Myrtaceae	<i>Psidium guineense</i>	Guayabo agrio	A	10	0,829	6	7,317	8,410	0,000	8,146
Asteráceas	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilco	Ar	8	0,663	3	3,659	78.600,000	1,651	5,972
Myrsinaceae	<i>Myrsine Coriácea</i>	Mantequillo blanco	A	12	0,994	4	4,878	29,364	0,001	5,873
				1207	100,000	82	100,000	4.762.051,711	100,000	300,000

Fuente: Autores del proyecto.

4.5 IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS EN LA RONDA HÍDRICA, CUENCA MEDIA DE LA QUEBRADA LA MEDIA

La identificación de las especies exóticas presentes en la cuenca media, de la Quebrada La Media, Área Natural Única Los estoraques, tiene relación con el bosque seco subxerofítico, el cual se presenta en el área de estudio con una vegetación riparia, fragmentada por efectos de la erosión, y que además es objeto de conservación del parque (ANULE, 2016), por los bienes y servicios ecosistémicos que brinda al área y a la región.

Para el análisis e identificación de las especies exóticas, se tiene en cuenta el listado de plantas vasculares consolidada para bosques secos en Colombia (Pizano & García, 2014, págs. 292-335). En este listado se presentan todas las especies de plantas vasculares presentes en los bosques secos de Colombia, registrando su forma de crecimiento, origen, conservación y las localidades o departamentos en los cuales se registra.

A continuación, se presenta el listado de especies vegetales presentes en la cuenca media de la Quebrada La Media, para los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo. Para cada especie se ha determinado su nombre científico, familia a la que pertenece y el hábito de crecimiento observado en campo, estos datos son comparados con el listado de plantas vasculares consolidadas para bosques secos en Colombia presente en el Libro de Bosque Seco (Pizano & García, 2014). Para el hábito de crecimiento observado y el registrado por el libro de Bosque Seco, se tiene en cuenta las siguientes abreviaturas: Árbol (A), Arbusto (Ar), Hemiepífita (He), Hierba (H) y Subarbusto (S).

Tabla 11.

Identificación de especies exóticas presentes en la cuenca media de la Quebrada La Media.

Nombre Común	Familia	Nombre Científico	Hábito observado	Según Libro de Bosque seco del IAvH(Pizano & García, 2014)			Presente en Norte de Santander
				Forma de Crecimiento	Origen	Conservación	
Paja de pisco	Cyperaceae	<i>Cyperus luzulae</i>	H	H	Nativa		Si
Jaragua	Poaceae	<i>Hyparrhenia rufa</i>	H	H	Naturalizada	Riesgo de Invasión	Si
Remolino	Poaceae	<i>Paspalum notatum</i>	H	No reporta	No reporta	No reporta	No
Uvita negra	Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	H, Ar	Ar, H	Naturalizada		Si
Escobilla	Malvaceae	<i>Sida acuta</i>	H, Ar	H, S	Nativa		Si
Maíz tostao	Verbenaceae	<i>Lantana trifolia</i>	H, Ar	Ar, H, S	Nativa		Si
Pega pega	Fabaceae	<i>Desmodium incanum</i>	H, Ar	H, S	Nativa		Si
Tripa de pollo	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i>	H	H	Nativa		No
Rabo alacrán	Verbenaceae	<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	H	H, S	Nativa		No
Desconocida	Rubiaceae	<i>Crucianella sp.</i>	H	H	Nativa		No
Estrella	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	H	H	Naturalizada	Riesgo de Invasión	No
Limonaria	Poaceae	<i>Cymbopogon citratus</i>	H	No reporta	No reporta	No reporta	No
Pasto guinea	Poaceae	<i>Panicum máximum</i>	H	H	Exótica	Riesgo de Invasión	No
Suma queso	Verbenaceae	<i>Desconocida</i>	Ar	No reporta	No reporta	No reporta	Si
Calea SP	Asteraceae	<i>Calea jamaicensis</i>	Ar	Ar	Nativa		Si
Pajarito	Asteraceae	<i>Baccharis trinervis</i>	Ar	Ar	Nativa		Si
Cordoncillo	Piperaceae	<i>Piper aduncun</i>	Ar	Ar	Nativa		Si
Mimosa	Fabaceae	<i>Mimosa púdica</i>	Ar	Ar, H	Naturalizada		Si
Chilco	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Ar	Ar, H	Nativa		Si
Guayabo agrio	Myrtaceae	<i>Psidium guineense</i>	A	Ar	Nativa		Si
Mantequilla blanco	Myrsinaceae	<i>Myrsine Coriacea</i>	A	Ar, A, S	Nativa		Si
Guayabo arrayan	Myrtaceae	<i>Calycolpus moritzianus</i>	A	A	Nativa		No
Rampacho blanco	Clusiaceae	<i>Clusia multiflora</i>	A	Ar, A, He, L	Nativa		Si

Fuente: Autores del proyecto.

Comparando los datos obtenidos en campo y los datos registrados para estas especies en el libro de Bosque Seco de Colombia, al igual que las condiciones ambientales del área de estudio, y las condiciones ambientales favorables para las especies, se logran identificar las especies que son exóticas en la ronda hídrica de la cuenca media de la Quebrada La Media, del Área Natural Única Los Estoraques, ecosistema de bosque seco. Se identifican 15 especies Nativas, 5 exóticas, 4 Naturalizadas y 1 especies desconocidas.

Figura 23.

Comparación entre condiciones ambientales del área de estudio y las condiciones favorables de las especies identificadas como exóticas.

Condiciones del área de estudio		Condiciones favorables por especie						
		<i>Panicum máximum</i>	<i>Paspalum notatum</i>	<i>Cymbopogon citratus</i>	<i>Hyparrhenia rufa</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Lantana cámara</i>	<i>Mimosa púdica</i>
Ph del suelo	5,3	5 - 8	4 - 8	4 - 8	4,5 - 8	4,5 - 8	4 - 8	4 - 8
Fertilidad del suelo	Media baja	Media alta	Media a baja	Media	Baja a media	Media alta	Media baja	Media baja
Drenaje	Bueno	Bueno	tolera inundación	Bueno	Bueno	tolera inundación	Medio	Medio
m.s.n.m	1.481 - 1.511	0 - 1.500	0 - 1.500	0 - 2.000	0 - 2.000	0 - 2.000	0 - 2.600	0 - 2.300
Precipitación	1074,1 mm.	1000 - 3000 mm	> 1000 mm	2000 - 3000 mm	700 a 3000 mm	800 - 3500 mm	500 - 1500 mm	500 - 1500 mm

Fuente: Autores del proyecto.

4.5.1. Especies exóticas en la ronda hídrica, cuenca media de la Quebrada La Media.

Se identificaron 5 especies exóticas, 2 de estas son especies naturalizadas. De igual forma 4 especies no presentan registros en el Norte de Santander, y 4 no se encuentran registradas en el libro de Bosque Seco para Colombia (Pizano & García, 2014), por ellos son exóticas.

Panicum máximum (Pasto guinea), hábito observado y de crecimiento como especie herbácea. El libro de Bosque Seco la categoriza como exótica y en estado de conservación como especie con Riesgo de Invasión, sin registro en el departamento de Norte de Santander.

Paspalum notatum (Remolino), hábito observado como especie herbácea. Sin registros en el libro de Bosque Seco para Colombia.

Cymbopogon citratus (Limonaria), hábito observado como especie herbácea. Sin registro en el libro de Bosque Seco para Colombia.

Hyparrhenia rufa (Jaragua), Hábito observado y de crecimiento como especie herbácea. Naturalizada con presencia en Norte de Santander. Según el libro de Bosque Seco presenta riesgo de invasión.

Cynodon dactylon (Pasto estrella), con hábito observado y de crecimiento como especie herbácea. Especie naturalizada sin registro en Norte de Santander. Según el libro de Bosque Seco, esta especie se encuentra con Riesgo de Invasión.

Las especies *Lantana cámara* (Uvita negra) y *Mimosa púdica* (Mimosa), son especies nativas en Colombia, aunque presentas categoría de naturalizada en el Libro de Bosque Seco para Colombia, esta característica indica su amplia distribución en el territorio y no una condición de introducción. Se encuentran en sus condiciones naturales y favorables para desarrollo y permanencia.

4.6 CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS EN LA RONDA HÍDRICA, CUENCA MEDIA DE LA QUEBRADA LA MEDIA.

A continuación, se clasifican las especies exóticas anteriormente identificadas, como invasora, con potencial o riesgo de invasión y sin potencial o riesgo de invasión, de acuerdo los resultados de composición y abundancia de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas en la cuenca media de la quebrada La Media; las condiciones ambientales del área de estudio, y la revisión teórica y bibliográfica de las especies en el libro de Bosque Seco para Colombia (Pizano & García, 2014), el Compendio de Especies Invasoras del Centro Internacional de Biociencia Agrícola (CABI, 2016) y el Programa Mundial de Especies Invasoras (Matthews, 2005).

4.6.1. *Panicum máximum* (Exótica con riesgo de invasión). Es una especie herbácea perenne de la familia Poaceae. Se introdujo en América desde África, estableciéndose en zonas tropicales como cultivos forrajeros, para el alimento del ganado, especialmente en selva alta perennifolia y selva baja caducifolia, pero también se puede comportar como maleza. (McVaugh, 1983).

Forma macollas, que pueden alcanzar hasta 3 m de altura y de 1 a 1.5 m de diámetro. Los tallos son erectos y ascendentes con una vena central pronunciada.. Las raíces son fibrosas, largas y nudosas, ocasionalmente tienen rizomas, esto confiere cierta tolerancia a la sequía (Tropicalforages, 2016). Puede sobrevivir largos períodos de sequía. Se propaga por semillas, estas se dispersan por el viento, las aves y el agua corriente. El fuego ataca la parte superior de esta hierba pero se regenera rápidamente utilizando los rizomas subterráneos (Smith, 2002).

Figura 24.*Panicum máximo* (Pasto guinea).**Fuente:** Autores del proyecto.**Tabla 12.***Condiciones favorables para establecimiento de Panicum máximo.*

<i>Panicum máximo</i> - Pasto Guinea	
Familia:	Poaceae
Ciclo vegetativo:	Perenne, persistente
Adaptación pH:	5.0 – 8.0
Fertilidad del suelo:	Media alta
Drenaje:	Buen drenaje
m.s.n.m.:	0 – 1500 m
Precipitación:	1000 a 3500 mm

Fuente: Tropicalforajes. (2016). *Panicum máximo*. Obtenido de Especies forrajeras multipropósito.:
<http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/Panicum%20maximum%20Jacq>

Es capaz de formar infestaciones densas que constituyen un riesgo de incendio. Y dado que está mejor dotada para soportar el fuego que las especies nativas, acaba dominando áreas que han sufrido un incendio. Sin embargo no ha tenido tanto éxito a la hora de invadir pastizales, porque no puede soportar la presión continua del pastoreo (Matthews, 2005, pág. 33). Según el libro de Bosque Seco para Colombia (Pizano & García, 2014), clasifica a esta especie como una herbácea de la familia Poaceae, exótica con riesgo de invasión, aunque no registra presencia en Norte de Santander (pág. 325). El Centro Internacional de Biociencia Agrícola en el Compendio de Especies invasoras la clasifica como especie invasora (CABI, 2006).

Los resultados abundancia y diversidad para el estrato herbáceo, indican que es la tercera especie más abundante y la tercera especie con mayor Índice de Valor Importancia para este estrato. Su presencia se reporta en suelos franco arenoso, de drenaje medio, entre los 1481-1511 msnm, con precipitaciones de 1074.1 mm en promedio, con épocas muy secas. De acuerdo a toda la información anterior, podemos definir a la especie *Panicum máximum* se encuentra en su rango de crecimiento favorable, con condiciones óptimas para su desarrollo y dispersión, aunque no se reportan incendios en el área, el cual fomenta la invasión. Por estos motivos se considera como especie Exótica con riesgo de invasión.

4.6.2. *Paspalum notatum* (Exótica invasora). Conocida como pasto bahía o pasto remolino, es una especie herbácea de la familia Poaceae, perenne originaria de América, no se sabe dónde exactamente. Distribuido desde el sureste de los Estados Unidos hasta Argentina incluyendo las Antillas., estableciéndose en zonas tropicales para el Pastoreo, corte, acarreo y como barrera viva, especial ente en bosque bajo caducifolio, bosque de pino, pastizal y matorral tropical (Rzedowski, 2001; Marzocca, 1976). Es una gramínea perenne que crece en macollas,

con alturas hasta de 1.6 m, hojas anchas y suaves. Se propaga por semilla y rizomas. Se adapta a suelos de baja fertilidad. Tolera bien inundaciones, fuego, sombra y moderadamente sequía. Compite bien con malezas (Tropicalforages, 2016).

Su origen es América del Sur y está muy extendida en el sur de Estados Unidos, Centro y Sur América. Se encuentra como exótica en África y Australia (FAO, 2016). Sin embargo, esta planta puede llegar a ser maleza o invasiva en algunas regiones o hábitats y puede desplazar la vegetación deseada si no se gestiona adecuadamente (Southern Weed Science Society [SWSS], 1998; Houck, 2009). Se ha reportado invasión de esta especie en Cuba (Oviedo Prieto, Herrera Oliver, Caluff, & Regalado, 2012).

Figura 25.

Paspalum Notatum (Pasto remolino).



Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 13.

Condiciones favorables para establecimiento de Paspalum notatum

Paspalum notatum	
Familia:	Poaceae
Ciclo vegetativo:	Perenne, persistente
Adaptación pH:	4.0 – 8.0
Fertilidad del suelo:	Media a baja
Drenaje:	Tolera inundación
m.s.n.m.:	0 – 1500 m
Precipitación:	> de 1000 mm

Fuente: Tropicalforages. (2016). Paspalum notatum. Obtenido de Especies Forrajeras Multipropósito:

<http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/Paspalum%20notatum%20Swallen>.

Según los resultados para la abundancia y diversidad del estrato herbáceo en la cuenca media de la Quebrada La Media, esta especie es la más abundante en el área, además de presentar el mayor Índice Valor de Importancia, indicando su dominancia frente a las demás especies. En las áreas que ocupa, presenta pocas asociaciones, las cuales en su mayoría son con otras especies exóticas y algunas naturalizadas. Su presencia se reporta en suelos franco arenoso, de drenaje medio, entre los 1481-1511 msnm, con precipitaciones de 1074.1 mm en promedio, con épocas muy secas, es decir en las condiciones favorables para su establecimiento y propagación.

Particularmente esta especie se encuentra con mayor abundancia en las orillas y zonas inundables de la quebrada. De acuerdo al libro de Bosque Seco Para Colombia, esta especie no reporta registros para ninguno de los bosques secos del país (Pizano & García, 2014). El Centro

Internacional de Biociencia Agrícola, en el compendio de especies invasoras la clasifica como especie invasora (CABI, 2016), por ello se clasifica a esta especie como una Exótica invasora.

4.6.3. *Cymbopogon citratus* (Exótica sin potencial invasor). Se conoce como Limonaria, es una especie herbácea perenne que produce aceite aromático, de la familia Poaceae, originaria de las Antillas. Florece en las condiciones soleadas, cálidas y húmedas de los trópicos. Es tolerante a la sequía y comúnmente cultivado en suelos con ácidos. La altura máxima de la planta se registra durante la estación de lluvias (CABI, 2016). Se propaga por esquejes; las flores se reúnen en espiguillas de 30-60 cm de longitud formando racimos. Las hojas son muy aromáticas y alargadas como listones, ásperas, de color verde claro que brotan desde el suelo formando matas densas (Tropicalforages, 2016).

Figura 26.

Cymbopogon citratus (Limonaria).



Fuente: Autores del proyecto.

Era una de las hierbas más transportadas a lo largo de la ruta Asia - Europa. Se encuentra en Asia, África, América, Europa y Oceanía, y está ampliamente distribuido en China, India, Sri Lanka, Indonesia, Pakistán, Tailandia, Camerún, Congo, Egipto, Nigeria, América del Norte y Central, Argentina, Brasil y Venezuela. , Italia y Papúa Nueva Guinea (CABI, 2016). Se ha reportado invasión de esta especie en América central y el caribe, específicamente en la isla de Santa Lucía (Gravenson, 2012), El Centro Internacional de Biociencia Agrícola, en el compendio de especies invasoras la clasifica como especie invasora.

Su presencia se reporta en suelos franco arenoso, de drenaje medio, entre los 1481-1511 msnm, con precipitaciones de 1074.1 mm en promedio, con épocas muy secas, es decir en las condiciones favorables para su establecimiento y propagación. Los resultados de abundancia y diversidad del estrato herbáceo en la cuenca media de la Quebrada La Media, esta especie presenta la menor abundancia con un solo individuo, por lo tanto se clasifica como especie Exótica sin potencial invasor.

4.6.4. *Hyparrhenia rufa* (Exótica naturalizada con potencial de invasión alto). Se le conoce como Pasto Jaragua o Pasto Puntero, es una especie perenne de la familia Poaceae (Tropicalforages, 2016). Nativa del África tropical y meridional (PROTA, 2014; USDA-ARS, 2014). Ampliamente naturalizada en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, donde se ha introducido intencionalmente principalmente para mejorar la producción ganadera (Williams y Baruch, 2000).

Hyparrhenia rufa crece en matorros formando césped, las hojas son largas y delgadas, los tallos florales son largos y la inflorescencia es una panícula abierta, Es resistente a la sequía, la

quema y al pisoteo, crece bien en suelos pobres. Aunque sobrevive a sequías prolongadas, rebrota rápido y tolera quema, no se mantiene verde durante la época seca (Tropicalforages, 2016). Las semillas pueden ser producidas a través de autofecundación y cruzamiento, y la polinización es probablemente asistida por viento (Clayton et al., 2014). Produce semillas con largas cerdas que son capaces de adherirse a personas o animales que pasan por la planta. Las semillas también pueden dispersarse en el viento después de los incendios y germinar bien en estas condiciones (Starr et al., 2003).

Figura 27.

Hyparrhenia rufa (Jaragua).



Fuente: Autores del proyecto.

Se utiliza para el pastoreo y para el heno y el ensilado (FAO, 2014). La especie ha escapado del cultivo y se ha vuelto invasiva en los Estados Unidos (Florida, Hawaii), Australia, México,

Brasil, Centroamérica y las Antillas (Villaseñor y Espinosa-García, 2004; Oviedo Prieto et al., 2012; Randall, 2012, I3N-Brasil, 2014; USDA, 2014).

Se establece con facilidad en ambientes tropicales invadiendo agresivamente áreas naturales. Compite con otras malezas y las elimina. También sustituye rápidamente a las plantas nativas después de un incendio gracias a que es una especie adaptada al fuego (Matthews, 2005).

Tabla 14.

Condiciones favorables para el establecimiento de Hyparrhenia rufa.

<i>Hyparrhenia rufa – Jaragua</i>	
Familia:	Poaceae
Ciclo vegetativo:	Perenne, persistente
Adaptación pH:	4.5 – 8.0
Fertilidad del suelo:	Baja a media
Drenaje:	Buen drenaje
m.s.n.m.:	0 – 2000 m
Precipitación:	700 a 3000 mm

Fuente: Tropicalforages. (2016). *Hyparrhenia rufa*. Obtenido de Especies Forrajeras Multipropósito:

<http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/Hyparrhenia%20rufa.htm>

Los resultados de abundancia y diversidad para el estrato herbáceo, en la cuenca media de la Quebrada La Media, indican que la especie *Hyparrhenia rufa* se encuentra con poca abundancia, 21 individuos. En campo se observó con tamaños pequeños, sin flores ni semillas. Su

presencia se reporta en suelos franco arenoso, de drenaje medio, entre los 1481-1511 msnm, con precipitaciones de 1074.1 mm en promedio, con épocas muy secas, es decir en las condiciones favorables para su establecimiento y propagación.

El Libro de Bosque Seco para Colombia (Pizano & García, 2014) la reporta como especie Naturalizada con riesgo de invasión, y el Compendio de especies exóticas la cataloga de invasora. Para el caso del área de estudio, se clasifica como Exótica naturalizada con potencial invasor alto.

4.6.5. *Cynodon dactylon* (Exótica Naturalizada Invasora). Conocida como estrella africana, es una planta perenne, de la familia Poaceae, frondosa, de tallos extensos y entrenudos largos, produce estolones de más de 5 metros de largo, hojas exfoliadas. Los tallos florales son ramificados. Se adapta muy bien a climas cálidos, es resistente a sequía y soporta encharcamiento (Tropicalforagues, 2016).

Su origen es África, pero se distribuye en regiones templadas del Viejo Mundo, introducida a América (presente en Norte, Centro y Sudamérica) e Islas del Caribe (Rzedowski, 2001). Ampliamente naturalizado en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Esta especie es una hierba C4 incluida en el Compendio Mundial de Malas Hierbas (Randall, 2012). De acuerdo con Holm et al. (1977) es catalogada como una de las malezas más importantes del mundo, (Ariza & Almanza-Merchán, 2012).

Esta especie ha afectado cultivos como aguacate, ajonjolí, alfalfa, algodón, arroz, avena, cacahuate, caña, cártamo, cebolla, chile, cítricos, espárrago, fríjol, frutales, girasol, haba, linaza,

maíz, mango, manzana, melón, nogal, plantas ornamentales, papa, pepino, plátano, potreros, pradera, sorgo, soya, tomate, uva, viveros (Villaseñor y Espinosa, 1998).

También se encuentra en cebada, trigo, linaza, café, nopal, col, estropajo, hortalizas. En cultivos de plantación forma manchones que llegan a cubrir superficies considerables, sofoca y elimina a las plantas de cultivo, por ejemplo: alfalfa, caña de azúcar, forrajes, huertos, etc. (Villaseñor y Espinosa, 1998).

La mayoría de *Cynodon dactylon* no son tóxicos, pero un caso ocasional de envenenamiento de HCN puede ocurrir. En los Estados Unidos, la berza helada puede causar fotosensibilización. Kidder, Beardsley y Erwin (1961) y Ndyanabo (1974) registraron un 1,10 por ciento de ácido oxálico total en la materia seca pero sin toxicidad (FAO, 2016).

Figura 28.

Cynodon dactylon (Pasto estrella).



Fuente: Autores del proyecto.

Según el Compendio de Especies Invasoras (CABI, 2016), *C. dactylon* tiene un alto potencial de propagación adicional en aquellas áreas donde todavía está ausente. Rasgos ecofisiológicos y genéticos, junto con ambas formas de propagación dan a esta especie una alta puntuación para el éxito en casi cualquier ecosistema.

Tabla 15.

Condiciones favorables para establecimiento de Cynodon dactylon.

<i>Cynodon dactylon</i>	
Familia:	Poaceae
Ciclo vegetativo:	Perenne, persistente
Adaptación pH:	4.5 – 8.0
Fertilidad del suelo:	Media alta
Drenaje:	Buen drenaje, soporta encharcamiento
m.s.n.m.:	0 – 2000 m
Precipitación:	800 a 3500 mm

Fuente: Tropicalforages. (2016). *Cynodon dactylon*. Obtenido de Especies Forrajeras Multipropósito: <http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/Cynodon%20plectostachyus%20y%20Cynodon%20nlemfuensis.htm>.

En los resultados de abundancia y riqueza para el estrato herbáceo, esta especie se identifica como la segunda especie más abundante, y la segunda especie con mayor Índice Valor de Importancia. El libro de Bosque seco para Colombia (Pizano & García, 2014) la categoriza como una especie Naturalizada con Riesgo de invasión, pero sin registros para Norte de Santander. Se observa en el área de estudio, y en muchas zonas del Área Natural Única Los

Estoraques, ocupando superficies homogéneas, con pocas asociaciones y presencia de especies nativas. De acuerdo a las características referenciadas para esta especie, y a las características encontradas en campo, esta especie se clasifica como Exótica Invasora en la cuenca media de la Quebrada La Media.

CONCLUSIONES

Objetivo 1. Determinar la composición y diversidad florística presente en la ronda hídrica de la Quebrada la Media, cuenca media del Área Natural Única Los Estoraques.

Las especies *Paspalum notatum* (Pasto Remolino), *Cynodon dactylon* (Pasto Estrella) y *Panicum máximum* (Pasto guinea), son las más abundantes, las más frecuentes y las que mayor dominancia para el estrato herbáceo, en la cuenca media de la Quebrada La Media. Estas especies pertenecen a la familia Poaceae, la cual es la familia con mayor riqueza de especies.

Para el estrato arbustivo y arbóreo, las especies *Calea jamaicensis* (Calea sp.), *Lantana trifolia* (Maíz tostao), *Mimosa púdica* (Mimosa), *Lantana camara* (Uvita negra), *Desmodium incanum* (Pega pega) son las más abundantes, las más frecuentes y las que mayor dominancia presentan en la cuenca media de la Quebrada La Media. La familia Verbenácea presenta la mayor riqueza de especies, le sigue Asterácea.

Objetivo 2. Identificar las especies nativa, naturalizadas y exóticas presentes en la ronda hídrica de la Quebrada la Media, en su cuenca media, Área Natural Única Los Estoraques, Norte de Santander.

Se identificaron 15 especies Nativas, 5 Exóticas, 4 Naturalizadas y 1 especie desconocidas.

Existen especies que no presentan registros para el departamento de Norte de Santander, pero que el desarrollo de este trabajo se evidencia su presencia departamento, especialmente en un Área Natural.

Las especies exóticas en el estrato herbáceo son: *Panicum máximum* (Pasto guinea), *Paspalum notatum* (Remolino), *Cymbopogon citratus* (Limonaria), *Hyparrhenia rufa* (Jaragua) y *Cynodon dactylon* (Pasto estrella).

Para el estrato arbustivo no se presentan especies exóticas.

Las especies *Lantana cámara* y *Mimosa púdica*, aunque presentan un estado de naturalizadas según los registros del Libro de Bosque Seco para Colombia (Pizano & García, 2014), y son consideradas invasoras en más de 50 países del mundo, son especies nativas de los ecosistemas tropicales, con distribución en Centro y Sur América, con especialidad en Colombia y Venezuela.

Objetivo 3. Clasificar las especies exóticas como invasora, con potencial o riesgo de invasión y sin potencial o riesgo de invasión, de acuerdo a su abundancia, condiciones ambientales del área, la revisión teórica y bibliográfica.

Luego del análisis de composición y diversidad de especies, y teniendo en cuenta la revisión bibliográfica y teórica de las especies, las especies exóticas en la cuenca media de la Quebrada La Media se clasifican así: *Panicum máximum* (Exótica con riesgo de invasión), *Paspalum notatum* (Exótica invasora), *Cymbopogon citratus* (Exótica sin potencial invasor),

Hyparrhenia rufa (Exótica naturalizada con potencial de invasión alto), *Cynodon dactylon* (Exótica Naturalizada Invasora).

La Quebrada La Media, en su cuenca media, presenta invasión de las especies exóticas *Paspalum notatum* y *Cynodon dactylon* (Naturalizada).

El riesgo de invasión se encuentra representado en las especies *Panicum máximum*, *Hyparrhenia rufa*.

Las condiciones de precipitación y evapotranspiración indican que es mayor el agua evaporada que el que se precipita, favoreciendo el establecimiento y desarrollo de las especies exóticas, en especial las invasoras, pues se aprovechan de las condiciones secas del área y la debilidad de las nativas.

REFERENCIAS

- Castro-Díez, P., Valladares, F., & Alonso, A. (2004). La creciente amenaza de las invasiones biológicas. *Ecosistemas*, 13 (3): 61-68.
- Alonso, A., & Castro-Díez, P. (2015). Las invasiones biológicas y su impacto en los ecosistemas. *Ecosistemas*, 24(1):1-3.
- Área Natural Única los Estoraques [ANULE]. (21 de Diciembre de 2013). PLAN DE MANEJO ÁREA ÚNICA LOS ESTORAQUES. La Playa de Belén, Norte de Santander, Colombia. Obtenido de PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA.
- Ariza, C. A., & Almanza-Merchán, P. J. (Julio a Diciembre de 2012). Identificación y clasificación de las malezas asociadas con el cultivo de palma de aceite. *Ciencia y Agricultura*, 9(2), 87-96.
- Baptiste, M., Castaño, N., Cárdenas, D., Gutiérrez, F., Gil, D., & Lasso, C. (2010). *Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas*. Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Begon, M., Townsend, C., & Harper, J. (2006). *Ecology from Individuals to Ecosystems*. Blackwell Publishing Ltd,.
- Byers, J. (2000). COMPETITION BETWEEN TWO ESTUARINE SNAILS: IMPLICATIONS FOR INVASIONS OF EXOTIC SPECIES. *Ecology*, 81 (5), 1225-1239.
- Carvalho, G. (2009). ESPECIES EXÓTICAS E INVASIONES BIOLÓGICAS. *Ciencia Ahora*, N°23, 15-21.
- Centre for Agricultural Bioscience International [CABI]. (2016). *Invasive Species Compendium*. Obtenido de <http://www.cabi.org/isc/datasheet/38954#20117202769>
- CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS [CSIC]. (2008). *Invasiones Biológicas*. Madrid, España: Cyan, Proyectos y Producciones Editoriales, S.A.
- Crooks, J., & Soule, M. (1997). Lag time in population explosions of invasive species: causes and implications. Norway/UN. Conference on Alien Species. Trondheim, Norway.
- Ecological Society of America [ESA]. (2000). Invasiones Biológicas: Causas, Epidemiología,. *Tópicos en Ecología*, 1-20.
- FAO. (Noviembre de 2006). *Las repercusiones del ganado en el medio ambiente*. Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0612sp1.htm>
- FAO. (2006). Producción ganadera y conservación en zonas protegidas y sus alrededores: Proyecto de ordenación integrada de ecosistemas en Senegal. *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales*, 16-21.

- FAO. (22 de 11 de 2016). *Paspalum notatum*. Obtenido de <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/Gbase/data/pf000291.htm>
- FAO. (16 de 11 de 2016). *TEXTURA DEL SUELO*. Obtenido de ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/General/x6706s/x6706s06.htm
- Forman, R. (1995). Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*, 10:133-142.
- Fundación Para el Desarrollo Sostenible de Las Zona de Páramo y su Área de Influencia [FUNDEPARAMOS]. (2015). *Línea base para el diseño e implementación de tratamientos de restauración y acciones previas de control de erosión*. La Playa de Belén.
- García, A., & Rodríguez, O. (2009). *Bionatura*. Obtenido de Lantana cámara: <http://www.interreg-bionatura.com/especies/pdf/Lantana%20camara.pdf>
- Gómez, D. (2008). MÉTODOS PARA EL ESTUDIO DE LOS PASTOS, SU CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA Y VALORACIÓN. En C. S. CSIC, *Pastos del Pirineo* (págs. 75-109). FILLAT, F., R. GARCÍA GONZÁLEZ, D. GÓMEZ GARCÍA & R. REINÉ (Eds.).
- Gómez, D. (2008). MÉTODOS PARA EL ESTUDIO DE LOS PASTOS, SU CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA Y VALORACIÓN. En C. S. CSIC, *Pastos del Pirineo* (págs. 75-109). FILLAT, F., R. GARCÍA GONZÁLEZ, D. GÓMEZ GARCÍA & R. REINÉ (Eds.).
- Gutiérrez, F. (2006). *ESTADO DE CONOCIMIENTO DE ESPECIES INVASORAS. Propuesta de lineamientos para el control de los impactos*. Bogotá, D.C., Colombia.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Houck, M. (October de 2009). Plant fact sheet for bahiagrass (*Paspalum notatum* Flüggé) USDA-Natural Resources Conservation Service. alexandria, Louisiana, EE.UU.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos [IAVH]. (1998). *Bosque Seco Tropical (Bs-T) en Colombia*. Obtenido de www.utp.edu.co: <http://media.utp.edu.co/cebreg/archivos/bosque-seco-tropical/el-bosque-seco-tropical-en-colombia.pdf>
- Latorre, J., Jaramillo, O., Corredor, L., & Arias, D. (2014). Condición de las Unidades Ecobiogeográficas Continentales y Sistema Nacional de Áreas Protegidas en Colombia (Base de Datos Geográfica a Escala 1:100.000). Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Lowen, S., Browne, M., Boudjelas, S., & De Poorter, M. (2004). *100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database*. Obtenido de [iucngisd.org](http://www.iucngisd.org): <http://www.iucngisd.org/gisd/pdf/100Spanish.pdf>
- Matthews, S. (2005). *Sudamérica Invasada. Programa Mundial sobre Especies Invasoras (GISP). El creciente peligro de las especies exóticas invasoras*. GIPS.

- McAleece, N., Gage, J., Lamshead, P., & Paterson, G. (1997). *La biodiversidad Profesional software de análisis de estadísticas.*
- McNeely, J., Mooney, L., Neville, L., Schei, P., & Waage, J. (2001). *Global Strategy on Invasive Alien Species.* IUCN, Gland Switzerland and Cambridge UK.
- Morlans, M. (2005). *Introducción a la Ecología del Paisaje*. S.F. del V. de Catamarca.: Editorial Científica Universitaria - Universidad Nacional de Catamarca ISSN: 1852-3013.
Obtenido de
<http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/004-estructuradepaisaje.pdf>
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreos y Análisis en Ecología Vegetal.* Santa Cruz, Bolivia: El País.
- Nebel, J. y. (2006). LA CONTAMINACIÓN DEL BOSQUE NATIVO POR ESPECIES ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS EXÓTICAS.
- Oviedo Prieto, R., Herrera Oliver, P., Caluff, M., & Regalado, L. (2012). Lista nacional de especies de plantas invasoras y potencialmente invasoras en la República de Cuba-2011. *Bissea*, 6, 22-96.
- Oviedo, R., González, L., Regalado, L., Hechaverría, L., Herrera, P., Hernández, J., . . . Brull, G. (2012). PROTOCOLO PARA LA DETECCIÓN Y MANEJO DE PLANTAS INVASORAS O POTENCIALMENTE INVASORAS EN ÁREAS NATURALES Y SEMINATURALES DE CUBA. *Bissea 6 (NE 1)*, 97-118.
- Pizano, C., & García, H. (2014). *El Bosque Seco Tropical en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.* Bogotá D.C., Colombia.
- Regalado, L., González-Oliva, L., Fuentes, I., & Oviedo, R. (2012). Plantas invasoras en Cuba. *Bissea*, 6, 2-21.
- Richardson, D., Pyšek, P., & Carlton, J. (2011). A Compendium of Essential Concepts and Terminology in Invasion Ecology. En D. M. Richardson, *Fifty Years of Invasion Ecology: The Legacy of Charles Elton, 1st edition.* (págs. 409-420). Blackwell Publishing Ltd.
- Rodríguez, J. P. (2001). LA AMENAZA DE LAS ESPECIES EXÓTICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD SUDAMERICANA. *INTERCIENCIA*, 26(10), 479-483.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica [CDB]. (2004). *ENFOQUE POR ECOSISTEMAS.* Obtenido de Directrices del CDB:
<https://www.cbd.int/doc/publications/ea-text-es.pdf>
- Southern Weed Science Society [SWSS]. (1998). *Weeds of the United States and Canada.* Champaign, Illinois, EE.UU.

- Tropicalforages. (2016). *Hyparrhenia rufa*. Obtenido de Especies Forrajeras Multipropósito:
<http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/Hyparrhenia%20rufa.htm>
- Tropicalforages. (21 de 11 de 2016). *Panicum máximum*. Obtenido de Especies forrajeras multipropósito.:
<http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/Panicum%20maximum%20Jacq.htm>
- Tropicalforages. (22 de 11 de 2016). *Paspalum notatum*. Obtenido de Especies Forrajeras Multipropósito:
<http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/Paspalum%20notatum%20Swallen.htm>
- Tropicalforages. (2016). *Cynodon dactylon*. Obtenido de Especies Forrajeras Multipropósito:
<http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/Cynodon%20plectostachyus%20y%20Cynodon%20nlemfuensis.htm>
- UICN. (11 de Enero de 2010). *Especies Invasoras*. Obtenido de UICN.ORG:
https://iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/med/programa_uicn_med/especies/especies_invasoras/
- Universidad de Alcalá. (2005). *Prácticas de Ecología. Métodos de investigación en Ecología*.
- Velosa, R. I. (2014). *AVANCE DOCUMENTO PROTOCOLO DE CONTROL Y ERRADICACION DE TRES (3) ESPECIES EXOTICAS - INVASORAS DEL ANU LOS ESTORAQUES (Panicum maximun –Pasto guinea; Brachiaria decumbens –Pasto braquiaria o braquiaria amarga; Cynodon nlemfluensis –Pasto estrella)*. La Playa de Belén: ANU Estoraques.
- Vilà, M., Valladares, F., Traveset, A., Santamaría, I., & Castro, P. (2008). *Invasiones Biológicas*. Madrid, España: Cyan, Proyectos y Producciones Editoriales, S.A.
- Vilches, A., Arcaria, N., & Darrigran, G. (2010). Introducción a las invasiones biológicas. *Boletín Biológica*, 17, 14-19.
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., . . . Umaña, A. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Wittwnberg, R., & Cock, M. (2001). *Invasive Alien Species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices*. CAB International, Wallingford, Oxon, xvii - 228.

APENDICE

APENDICE A.

A continuación se presenta el registro fotográfico, el cual es evidencia del desarrollo y cumplimiento de los objetivos planteados en el proyecto.

Figura 29.

Recorrido de reconocimiento del área, en compañía del personal del Área Natural Única Los Estoraques.



Fuente: Autores del proyecto.

Figura 30.

Observación de Escallonia péndula (Loqueto) en la cuenca baja de la Quebrada La Media.



Fuente: Autores del proyecto

Figura 31.

Observación inicial de pastos exóticos en la Quebrada La Media.



Fuente: Autores del proyecto.

Figura 32.

Observación de arbustos en la cuenca media de La Quebrada La Media, en compañía de personal del área.



Fuente: Autores del proyecto.

Figura 33.

Prueba de textura e infiltración en campo.



Fuente: Autores del proyecto,

Figura 34.

Muestra de suelo antes y después del proceso de secado, para realizar prueba granulométrica.



Fuente: Autores del proyecto.

Figura 35.

Prueba granulométrica realizada a 1500 gr de muestra de suelo.



Fuente: Autores del proyecto.

Figura 36.

Muestras por cuadrantes para el estrato herbáceo, en apoyo con personal ANULE.



Fuente: Autores del proyecto.

Figura 37.

Muestreo por transectos para estrato arbustivo y arbóreo, en la cuenca media de la Quebrada La Media.



Fuente; Autores del proyecto.

Figura 38.

Colecta de especies en la cuenca media de la Quebrada La Media.



Fuente: Autores del proyecto.

Figura 39.

Colecta de Especies y registro de características in situ.



Fuente: Autores del proyecto.

Figura 40.

Montaje de especies para herborizar.



Fuente: Autores del proyecto.

Figura 41.

Montaje de especies colectadas en la cuenca media de la Quebrada La Media.



Fuente: Autores del proyecto.

Figura 42.*Calea jamaicensis***Fuente:** Autores del proyecto.

Figura 43.

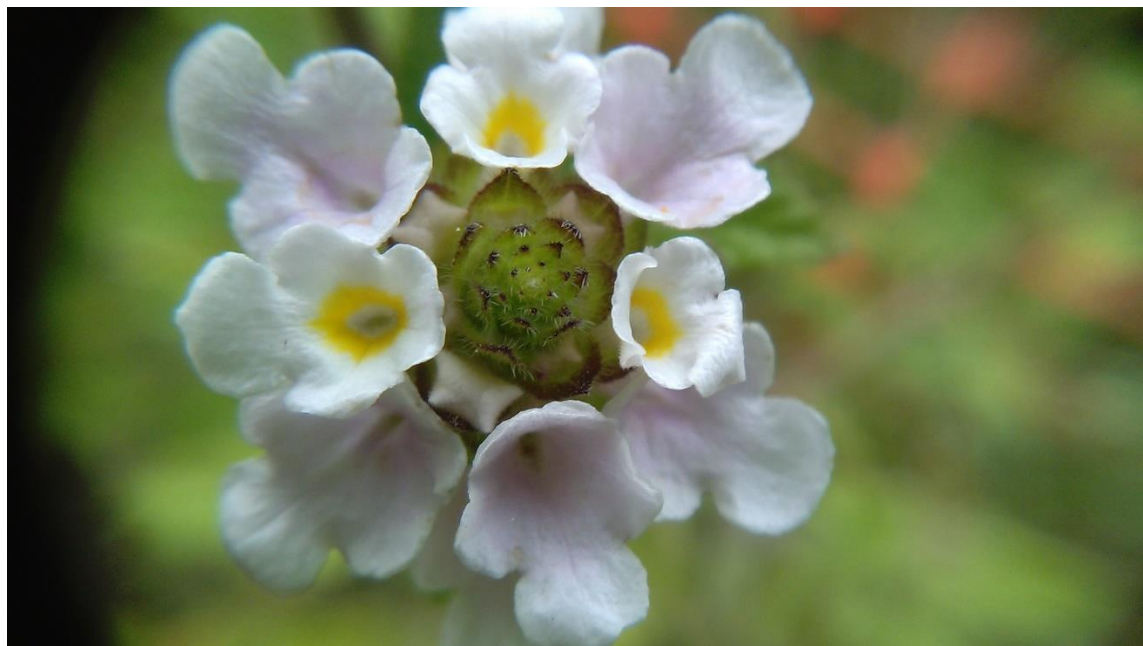
Crucianella sp.



Fuente: Autores del proyecto.

Figura 44.

Lantana trifolia (Maíz tostado)



Fuente: Autores del proyecto.

Figura 45.

Lantana camara (Uvita negra).



Fuente: Autores del proyecto.

Figura 46.

Mimosa púdica



Fuente: Autores del proyecto.