	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	i(270)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	BRAYHAN CAMILO AREVALO SANCHEZ CARLOS MARIO LUNA MELO
FACULTAD	DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA AMBIENTAL
DIRECTOR	M.Sc. JHON SALVADOR AREVALO BACCA
TÍTULO DE LA TESIS	PLAN DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA PARA EL BOSQUE SECO TROPICAL (Bs-T) EN EL ÁREA DEL PROYECTO JARDÍN BOTÁNICO JORGE ENRIQUE QUINTERO ARENAS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER. SECCIONAL OCAÑA, COLOMBIA.

RESUMEN

LA FINALIDAD DE ESTA INVESTIGACIÓN ES FACILITAR UN PLAN DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA PARA EL BOSQUE SECO EN EL ÁREA DESTINADA AL PROYECTO JARDÍN BOTÁNICO JORGE ENRIQUE QUINTERO ARENAS, PERTENECIENTE A LA U.F.P.S.O., EL CUAL SE PLANTEA OBJETIVOS Y METAS, PROPONE MECANISMOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y PROTOCOLOS PARA REALIZAR ACTIVIDADES DE MONITOREO.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 270	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 73	CD-ROM: 1
--------------	---------	-------------------	-----------



PLAN DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA PARA EL BOSQUE SECO TROPICAL (Bs-T)
EN EL ÁREA DEL PROYECTO JARDÍN BOTÁNICO JORGE ENRIQUE QUINTERO
ARENAS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER. SECCIONAL
OCAÑA, COLOMBIA.

Autores

BRAYHAN CAMILO AREVALO SANCHEZ

CARLOS MARIO LUNA MELO

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Ambiental

DIRECTOR:

JHON SALVADOR AREVALO BACCA

Ingeniero ambiental, M.Sc. en Ciencias y Tecnologías Ambientales

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERÍA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia

Julio de 2019

Índice

Resumen.....	xvi
Introducción	xvii
Capítulo 1. Plan de restauración ecológica para el bosque seco tropical (bs-T) en el área del proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas de la Universidad Francisco de Paula Santander. Seccional Ocaña, Colombia.	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general.	3
1.3.2 Objetivos específicos.	3
1.4 Justificación	4
1.5 Delimitaciones	9
1.5.1 Delimitación geográfica.....	9
1.5.2 Delimitación temporal.	10
1.5.3 Delimitación Conceptual..	10
1.5.4 Delimitación Operativa.....	11
Capítulo 2. Marco Referencial	12
2.1 Marco Histórico	12
2.1.1 La restauración ambiental a nivel mundial.	12
2.1.2 La restauración ambiental a nivel nacional.....	14
2.1.3 La restauración ambiental a nivel regional..	15
2.1.4 La restauración ambiental a nivel local..	15
2.2 Marco Contextual.....	15
2.3 Marco Conceptual.....	17
2.4 Marco Teórico.....	55
2.5 Marco Legal	65
2.5.1 Constitución política de Colombia 1991.....	65
2.5.2 La cumbre de la tierra.	66
2.5.3 Ley 2 de 1959.	66

2.5.4 Ley 23 de 1973.....	67
2.5.5 Ley 99 de 1993 (diciembre 22).....	68
2.5.6 Ley 299 del 26 de julio de 1996.....	68
2.5.7 Ley 388 de 1997. (Julio 18).	69
2.5.8 Ley 1333 de 2009. (julio 21).....	70
2.5.9 Decreto Ley 2811 de 1974.....	70
2.5.10 Resolución 2725 del 26 de diciembre 2017.....	72
2.5.11 Acuerdo 096 de 2017.....	72
Capítulo 3. Diseño Metodológico.....	73
3.1 Tipo de investigación.....	73
3.2 Población y muestra.....	73
3.2.1 Población.....	73
3.2.2 Muestra.	73
3.3 Metodología.....	73
Capítulo 4. Presentación de resultados.....	77
4.1 Identificación de la localización y límites del proyecto.....	77
4.1.1 Información base.....	77
4.1.2 Reconocimiento de las áreas priorizadas a restaurar.	78
4.2 Diagnostico socio-ambiental.....	83
4.2.1 Recopilación de información secundaria.	83
4.2.1.1 <i>Climática</i>	83
4.2.1.2 <i>Geológica y geomorfológica</i>	104
4.2.1.3 <i>Hidrológica</i>	105
4.2.1.4 <i>Edáfica</i>	106
4.2.1.5 <i>Social</i>	111
4.2.2 Caracterización social.	111
4.2.2.1 <i>Encuesta a campesinos</i>	112
4.2.2.2 <i>Entrevista a empleados y docentes</i>	120
4.2.2.3 <i>Encuesta a estudiantes</i>	121

4.2.3 Zonificación e identificación de zonas priorizadas para restaurar.....	129
4.2.3.1 Zonificación.....	129
4.2.3.2 Áreas priorizables a restaurar.....	131
4.2.4 Caracterización florística.....	138
4.2.4.1 Metodología.....	139
4.2.5 Caracterización edáfica e hidrológica.....	160
4.2.5.1 Caracterización edáfica.....	160
4.2.5.2 Caracterización hidrológica.....	171
4.3. Selección del tipo de ecosistema que será restaurado.....	176
4.3.1 Descripción del estado original del ecosistema degradado.....	176
4.3.2 Trayectoria ecológica.....	177
4.4 Descripción de los posibles factores de disturbio del proyecto.....	178
4.4.1 Factores tensionantes.....	178
4.4.1.1. Construcciones antrópicas.....	178
4.4.1.2. Tala.....	178
4.4.1.3. Uso de agroquímicos.....	179
4.4.1.4. Expansión de la frontera agrícola y ganadería extensiva.....	181
4.4.1.5. Incendios Forestales.....	182
4.4.1.6. Mala disposición de residuos sólidos.....	182
4.4.1.7. Proliferación de especies invasoras.....	182
4.4.2 Factores Limitantes.....	183
4.4.2.1. Condiciones deficientes en suelos.....	183
4.4.2.2. Estrés hídrico.....	183
4.4.2.3. Geomorfología inestable.....	184
4.4.2.4. Desinterés por parte de la comunidad estudiantil.....	184
4.4.3 Potenciadores de la restauración.....	184
4.4.3.1. Organización del proyecto jardín botánico.....	184
4.4.3.2. Vinculación de estudiantes y docentes.....	185
4.4.4 Regeneradores de la restauración.....	185
4.4.4.1. Presencia de fuentes hídricas.....	185
4.5. Actores locales.....	186

4.6. Objetivo y metas de restauración	187
4.6.1 Objetivo.....	187
4.6.2 Metas.....	187
4.6.2.1 <i>Corto plazo</i>	187
4.6.2.2 <i>Mediano plazo</i>	187
4.6.2.3 <i>Largo plazo</i>	187
4.7. Mecanismos de restauración ecológica.....	188
4.7.1. Programas.	188
4.7.2 Plan de trabajo.....	188
4.8. Programa de seguimiento y monitoreo a la restauración	194
4.8.1. Objetivo y metas.	194
4.8.1.1. <i>Objetivo</i>	194
4.8.1.2. <i>Metas a corto plazo (1 año)</i>	194
4.8.1.3. <i>Metas a mediano plazo (3-5 años)</i>	194
4.8.1.4. <i>Metas a largo plazo (> 6 años)</i>	195
4.8.2. Criterios, indicadores y cuantificadores.....	195
4.8.3. Métodos empleados para el monitoreo.	199
4.8.3.1. <i>Vegetación</i>	199
4.8.3.2. <i>Componente edáfico</i>	202
Capítulo 5. Conclusiones	205
Capítulo 6. Recomendaciones.....	207
Referencias.....	208
Apéndices.....	233

Lista de tabla

Tabla 1 Grado de recubrimiento arbóreo.....	27
Tabla 2 Resumen de las funciones del ecosistema	29
Tabla 3 Metas Temporales de la restauración	44
Tabla 4 Algunos indicadores socioeconómicos.....	48
Tabla 5 Algunos indicadores para medir la calidad edáfica	49
Tabla 6 Algunas estrategias de restauración relacionadas con los aspectos de regeneración natural del bosque seco tropical.....	60
Tabla 7 Familias con más de veinte especies registradas en el bosque seco tropical colombiano ...	62
Tabla 8 Géneros con más de 15 especies registradas en los bosques secos colombianos	63
Tabla 9 Ejemplo de diseño de monitoreo para bosque seco tropical.....	64
Tabla 10 Media anual de brillo solar	83
Tabla 11 Media mensual brillo solar	85
Tabla 12 Evaporación anual	86
Tabla 13 Promedio mensual de evaporación	87
Tabla 14 Humedad relativa anual	88
Tabla 15 Humedad relativa mensual	90
Tabla 16 Nubosidad anual	91
Tabla 17 Nubosidad mensual.....	92
Tabla 18 Punto de rocío anual	93
Tabla 19 Punto de rocío mensual.....	95
Tabla 20 Valores totales de precipitación anual	96
Tabla 21 precipitación media mensual	97
Tabla 22 Temperatura media anual	98
Tabla 23 Temperatura media mensual.....	100
Tabla 24 Cantidad de días de precipitación anual	101
Tabla 25 Cantidad de días de precipitación mensual.....	102
Tabla 26 Hidrología.....	106
Tabla 27 Años viviendo en la Vereda.....	112
Tabla 28 Actividades productivas	113
Tabla 29 Insumos utilizados	114
Tabla 30 Causas de perdida de vegetación	115
Tabla 31 Actividades que generan perdida de vegetación.....	116
Tabla 32 Plantación de arboles	117
Tabla 33 Conocimientos de cuerpos hídricos	117
Tabla 34 Importancia de cuidar los bosques y ríos.....	118
Tabla 35 Nivel de confianza y porcentaje de error	122
Tabla 36 Conocimiento del término jardín botánico	122
Tabla 37 Conocimiento de la existencia de un proyecto jardín botánico dentro de la universidad	123
Tabla 38 Realización de recorridos dentro del proyecto jardín botánico J.E.Q.A.....	124
Tabla 39 frecuencia de las visitas por el jardín.....	125
Tabla 40 Motivos de inasistencia al jardín	126
Tabla 41 Realización de proyectos dentro del jardín botánico	127
Tabla 42 Conocimiento de especies del jardín botánico.....	128
Tabla 43 Coberturas.....	131
Tabla 44 Unidades fractales.....	132
Tabla 45 Unidades fractales con prioridad para restaurar	138
Tabla 46 Hábitos de crecimiento por estrato.	141

Tabla 47 Hábitos de crecimiento por especies.....	141
Tabla 48 Rangos diametrales por estrato.....	145
Tabla 49 Rangos diametrales por especies.....	145
Tabla 50 Índice de valor de importancia (IVI).....	149
Tabla 51 Composición florística.....	153
Tabla 52 Índices de diversidad.....	156
Tabla 53 Análisis de suelo zona erosionada 1.....	160
Tabla 54 Análisis de suelo zona conservada 1.....	161
Tabla 55 Análisis de suelo zona erosionada 2.....	162
Tabla 56 Análisis de suelo Zona conservada 2.....	162
Tabla 57 Muestras edáficas.....	164
Tabla 58 Textura del suelo parte alta.....	166
Tabla 59 Textura del suelo parte alta.....	166
Tabla 60 Prueba de la doble anilla parte baja del proyecto jardín botánico.....	167
Tabla 61 Infiltración acumulada e instantánea.....	168
Tabla 62 Prueba de la doble anilla parte alta del proyecto jardín botánico.....	169
Tabla 63 Infiltración acumulada e instantánea.....	169
Tabla 64 Muestra hidrológica Q. Rampacho.....	171
Tabla 65 Muestra hidrológica quebrada 2.....	171
Tabla 66 Muestra hidrológica quebrada 3.....	172
Tabla 67 Medición de caudales.....	173
Tabla 68 Medición de caudales.....	175
Tabla 69 Factores tensionantes.....	183
Tabla 70 Actores locales.....	186
Tabla 71 Plan de trabajo.....	188
Tabla 72 Criterios, indicadores y cuantificadores.....	195

Lista de figuras

Figura 1. Delimitación geográfica del proyecto jardín. SIGOT (2012), PBOT Ocaña (2015), SIGA U.F.P.S.O. (2014)	9
Figura 2. Diagrama de perfil de las estructuras del bosque. Mostacedo & Fredericksen, 2000	24
Figura 3. Clasificación según posición de las copas. Mostacedo & Fredericksen, 2000.....	25
Figura 4. Estratos verticales del bosque. Alda (2015)	26
Figura 5. Posibles trayectorias ecológicas de un ecosistema. Barrera, et al, 2010	32
Figura 6. Posibles trayectorias luego de un disturbio. Fuente: Barrera, et al, 2010.....	33
Figura 7. Sucesión ecológica de un ecosistema terrestre. Vanegas, 2016	34
Figura 8. Ejemplo de sucesión primaria. Barrera, et al (2010)	35
Figura 9. Ejemplo sucesión secundaria. Barrera, et al (2010)	35
Figura 10. Modelo representativo de los posibles estados de restablecimiento o mejora de un ecosistema degradado. Barrera, et al (2010).....	39
Figura 11. Indicadores de la restauración ecológica. Fuente: Ramírez, Aguilar & Cabrera, 2015...	47
Figura 12. Fases de un proyecto de restauración. Flechas verdes: proceso en 5 etapas retroalimentadas a nivel regional; Flechas punteadas: proceso de monitoreo a la par de las 3 primeras etapas; Flechas rojas: posibilidades de financiación. MINAMBIENTE, 2015	50
Figura 13. Zonas de vida según Holdridge. Morales (2013)	52
Figura 14. Acciones restaurativas aplicadas a bosques. Vargas, et al, 2012	55
figura 15. Identificación de la localización y límites del proyecto. Luna y Arévalo, (2019)	78
Figura 16. Zonas de erosión grado de complicación 1	79
Figura 17. zona de erosión grado de complicación 2	80
Figura 18. zona de erosión grado de complicación 1 y 2.....	80
Figura 19. Zona de Pteridium aquinillum.....	81
Figura 20. Zona de conflictos	82
Figura 21. Media anual de brillo solar. Fuente: IDEAM (2018)	84
Figura 22. Promedio mensual Brillo solar (horas/día). Fuente: IDEAM (2018)	85
Figura 23. Evaporación anual. Fuente: IDEAM (2018)	87
Figura 24. Evaporación mensual. Fuente IDEAM	88
Figura 25. Humedad relativa anual. Fuente IDEAM.....	89
Figura 26. Humedad relativa mensual. Fuente: IDEAM (2018)	90
Figura 27. Nubosidad anual. fuente: IDEAM (2018)	92
Figura 28. Nubosidad mensual. Fuente: IDEAM (2018).....	93
Figura 29. Punto de rocío anual. Fuente: IDEAM (2018)	94
Figura 30. Punto de rocío mensual. Fuente: IDEAM (2018).....	95
Figura 31. Valores totales de precipitación anual. Fuente: IDEAM (2018)	97
Figura 32. Precipitación media mensual. Fuente: IDEAM (2018)	98
Figura 33. Temperatura media anual. Fuente: IDEAM (2018)	99
Figura 34. Temperatura media mensual. Fuente: IDEAM (2018).....	100
Figura 35. Cantidad de días de precipitación anual. Fuente; IDEAM (2018)	102
Figura 36. Cantidad de días de precipitación mensual. Fuente: IDEAM (2018).....	103
Figura 37. Unidades geológicas. Fuente: (Servicio Geológico Colombiano, 2015) Digitalización: Autores del proyecto.....	104
Figura 38. Fuentes hídricas proyecto jardín. Fuentes de datos: Oficina de estudios ambientales y agropecuarios del nororiente colombiano (2019), SIGA U.F.P.S.O. (2014), CORPONOR (2019). Ajuste del área del jardín y digitalización: Autores del proyecto.	105

Figura 39. Capacidad de uso de tierras. Nota. En este mapa se representa información sobre las características del recurso suelo, delimitándose dos tipos de clasificación en el área del jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas.....	107
Figura 40. Características edáficas. Fuente: IGAC (2006). Nota. El mapa representa las características edáficas del proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas.	109
Figura 41. Límite veredal. Fuentes de datos: CORPONOR (2019), SIGA U.F.P.S.O. (2014). Digitalización: Autores del proyecto.	111
Figura 42. Años viviendo en la vereda	112
Figura 43. Actividades productivas	113
Figura 44. Insumos utilizados.....	114
Figura 45 . Causas de pérdida de vegetación.....	115
Figura 46. Actividades generadoras de pérdida de vegetación.....	116
Figura 47. Plantación de árboles.....	117
Figura 48. Conocimiento de cuerpos hídricos	118
Figura 49. Importancia de cuidar los bosques y ríos.	119
Figura 50. Conocimiento del término jardín botánico	123
Figura 51 Conocimiento de la existencia de un proyecto jardín botánico dentro de la universidad	124
Figura 52. Realización de recorridos dentro del proyecto jardín botánico J.E.Q.A.	125
Figura 53. frecuencia de las visitas por el jardín	126
Figura 54. Motivos de inasistencia al jardín	127
Figura 55. Realización de proyectos dentro del jardín botánico.....	128
Figura 56. Conocimiento de especies del jardín botánico	129
Figura 57. Zonificación. Ráster tomados de: oficina de estudios ambientales y agropecuarios del nororiente colombiano asuntos (2019). Digitalización: Autores del proyecto	130
Figura 58. Unidades fractales. Ráster tomados de: Oficina de estudios ambientales y agropecuarios del nororiente colombiano (2019). Digitalización: Autores del proyecto	132
Figura 59. Aplicación móvil de ubicación.....	139
Figura 60. etiquetado	140
Figura 61. Hábitos de crecimiento.....	144
Figura 62. Rangos diametrales	148
Figura 63. Índice de valor de importancia	153
Figura 64. Muestras edáficas	164
Figura 65. Prueba de sedimentación	165
Figura 66. Triangulo de texturas.....	166
Figura 67. Infiltración acumulada.....	168
Figura 68. Infiltración acumulada.....	170
Figura 69. Coeficiente de permeabilidad (cm/s) Fuente: (Angelone & Torres, 2014)	170
Figura 70. Comportamiento del caudal.....	174
Figura 71. Comportamiento del caudal.....	175
Figura 72. Trayectoria ecológica	177
Figura 73. Agroquímicos en la quebrada Rampacho.....	181

Lista de apéndice

Apéndice A. Formatos de reconocimiento de áreas priorizadas.....	233
Apéndice B. Encuesta realizada a campesinos.	238
Apéndice C. Entrevista realizada a docentes y administrativos	240
Apéndice D. Encuesta realizada a estudiantes.....	241
Apéndice E. Arreglos florísticos.....	243
Apéndice F. Programas.....	246
Apéndice G. Presupuesto general	251

Agradecimientos

A Dios por ser nuestra fuerza y guía.

*A nuestros padres y familiares los cuales nos brindaron apoyo y estuvieron con nosotros
en cada etapa de este proyecto.*

*A los estudiantes de restauración ecológica, pilares importantes en la ejecución de este
proyecto, los cuales estuvieron presentes en la recolección de datos y sirvieron de apoyo en el
desarrollo de actividades.*

*Al profesor Jhon Arévalo quien en su dirección nos acompañó y brindó el conocimiento
necesario para el desarrollo del plan.*

*A cada una de las instituciones como Corponor, SGC, IDEAM, Lab. Suelos Cúcuta
quienes nos brindaron información pertinente y estuvieron prestos a nuestra solicitud.*

Dedicatoria

Queremos dedicar este trabajo de grado a nuestras familias quienes siempre estuvieron presentes y nunca nos dejaron solos, nuestros padres, tíos, hermanos y novias quienes fueron fuerza para terminar este trabajo, al proyecto jardín botánico quien nos abrió las puertas para desarrollar esta tarea ardua como lo es la formulación del plan y especialmente al alma mater quien con su docencia nos aportó los conocimientos necesarios para el desarrollo de este plan sin ellos no fuera posible la formulación del plan de restauración ecológica.

Esperamos este trabajo sea un aporte para el futuro jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas, y que según lo previsto pueda establecerse como uno de los jardines reconocidos por jardines botánicos de Colombia.

Resumen

La finalidad de esta investigación es facilitar un plan de restauración ecológica para el bosque seco en el área destinada al proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas, perteneciente a la U.F.P.S.O., el cual se plantea objetivos y metas, propone mecanismos de restauración ecológica y protocolos para realizar actividades de monitoreo. Basado en los lineamientos planteados por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible y apoyo bibliográfico, se inicia con la identificación de los límites del proyecto con ayuda de visitas en campo e información secundaria. Se recopila información secundaria del área, (geomorfología, climática, edáfica, hidrológica, social) a través de fuentes locales y nacionales, se realiza una zonificación por coberturas, para posterior evaluación del potencial de restauración y conservación del área, se cuadricula el área en unidades fractales, se identifican sistemas de referencia, y zonas priorizables para restaurar. Se construye una línea base socioambiental a través de caracterizaciones florísticas, edáficas e hidrológicas. Finalmente, con la información recogida se plantea el objetivo y las metas a corto, mediano y largo plazo, se diseña un protocolo con diferentes estrategias contenidas en programas, incluyendo la formulación del programa de monitoreo con el fin de evaluar los procesos a ejecutar.

Introducción

El bosque seco tropical en Colombia (bs-T) es un ecosistema que se encuentra gravemente amenazado; son muchas las razones las que han llevado a que este ecosistema se esté perdiendo, una de ellas es el alto grado de fragmentación que el mismo posee; sumado a la escasa representatividad en el sistema de áreas protegidas y el bajo desinterés por parte de la comunidad científica; todas estas variables han hecho que el mismo se haya arrojado al olvido en nuestro país; y hoy se encuentre en estado de amenaza (Arcila, Valderrama, & Chacón, 2012).

A la fecha lamentablemente lo que se conoce del bs-T es deficiente, careciendo de estudios, que aseguren su conservación, lo que ocasiona un déficit de planes de restauración ecológica en muchas regiones o con falencias en los mismos en otras (Ruiz & Fandiño, 2007).

Dentro de la universidad se encuentra un proyecto para la creación de un jardín botánico que se incluya en la lista de jardines botánicos de Colombia, área ocupada por una porción remanente de bosque seco tropical con características altas de preservación, y presencia de material genético local. En algunas zonas es evidente la dominancia de especies exóticas invasoras como el *pteridium aquillinum* y el *arundo donax*, y algunos parches en los que se desarrollan procesos erosivos.

Para el proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas de la universidad es importante contar con un plan de restauración ecológica que fomente la conservación de los

sitios con mejores condiciones ecológicas y garantice la recuperación de áreas degradadas; todo esto gracias a la participación comunitaria como eje transversal.

La presente investigación pretende formular un plan de restauración ecológica para el área de bosque seco tropical perteneciente al proyecto jardín botánico J.E.Q.A. que contemple protocolos de restauración ecológica acordes a las condiciones del área, y tendientes como primera medida a la recuperación de áreas degradadas.

Siguiendo los lineamientos planteados por M.A.D.S. se efectuó una zonificación por coberturas mediante la implementación de la metodología Corine Land Cover, se evaluaron las áreas degradadas y conservadas, para su posterior división por zonas, todo con el fin de identificar sitios prioritarios para la restauración y establecer sistemas de referencia con atributos similares al área original.

El resultado concluyó con la priorización de 6 zonas con presencia de procesos erosivos y especies invasoras, se construyó una línea base sociambiental y se desarrollaron protocolos de restauración mediante la implementación de programas conformes a las necesidades del sitio. El plan concluye con la formulación de un programa de monitoreo que contempla indicadores, cuantificadores y métodos para evaluar el éxito de la futura ejecución.

Capítulo 1. Plan de restauración ecológica para el bosque seco tropical (bs-T) en el área del proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas de la Universidad Francisco de Paula Santander. Seccional Ocaña, Colombia.

1.1 Planteamiento del problema

El bosque seco tropical en Colombia (bs-T) es un ecosistema que se encuentra gravemente amenazado; son muchas las razones las que han llevado a que este ecosistema se esté perdiendo, una de ellas es el alto grado de fragmentación que el mismo posee; sumado a la escasa representatividad en el sistema de áreas protegidas y el bajo desinterés por parte de la comunidad científica; todas estas variables han hecho que el mismo se haya arrojado al olvido en nuestro país; y hoy se encuentre en estado de amenaza (Arcila, Valderrama, & Chacón, 2012).

La reducción del bosque seco tropical (bs-T) en Colombia ha sido tan marcada que pasó de tener 80000 km² a 1200 km², circunstancia motivada por la fertilidad de sus suelos, donde la población es seducida a establecerse en estos biomas para desarrollar sus actividades económicas, en este orden de ideas se genera el deterioro y la transformación del ecosistema; es por esto que una de las causas por la cual el bosque seco tropical se encuentra amenazado es la agricultura, pudiéndose considerar que estadísticamente es uno de los tres ecosistemas más fragmentados en Colombia, (Echeverry & Rodriguez, 2006).

Es de resaltar que el bs-T, es un ecosistema que lleva consigo una característica especial, el estrés hídrico, que se presenta por una época de sequía alargada o precipitaciones escasas, lo que

podría sumarse al problema y agravar su condición de vulnerabilidad frente a los factores externos; aparte de esto al bs-T no se le ha dado la importancia científica y de conservación como a otros tipos de bosque (Ruiz & Fandiño, 2009); por estas razones en la actualidad el bs-T se encuentra muy afectado; una de las principales problemáticas es la pérdida de cobertura vegetal que ha ocasionado la fragmentación, hasta tal punto de encontrarse en estado de relictuosidad, lo que significa que su fragmentación ha llegado a cifras superiores al 90% perjudicando tanto a las especies de fauna y flora presentes, como, su distribución en el territorio nacional, esta situación es tan preocupante y ha llegado a tal punto que la pérdida continua y persistente de su diversidad ha fomentado la situación de amenaza en Colombia (Pizano & García, 2014).

A la fecha lamentablemente lo que se conoce del bs-T es deficiente, careciendo de estudios, que aseguren su conservación, lo que ocasiona un déficit de planes de restauración ecológica en muchas regiones o con falencias en los mismos en otras (Ruiz & Fandiño, 2007).

El area del proyecto “jardin botanico Jorge Enique Quintero Arenas” situado en la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña (U.F.P.S.O.), se encuentra en una porcion remanente de bs-T; en condiciones naturales e intervenidas; sin ningún mecanismo bajo parámetros propuestos a nivel nacional, por instituciones que regulan el estado de conservación acorde a los espacios biogeograficos y a las transformaciones climaticas de la región que permita mantener los rasgos ecológicos y aumentar el valor de preservación a las especies existentes en el área de estudio.

1.2 Formulación del problema

¿Cuáles mecanismos de restauración ecológica se podrían incluir en un protocolo de restauración que permitan preservar y/o devolverle los atributos originales al bosque seco tropical donde se encuentra el proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas de la Universidad Francisco de Paula Santander, seccional Ocaña a partir de las necesidades del área existente con el fin de garantizar su conservación?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Formular un plan para la restauración ecológica, que incluya mecanismos de restauración ecológica apropiados para devolverle los atributos originales al área de bosque seco ubicada en el proyecto Jardín Botánico Jorge Enrique Quintero Arenas de la U.F.P.S.O. Colombia.

1.3.2 Objetivos específicos. Realizar un diagnóstico situacional ambiental que permita reconocer el potencial biótico, físico y social del área de influencia directa.

Proponer mecanismos de restauración ecológica a partir de las necesidades del bosque seco tropical presente en el área del proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas.

Establecer parámetros de monitoreo que permitan evaluar el rendimiento del protocolo de restauración ecológica propuesto.

1.4 Justificación

Los ecosistemas en Colombia se encuentran realmente amenazados; y es nuestro deber recuperarlos, debido a que en gran medida nuestro bienestar depende de los mismos; los ecosistemas brindan importantes servicios entre los que se destacan servicios de provisión, de bienes, de regulación, culturales, paisajísticos, entre otros, los cuales modulan las condiciones en las cuales vivimos y realizamos nuestras actividades productivas (Balvanera & Cotler, 2009).

Un ecosistema puede proveer beneficios potenciales asociadas a sus funciones ecológicas, concretadas en servicios reales, una vez estos son disfrutados por la comunidad, por ejemplo un ecosistema puede aportar provisiones a una sociedad, como la adquisición de alimentos, de agua, de madera, de fibras, entre otros (servicios de provisión) o pueden servir de apoyo para regular procesos naturales y con ello mejorar las condiciones socioambientales de la región en donde se provee el servicio; un ejemplo de esto podría darse en la regulación del ciclo hidrológico que realizan las plantas en un determinado lugar, logrando por un lado evitar desastres como desbordamiento de ríos, avalanchas o deslizamientos y por otro lado contribuir a la disminución de la contaminación de las cuencas y con ello mejorar el recurso (servicios de regulación) (Corredor, Fonseca, & Páez, 2012).

Además no sólo, los ecosistemas son importantes por los servicios sociales que prestan a las comunidades, si no que una vez estos servicios ecosistémicos son aprovechados, contribuyen al desarrollo sostenible de las regiones, incluyendo al sector económico; por ejemplo, los ecosistemas naturales son la fuente de muchos medicamentos vitales, proporcionan sumideros

para nuestros residuos, incluido el carbono, proveen de insumos alimentarios, textiles y de diversas materias primas necesarias para la producción, como es el caso de la madera o el agua, y regulan procesos naturales que impactan positivamente en la calidad de los recursos naturales existentes y con ello la calidad de vida de la sociedad aumenta ofreciendo servicios culturales recreativos y educativos; entre muchos otros aportes que contribuyen al desarrollo sostenible de una región. Como ejemplos prácticos podríamos decir que muchos de los utensilios o herramientas que utilizamos en la actualidad dependen directamente de los ecosistemas, ya sea a partir de la extracción directa (miel) o producto de procesos que utilizan materias primas naturales (papel, caucho, etc.) los cuales son generadas a partir del producto de las interacciones entre los organismos que viven en un ecosistema; como dato curioso podríamos mencionar que de todos los medicamentos contra el cáncer que disponemos en la actualidad, el 42 % son naturales y el 34 % seminaturales, medicamentos que son obtenidos de ecosistemas, de los cuales algunos se encuentra en grave peligro de desaparecer (Sukhdev, 2008; Balvanera, 2012; Camacho & Ruiz, 2012).

Si nos enfocamos específicamente en el Bosque seco tropical (bs-T) este provee diversos servicios, muchos de estos motivados por la alta, especial y exclusiva biodiversidad presente, tanto de plantas como de animales que se han adaptado a condiciones de estrés hídrico, por lo cual es característico altos niveles de endemismo. Esto indica que posee especies que no se dan en ningún otro tipo de ecosistema. Por ejemplo, la vegetación del bosque seco tropical se caracteriza por estar adaptada al déficit de agua con estrategias como la pérdida de hojas durante la época de sequía. (Pizano, y otros, 2018) Dicha estrategia a la cual se ha adaptado este ecosistema ha permitido que los suelos presentes en el mismo sean muy fértiles lo cual es un

arma de doble filo pues los hace atractivos para la agricultura, una de sus principales tensionantes.

Según estudios realizados por el ministerio de ambiente en compañía del instituto Alexander Von Humboldt los bs-T en Colombia tienen casi 2600 especies de plantas de las cuales 83 son endémicas, 230 especies de aves de las cuales 33 son endémicas, y 60 especies de mamíferos de los cuales 3 son endémicos. El bs-T presta además servicios fundamentales para las comunidades como la regulación hídrica, la retención de suelos, la captura de carbono que regula el clima y la disponibilidad de agua y nutrientes; por otro lado los bs-T son importantes suministros de especies de leguminosas forrajeras, ornamentales y frutales importantes para el sustento y el bienestar de los pobladores aledaños a ellos, y cuando se establecen sistemas agrícolas, estos bosques secos brindan la posibilidad de mantener especies de insectos que ayudan en el control de plagas y vectores de enfermedades. (Pizano, et al, 2018; Instituto Alexander von Humbolt IAvH, 1998).

Resulta importante saber que el bs-T es de vital importancia para mantener y conservar muchas poblaciones de aves tanto locales como migratorias transcontinentales en el neotrópico; y esto se debe al alto endemismo de especies; el cual es mucho mayor en el bosque seco que en el bosque lluvioso (Kricher, 2010).

Este es un ecosistema interesante debido a las características únicas que posee, a pesar de esto existen pocos estudios acerca de él, no sé sabe a ciencia cierta cuanto se ha perdido de su biota y no existen estudios sobre procesos que permitan su conservación. Además, resulta

interesante conocer que en muchos de los lugares en donde se encuentra presente se han establecido pastos y cultivos; ocasionando pérdidas considerables de su biodiversidad, de sus coberturas y de las características que permiten su funcionamiento; pero lamentablemente sin estudios no se pueden tomar las medidas pertinentes (Tamayo & Cruz, 2015; IAvH, 1998).

El bs-T tiene una alta relevancia para Colombia, debido a que es una de las zonas de mayor importancia ecológica en nuestro país no sólo por las condiciones en que se desarrolla que motivan sus características particulares o por los beneficios socioambientales que brindan sino además por ser uno de los más amenazados en el territorio nacional, de ahí que el ministerio de ambiente lo haya declarado como un ecosistema estratégico para la conservación motivando a que el Instituto Alexander Von Humboldt se interese en estudiarlo y conservarlo (Pizano, y otros, 2018; Zuluaga, 2016; Pennigton, Lavin, & Oliveira, 2009).

Partiendo del hecho que nuestro país cuenta con una amplia diversidad ecosistémica; se hace necesario ampliar la base del conocimiento científico de aquellos ecosistemas que se encuentran en mayor situación de amenaza, como lo es el bs-T; abriéndose la necesidad; de aumentar las actividades de preservación y restauración en las porciones remanentes de bosque seco, ya que en algunos casos la información científica que se posee del mismo es escasa o prácticamente nula (Arcila, Valderrama, & Chacón, 2012).

De alguna manera la degradación o transformación de los ecosistemas está motivada por problemas sociales, económicos y políticos, y estos son reflejados, en la pérdida continua de especies y hábitats en el mundo; especialmente de los más olvidados y por otro lado también se

puede inferir que la restauración ecológica es una disciplina que integra una diversidad de aspectos; entre los que se encuentran aspectos biológicos, sociales, económicos y políticos (Clewell & Aronson, 2013) citado por (Murcia, Guariguata, & Montes, 2015); por lo que planes y programas que se establezcan para la recuperación de un determinado sitio también repercutirán en el desarrollo sostenible de la región en el que este se encuentre.

Además, como aporte al desarrollo se infiere que las comunidades presentes en donde se establecen programas de restauración ecológica se responsabilizan más con su entorno a través del acercamiento en programas de monitoreo comunitario; contribuyendo a que diversos actores locales desarrollen un sentido de pertenencia con su región. (Evans & Guariguata, 2008)

El jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas (J.E.Q.A.) perteneciente a las instalaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander (U.F.P.S.O.), cuenta con una porción remanente de bs-T, y por la importancia ecológica que presenta este ecosistema, se hace necesario y pertinente formular un plan de restauración ecológica bajo directrices metodológicas tendientes a mantener y/o devolverles los atributos originales, para que preste los servicios ecosistémicos bajo los lineamientos y parámetros propuestos en “el plan nacional de restauración ecológica” Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MINAMBIENTE, 2015).

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación geográfica. El estudio se desarrolló en la zona rural del municipio de Ocaña, Norte de Santander, más específicamente en el remanente de BST presente en el área del proyecto “jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas” inmerso en las instalaciones de la U.F.P.S.O. Ver figura 1

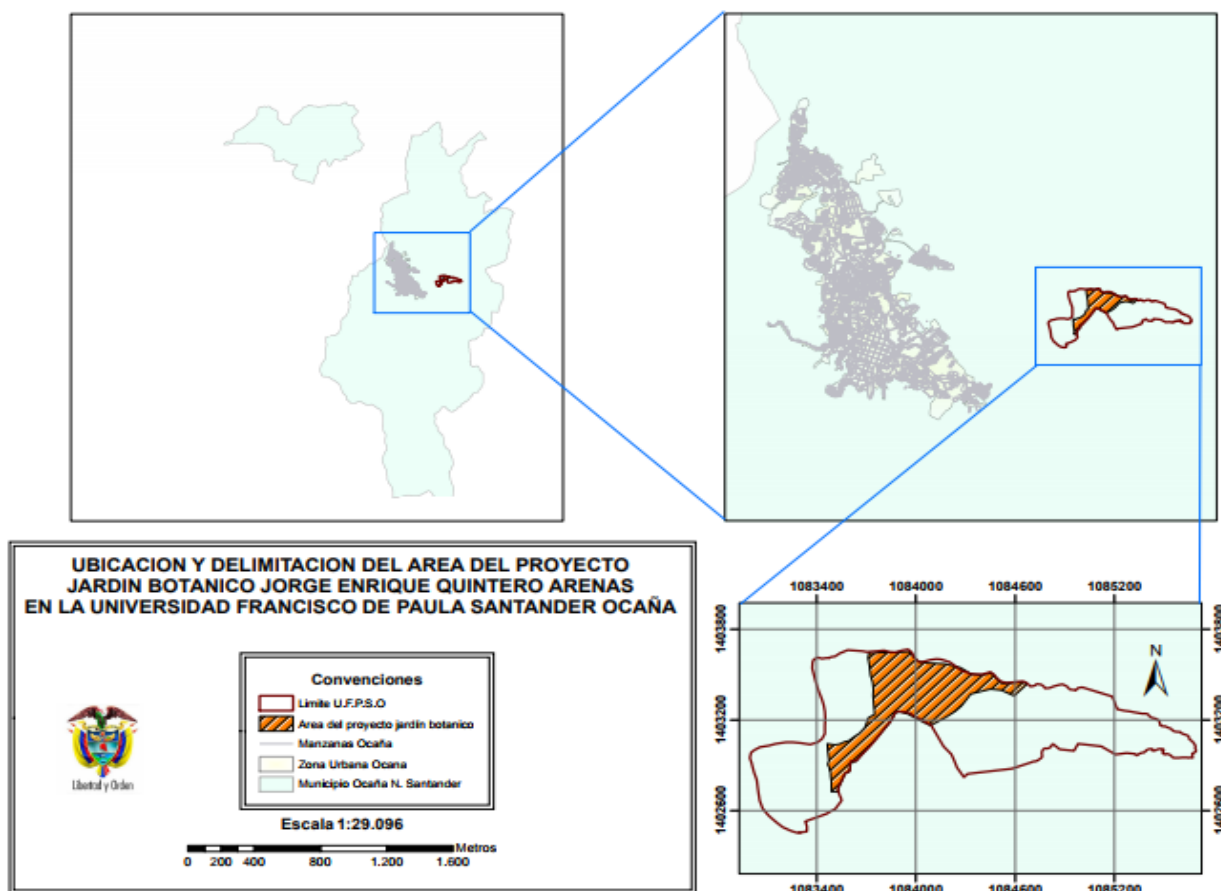


Figura 1. Delimitación geográfica del proyecto jardín. SIGOT (2012), PBOT Ocaña (2015), SIGA U.F.P.S.O. (2014)

1.5.2 Delimitación temporal. La investigación se ejecutó en un plazo de 6 meses contados a partir del diagnóstico situacional ambiental.

1.5.3 Delimitación Conceptual. El bs-T es considerado uno de los ecosistemas más amenazados en el mundo, sin embargo, es también uno de los menos estudiados. Colombia es un país privilegiado para estudiar el bs-T, ya que en nuestro país este ecosistema existe en seis regiones biogeográficas diferentes: el valle del río Patía, el valle del río Cauca, el alto y medio valle de río Magdalena, Santander, Norte de Santander, la costa Caribe y la Orinoquía. Adicionalmente resulta atrayente el hecho de que a pesar de que comparte características similares como una fuerte estacionalidad de lluvias, en cada región los suelos y la estacionalidad climática varían, y como consecuencia su composición vegetal, animal, fungal y microbiana. (Pizano & García, 2014); Ocaña es una de las regiones que tiene el privilegio de contar con este ecosistema el cual brinda importantes servicios sociambientales; a pesar de esto cada día sus coberturas se pierden a un ritmo más acelerado producto de diversos factores generalmente antrópicos como la expansión de la frontera agrícola. La U.F.P.S.O. cuenta dentro de sus instalaciones con un remanente de bs-T en donde se han hecho esfuerzos para tratar de conservar este ecosistema, tanto así que en el año 2017 se decide realizar el proceso de conformación del proyecto “jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas” (Acuerdo 096 de 2017), lamentablemente a la fecha no se cuenta con un plan de restauración ecológica para las zonas degradadas con el fin de recuperarlas, el cual es definido por (Hobbs y Harris, 2001) como una estrategia de carácter interdisciplinario, en la cual se articula el conocimiento científico para dar respuestas a procesos de gestión y manejo de los ecosistemas, ante las necesidades de restablecer los ecosistemas degradados y prevenir futuros daños, por su parte (Apfelbaum y Chapman, 1997) lo plantean como una estrategia práctica de manejo que restablece los procesos ecológicos para

mantener la composición, estructura y función del ecosistema en diferentes unidades de paisaje y a distintas escalas, mediante el desarrollo de estrategias participativas y (Zedler, 2005) nos habla de que algunos autores lo ven como el proceso de cambiar la trayectoria de un ecosistema de una condición degradada a una condición natural similar a la original.

1.5.4 Delimitación Operativa. Los investigadores del proyecto son los estudiantes Carlos Mario Luna Melo y Brayhan Camilo Arévalo Sánchez. La investigación es guiada por el M. Sc. Jhon Salvador Arévalo Baca docente de la (U.F.P.S.O.). El proyecto tiene la función de formular el plan de restauración para el área del proyecto “Jardín Botánico Jorge Enrique Quintero Arenas” ubicado en las instalaciones de la U.F.P.S.O.; siguiendo los lineamientos planteados en el plan de restauración nacional para bs-T. Inicialmente se realizó el diagnóstico situacional ambiental con el fin de reconocer el potencial biótico, físico y social del área de influencia directa; se tiene como base información primaria y secundaria; posteriormente se propusieron mecanismos de restauración ecológica a partir de las necesidades del bs-T en el área de estudio; enfocadas a aquellas zonas degradadas; identificadas en la fase anterior; posteriormente se plantearon metas y objetivos a corto, mediano y largo plazo para cada área; y finalmente se establecieron parámetros de monitoreo a corto, mediano y largo plazo con el fin de evaluar el protocolo propuesto.

Capítulo 2. Marco Referencial

2.1 Marco Histórico

2.1.1 La restauración ambiental a nivel mundial. La forma en la que el mundo veía el medio ambiente cambió debido a que finalizando el siglo XIX, nacieron los primeros intentos de acuerdos internacionales. Dentro de los más emblemáticos se encuentra el acuerdo 1885 que prohibía la pesca de focas, también se adhiere más adelante el acuerdo 1933 de conservación de fauna y flora de África, mientras que en el año 1952 empieza a surgir el tema de protección de plantas, (IPPC), (Cariño y Monteforte, 2008).

Todas estas reglamentaciones han permitido que el hombre se preocupe un poco más y por ende decida tomar medidas y hacer estudios donde se permiten tomar experiencias como referencia para la conservación de ecosistemas en diferentes partes del mundo como se van a apreciar a continuación.

En México la agricultura tradicional y el crecimiento poblacional trajo consigo la fragmentación de los bosques de las montañas, con el fin de recuperar los servicios y productos ambientales, se realizaron técnicas de restauración en Chiapas donde la fragmentación que empobrece florísticamente la zona se había venido acelerando; para contrarrestar esta situación se estimularon los procesos de sucesión secundaria, partiendo de que se había notado que en los campos agrícolas que ya fueron abandonados había presencia de *Baccharis vaccinioides*; la cual domina y daba paso de nodriza a las plántulas de *Quercus*spp y *Pinus* que posteriormente se

convertirían en el bosque de dosel de los bosques maduros permitiendo que la restauración fuera eficiente, (Gonzales et al, 2007; Walker, 2005).

Otro estudio sobre restauración ambiental se centró en la península ibérica, donde la degradación y la explotación generaron que los bosques no se pudieran regenerar por sí mismos debido a la cantidad de suelos perdidos e incendios constantes que generaron pérdidas de las especies del lugar opacando la capacidad de resistir, es por eso que se optó por reintroducir especies autóctonas y asistirles para que la sucesión progresara, a pesar que la vegetación arbustiva habitualmente se considera competencia para especies sembradas, se descubre que la cercanía entre plantas puede ser benéfica en sitios sometidos por estrés ambiental, debido a que aumenta la humedad del suelo y disminuye la radiación en verano, (Zavala et al, 2008; Vargas R. , 2011).

La fragmentación es otro problema que afecta gravemente los bosques en este caso la selva tropical, donde se viene generando un efecto borde que da como resultado un cambio en la estructura y la composición del bosque, se dice que los 50 metros que se encuentran primero son los afectados por dicho efecto generando micrositios nuevos, estos nuevos sitios son especiales para especies que toleran la sombra y que tiene un tipo de sucesión lenta que ayudan a repoblar los fragmentos del bosque y unirlos para que aumente la diversidad biológica, es de importancia trabajar con el material biológico del ecosistema, los bancos de semillas, establecimiento de plántulas, el aporte hídrico de las zonas y el material edáfico para recuperar el hábitat degradado, (Peña Becerril, Monroy Ata, Álvarez Sánchez, & Orozco Almanza, 2005).

2.1.2 La restauración ambiental a nivel nacional. En el caso de Colombia la temática de restauración ambiental empieza a tomar fuerza en 1998 con el plan estratégico para la restauración ecológica y el establecimiento de bosques en Colombia, el plan verde bosque para la paz, cuyos objetivos eran recuperar los ecosistemas del territorio nacional, a través de diversas estrategias como la reforestación. (Murcia & Guariguata, 2014).

Según Vargas (2011) se deben priorizar en las estrategias de restauración, los factores naturales y sociales teniendo en cuenta metodologías y experiencias utilizadas en el mundo y que hayan generado resultados exitosos.

En la reserva forestal de Cogua se fragmentó el ecosistema debido a actividades agropecuarias. Para dar solución a dicha afectación se desarrolló un proyecto de restauración. Se zonificaron las zonas de borde tomando parches de bosque con tamaños superiores a 5000 m², posterior caracterización y recopilación del historial de disturbio. Como resultado se identificaron zonas de difícil acceso, de protección y los puntos estratégicos. Adicionalmente se determinó que en la zona se estaba propagando una especie conocida como el chusque, la cual afectó directamente a las demás especies del bosque ya que no permitía el progreso de la sucesión en las áreas donde este individuo se establecía, (Montenegro y Vargas Ríos, 2008; Nebel y Porcile, 2006).

El bosque seco tropical (bs-T), se ha tratado de conservar debido a que es uno de los más degradados en nuestro país, no obstante, los intentos que se han hecho por restaurarlo han sido insuficientes comparados con la disminución generada. En La pintada departamento de

Antioquia, se evaluó la estructura diamétrica y la composición florística, en parcelas de 0.05 ha, encontrándose 694 árboles de 33 especies, permitiendo evidenciar que el proceso cumplió el objetivo (Yepes y Villa, 2010).

2.1.3 La restauración ambiental a nivel regional. En el cerro tasajero en Cúcuta, se realizó un estudio donde se midió la composición y estructura florística, utilizando el método propuesto por Gentry, se tomaron individuos con DAP mayor o igual a 1 y 2,5 centímetros. Encontrándose 79 especies, 34 familias y 57 géneros, representadas por las familias *fabaceae*, seguida de la *Myrtaceae*, *Euphorbiaceae* y *Rubiaceae*, siendo las especies de porte arbustivo las más dominantes a nivel estructural. (Carrillo Fajardo, Rivera Díaz, & Sánchez Montaña, 2007).

2.1.4 La restauración ambiental a nivel local. El IDEAM desarrolló un protocolo para la determinación de las zonas con riesgo de incendio, que posteriormente fue utilizado como referencia para que Galvis pudiera determinar las zonas de riesgo en el bs-T encontradas dentro del área de Ocaña norte de Santander, este proyecto consistió en combinar la información del IDEAM y las tecnologías de la información geográfica, transpolando coberturas con pendientes, con el fin de encontrar áreas susceptibles (Herrera, 2016).

2.2 Marco Contextual

Dentro de las instalaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña se encuentra un fragmento de bosque seco tropical en condiciones favorables para la conservación, (Santiago & Lazaro, 2018).

En la zona se encuentra material vegetal nativo y un alto grado de preservación, lamentablemente debido a sus condiciones limitantes como su marcada estacionalidad de lluvias y condiciones geomorfológicas inestables han generado que dentro del mismo se encuentren ecotonos con parches erosivos y con presencia de especies invasoras motivo que ha hecho que el ecosistema pierda atributos importantes del ecosistema original, situación que se ha venido agravando con la presencia de tensionantes como la tala y la ganadería extensiva estableciéndose un régimen de disturbio con intensidad moderada aspecto que resulta preocupante debido a que dicho ecosistema se encuentra en proceso de convertirse en jardín botánico, (Quintero, 2019).

Las directivas de la Universidad han estado preocupadas por esta situación y han ahondado con esfuerzo para recuperar estas áreas con problema de degradación, hechos que resultan interesantes para la restauración ecológica pues al encontrarse un proyecto de jardín botánico se deben garantizar las condiciones ecológicas y los servicios ecosistémicos perdidos, (Hernández, 2019).

Actualmente el área conformada por una extensión de 33 hectáreas se encuentra bajo la coordinación de un grupo interdisciplinario los cuales apoyados de procesos investigativos con los estudiantes han podido recuperar ciertas áreas con procesos erosivos de diferentes grados de complicación, (Amaya, 2019).

2.3 Marco Conceptual

¿Qué es un ecosistema? Un ecosistema es definido como cualquier área, en la que se presentan relaciones o asociaciones muy cercanas entre sus componentes físicos ó abióticos y sus componenetes biológicos ó bióticos (vegetación, fauna y hongos). Este se encuentra compuesto por organismos productores (plantas), consumidores (fauna) y descomponedores (fauna, hongos, bacterias), a través de los cuales fluye y se almacena la energía, manteniendo un equilibrio dentro del ecosistema (Barrera, Contreras, Garzón, y Moreno, 2010; Vargas, 2007).

Lamentablemente existen circunstancias a través de las cuales un ecosistema puede ser perturbado y/o alterado, trayendo con sigo restricciones que pueden limitar su normal funcionamiento, dentro de las posibles restricciones que puede presentar un ecosistema se encuentran: daño, degradación y destrucción.

¿Cuándo se ha dañado un ecosistema? “Cuando uno o varios de sus elementos primordiales han desaparecido”. (Barrera, et al, 2010, p. 13)

¿Cuándo se ha degradado un ecosistema? “Cuando los disturbios son tan graves que no permiten la regeneración natural, sufriendo desviaciones en su trayectoria ecológica original (Barrera, et al, 2010, p. 13)

¿Cuándo se ha destruido un ecosistema? “Cuando se toma un rumbo muy diferente al que tenía inicialmente, generando pérdidas completas de todos sus atributos ecosistémicos. (Barrera, et al, 2010, p. 13)

Lo que se pretende evitar es que el ecosistema quede completamente destruido, por lo cual existen alternativas para recuperar aquellos ecosistemas que se encuentran en condiciones adversas producidas por causantes naturales o antrópicas, como principal alternativa para recuperar este tipo de ecosistemas se encuentra la restauración ecológica.

La Restauración Ecológica. Hobbs & Harris (2001) definen a la restauración ecológica como la parte esencial de la conservación biológica en la cual se articula el conocimiento científico interdisciplinar para dar respuestas a procesos de gestión y manejo de los ecosistemas, ante las necesidades de restablecer los ecosistemas degradados y prevenir futuros daños; por su parte Apfelbaum & Chapman (1997) citado por MINAMBIENTE (2015) lo plantean como “una estrategia práctica de manejo que restablece los procesos ecológicos para mantener la composición, estructura y función del ecosistema en diferentes unidades de paisaje y a distintas escalas, mediante el desarrollo de estrategias participativas” p. 15 y Zedler (2001) nos habla de que algunos autores lo ven como el proceso de cambiar la trayectoria de un ecosistema de una condición degradada a una condición natural similar a la original.

A manera concluyente resultaría pragmático y conveniente definir la restauración ecológica como el medio por el cual se revierten las condiciones iniciales de un sitio con el fin de recuperarlo, pero su base es más amplia y profunda. Society Ecological Restoration Internacional

SER, (2004) nos habla que la misma resulta indispensable para la sociedad pues recupera la salud, la integridad y la sostenibilidad de aquellos ecosistemas degradados, dañados, transformados o completamente destruidos producto de acciones antrópicas a los cuales se les había destinado al olvido, y que si no fuera por esta práctica estarían perdidos; ecosistemas que resultan importantes para la humanidad.

Tipos de restauración. Existen 2 tipos de restauración ecológica:

Restauración Pasiva. Sucede cuando los ecosistemas regeneran por sí solos, sin la necesidad de ayudas externas, esta se da por sucesión natural en ausencia de (Tensionantes/Limitantes) que impidan dicha regeneración (Vargas, 2007).

Restauración Activa. Utilización de estrategias (ayudas externas) en condiciones de degradación muy alta, con el fin de generar la recuperación, restablecimiento o restauración, a través de sucesión asistida o dirigida. (Vargas, 2007).

Ecología de la Restauración VS Restauración Ecológica. La ecología de la restauración se define como la ciencia que brinda las bases conceptuales, modelos y métodos teóricos para poder realizar la restauración ecológica, mientras que la restauración ecológica, es la puesta en práctica de los fundamentos de la ecología de la restauración con el fin de restablecer un área degradada a condiciones similares a las iniciales, (Barrera, et al, 2010; Van Andel & Aronson, 2006).

Mecanismos de restauración ecológica. Los mecanismos de restauración ecológica son las estrategias que permiten devolver los atributos ecológicos y la funcionalidad socioeconómica (Fernández, 2019).

Dentro de los mecanismos para lograr la restauración ecológica se pueden encontrar los diseños de estrategias que involucren la comunidad para recuperar los elementos ecosistémicos, identificación y eliminación de tensionantes que impiden la dispersión y establecimiento de semillas como la competencia y presencia de especies invasoras (Vargas R. , 2011).

A continuación, se presentan algunos mecanismos comunes de restauración plasmados en el Plan Nacional de Restauración (2015) cuyos objetivos son: 1) incremento y mejoramiento del hábitat, 2) incremento de la conectividad, y 3) conservación de la biodiversidad

Encerramiento del bosque. Su objetivo es disminuir el impacto producido por el ganado en el interior del bosque. Se recomienda usar cerca con cuatro hilos de alambre de púas calibre 12 y postes vivos con algunas especies locales (MINAMBIENTE, 2015).

Enriquecimiento y suplementación del bosque. Utilizado en zonas con poca cobertura vegetal producido por algún disturbio. Consiste en la siembra de especies, priorizando especies nativas. Se recomienda usar distancias de siembra (2x3 m), con densidades (i.e. 1666 pl/ha o superior) y siempre buscando la mayor diversidad posible; generalmente de 40 a 80 especies locales; combinando especies de crecimiento rápido (pioneras), con especies de crecimiento

lento. Se recomienda la utilización de material vegetal local, mediante el fortalecimiento de viveros comunitarios (MINAMBIENTE, 2015).

Conectividad a través de cercas vivas. Utilizado en ecosistemas altamente transformados, y su propósito es favorecer la movilidad de especies faunísticas. Las cercas vivas deben ser especies locales y de recomendación por propietarios, recomendando aquellas de crecimiento rápido.

Establecimiento de barreras. Su propósito es disminuir los efectos de borde y facilitar la recuperación interna de los bosques. Se recomienda la utilización de especies pioneras mezcladas con especies arbóreas capaces de soportar la radiación. En algunos casos estas barreras pueden establecerse con especies maderables, constituyéndose en fuente de madera (MINAMBIENTE, 2015).

Establecimiento de franja protectora de cuerpos de agua. Consiste en restablecer la conectividad a través de franjas riparias.

Biodiversidad. SER (2004) refiere el término a la variedad de seres vivos presentes en un ecosistema sumado a la composición estructural de las comunidades presentes y los nichos ecológicos que desempeña cada especie. Vargas (2007) resume el término a la composición de especies poniendo mayor reelevancia en las plantas como productores primarios. Inclusive existen autores como Aguilar y Ramíres (2015) que hablan de dos términos biodiversidad y biodiversidad ecosistémica, refiriéndose al primero como al componente biótico general, el cual

es el capital natural tendiente a generar servicios ecosistémicos que aseguran los beneficios y valores esenciales para el bienestar, y al segundo más específico en temas de restauración hace referencia al elemento motor que mejora y mantiene el funcionamiento de un ecosistema, haciendo alusión a la riqueza y composición de especies.

Integridad Ecológica. SER (2004) define la integridad ecológica como:

El estado o condición de un ecosistema que muestra características similares de biodiversidad a la de un ecosistema de referencia, teniendo en cuenta la composición de especies y la estructura de la comunidad, y a su vez es totalmente capaz de sostener el normal funcionamiento del mismo. p. 7

Por su parte Vargas (2007) lo puntualiza al hablar de integridad ecológica como la simple referencia que se realiza a la estructura y función de un ecosistema; otros autores como por ejemplo Barrera, et al (2010) profundizan más acerca del tema y nos dicen que la integridad:

Sostenibilidad Ecosistémica. En la literatura actual no existe una definición textual de la sostenibilidad ecológica, pero se puede deducir por diversos autores que todo ecosistema restaurado debe tener la capacidad de sostenerse así mismo, sin la necesidad de intervenciones externas, es decir que todo ecosistema restaurado es un ecosistema sano, el cual puede resistir adversidades, plantear interacciones ecológicas y proveer servicios ecosistémicos (agua, alimento, refugio, entre otros), con el fin de mantenerse en el tiempo sin la necesidad de ayudas, y a esta capacidad se le llama sostenibilidad ecosistémica (Vargas, 2007; Barrera, et al, 2010; Aguilar y Ramírez, 2015; Vargas y Reyes, 2011).

Composición. Relacionado a la biodiversidad (identidad taxonómica, riqueza, abundancia, número de especies presentes en el ecosistema, entre otras) (Vargas y Reyes, 2011; Barrera, et al, 2010; Van Andel & Aronson, 2006; SER, 2004).

Estructura. La estructura de un bosque hace referencia a la distribución de las principales características espaciales en la vegetación, teniendo especial importancia la distribución de las diferentes especies y la distribución de las mismas por clases de dimensión (Hui, Hu, Zhao, & Zhang, 2018). Para determinar la estructura de un ecosistema se utilizan diagramas de perfil los cuales son definidos por Matteucci & Colma (1982) como representaciones fisonómico-estructurales que retratan las comunidades vegetales de un área. Estos diagramas retratan de una manera visual y simple a través de diagramas gráficos la vegetación de manera horizontal y vertical (ver fig. 2).

Estructura vertical. Mostacedo y Fredericksen (2000) lo explican como “la disposición de las plantas de acuerdo con sus formas de vida en los diferentes estratos verticales en una comunidad vegetal” p. 55 y Shiva (s.f.) lo simplifica como la distribución de las especies en capas o estratos en función de su altura.

Estructura horizontal. Hace alusión a “la cobertura del estrato leñoso sobre el suelo” (Mostacedo y Fredericksen, 2000, p. 55) o en palabras más simples la distribución de las especies en el espacio sin tomar en cuenta su altura (Shiva, s.f.).

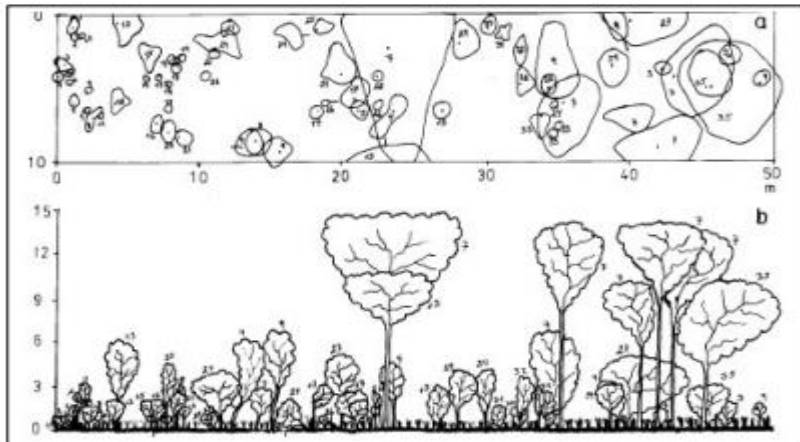


Figura 2. Diagrama de perfil de las estructuras del bosque. Mostacedo & Fredericksen, 2000

De acuerdo con su estructura vertical los árboles pueden clasificarse: en función de sus copas o en función de su estrato. Ver figura 3.

S/Clase de copas. Se refiere a la posición de la copa con respecto a su exposición a la luz solar (Dawkins, 1958). Según esta clasificación se clasifican en:

Emergentes. La parte superior de la copa está totalmente expuesta a la luz vertical y libre de competencia lateral, al menos, en un cono invertido de 90° con el vértice en el punto de la base de la copa.

Dominantes. También denominados “árboles con plena iluminación superior”, caracterizados por la exposición plena a la luz solar verticalmente, pero adyacente a otras copas de igual o mayor tamaño.

Codominantes. La parte superior de la copa está expuesta a la luz vertical o parcialmente sombreada por otras copas.

Intermedios. Son aquellos que tienen la parte superior de la copa totalmente sombreada, pero que está expuesta a la luz lateral directa debido a un claro o borde del dosel superior.

Suprimidos. También denominados como “árboles con ausencia de luz”, se encuentran ubicados totalmente debajo del dosel, de modo que no reciben luz directa, sino algo de luz difusa.

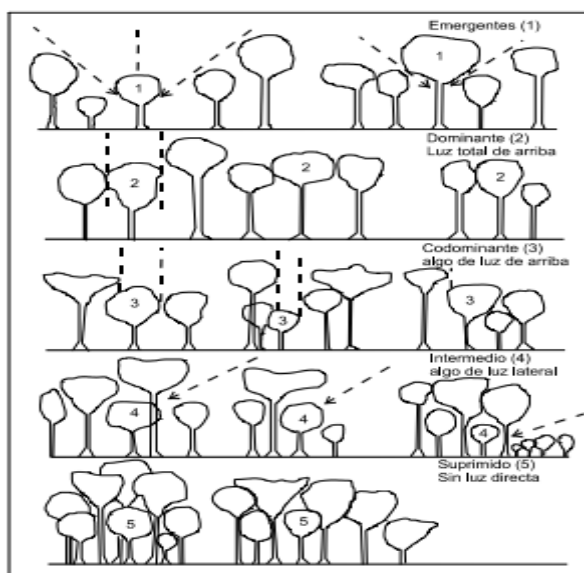


Figura 3. Clasificación según posición de las copas. Mostacedo & Fredericksen, 2000

S/Estrato. La estratificación vegetal se refiere a la distribución presente en la vegetación de un determinado ecosistema, determinada por el tamaño y el tipo de vida de los organismos, principalmente su forma de crecimiento (Anónimo, 2018). Podemos encontrar dos tipos de estratos: Horizontal y vertical

Estrato Vertical. Se refiere a los diferentes niveles o alturas distribuidas en el ecosistema (Alda, 2015). Ver figura 4. Encontrándose:

Subterráneo. Incluye animales y plantas que viven dentro del suelo y las raíces de las plantas.

Muscíneo. Formado sobre todo por musgos y hongos.

Herbáceo. Formado por plantas que no tienen crecimiento secundario (no forman madera en sus tallos) y otras mayores que empiezan a crecer.

Arbustivo. Comprende los arbustos, los árboles jóvenes y los troncos de los árboles mayores.

Arbóreo. Formado por las copas de los árboles de mayor tamaño.

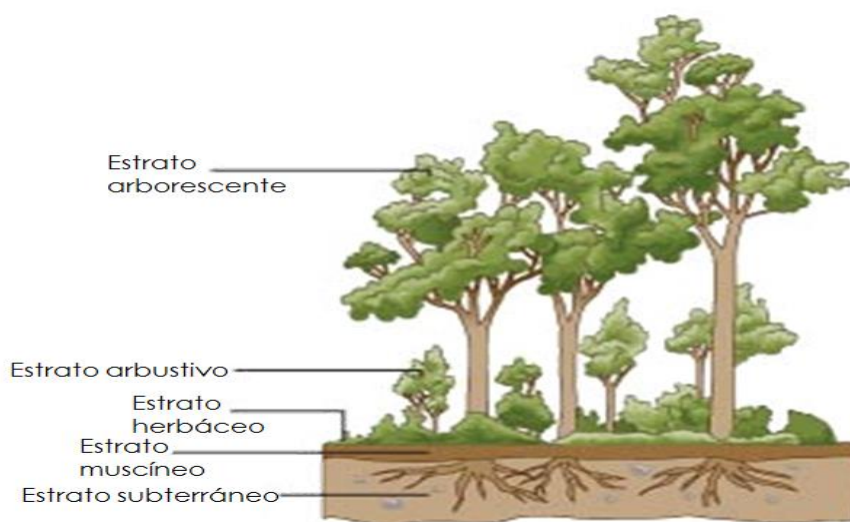


Figura 4. Estratos verticales del bosque. Alda (2015)

Existen otras clasificaciones como la de Arozena (2000) o la Aramburu y Escribano (2006)

Estrato horizontal. Se refiere a la organización en el espacio de la composición vegetal, independiente de su altura (Arozena, 2000) citado por (Shiva, s.f.). En relación con la estructura horizontal se encuentran relacionados tres conceptos:

El grado de recubrimiento. Permite distinguir entre formaciones cerradas, abiertas y dispersas (Emberger, 1993). Ver tabla 1.

Tabla 1

Grado de recubrimiento arbóreo

Cerrada: con un recubrimiento del suelo mayor al 90%	Poco abierta: entre el 75 y el 90%
Semiabierta: entre el 50 y el 75%	Abierta: entre el 25 y el 50%
Muy abierta: entre el 10 y el 25%	Extremadamente abierta: entre el 1 y el 10%
Totalmente abierta: con un recubrimiento total prácticamente nulo	

Nota: La tabla presenta información del grado de recubrimiento arbóreo. Fuente: *Emberger, 1983*

Funcionamiento. Todo el ecosistema aporta funciones específicas la vegetación, la fauna, hasta el suelo son importantes para el aporte, la regulación y el mantenimiento del ecosistema, indispensables para el normal funcionamiento del mismo. Ver tabla 2. Dentro de sus funciones encontramos:

Vegetación. Sus principales funciones son:

- Transformación de energía lumínica en energía química
- Transformación de CO₂ en carbohidratos
- Producción de oxígeno

- Servicio de habitat y alimento para la fauna herbívora
- Regulación del ciclo hidrológico mediante dos procesos: Evapotranspiración y amortiguamiento de la lluvia en el suelo
- Control de erosión
- Regulación climática
- Regulación del ciclo de la materia debido al almacenamiento de muchos elementos como (C, O, P, K, N, Fe, Mg, Mn, entre otros)
- Aporte de materia orgánica en la formación de suelo

Fauna. Dentro de sus funciones encontramos:

- Producción de CO₂, necesaria para la vegetación
- Regulación del ciclo de la materia y flujo de energía: almacena y retiene temporalmente elementos y energía
- Aporta roles de consumidor y descomponedor, regulando las poblaciones
- Aporta servicios de polinización, dispersión de semillas, fragmentación y descomposición de materia orgánica
- Aporte de materia orgánica al suelo
- Aporte en la regulación hídrica al incrementar la porosidad edáfica mediante construcción de galerías

Suelo. Dentro de sus funciones tenemos:

- Brinda soporte tanto a la fauna como a la vegetación
- Sirve de habitat a organismos edáficos

- Sirve de almacenamiento para la materia orgánica y como lugar de transformación de la misma
- Posibilita la redistribución de nutrientes entre las plantas
- De acuerdo a su contenido de nutrientes, granulometría, tipo de organismos, entre otras características es un bien ecológico para la humanidad al prestar servicios importantes para el hombre como la producción de alimentos.

Tabla 2
Resumen de las funciones del ecosistema

Funciones de la vegetación	Funciones de la fauna	Funciones del suelo
1. Fotosíntesis: Producción de carbohidratos por fijación de CO ₂ , producción de O ₂ , transformación de energía lumínica en energía química.	1. Respiración: Producción de CO ₂ , consumo de O ₂ .	1. Soporte para la vegetación y la fauna terrestre
2. Respiración: producción de O ₂	2. Ciclaje de elementos: C, P, K, N ₂ , O ₂ , entre otros	2. Hábitat para la fauna edáfica y organismos del suelo
3. Regulación climática: Disminuye la fuerza del viento, regulación de la temperatura, entrada de luz al suelo, humedad	3. Transformación de materia orgánica en inorgánica	3. Medio para la descomposición de la materia orgánica
4. Regulación hídrica: regula la velocidad de caída al suelo, regula la infiltración, entre otros.	4. Dispersión de semillas	4. Contribuye en la regulación del ciclo hidrológico
5. Habitat de especies faunísticas: invertebrados, anfibios, reptiles, aves, mamíferos	5. Polinización	5. Sirve de sitio de almacenamiento de la materia orgánica
6. Ciclaje de elementos: C, P, K, N ₂ , O ₂ , entre otros	6. Descomposición de materia orgánica	6. Sirve como sitio de redistribución de la materia
	7. Depredación	
	8. Fabricantes de suelo: fragmentan y mezclan la materia orgánica	

Nota: La tabla presenta información del grado de recubrimiento arbóreo. Fuente: Barrera, et al (2010)

Atributos de un ecosistema restaurado. Si se realiza una revisión exhaustiva en la literatura actual no existe una definición textual de lo que es un ecosistema restaurado, sin embargo, diversas guías, planes y documentos resaltan que todo ecosistema restaurado debe poseer una serie de atributos que lo caracterizan e identifican. Estos son:

- El ecosistema restaurado contiene un arreglo característico de especies que ocurren en el ecosistema de referencia y que provee una apropiada estructura de la comunidad.
- El ecosistema restaurado contiene especies nativas en la mayoría de su extensión.
- En el ecosistema deben estar representados todos los grupos funcionales, para garantizar la continuidad del desarrollo y estabilidad del ecosistema restaurado.
- El ambiente físico del ecosistema restaurado es capaz de garantizar la reproducción de las poblaciones para continuar el desarrollo de la estabilidad.
- El ecosistema restaurado aparentemente funciona normalmente para sus estados ecológicos de desarrollo.
- Existe una integración apropiada en una matriz ecológica de paisaje con el cual interactúa a través de flujos bióticos y abióticos.
- Las potenciales amenazas han sido eliminadas de los alrededores
- El ecosistema restaurado es suficientemente resiliente para soportar los períodos normales de estrés.
- El ecosistema restaurado es autosostenible (cambia, pero bajo condiciones normales de estrés y disturbio. (Vargas, 2007; Barrera, et al, 2010; SER 2004).

Ecosistema o comunidad de referencia. El ecosistema de referencia es definido por Ruiz (2005); Thorpe & Stanley (2011) citado por Aguilar, et al, (2015) como el conjunto de áreas con mejor estado de conservación que el sitio a restaurar, ubicado en un lugar geográfico con características ambientales, ecológicas y socio-económicas similares al lugar de restauración, sirviendo como modelo para la planeación de la restauración ecológica.

Factores tensionantes. Beeby (1993) citado por Barrera y Valdés (2007) lo define como “un estímulo externo aplicado que es medido por su capacidad para desviar algún componente viviente del ecosistema de su proceso de desarrollo” p.14; destacándose dos tipos de tensionantes: Disturbios y perturbaciones.

Disturbios. “Eventos no planeados que afectan la estructura y función de los ecosistemas” (Barrera y Valdés, 2007,p.14), dentro de los principales tenemos: la extracción de materiales a cielo abierto, los incendios forestales, la tala, la expansión urbana, la expansión agropecuaria, las especies exóticas, los procesos erosivos, la descarga de contaminantes, las inundaciones, los deslizamientos, entre otros (MINAMBIENTE, 2015). Al total de disturbios que afectan un área se le denomina régimen de disturbio (White & Jentsch, 2001).

Régimen de disturbio. Se evalúan aspectos como: la clase o tipo de disturbio (natural o antrópico), características espaciales que consideran la localización del disturbio en términos de la pendiente, la altitud, la latitud, los tipos de sistemas adyacentes, entre otros, características temporales que consideran la duración del disturbio, la frecuencia y el intervalo de retorno, entre otros, la magnitud y el sinergismo de los disturbios (Barrera, et al, 2010)

Perturbaciones. “Manipulaciones planeadas que son producto de un proceso de experimentación” (Barrera y Valdés, 2007, p.14)

Factores limitantes. Condiciones propias del ecosistema que impiden o dificultan su normal desarrollo, ocasionando limitaciones en las especies colonizadoras del mismo (Barrera, et

al, 2010), por ejemplo, en el suelo pueden presentarse limitaciones por ausencia de nutrientes como el fósforo o el potasio”. (Barrera y Valdés, 2007, p.16)

Factores Potenciadores. “Elementos internos y externos al sistema disturbado que pueden favorecer su restablecimiento; ej. Las cenizas acumuladas en el suelo luego de un incendio forestal, el cual puede favorecer las semillas de especies nativas ó presencia de áreas adyacentes bien conservadas”. (Barrera, et, al, p.362)

Trayectoria ecológica. Barrera, et al (2010) y SER (2004) la definen como la ruta de desarrollo de un ecosistema a través del tiempo (ver fig. 5). En proyectos de restauración se deben aplicar modelos que empiecen con el área degradada y progresen hacia un estado deseado (ver fig. 6).

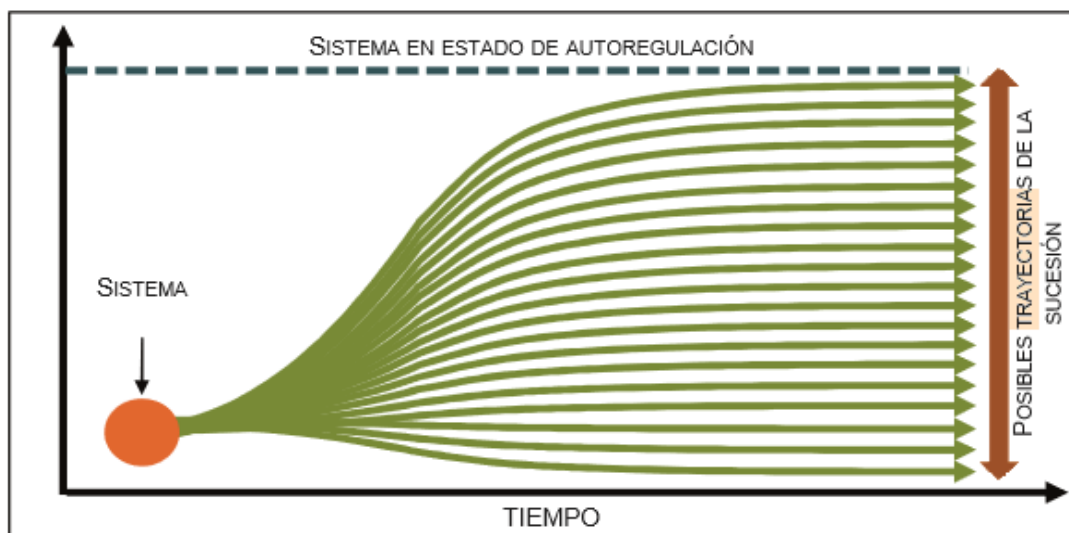


Figura 5. Posibles trayectorias ecológicas de un ecosistema. Barrera, et al, 2010

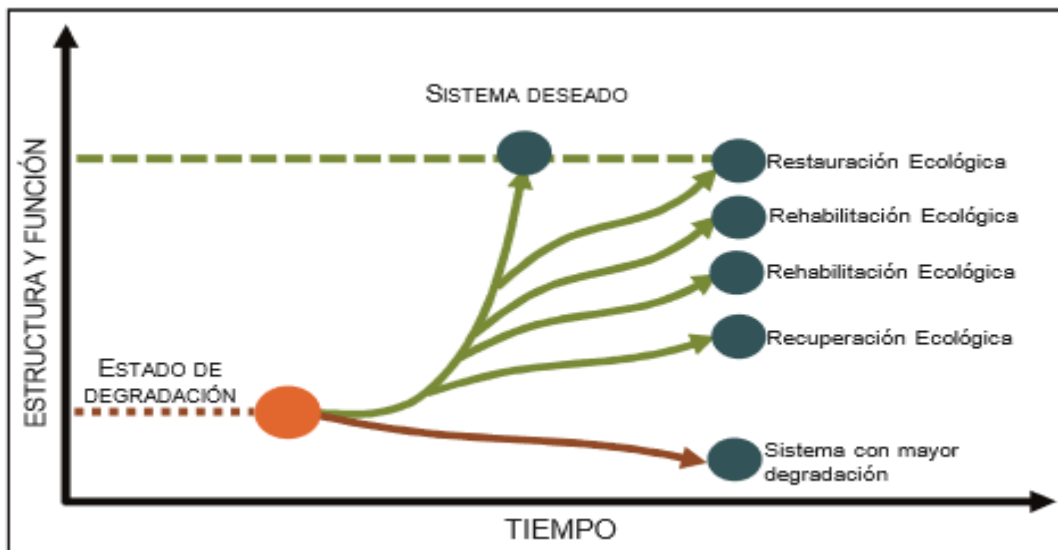


Figura 6. Posibles trayectorias luego de un disturbio. Fuente: Barrera, et al, 2010

Potencial de regeneración. Disponibilidad de especies en la región, sumada a su ubicación, su etapa sucesional y abundancia. Se busca identificar las especies pioneras, las sucesionales tardías, las dominantes, las codominantes las raras y sobre todo las especies que potencialmente pueden ser utilizadas en experimentos de restauración. En esta fase es necesario tener un inventario de la composición de especies y una clasificación de las etapas sucesionales para tratar de definir la estructura de las especies dominantes en el ecosistema histórico y en diferentes trayectorias sucesionales según los mosaicos actuales producto de diferentes regímenes de disturbios. (Vargas, 2007)

Estados Sucesionales. La sucesión ecológica es definida de diversas formas, a través de dos teorías, los holistas la fundamentan en los cambios producidos de manera natural en la diversidad, productividad, la biomasa, la eficiencia en el reciclado de nutrientes, y otras características del ecosistema, así como en la direccionalidad y la predictibilidad de las trayectorias sucesionales que conducen a un clímax único, por su parte los reduccionistas

argumentan que las perturbaciones, los fenómenos estocásticos y las historias de vida e interacciones entre especies, ocasionan estos cambios como consecuencia impredecible resultada entre la interacción de cada una de las especies con su entorno biótico y abiótico (Walker, 2005); pero algo en que ambos concuerdan es en que la misma nos ayuda a entender los cambios que se han dado en un ecosistema, por ejemplo la evolución que se ha dado en un determinado suelo, desde su desnudez, hasta la proliferación de especies en el mismo, pasando por diferentes etapas como la regeneración vegetativa luego de un incendio hasta la formación de un bosque (Ibarra y Gil, 2009). Simplificando podríamos decir que la sucesión ecológica puede entenderse como el proceso evolutivo, producido por la dinámica natural de los ecosistemas cuando existen modificaciones físicas, químicas o biológicas del entorno, ya sea por causas externas o internas, en la cual el ecosistema sustituye o reemplaza unos organismos por otros con el fin de establecer un equilibrio (Ver figura 7).

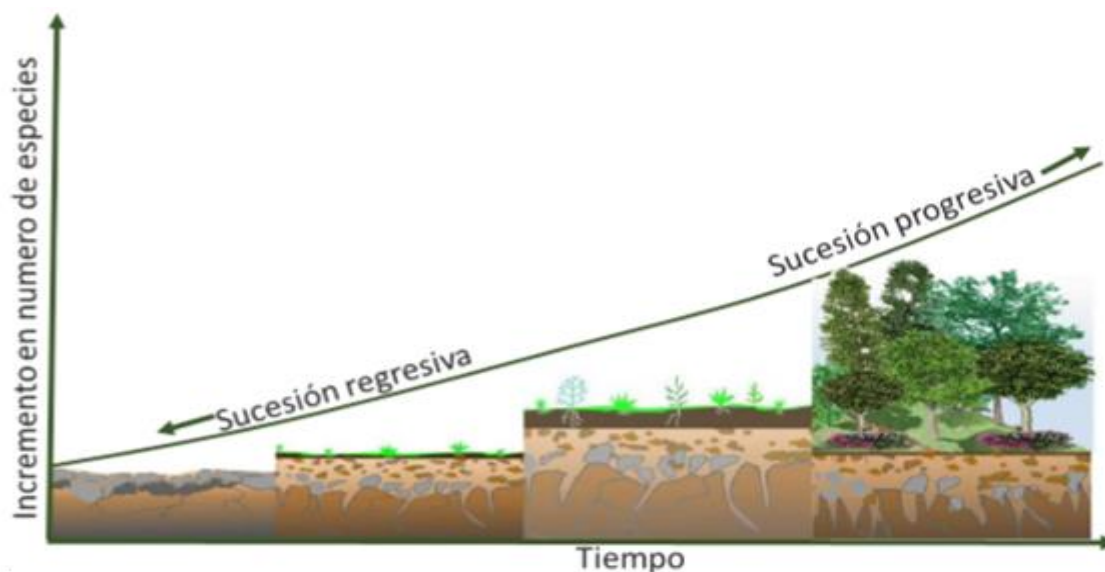


Figura 7. Sucesión ecológica de un ecosistema terrestre. Vanegas, 2016

De acuerdo a las características iniciales pueden presentarse dos tipos de sucesión:

Sucesión primaria. En este tipo de sucesión:

No se cuenta con un legado genético previo, es decir, no existe un banco de semillas, por lo que el éxito de la sucesión dependerá de la oferta de propágulos que puedan arribar desde las áreas adyacentes, así como de las condiciones microclimáticas y características del sustrato. (Barrera, et al, 2010, p. 26) ver figura 8.



Figura 8. Ejemplo de sucesión primaria. Barrera, et al (2010)

Sucesión secundaria. Este tipo de sucesión es caracterizado por presentar banco de semillas y nutrientes aptos en el suelo en los sitios degradados lo que favorece la regeneración rápida (Barrera, et al, 2010). Ver figura 9.



Figura 9. Ejemplo de sucesión secundaria. Barrera, et al (2010)

Estrategias Reproductivas. Debido a su condición sedentaria, las plantas desarrollan múltiples formas para reproducirse, existen plantas que se reproducen asexualmente, otras lo hacen sexualmente, existen plantas que se reproducen una vez para luego morir (monocárpicas), mientras que otras lo hacen por varios años consecutivamente (policárpicas)

Polinización. Según Alcaraz (2013) se clasifican en:

Anemogamia. Transporte por el viento. Plantas con polen ligero y de tamaño pequeño, con estructura aerodinámica, dentro del tipo de estructuras florales se caracterizan las amentifloras (*Corylus*), las pendulifloras (*Cannabis*), las longiestaminadas (*Gramíneas*), y las inmotifloras (*Potamogeton crispus*).

Hidrogamia. Transporte por el agua (dulce, marina, de lluvia). Plantas con flores poco aparentes, verdosas y de talla reducida, polen desprovisto de exina, membrana lisa, fertilización aleatoria.

Zoogamia. Transporte por animales que visitan la flor y se cargan de polen. Se dividen en:

Entomogamia. La polinización se da por insectos. Plantas grandes o pequeñas agrupadas en inflorescencias densas, con colores vivos, perfumadas y con nectarios.

Ornitogamia. La polinización se da por aves. Plantas con gran producción de néctar, flores diurnas y leñosas, vivamente coloreadas, generalmente rojas, y flores inodoras.

Quiropterogamia. La polinización se da por murciélagos. Propia de plantas leñosas, colores suaves, olor fuerte y agradable.

Saurogamia. La polinización se da por reptiles.

Mamaliogamia. La polinización se da por mamíferos

Dispersión. La dispersión es entendida por Díaz y Velasco (2007) como “el proceso mediante el cual una planta distribuye sus semillas de modo que éstas lleguen hasta sitios que presentan características favorables para su germinación, el establecimiento de las plántulas y el desarrollo de los nuevos individuos” p.60. Para que este fenómeno ocurra se desarrollan diversos mecanismos:

Autocoria. La planta madre es el agente dispersor, la cual disemina sus semillas a través de sus frutos al explotar una vez ocurre la maduración. Ej. las especies de los géneros *Geranium* (Díaz y Velasco, 2007).

Barocoria. Especies que utilizan la fuerza de gravedad para la dispersión, las cuales, en la madurez, se desprenden y caen a causa de su propio peso. Ej. Las hierbas y arbustos del sotobosque (Díaz y Velasco, 2007).

Anemocoria. El viento es el agente dispersor. Este tipo de mecanismo es aprovechado por plantas cuyos propágulos les posibilitan mantenerse en vuelo, permitiéndoles alcanzar grandes distancias antes de caer al suelo (Díaz y Velasco, 2007).

Hidrocoria. Especies que utilizan el agua para la dispersión de sus diásporas, ya sea de corrientes de agua o producto de la lluvia (Díaz y Velasco, 2007).

Zoocoria. Se refiere a la utilización de un animal como agente dispersor, condicionado por características específicas del dispersor (Díaz y Velasco, 2007).

Participación comunitaria. Involucramiento en el proyecto de las comunidades presentes, con el fin de garantizar la continuidad y la consolidación de un proyecto de restauración. Los conocimientos que tienen las poblaciones humanas locales sobre su región, su historia de uso, la ubicación de las especies y en algunos casos su propagación son conocimientos de gran importancia en el éxito de los proyectos. En este paso la educación ambiental se convierte en el eje de conector (Vargas, 2007; Barrera, et al, 2010).

Enfoques de la restauración. El Plan Nacional de Restauración nos habla de 3 enfoques: La restauración ecológica, la rehabilitación y la recuperación de áreas disturbadas (MINAMBIENTE 2015).

Restauración ecológica. Restablecer un ecosistema degradado, dañado o destruido a condiciones similares predisturbio respecto a su composición, estructura y funcionamiento, entregando como producto un ecosistema autosostenible, prestante de especies y servicios ecosistémicos (MINAMBIENTE, 2015). El objetivo principal de la restauración es devolver un ecosistema a su trayectoria histórica, por lo que las condiciones históricas son el punto de partida ideal para el diseño de la restauración (SER, 2004).

Rehabilitación ecológica. MINAMBIENTE (2015) nos habla de direccionar el ecosistema degradado a un ecosistema con la posibilidad de presentar condiciones similares predisturbio; pero si no se logra el objetivo por lo menos garantizar la autosostenibilidad del ecosistema y la prestación de servicios ecosistémicos y de especies, en relación con su atributos funcionales y estructurales. SER (2004) resalta que la rehabilitación enfatiza la reparación de los procesos ecológicos, la productividad y los servicios ecosistémicos, dejando de lado el restablecimiento de la integridad biótica preexistente en términos de composición y estructura y a manera concluyente.

Recuperación ecológica. Según el Plan Nacional de Restauración “busca recuperar algunos servicios ecosistémicos de interés social” (MINAMBIENTE, 2015, p. 16), por su parte Barrera, et al (2010) lo definen como aquellas acciones encaminadas a la recuperación de la autosostenibilidad de un ecosistema degradado. Ver figura 10.

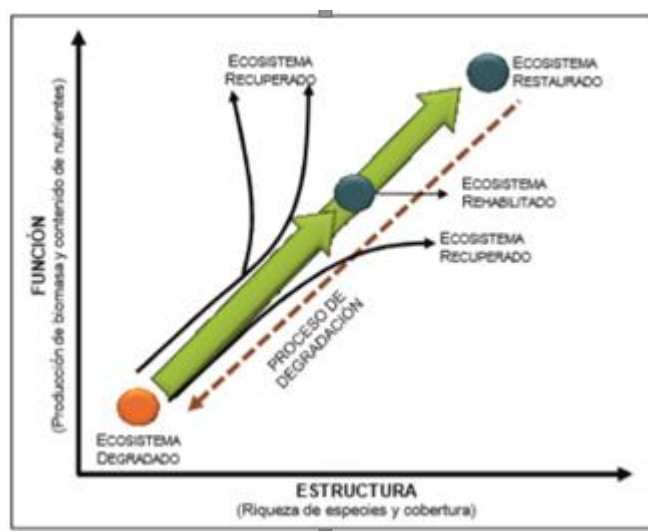


Figura 10. Modelo representativo de los posibles estados de restablecimiento o mejora de un ecosistema degradado. Barrera, et al (2010)

Por su parte existen otros términos relacionados con la restauración ecológica, aplicados a áreas con altos porcentajes de degradación en donde resulta complicado por cuestiones económicas, fisicoquímicas y biológicas hablar de restauración, así que deciden emprender acciones como:

Reclamación o reemplazo. Término utilizado en la literatura anglosajona, y está diseñado para ecosistemas inviables al retorno a un estado original, y como alternativa busca emprender acciones cuyo objetivo es retornar hacia un estado de utilidad, reemplazando un ecosistema degradado por otro productivo, como ejemplo de acciones de reclamación o reemplazo, tenemos las emprendidas en la recuperación de minas a cielo abierto, en donde se hace inviable su restauración e inclusive su rehabilitación, por lo que se busca recuperar las condiciones edáficas para el desarrollo de nuevas especies (Barrera, et al, 2010; Vargas, 2007)

Revegetalización. Se utiliza para describir el proceso de colonización vegetal de un área, luego de un disturbio (Vargas, 2007)

Etapas de un proyecto de restauración. El plan nacional de restauración define 5 etapas las cuales son retroalimentadas a nivel regional; estas son:

a. Planeación. Esta etapa está orientada al diseño del programa, proyecto o plan de restauración, incluyendo la definición de metas y objetivos, el reconocimiento del área, la identificación de las comunidades e instituciones presentes afectadas por el disturbio, la gestión de recursos, el diseño de estrategias que permitan restablecer la estructura, función y

composición del ecosistema, mediante patrones espaciales históricos, actuales y las aproximaciones de futuros escenarios, así como otros factores (Barrera, et al, 2010).

b. Ejecución. Según MINAMBIENTE (2015) todo proyecto de restauración requiere un tiempo prudente; para el desarrollo de sus actividades de intervención y este estará determinado por diferentes factores ecológicos, económicos y sociales; destacándose: el nivel de degradación, el tipo de ecosistema, la escala de trabajo, la intensidad de la perturbación, el nivel de resiliencia, los factores tensionantes y limitantes, la voluntad política y los recursos económicos disponibles para la ejecución de las obras como las determinantes de objetivos y tiempos de intervención.

c. Mantenimiento. Esta etapa es definida en el plan nacional de restauración como el conjunto de actividades determinantes para el éxito y la sostenibilidad de un proyecto de restauración. Por ejemplo, para asegurar el éxito de la estrategia de la revegetación; está se deberá mantener con actividades alternas como la eliminación de las plántulas de especies invasoras, el deshierbe y rose de matorrales, , el mantenimiento de obras complementarias y el mantenimiento a las plataformas de monitoreo, entre otros (MINAMBIENTE, 2015).

d. Monitoreo. El monitoreo consiste en la recolección y el análisis sistemático de información para verificar si algo está cambiando, Centro for Internacional Forestry (CIFOR, 2007); en el caso de un proceso de restauración ecológica según Díaz, (2007) se trata del:

Seguimiento y la evaluación continua de los cambios experimentados por el ecosistema bajo los diferentes tratamientos de restauración ecológica, cuyo objetivo es brindar la información necesaria para evaluar y ajustar dichas prácticas restaurativas con el fin de asegurar el éxito de la restauración. p. 119

El monitoreo debe verse como el proceso que respalda la restauración y el mismo debe comenzar por el diagnóstico del estado actual del ecosistema, incluyendo registro fotográfico con imágenes panorámicas que permitan entender el contexto del paisaje y detalles de la vegetación, el suelo y el estado de los drenajes naturales en el sitio y dada la situación puede incluir otros factores como estudios de vegetación y fauna, análisis de suelos, entre otros (Ramírez, Aguilar, Calle, y Cabrera, 2015), continuar durante la implementación de los tratamientos, su desarrollo y terminar cuando haya certeza de la recuperación de la integridad en el ecosistema (Díaz, 2007), representando una etapa determinante para el cumplimiento de los objetivos propuestos en el proceso restaurativo (Vanegas, 2016). A manera de conclusión podríamos acuñar el término que se usa en el glosario del libro “En la restauración ecológica” citado por Aguilar y Ramírez, (2015):

Siguiendo los lineamientos del PNR el monitoreo debe realizarse durante todo el proyecto de restauración, comenzando desde su etapa de ejecución, y este debe articularse con la estrategia nacional de monitoreo a la restauración ecológica, llevándose a cabo por lo menos durante 5 años, y si resulta viable debería considerarse a más de 10 años.

Monitoreo participativo. El término monitoreo participativo según Evans & Guariguata (2008) hace referencia a todas aquellas acciones relacionadas al monitoreo que involucren la participación de personas locales, carentes de estudios profesionales, con distintos niveles de conocimiento, experiencia, roles sociales e intereses, los cuales a través de un proceso constante registran información sistemática del bosque, reflexionan al respecto, y llevan acciones de gestión como consecuencia de lo aprendido. En el caso de los proyectos de restauración resulta importantísimo en la viabilidad de los mismos involucrar a las comunidades presentes en las áreas a restaurar, pues de esto dependerá la consecución de los objetivos finales (Calle, Carvajal, y Giraldo, 2015).

Tipos de Monitoreo. Al diseñar el programa de monitoreo se debe tener en cuenta el tipo de monitoreo que se va a implementar; existiendo dos: el monitoreo de implementación o de corto plazo y el monitoreo de efectividad o de largo plazo.

Monitoreo de implementación. Evalúa la correcta ejecución de los tratamientos de restauración, según como fueron diseñados, cuantificando los cambios encontrados en el ecosistema una vez realizado cada tratamiento. (Díaz, 2007).

Monitoreo de efectividad. Evalúa el cumplimiento del objetivo principal de la restauración aplicada, a través de análisis realizados a escalas espacio-temporales más grandes. Identificando los principales patrones y procesos ecológicos del ecosistema recuperados. La información recogida permite redefinir los objetivos de la restauración y ajustar la estrategia de manejo (Díaz, 2007).

Metas, indicadores y cuantificadores. “La forma en la que el monitoreo puede dar respuestas sobre el posible éxito o fracaso de un proceso de restauración ecológica es mediante el planteamiento claro de objetivos y metas con plazos definidos” (Ramírez, et al, 2015, p. 30), cada meta debe estar expresada en indicadores y cuantificadores y estas deben ser de corto, mediano y largo plazo. Ver tabla 3.

Ejemplos: Meta 1. Aumentar la cobertura vegetal del suelo a 80 % en el primer semestre y 95 % en el primer año. Indicador: cambio en la cobertura del suelo. Cuantificador: porcentaje de la superficie del suelo cubierta por plantas vivas o residuos vegetales.

Meta 2. Aumentar el porcentaje de cobertura de árboles nativos a 50 % en los primeros dos años y a 90 % en cinco años. Indicador: cambio en la cobertura de dosel de árboles nativos. Cuantificador: porcentaje de la superficie cubierta por copas de árboles nativos.

Tabla 3
Metas Temporales de la restauración

Indicadores biofísicos			
Metas	Protección del uso del suelo	Estructura de la vegetación	Autenticidad biológica
Corto Plazo	Aumento en la cobertura del suelo con plantas vivas o residuos vegetales	Sobrevivencia de plantas sembradas	Aumento en la cobertura, biomasa, abundancia de plantas nativas, reducción de la cobertura, abundancia o reducción de plantas exóticas
Mediano plazo	Aumento en la materia orgánica, carbono orgánico, actividad biológica, estabilidad de agregados o retención de humedad en el suelo	Cambios en la distribución diamétrica y de altura en la vegetación, área basal, cobertura del dosel, densidad de estratos foliares, densidad de tallos y volumen total de la vegetación	Cambio en el número de especies nativas restablecidas a partir de regeneración natural Reclutamiento de plantas con grandes semillas

Continuación Tabla 3 Metas Temporales de la restauración

Largo Plazo	Cambios en los parámetros fisicoquímicos del suelo	Cambios en la distribución diamétrica y de altura en la vegetación, área basal, cobertura del suelo, densidad de estratos foliares, densidad de tallos y volumen total de la vegetación	Reemplazo de especies pioneras y secundarias por especies tolerantes a la sombra Aumento en el número de especies epífitas y lianas
--------------------	--	---	--

Nota: La tabla presenta información de las metas temporales de la restauración. Fuente: Aguilar et al, 2015

Los indicadores se definen como “variables que permiten evaluar el estado del ecosistema en cualquier punto del proceso de restauración, con respecto a los objetivos de restauración” (Díaz, 2007, p. 121). Un indicador proporciona información relevante y mensurable sobre una situación o tendencia (CIFOR, 2007).

Se debe tener en cuenta que los indicadores escogidos deben:

Ser definibles claramente, ser fácilmente medibles e interpretables, ser útiles para múltiples análisis, no tener carácter destructivo, brindar el máximo de información por unidad de área, proveer información con respecto al incremento en las características deseables y la reducción de las no deseables, permitir realizar inferencias respecto a la estructura la función y la composición del ecosistema.

Las metas son evaluadas a partir de indicadores, los cuales representan datos acerca de la estructura, composición y función de los ecosistemas, permitiendo valorar los cambios en el ecosistema con la restauración aplicada y determinar el correcto desarrollo de esta o por el contrario realizar acciones correctivas en el proceso (Aguilar, et al, 2015).

Indicadores para medir el éxito de un plan de restauración.

Indicadores a escala de paisaje. Los paisajes son zonas heterogéneas compuestas por diferentes elementos que están en constante transformación y presentan patrones específicos dependiendo de cada región, presentando una mezcla de coberturas naturales y antrópicas (Isaacs y Ariza, 2015). Algunos indicadores usados para la restauración son:

Numero de parches por coberturas. Este indicador corresponde al número de unidades de cada tipo que conforman la zona de interés, ya sea cobertura, ecosistema u otro tipo de atributo. Busca analizar los arreglos del paisaje en riqueza y dominancia, llevando como cuantificador el número de polígonos por tipo de cobertura. (Zambrano et al. 2003) citado por (Isaacs y Ariza, 2015)

Tamaño de los parches. Este indicador calcula el área de cada unidad dentro de su zona de análisis, igualmente relacionado con la riqueza y la dominancia. (Isaacs & Jaimes, 2014)

Conectividad. Como indicador se mide la distancia entre los parches o fragmentos de cada unidad natural y se analizan las conexiones físicas o la continuidad existente entre unidades espaciales similares o complementarias. (Zambrano et al. 2003) citado por (Isaacs y Ariza, 2015)

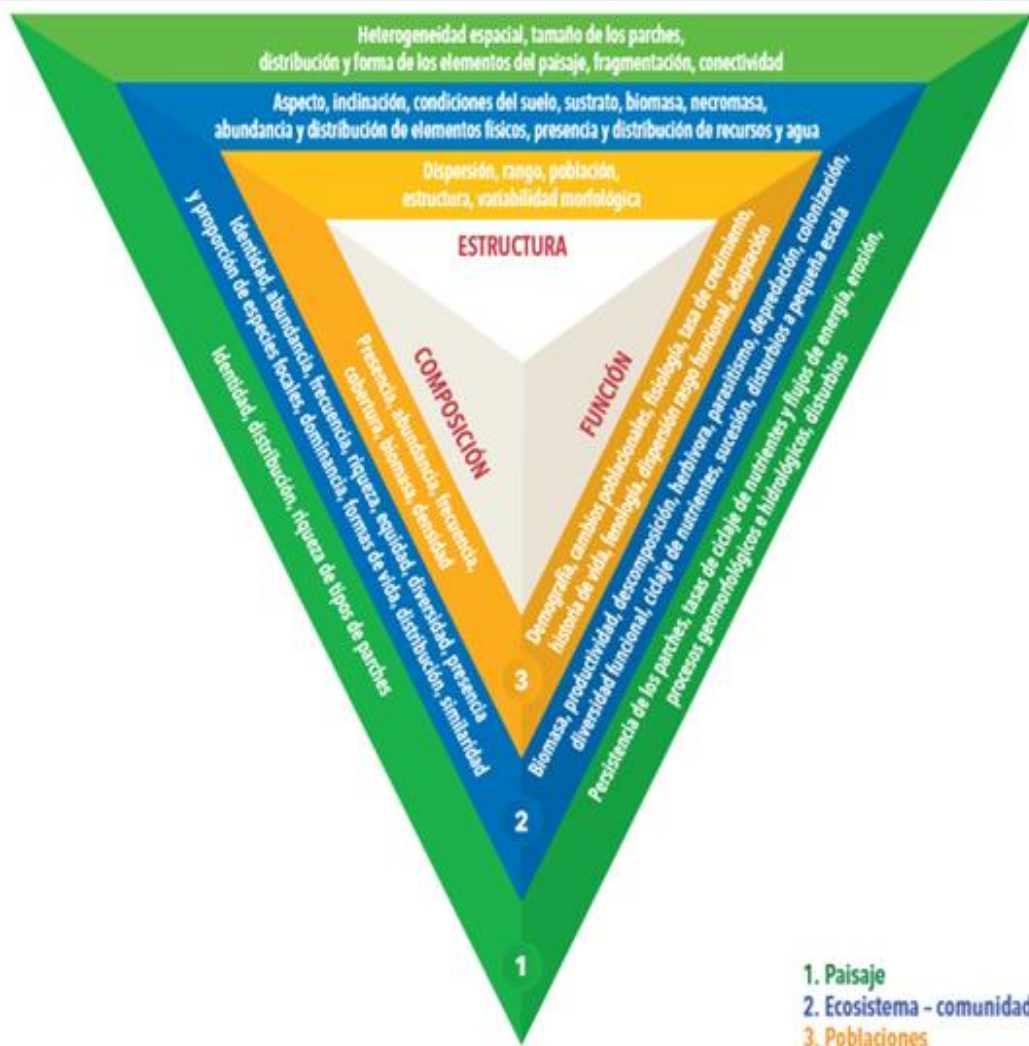


Figura 11. Indicadores de la restauración ecológica. Fuente: Ramírez, Aguilar & Cabrera, 2015

Indicadores socioeconómicos. Se pueden generar a partir del análisis de los beneficios generados por la restauración o estimando los impactos generados mediano y largo plazo de los proyectos en términos del número de personas que se benefician de la reducción de riesgos tales como deslizamientos e inundaciones o el incremento en la generación de bienes y servicios ambientales en el área recuperada, entre otros (calle, et al, 2015). Ver tabla 4.

Tabla 4
Algunos indicadores socioeconómicos

Critero	Indicador	Cuantificador
Servicios de regulación y provisión de agua	Disponibilidad de agua	# de beneficiarios que reciben agua potable Caudal disponible a lo largo del año
	Deslizamientos	# de deslizamientos en épocas lluviosas
Servicios de regulación	Calidad del suelo	Gastos en insumos agrícolas
	Oferta laboral	# de personas en la comunidad contratadas
Calidad de vida	Fortalecimiento de capacidades	# de personas capacitadas # de asociaciones o juntas ambientales
	Ordenamiento territorial	# de fincas zonificadas # de individuos y grupos
Participación colaborativa	Personas involucradas o representadas en los proyectos de restauración	de beneficiarios involucrados en el diseño, implementación y monitoreo
	Participación de los jóvenes en el logro de los objetivos	# de jóvenes que participan en el proyecto
Fortalecimiento de capacidades locales	Oportunidades de entrenamiento	# de trabajadores y miembros de la comunidad entrenados

Nota: La tabla presenta información de los indicadores socioeconómicos. Fuente: calle, et al, 2015

Monitoreo de suelos. Una de las metas de la restauración es recuperar la calidad o salud edáfica, definida por Karlen et al. (1997); Doran y Zeiss (2000) citado por Pizano y Curiel (2015) como la capacidad que posee el suelo para desarrollarse dentro de los parámetros naturales, manteniendo la productividad animal y vegetal, la calidad del agua y el aire en su interior, la salud humana y el hábitat. En el diseño del monitoreo a la calidad de los suelos en un proyecto de restauración se deben seleccionar una serie de indicadores de los cuales se pueda extraer la mayor cantidad de información sobre el estado de recuperación de salud del suelo. A continuación, se muestra una imagen con los indicadores más usados para evaluar la salud edáfica en un proyecto de restauración: ver tabla 5

Tabla 5
Algunos indicadores para medir la calidad edáfica

Crterios	Indicador	Relación con las funciones edáficas	Cuantificador
Físicos	Textura	Retención y transporte de agua, minerales y químicos; erosión del suelo	% de arena, limo y arcilla
	Densidad aparente	Retención y transporte de agua, minerales y químicos, estructura del suelo, facilidad de emergencia para las plantas	Densidad aparente (g/cm ³)
	Profundidad	Potencial productivo de las plantas (volumen para enraizamiento) y de erosión	Profundidad del suelo (cm)
	Estabilidad de agregados	Erosión potencial, estructura del suelo, facilidad de emergencia de las plantas, infiltración de agua	Estabilidad de agregados (%)
	Infiltración	Retención y ciclaje de agua	Velocidad de infiltración (mm/h)
	Materia Orgánica	Define la fertilidad y la estructura, la retención de pesticidas y agua, y el potencial productivo del suelo	% de materia orgánica
	PH	Disponibilidad de nutrientes, absorción de pesticidas, actividad química y biológica del suelo, límites para el crecimiento de las plantas y actividad microbiana	PH (0 a 7)
Químicos	Conductividad eléctrica (CE)	Actividad microbiana y de las plantas, límites para el crecimiento de las plantas y la actividad microbiana, define la estructura del suelo y la infiltración del agua	CE (dS/m)
	Capacidad de intercambio catiónico (CEC)	Fertilidad del suelo, potencial productivo	CEC (Cmolc/kg)
	Biomasa microbiana	Potencial catalizador microbiano y reposición de carbono y nitrógeno	Biomasa microbiana de carbono (mg C/g) # ó diversidad de especies, índices de diversidad
	Biodiversidad y composición de la comunidad microbiana (Metanogenia)	Integridad y función biológica del suelo, potencial catalizador microbiano y reposición de carbono y nitrógeno	Número de secuencias, biomasa de diferentes tipos de organismos, y respiración de suelos entre otros
Biológicos	Actividad enzimática	Potencial y actividad catalizadora microbiana, ciclaje y disponibilidad de nutrientes	Mmol/kg suelo/h o µg/gh para cada tipo de enzima
	N potencial mineralizable	Productividad del suelo y aporte potencial de nitrógeno	µmol N/g o mg N/kg
	Respiración Productividad vegetal	Actividad biológica del suelo Productividad potencial, disponibilidad de nutrientes	µmol/m ² s de CO ₂ Biomasa vegetal (kg/m ² año)

Nota: La tabla presenta información de los indicadores socioeconómicos. Fuente: calle, et al, 2015 Fuente: Pizano y Curiel, 2015

e. Divulgación de modelos Regionales. Debido a que determinadas estrategias ecológicas y sociales, especies usadas, entre otros factores usados en el plan de restauración, en ocasiones solo resultan eficientes en una región, resulta importantísimo la divulgación de los objetivos, los métodos y los resultados del proyecto realizado, para que en futuros proyectos o planes ejecutados en la misma región puedan tener como base dichos factores. Se recomienda contar el apoyo de corporaciones autónomas regionales, la academia, y ONG'S locales como puentes para la construcción de modelos de restauración ecológica aplicados a una determinada región (MINAMBIENTE, 2015). Ver figura 12.

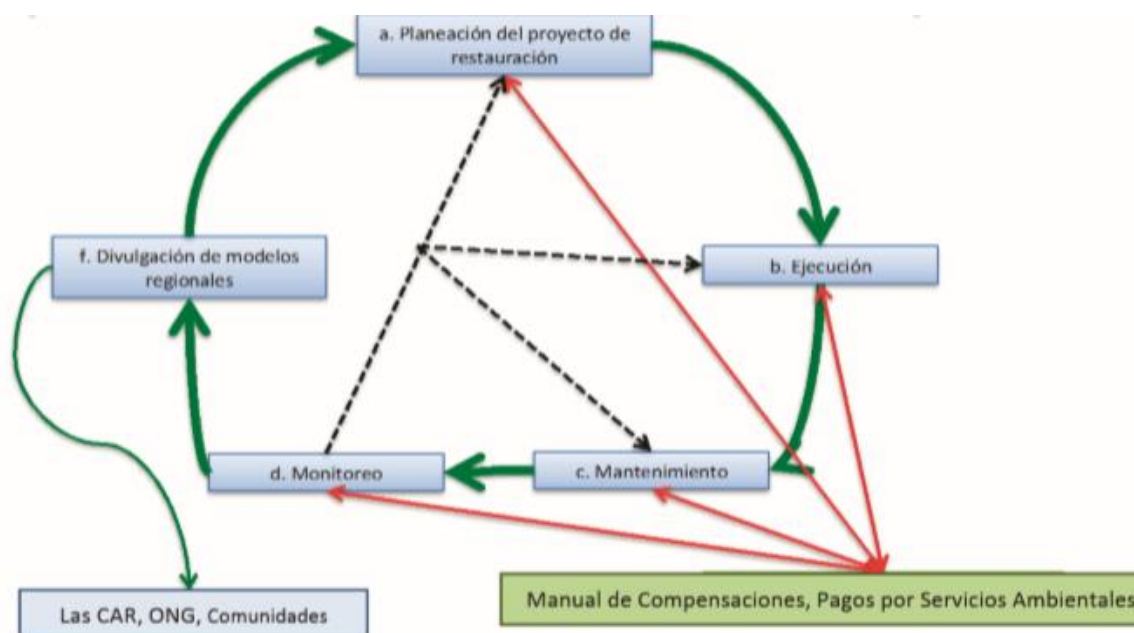


Figura 12. Fases de un proyecto de restauración. Flechas verdes: proceso en 5 etapas retroalimentadas a nivel regional; Flechas punteadas: proceso de monitoreo a la par de las 3 primeras etapas; Flechas rojas: posibilidades de financiación. MINAMBIENTE, 2015

Bosque seco Tropical. Los bosques secos tropicales han sido definidos de diversas maneras por diferentes autores, por ejemplo Mooney, et al (1995) los definen de una manera simple como aquellos bosques ubicados en regiones tropicales caracterizados por una

estacionalidad pronunciada en la distribución de lluvias con varios meses de sequía, por su parte Sánchez, et al (2005) los describen como un tipo de vegetación dominada por árboles caducifolios, representando al menos el 50% de la cobertura, con una temperatura media anual $> 25^{\circ} \text{C}$, una precipitación anual total oscilante entre 700 y 2000 mm, y presencia de tres o más meses secos cada año y Pennigton, et al (2006) los generaliza como aquella vegetación que experimenta un período mínimo de estación seca de 5-6 meses con la simultaneidad de procesos y funciones ecológicas fuertemente estacionales, sin embargo esta última definición incluiría pastizales, matorrales y ecosistemas de sabana; todos los autores anteriormente mencionados citados por Portillo & Sánchez (2009). Lo que si es cierto es que Holdridge realizó las primeras aproximaciones hacia el entendimiento de la distribución espacial del bosque seco tropical, mediante el diseño de una clasificación de zonas de vida, basada en aspectos bioclimáticos similares como la temperatura promedio anual, la evapotranspiración y la precipitación. En dicha clasificación incluyó al bosque seco tropical como una zona de vida cuyas características climáticas eran: Potencial de evapotranspiración (1-2), provincia de humedad (subhúmedo), temperatura anual ($>17^{\circ}\text{C}$), precipitación anual (250-2000 mm) (Ver fig. 13), logrando con esto un modelo aproximado de la distribución del bs-T; sin embargo muchos autores discuten dicha clasificación, pues a pesar de ser tomada en cuenta, debaten el hecho de la posible inclusión de otros factores como la estacionalidad climática y las características edáficas como la textura, la porosidad, la profundidad del nivel freático, la presencia de corazas lateríticas y otros elementos tóxicos como variables de peso que incidirían al momento de establecer un modelo para predecir biomas, un ejemplo claro de esto se podría evidenciar en ciertas regiones de la Orinoquía en donde predominan las condiciones para que se prolifere el bosque seco tropical según el sistema de Holdridge, más sin embargo este brilla por su ausencia, y es que una de las razones más

probables es que los suelos que recubren dichas zonas son excesivamente ácidos con bajo contenido de nutrientes y poca capacidad de carga (Pizano y García, 2014).

Actualmente se estima que queda un poco más de un millón de metros cuadrados de bosque seco tropical en el mundo (Portillo & Sánchez, 2009), de los cuales un 54,2% se encuentra en Suramérica, y el resto se divide entre Norteamérica, Centroamérica, África, Eurasia, Australasia y Asia oriental (Miles, et, al, 2006) citado por (Pizano, Cabrera, y García, 2014); presente en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, y destacándose por su gran extensión continua en Bolivia y Brasil (Portillo & Sánchez, 2009).

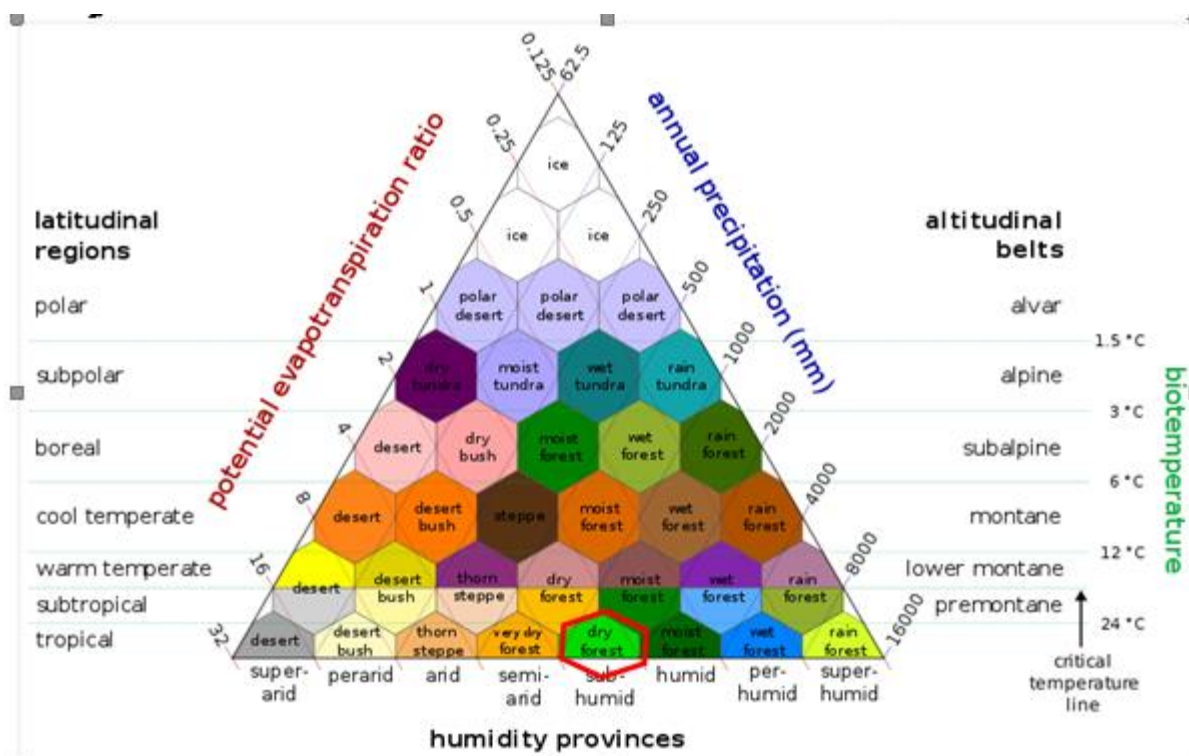


Figura 13. Zonas de vida según Holdridge. Morales (2013)

Bosque seco tropical en Colombia. El bs – T es la tercera zona de vida con mayor extensión en Colombia con el 11. 3% de la cobertura nacional (Alarcón y Pabón, 2013). Se ubica dentro un rango de precipitación que va desde los 1000 hasta los 2000 mm anuales asociado a las depresiones interandinas y desarrollándose a través de remanentes en 6 regiones biogeográficas: El valle del río Patía en el sur del valle geográfico del Cauca, el valle del río Cauca, el alto y medio valle del río Magdalena, los dos Santander, la costa Caribe y la Orinoquía (Pizano y García, 2014).

Características del bs – T en Colombia. El bs- T es un ecosistema de alto interés científico, por sus características particulares, resaltando:

1. Estacionalidad marcada de lluvias, incluyendo varios meses de sequía (pennington, et al 2009; Dirzo, 2011) citado por (Pizano, et al, 2014)

2. Áreas relativamente planas, suelos de fertilidad media y PH moderado, con baja pérdida de nutrientes por lixiviación y desarrollo pedogénico. (Ratter et al, 1978; Vargas y Allen, 2008) citado por (Pizano, et, al, 2014)

3. Presencia de adaptaciones morfológicas, fisiológicas y de comportamiento en las plantas, animales, hongos, y organismos del suelo, los cuales determinan los procesos ecosistémicos (productividad y ciclaje de agua, nutrientes y carbono) (pennington, 2009; Dirzo, 2011). Dentro de las principales adaptaciones que han desarrollado los organismos del bs- T se encuentran:

Muchas de sus plantas presentan fisiología caducifolia, es decir pierden sus hojas en las estaciones de sequía, mientras que las mantienen en las estaciones lluviosas. (Dirzo, 2011); a su vez en la época de sequía el sol penetra la hojarasca que deja caer la vegetación y genera acumulación de materia orgánica en el suelo, previniendo con ello la descomposición (pennington, 2009).

Muchas plantas presentan espinas y sincronizan su floración y fructificación a la época de sequía o de lluvias (pennington, 2009).

A causa de las condiciones adversas que presenta este bioma los mamíferos presentan adaptaciones fisiológicas (cambios de temperatura corporal, hibernación estacional, conservación de agua y reproducción tardía) y comportamentales (flexibilidad en la dieta, migración y cambio en la época de forrajeo y reproducción (Stoner & Timm, 2004, 2011) citado por (Pizano, et al, 2014)

Algunos insectos presentan mecanismos fisiológicos que le permiten reducir la pérdida de agua por respiración (Duncan, et al, 2002), por su parte otros modifican su dieta alimenticia para sobrevivir a las altas temperaturas y a la falta de agua en épocas de sequía (Hanson, 2011).

Finalmente cabe resaltar que a pesar de compartir características similares en las seis regiones biogeográficas colombianas como la fuerte estacionalidad de lluvias; los suelos y la estacionalidad climática varían, por ende, su composición vegetal, animal, fungal y microbiana (Pizano y García, 2014).

2.4 Marco Teórico

La restauración en los bosques. A manera general existen acciones aplicables a cualquier tipo de bosque (ver fig. 14), sin embargo, la restauración ecológica debe adaptarse según las necesidades presentes en cada tipo de bosque y los objetivos, así como las estrategias deben establecerse según las características, potenciales, limitantes y demás factores particulares del bosque a intervenir (Vargas, Díaz, Reyes, y Gómez, 2012).

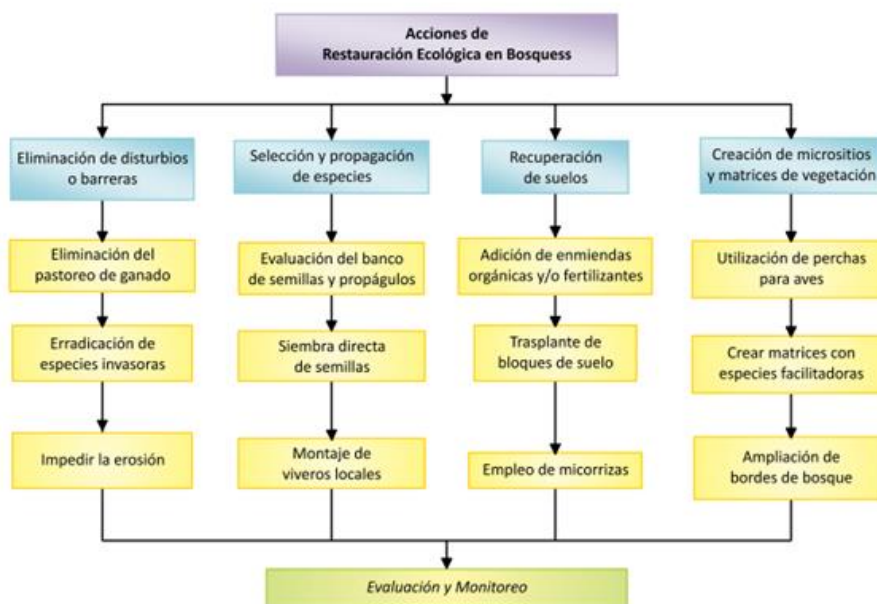


Figura 14. Acciones restaurativas aplicadas a bosques. Vargas, et al, 2012

Restauración ecológica del bosque seco tropical (bs – T). El bosque seco presenta características especiales de régimen climático, así como adaptaciones ecofisiológicas a los períodos de extrema sequía por lo que se deben tomar en cuenta sus variables particulares al momento de definir los objetivos y las metas de restauración; así mismo al establecer las acciones de intervención se deben considerar dichos aspectos pues muchas de las actividades de

restauración aplicadas a otros tipos de bosque, resultan experimentar restricciones al momento de ser aplicadas en este bioma (Vieira & Scariot, 2006), citado por (Vargas, et al, 2012); por ejemplo Ceccon (2010) advierte que la marcada estacionalidad climática característica de los bosques secos, afecta los patrones de fenología, producción de semillas, germinación, sobrevivencia y desarrollo de las especies; y Vargas, et al (2012) señala que la alta susceptibilidad ecofisiológica al fuego, presente en las especies, pondría en peligro la puesta en práctica de acciones restaurativas, pues cualquier disturbio relacionado con el fuego podría afectar severamente el proceso adelantado previamente, especialmente en áreas de pastos, cercanas a zonas que aún son utilizadas para ganado, donde el uso del fuego es frecuente en épocas de verano. Observemos algunos patrones a tener en cuenta al momento de establecer un modelo restaurativo para el bosque seco:

Restauración pasiva en el bosque seco tropical. Los logros de esta estrategia dependerán de relictos de bosque cercanos en buen estado de conservación, como fuentes de propágulos cercanos, pues en este bioma resalta la ausencia de bancos de semillas persistentes (Maza, Balvanera & Martínez, 2011) citado por (Vargas, et al, 2012).

Banco de semillas. Se caracteriza por ser efímero, semillas con bajo porcentaje de germinación, luego de tiempos prolongados en el suelo, dificultando el almacén de semillas por tiempos prolongados, para su posterior siembra (Rico & García, 1992) citado por (Vargas, et al, 2012).

Propagación de material vegetal. Al momento de la plantación, las plántulas cultivadas en invernaderos deben presentar un tamaño óptimo, y sistema radicular bien desarrollado, que le permita soportar las condiciones de estrés hídrico, encontrándose un mayor porcentaje de mortalidad de plántulas luego de su reclutamiento comparada con otros tipos de bosques. Si se va a efectuar siembra directa, las semillas utilizadas deben ser cosechadas en un tiempo máximo de seis meses antes de su germinación (Ceccon, 2010).

La polinización. “La mayoría de las especies arbóreas tropicales son polinizadas por animales, destacándose la polinización por abejas y aves”. (Ceccon, 2015, p. 24)

Dispersión. Para los bosques tropicales el tipo de dispersión más importante es la zoocoria, y en particular la endozocoria, con un porcentaje de 46,2% (dispersión por ingestión), presentando ventajas como la capacidad de dispersión a largas distancias y con dispersión dirigida a microhábitats adecuados para el desarrollo de la plantula (Howe & Smallwood, 1982; Jordano, 2000) citado por (Jara, 2014). En un estudio desarrollado en Bolivia para un remanente de bosque seco se encontró que de 102 especies arbóreas, el 37% corresponde a dispersión anemocórica, el 13% a especies con dispersión autocórica y el 50% con síndrome de dispersión zoocórica, presentándose la dispersión autocórica en mayor medida en la época seca (Mostacedo, Pereira, & Fredericksen, 2001)

Germinación. En un estudio de bosque seco desarrollado en el valle del Cauca se encontraron especies heliófilas, es decir especies que requieren de luz directa para germinar, crecer y consolidarse como *G. angustifolia*, *C. gossypifolius* y *A. muricata*, sin embargo estas

presentaron las tasas más altas de mortalidad, debido al aumento de cobertura de dosel; por su parte en el mismo estudio se reportaron otras especies heliófilas como la *Acacia farnesiana*, asociada a zonas de alta perturbación, de estados sucesionales tempranos, la *Albizia guachapele*, árbol utilizado para forrajeo y sombrío en potreros, con alta capacidad para establecerse a nivel plantular en condiciones adversas, con bajos nutrientes y escaso drenaje, utilizada en proyectos de reforestación en zonas degradadas, la *C. gossypifolius*, especie de rápido crecimiento, establecida en zonas de variada perturbación, también se presentaron especies tolerantes a la sombra en estados tempranos de crecimiento como *Sorocea sprucei* y *Syagrus sancona*, *Casearia*, *Capparis*, *Machaerium*, *Trichilia* y *Pisonia* (IAvH, 2012).

Regeneración. En un estudio desarrollado en el valle del cauca para bosque seco tropical se desarrollaron dos estrategias para permitir la regeneración natural; una consistía en la siembra de bambú chino (*Phyllostachys aurea* Rivière & C.Rivière), sembradas en la ronda de los parches, a una altura de 4 m y un ancho de 2 a 4 m, (Londoño, 2004); en el caso de la otra estrategia se permitió la regeneración natural sin el establecimiento de barreras.

Algunos mecanismos de restauración aplicables al bosque seco.

Técnicas para sobrellevar la sequía. Investigadores venezolanos recomiendan evaluar la dependencia que tienen las especies nativas con la presencia de propágulos de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA), especialmente en el caso de áreas severamente perturbadas, pues según un estudio desarrollado en remanentes de bosque seco venezolanos se encontró una recuperación del inóculo de micorrizas arbusculares a través de una cronosecuencia

de áreas degradadas por extracción de arena, siendo mayor la colonización en la localidad con mayor tiempo de ejecución, pudiéndose evidenciar que el uso de inóculos de especies nativas de micorrizas estimulan por largos períodos de tiempo el crecimiento arbóreo en áreas muy degradadas (Allen, Allen & Gómez, 2005) citado por (Vargas, et al, 2012). Otra técnica aplicada a este bosque es la incorporación de hidrogel capaz de almacenar y liberar agua, evidenciándose resultados favorables en cuanto a crecimiento, altura y supervivencia de plántulas (Fajardo, Rodríguez, Gonzáles y Briceño, 2011) citado por (Garzón y Gutierrez, 2016).

Suelos afectados por tala y quema para establecimiento ganadero. Reyes (2011) citado por Vargas, et al (2012) recomienda remover los 10 primeros centímetros de suelo, trayendo consigo un efecto positivo en el crecimiento de especies trasplantadas.

Procesos sucesionales. Melo, Paz y Guerra (2008) citados por (Vargas, et al, 2012) sugieren “la apertura de aproximadamente el 40% del dosel en fragmentos de bosque seco en proceso de regeneración, con el fin de disminuir las tasas de mortalidad de especies sucesionales tempranas y mejorar su reclutamiento”. p. 65; por su parte Mostacedo, Putz, Fredericksen, Villca, & Palacios, (2009) recomiendan usar esquejes de especies arbóreas y arbustivas estimulando la capacidad de rebrote de estos. Castellanos y Bonfil, (2010) fomentan la reintroducción de árboles del género *Bursera* a partir de estacas enraizadas como técnica para la restauración del bosque seco tropical en México, y esto se debe a que los mismos bosques mexicanos registran alrededor de 80 especies del género *Bursera*, por lo que los mismos se encuentran adaptados a estas circunstancias. Griscoma & Ashton (2011) citando a otros autores (Gerhardt, 1993; Janzen, 2002; Griscom et al, 2005, 2009; Wishnie et al., 2007; Parques et al.,

2010; Hall et al. 2010) argumentan que “los procesos sucesionales naturales se pueden facilitar con el mínimo de intervención, ej. Protección a la tierra, o con prácticas intensivas, ej. preparación del sitio, plantaciones”. p. 1573. Ver tabla 6.

Plantaciones de enriquecimiento. Griscoma & Ashton (2011) establecen que una de las técnicas de menor inversión son las plantaciones de enriquecimiento de especies de árboles nativos para introducir diversidad y/o valor a los ecosistemas.

Siembra de especies nativas atrayentes de polinizadores y dispersores de semillas. “Los árboles aislados, lineales o agrupados permiten que persistan dispersores de semillas en paisajes agrícolas al proporcionar hábitat y recursos; escasos en el ambiente abierto de los pastos”.

(Griscoma & Ashton, 2011, p. 1573)

Tabla 6

Algunas estrategias de restauración relacionadas con los aspectos de regeneración natural del bosque seco tropical

Aspectos de la regeneración natural	Bosque seco	Estrategias de restauración / Aspectos a considerar para la restauración de bosque seco
Fenología	Dispersión de semillas secas y barocóricas concentrada al final de la estación seca, frutos carnosos en la estación de lluvias, con la germinación en la siguiente temporada de lluvias.	Las semillas pueden ser colectadas y guardadas hasta que se presenten mejores condiciones de humedad, lo cual puede maximizar la duración de las lluvias para las plántulas, potencializa su crecimiento y su posibilidad de supervivencia. Las plántulas también deben sembrarse en la época de mayor humedad.

Continuación Tabla 6 Algunas estrategias de restauración relacionadas con los aspectos de regeneración natural del bosque seco tropical

		Las semillas transportadas por el viento se dispersan fácilmente en las áreas abiertas adyacentes.
Tipos de semillas, formas de dispersión y bancos de semillas	Se presenta una proporción relativamente alta de frutos y semillas secas y semillas latentes, dispersadas por el viento.	Potencial de almacenamiento de semillas latentes.
	Pocas especies tienen banco de semillas en este tipo de bosque.	Se presenta una alta proporción de especies con semillas dispersadas por vertebrados que deben ser consideradas.
Resistencia al fuego	El fuego no es un disturbio natural frecuente.	La protección contra el fuego ayuda el desarrollo de la sucesión.
Capacidad de rebrote	Alta proporción de especies con capacidad para rebrotar.	Considerar el rebrote como una estrategia de restauración. Evaluar el uso de esquejes.
Germinación y establecimiento de plántulas	La cobertura de plantas facilita la germinación y el establecimiento de plántulas.	Es importante eliminar las malezas presentes alrededor de árboles jóvenes y plántulas establecidos.
	Alto crecimiento de plántulas en áreas abiertas.	
Predación de semillas	Mortalidad de plántulas muy alta en comparación con el bosque húmedo.	Sepultar semillas, seleccionar especies menos susceptibles a la predación; sembrar plántulas y esquejes.
	Literatura escasa. Al parecer es dependiente del tipo de semilla y de la estructura de la vegetación.	

Nota: La tabla presenta información de los indicadores socioeconómicos. Fuente: Vargas, et al (2012)

Especies del bosque seco. En Colombia se han identificado tres núcleos florísticos: el Caribe, los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena y los afloramientos rocosos de la región de los llanos orientales (Linares, et al, 2011) citado por (Pizano, et al, 2014). El libro del bosque seco tropical construyó un listado de plantas vasculares destacándose: ver tabla 7 y 8.

Tabla 7

Familias con más de veinte especies registradas en el bosque seco tropical colombiano

División	Familia	Número de especies			Total	
		Nativas	Naturalizadas	Exóticas		
Eudicotiledóneas	<i>Fabaceae</i>	304	4	31	339	
	<i>Rubiaceae</i>	101	2	3	106	
	<i>Malvaceae</i>	97	-	4	101	
	<i>Asteraceae</i>	86	2	4	92	
	<i>Euphorbiaceae</i>	86	-	4	90	
	<i>Melastomataceae</i>	71	-	-	71	
	<i>Bignoceae</i>	60	-	4	64	
	<i>Apocynaceae</i>	50	-	5	57	
	<i>Solanaceae</i>	45	-	4	53	
	<i>Sapindaceae</i>	50	-	1	52	
	<i>Moraceae</i>	43	2	8	51	
	<i>Acanthaceae</i>	36	4	2	42	
	<i>Boraginaceae</i>	38	1	-	40	
	<i>Convolvulaceae</i>	39	-	-	39	
	<i>Lamiaceae</i>	30	4	5	37	
	<i>Urticaceae</i>	28	2	3	31	
	<i>Salicaceae</i>	24	-	5	29	
	<i>Verbenaceae</i>	21	3	4	28	
	<i>Cactaceae</i>	27	-	-	27	
	<i>Myrtaceae</i>	25	-	2	27	
	<i>Malpighiaceae</i>	25	-	1	26	
	<i>Amaranthaceae</i>	23	-	-	25	
	<i>Capparaceae</i>	23	-	-	23	
	<i>Rutaceae</i>	18	-	5	23	
	<i>Primulaceae</i>	21	-	.	21	
	<i>Poaceae</i>	64	21	18	103	
	Monocotiledóneas	<i>Orchidaceae</i>	81	.	-	81
		<i>Araceae</i>	41	.	3	25
		<i>Bromeliaceae</i>	41	.	1	42
		<i>Arecaceae</i>	30	.	7	37
Magnólidas	<i>Piperaceae</i>	39	-	-	39	
	<i>Lauraceae</i>	28	-	-	29	
	<i>Annonaceae</i>	23	-	-	23	

Nota: La tabla presenta información de las familias con más de veinte especies registradas en el bosque seco tropical colombiano. Fuente: Pizano, et al, 2014

Tabla 8
Géneros con más de 15 especies registradas en los bosques secos colombianos

División	Familia	Número de especies			Total
		Nativas	Naturalizadas	Exóticas	
Eudicotiledóneas	<i>Miconia</i>	33	-	-	33
	<i>Ficus</i>	23	-	7	30
	<i>Inga</i>	27	-	-	27
	<i>Salanum</i>	23	3	-	26
	<i>Senna</i>	20	2	2	24
	<i>Croton</i>	22	-	-	22
	<i>Cordia</i>	20	-	-	20
	<i>Passiflora</i>	17	-	1	18
	<i>Psychotria</i>	17	-	-	17
	<i>Sida</i>	17	-	-	17
	<i>Paullina</i>	16	-	-	16
	<i>Erythroxylum</i>	15	-	-	15
	<i>Ipomea</i>	15	-	-	15
	<i>Casearia</i>	12	-	3	15
Monocotiledóneas	<i>Tillandsia</i>	17	-	-	17
Magnólicas	<i>Pipper</i>	26	-	-	26

Nota: La tabla presenta información de los géneros con más de 15 especies registradas en los bosques secos colombianos. Fuente: Pizano, et al, 2014

Monitoreo del bosque seco. Resulta indispensable en cualquier proceso de restauración ecológica aplicado a bosques monitorear el crecimiento por medio de datos de altura, cobertura, número de ramas, tiempo de floración y fructificación. A nivel de paisaje, identificar especies de diferentes estados sucesionales y estratos, recuperación del horizonte orgánico de los suelos y fauna asociada. (Vargas, et al, 2012)

Patrones por monitorear. Finegan (1996); Henry & Jouard (2007); van Breugel, et al (2007); Babweteera & Brown (2009) citados por Vargas, et al (2012) teniendo como fundamento los parámetros observados en los cambios sucesionales en los diferentes tipos de bosques recomiendan las siguientes variables para bosque seco:

Reclutamiento, mortalidad y crecimiento de individuos, cambios en la diversidad, estructura y complejidad de la vegetación.

Varios autores recomiendan la utilización de insectos para determinar la evolución de un proceso de restauración en el bosque seco por ejemplo Dominguez y Armbrecht (2009, 2011), citados por Vargas, et al (2012) realizaron un estudio en el cual monitoreaban los gremios de hormigas, evidenciando que a medida que la rehabilitación del ecosistema iba aumentando en términos de composición, también lo hacían los gremios de hormigas, recomendando el monitoreo de hormigas como indicador de recuperación; por su parte García y Chacón (2005) recomiendan el estudio de Coleópteros de la familia *Staphylinidae*, como grupo bioindicador de paisajes naturales y alterados en bosques secos, adelantando trabajos en el los bosques secos del Valle del Cauca. Ver tabla 9.

Tabla 9

Ejemplo de diseño de monitoreo para bosque seco tropical

Indicador	Objetivo	Estrategia de restauración	Tiempo de recuperación	Escala Temporal
A nivel de hábitat/Paisaje				
Conteo de avifauna / mamíferos	Recuperación de hábitat	Control de fuego/Revegetalización	Largo plazo	Medidas anuales
Conectividad entre parches de vegetación	Recuperación de conectividad	Revegetalización	Mediano – largo plazo	Cada tres años
A nivel de suelo				
Banco de semillas sps. nativas	Recuperación de cobertura vegetal	Control de fuego	Mediano plazo	Anual
Porcentaje de asociaciones micorrizas Cada año	Recuperación de condiciones del suelo	Revegetalización	Mediano / largo plazo	Anual
A nivel de biota				
Abundancia de individuos plantas en diferentes estratos vegetales	Recuperación de la biodiversidad	Control de tensionantes	Corto y largo plazo	Anual
Tasas de supervivencia	Recuperación de especies nativas	Revegetalización	Corto plazo	Semestral

Nota: La tabla presenta un ejemplo del diseño de monitoreo para bosque seco tropical Fuente: MINAMBIENTE, 2015

Parcelas permanentes como estrategia de monitoreo. Garantizan el correcto funcionamiento de los procesos de restauración, a través del seguimiento de las variables de integridad ecológica. Para implementar un programa de monitoreo a partir de la implementación de parcelas permanentes, se debe asegurar que las mismas estén acorde a los objetivos y metas del proyecto y considerar los alcances que ofrece en la evaluación de la restauración.

2.5 Marco Legal

2.5.1 Constitución política de Colombia 1991. Artículo 8. Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación. (Constitución Política de Colombia, 1991)

Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

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. (Constitución Política de Colombia, 1991)

Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas. (Constitución Política de Colombia, 1991)

2.5.2 La cumbre de la tierra. El 2 de junio de 1992 en rio de janeiro se celebró la cumbre de la tierra o también conocida como la cumbre de rio donde se trataron temáticas ambientales como la conservación y recuperación de hábitats, también se firmaron documentos como la declaración de los principios sobre los bosques entre otros, la finalidad de la cumbre era obtener una alianza a nivel mundial en el cual se pudiera proteger la integridad del medio ambiente, (Naciones unidas, 2018)

2.5.3 Ley 2 de 1959. Reservas Forestales establecidas por la Ley 2ª de 1959 Las siete (7) áreas de reserva forestal constituidas mediante la expedición de la Ley 2ª de 1959, están orientadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre. No son áreas protegidas, sin embargo, en su interior se encuentran áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP y territorios colectivos. - Zonificación y Ordenamiento Ambiental Para estas áreas de reserva forestal de Ley 2ª, la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, ha desarrollado los procesos de zonificación y ordenamiento, con el propósito de establecer los lineamientos generales para orientar los procesos de ordenación ambiental al interior de estas áreas, sirviendo como insumo planificador y orientador en materia ambiental para los diferentes

sectores productivos del país, sin generar cambios en el uso del suelo, ni cambios que impliquen modificar la naturaleza misma de la Reserva Forestal. (Minambiente, 1959)

2.5.4 Ley 23 de 1973. Por la cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones. El Congreso de Colombia Decreta: Art. 1. Es objeto de la presente ley prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del Territorio Nacional.

Art. 2. El medio ambiente es un patrimonio común; por lo tanto, su mejoramiento y conservación son actividades de utilidad pública, en las que deberán participar el Estado y los particulares. Para efectos de la presente Ley, se entenderá que el medio ambiente está constituido por la atmósfera y los recursos naturales renovables.

Art. 3. Se consideran bienes contaminables el aire, el agua y el suelo.

Art. 4. Se entiende por contaminación la alteración del medio ambiente por sustancias o formas de energía puestas allí por la actividad humana o de la naturaleza en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir con el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora y la fauna, degradar la calidad del medio ambiente o afectar los recursos de la Nación o de particulares. (Minambiente, 1973)

2.5.5 Ley 99 de 1993 (diciembre 22). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. El Congreso de Colombia, decreta: Título i fundamentos de la política ambiental colombiana artículo 1. Principios Generales Ambientales. La política ambiental colombiana seguirá los siguientes principios generales: 1. El proceso de desarrollo económico y social del país se orientará según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Rio de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo. 2. La biodiversidad del país, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible. (El Congreso de Colombia, 1993)

2.5.6 Ley 299 del 26 de julio de 1996. Por la cual se protege la flora colombiana, se reglamentan los jardines botánicos y se dictan otras disposiciones. El congreso de Colombia decreta: Artículo 1: La flora colombiana. La conservación, la protección, la propagación, la investigación, el conocimiento y el uso sostenible de los recursos de la flora colombiana son estratégicos para el país y constituyen prioridad dentro de la política ambiental. Son de interés público y beneficio social y tendrán prelación en la asignación de recursos en los planes y programas de desarrollo y en el presupuesto general de la Nación y en los presupuestos de las entidades territoriales y de las Corporaciones Autónomas Regionales. Artículo 2: Los jardines botánicos. Los jardines botánicos, como colecciones de plantas vivas científicamente organizadas, constituidos conforme a esta Ley, podrán manejar herbarios y germoplasma vegetal en bancos de genes o en bancos de semillas; deberán ejecutarse programas permanentes de

investigación básica y aplicada, de conservación in situ y ex situ y de educación; utilizarán para sus actividades tecnológicas no contaminantes y deberán adoptar los siguientes propósitos primordiales para el cumplimiento de sus objetivos sociales. (El congreso de Colombia, 1996)

2.5.7 Ley 388 de 1997. (Julio 18). Diario Oficial No. 43.091, de 24 de julio de 1997. Fe de erratas. Diario Oficial No. 43.127, de 12 de septiembre de 1997. Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones. El Congreso de Colombia decreta: Capítulo I. Objetivos y principios generales. Artículo 1. objetivos. La presente ley tiene por objetivos:

1. Armonizar y actualizar las disposiciones contenidas en la Ley 9ª de 1989 con las nuevas normas establecidas en la Constitución Política, la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo, la Ley Orgánica de Áreas Metropolitanas y la Ley por la que se crea el Sistema Nacional Ambiental.

2. El establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes.

3. Garantizar que la utilización del suelo por parte de sus propietarios se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios, y velar por la creación y la defensa del espacio público, así como por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres.

4. Promover la armoniosa concurrencia de la Nación, las entidades territoriales, las autoridades ambientales y las instancias y autoridades administrativas y de planificación, en el cumplimiento de las obligaciones constitucionales y legales que prescriben al Estado el ordenamiento del territorio, para lograr el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. (El Congreso de Colombia, 1997)

2.5.8 Ley 1333 de 2009. (julio 21). Diario Oficial No. 47.417 de 21 de julio de 2009. Congreso de la república. Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones. El congreso de la república decreta: Título i. Disposiciones generales.

Artículo 4. Funciones de la sanción y de las medidas preventivas en materia ambiental. Las sanciones administrativas en materia ambiental tienen una función preventiva, correctiva y compensatoria, para garantizar la efectividad de los principios y fines previstos en la Constitución, los Tratados Internacionales, la ley y el Reglamento.

Las medidas preventivas, por su parte, tienen como función prevenir, impedir o evitar la continuación de la ocurrencia de un hecho, la realización de una actividad o la existencia de una situación que atente contra el medio ambiente, los recursos naturales, el paisaje o la salud humana. (El congreso de la república, 2009)

2.5.9 Decreto Ley 2811 de 1974. En materia de ordenación, manejo y aprovechamiento forestal y se adoptan otras determinaciones” El presidente de la república de Colombia, en ejercicio de sus facultades constitucionales y legales, en especial las previstas en el numeral 11

del Artículo 189 de la Constitución Política y en desarrollo del Decreto Ley 2811 de 1974, considerando que la Constitución Política de Colombia consagra en el artículo 79 de que “Todas las personas tienen el derecho a gozar de un ambiente sano, La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. 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”. Así mismo, el artículo 80 dispone que “El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados”.

Que el artículo 199 del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente define la flora silvestre como “... el conjunto de especies e individuos vegetales del territorio nacional que no se han plantado o mejorado por el hombre”; el artículo 200 señala que para la protección de la flora silvestre se pueden tomar medidas tales como a) Intervenir en el manejo, uso, aprovechamiento y comercialización de especies e individuos de la flora silvestre y de sus productos primarios, de propiedad pública o privada,...; b) Fomentar y restaurar la flora silvestre; y c) Controlar las especies o individuos de la flora silvestre mediante prácticas de orden ecológico”. Así mismo, el artículo 201 establece las funciones que deben ejercerse para el manejo, uso, aprovechamiento y comercialización de la flora silvestre, dentro de las cuales están las de “... a) Reglamentar y vigilar la comercialización y aprovechamiento de especies e individuos de la flora silvestre y de sus productos primarios, de propiedad pública o privada, ... b) Conservar y preservar la renovación natural de la flora

silvestre; c) Realizar directamente el aprovechamiento del recurso, cuando razones de orden ecológico, económico o social lo justifiquen; y d) Crear y administrar zonas para promover el desarrollo de especies”. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2011)

2.5.10 Resolución 2725 del 26 de diciembre 2017. “Por la cual se levanta de manera parcial la veda de especies de flora silvestre y se toman otras determinaciones”. El director de bosques, biodiversidad y servicios ecosistémicos del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible que por medio de Auto No. 106 del 04 de abril del 2017, la dirección de bosques biodiversidad y servicios ecosistémicos, dio inicio a la evaluación administrativa ambiental para el levantamiento parcial de veda de las especies de flora silvestre que serán afectadas por el desarrollo del proyecto “Mejoramiento mediante la construcción, gestión predial, social y ambiental de los terceros carriles de adelantamiento tramo Balsillas - Mosquera. (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2017)

2.5.11 Acuerdo 096 de 2017. Mediante el cual se reglamenta el proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas.

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación desarrollada es aplicada, de tipo correlacional, diseño no experimental y enfoque mixto.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población. La población escogida para el estudio es el área destinada al proyecto jardín botánico J.E.Q.A. correspondiente a 33.47 ha, así como cada una de sus componentes.

3.2.2 Muestra. Las unidades medidas, áreas con porcentajes mayores al 90% de conservación utilizadas como sistema de referencia y para establecimiento de línea base, así como las áreas prioritizables a restaurar.

3.3 Metodología

La metodología empleada está orientada a partir de los componentes básicos para el diseño y formulación de un plan de restauración ecológica contenidos en el Plan Nacional de Restauración: Restauración ecológica, Rehabilitación y Recuperación de áreas disturbadas (MINAMBIENTE, 2016).

Recopilación de información secundaria y reconocimiento de áreas. Para determinar los límites del proyecto inicialmente se recopila información secundaria de la oficina del proyecto jardín botánico J.E.Q.A., se solicita cartografía a la oficina de planeación de la U.F.P.S.O., luego se establecen recorridos con la finalidad de conocer las unidades a restaurar, se procede a la recopilación de datos climáticos de los últimos años solicitando los datos al IDEAM, la geología del suelo se establece basándose en información geográfica del servicio geológico colombiano, buscando obtener información sobre los componentes del suelo, las redes de drenaje que pasan dentro del sitio de estudio se solicitaron a CORPONOR en formato shape para identificar su ubicación espacial y longitud, la información edáfica se recopiló por medio del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, para identificar el tipo de uso de suelo y las características de los mismos, el plan de ordenamiento territorial PBOT de Ocaña permitió identificar la veredas que hacen parte de la zona de estudio, con esta información se identificó la población que tiene más influencia directa con el área del proyecto jardín botánico.

Caracterización social. Por medio de entrevistas y encuestas se identificaron los aspectos tensionantes, limitantes y potenciadores para la restauración.

Zonificación y priorización de áreas. Con el fin de identificar las zonas priorizables para la restauración ecológica, se realiza una zonificación de coberturas mediante la metodología Corine Land Cover, se clasificaron coberturas y se establecieron unidades de paisaje de 200 * 200 metros con la ayuda del software ArcGIS, una vez identificadas las coberturas se evaluó el porcentaje de área conservada y degradada de cada unidad, priorizando aquellas áreas con potencial de restauración.

Caracterización florística. Se utilizó la metodología propuesta por Gentry, en la cual se establecieron 10 transectos en las zonas más conservadas del área del proyecto jardín botánico J.E.Q.A., cada parcela abarcó un área de 100 m², para cubrir un área de 0.1 ha. En cada parcela se identificaron aquellas especies lignificadas con un CAP igual o mayor a 3 cm, valorando patrones de riqueza, diversidad e importancia (Villareal, et al. 2006).

Caracterización edáfica. Se realizaron pruebas de suelo con la finalidad de analizar su composición y demás índices como textura, plasticidad, composición, infiltración, a partir de toma de muestras de áreas conservadas y áreas degradadas según sea el caso, las muestras se tomaron siguiendo las metodologías de (SENA, 2013; Santos, Saavedra, Suárez, Coello, y Solaz, 2014), la cual establece que cada una debe tener aproximadamente 2 Kg de suelo, debidamente empacadas y rotuladas en bolsas herméticas.

Caracterización hidrológica. Se tomaron muestras de agua de aquellas fuentes hídricas presentes en el área de estudio, analizando parámetros fisicoquímicos en laboratorio como PH, turbiedad, color, solidos totales, alcalinidad, dureza, DQO, oxígeno disuelto, conductividad. Así mismo se midieron los caudales de aquellas fuentes permanentes por el método del flotador en el que según (FAO, 2019), se deben establecer dos puntos de medición, tomar el tiempo que tarda el flotador de llegar de un punto a otro y medir la sección transversal, se llevará una cartera de campo y se evaluará el comportamiento del caudal.

Descripción del estado original del ecosistema degradado y trayectoria ecológica.
Según la información obtenida en la zonificación, los parámetros medidos anteriormente y

tomando como base las zonas mejores conservadas, se describen las condiciones que presentaban las zonas degradadas antes de llegar a ese estado, es decir, su estado original. La trayectoria ecológica es trazada a partir de las unidades de paisaje con mayor estado de conservación y la conservación actual.

Descripción de los factores de disturbio. A partir de la recopilación de información secundaria y primaria se establecen los disturbios presentes en la zona identificando su frecuencia y recurrencia.

Identificación de actores locales. Los actores locales se identificaron con la información primaria y secundaria recopilada.

Definir la meta y objetivos de restauración. A partir de las necesidades del bosque seco tropical del proyecto jardín se establecieron objetivo de restauración, y las metas a corto, mediano y largo plazo.

Métodos de restauración ecológica. Se establecieron programas incluyendo mecanismos de restauración aplicables al área del proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas.

Programa de seguimiento y monitoreo a la restauración. Se desarrolló un programa de monitoreo con el fin de evaluar el proceso desarrollado en los diferentes mecanismos empleados, estableciéndose criterios, indicadores y cuantificadores de medición de los programas.

Capítulo 4. Presentación de resultados

Objetivo específico 1. Realizar un diagnóstico situacional ambiental que permita reconocer el potencial biótico, físico y social del área de influencia directa

4.1 Identificación de la localización y límites del proyecto

4.1.1 Información base. El proyecto de restauración se realizará en la zona rural del municipio de Ocaña, específicamente en el área del proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas perteneciente a la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Ver figura 15.

Área de la U.F.P.S.O.: 103.457 hectáreas

Área del proyecto Jardín Botánico: 33.47 hectáreas

Análisis de datos. El proyecto jardín botánico J.E.Q.A. creado mediante el acuerdo 096 de 2017 posee una extensión de 33.47 ha, (SIGA U.F.P.S.O., 2014), representando un 32.35 % de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, 4.41 ha se encuentran en conflicto legal con habitantes aledaños a la zona representando un 13.18% de dicha área y 3 ha se encuentran en condición de arrendamiento al grupo EPM, el cual subcontrató a Servicios Ambientales Geográficos (SAG), para adelantar labores de rehabilitación ambiental, correspondientes a medidas compensatorias y correctivas de un proyecto previo

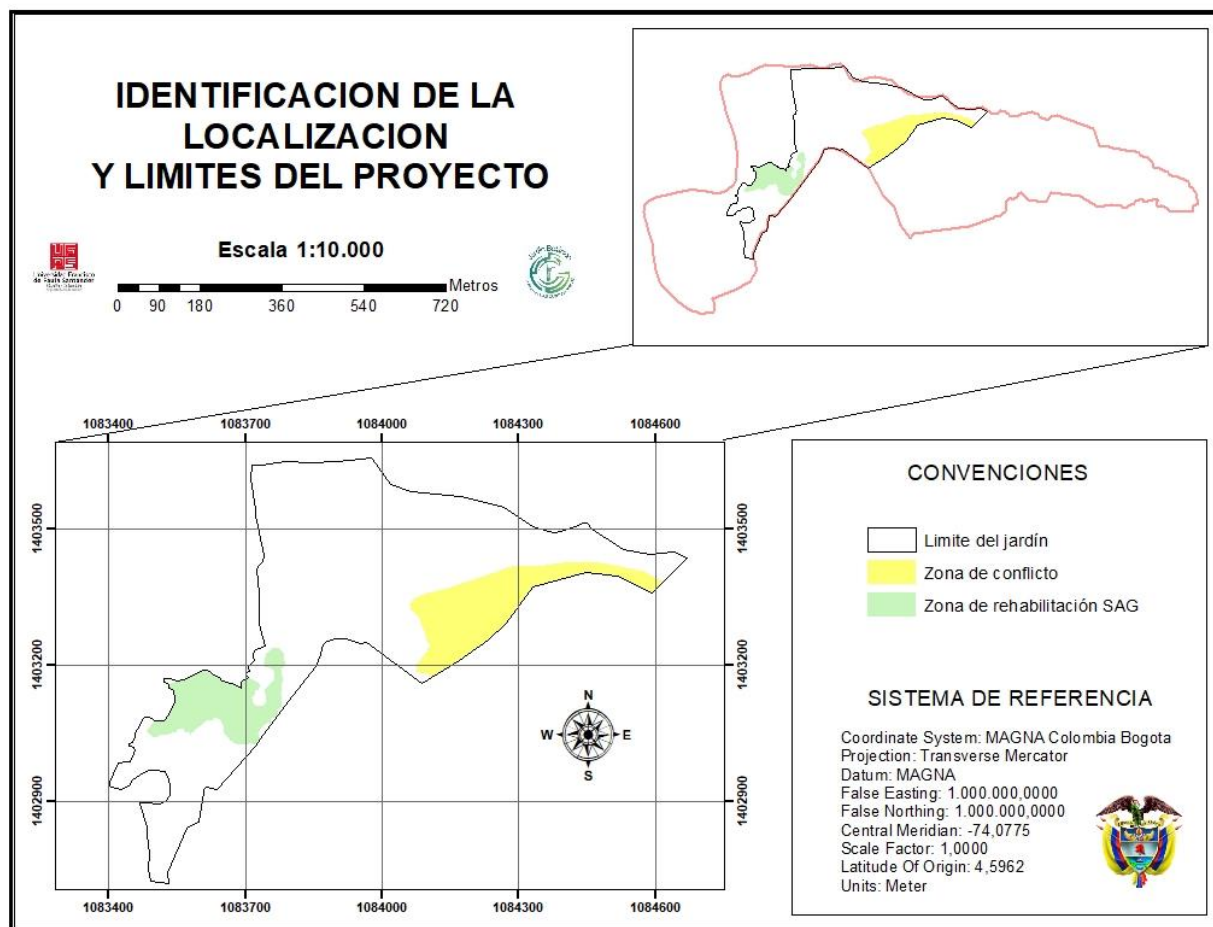


Figura 15. Identificación de la localización y límites del proyecto. Luna y Arévalo, (2019)

4.1.2 Reconocimiento de las áreas priorizadas a restaurar. Se realizaron recorridos por el área del proyecto con el fin de identificar posibles zonas priorizables a restaurar, así mismo se llenaron formatos para identificar variables. Ver apéndice A

Zona 1: Zona con erosión en grado de complicación 1 (laminar), constituida por 4 fragmentos, que juntos constituyen una extensión de 44 m². Ver figura 16.



Figura 16. Zonas de erosión grado de complicación 1

Zona 2: Constituida por un sector de 737.58 m^2 , en donde se encuentra ubicada una torre de energía eléctrica, la cual conforma la nueva línea de transmisión del grupo empresarial EPM, y centrales eléctricas de Norte de Santander, dentro de esta extensión se debe tener en cuenta que se deben respetar 10 metros a la redonda del eje central de la torre, quedando solamente una extensión de 423.421 m^2 , las cuales conforman la ruta de entrada a la torre y alrededores de la zanja de coronación. Ver figura 17.



Figura 17. zona de erosión grado de complicación 2

Zona 3: Conformada por una zona de extensión de 86.4 m², con erosión en grados de complicación 1 (laminar) y 2 (surcos), presencia de infraestructura civil. Ver figura 18.



Figura 18. Zona de erosión grado de complicación 1 y 2

Zona 4: Conformada por una zona de 9629.97 m², dominada por helecho marranero (*Pteridium aquinillum*), especie invasora, que se extiende por toda la ladera de la montaña y dificulta el acceso a la zona de conflicto. Ver figura 19.



Figura 19. Zona de *Pteridium aquinillum*

Zona 5: Conformada por la zona de conflicto, con una extensión de 44102.41 m², presentándose erosión en grados de complicación, 1, 2 y 3 (laminar, surcos, y cárcavas), y fragmentos de vegetación nativa, con algunos parches de helechales. Se observan diferentes tonalidades de color edáfico. Ver figura 20.



Figura 20. Zona de conflictos

Discusión. Inicialmente se realizaron recorridos por el área destinada al proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas, en el que se identificaron 5 zonas que suman un área de 54600,36 m² en las que se presentan uno o todos los siguientes tipos de complicación de erosión 1, 2 y 3 como lo son (laminar, surcos, y cárcavas), y en otras algunos parches de vegetación con helechos.

4.2 Diagnostico socio-ambiental

4.2.1 Recopilación de información secundaria.

4.2.1.1 Climática. Se recopilaron datos anuales y mensuales de 26 años consecutivos contados desde 1992 hasta el año 2017, proporcionados por el IDEAM. Se establecieron promedios mensuales y anuales, así como los meses y años que presentaban los más bajos y altos parámetros; para determinar el comportamiento climático tanto mensual como anual de los últimos 26 años. Los parámetros escogidos debido a su importancia en la restauración fueron los siguientes: Brillo solar, evaporación, precipitación, humedad relativa, nubosidad, punto de rocío, temperatura.

Brillo Solar. Ver tabla 10 , figura 21 y tabla 11 y figura 22.

Tabla 10

Media anual de brillo solar

	Promedio Anual (horas/día)	
AÑO		VALOR
1992		5.14
1993		4.90
1994		4.60
1995		4.82
1996		4.41
1997		4.43
1998		4.21
1999		4.03
2000		4.8
2001		4.88
2002		5.09
2003		8.44
2004		4.41
2005		4.36
2006		4.21
2007		4.48

Continuación Tabla 10 Media anual de brillo solar

2008	4.48
2009	4.93
2010	4.43
2011	4.02
2012	4.92
2013	4.48
2014	4.81
2015	4.12
2016	4.59
2017	4.59

Nota. La tabla muestra el promedio de horas/día de brillo solar para cada año contado desde 1992 hasta 2017.

Fuente IDEAM (2018)

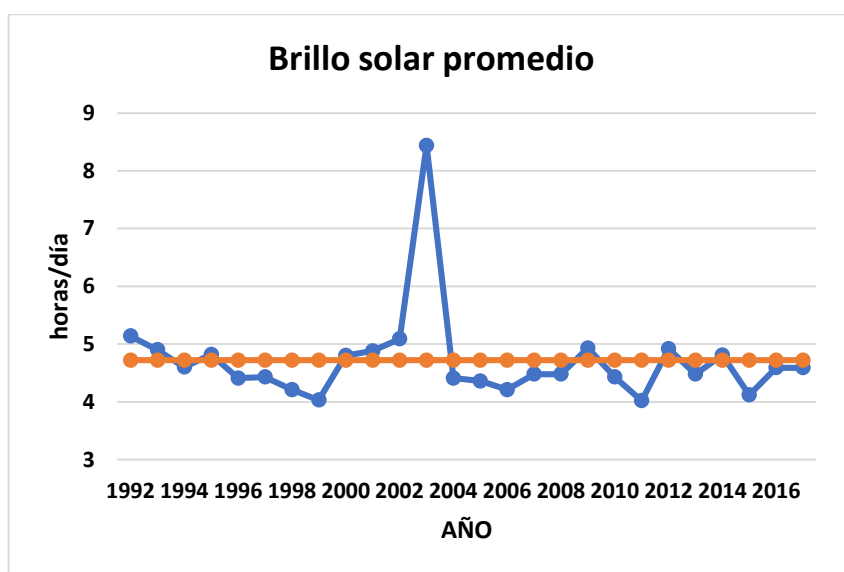


Figura 21. Media anual de brillo solar. Fuente: IDEAM (2018)

Discusión. Los parámetros climáticos solicitados al IDEAM fueron procesados y promediados todos los meses de cada año, con esta información se pudo determinar el tiempo total que incide la luz solar en el área del proyecto jardín botánico (Etesa, 2019), mediante el brillo solar que arrojó una intensidad promedio anual de 4.7 horas/día, con un mínimo de 4.02 en el año 2011 y un máximo de 8.44 horas/día en el año 2003, dentro del rango de los años muestreados.

Tabla 11
Media mensual brillo solar

Promedio Mensual 1992-2017 (horas/día)	
MES	VALOR
ENERO	5.48
FEBRERO	5.28
MARZO	3.93
ABRIL	3.48
MAYO	3.94
JUNIO	4.99
JULIO	5.76
AGOSTO	7.11
SEPTIEMBRE	4.20
OCTUBRE	4.12
NOVIEMBRE	3.94
DICIEMBRE	4.77

Nota. La tabla muestra el promedio de horas/día de brillo solar para cada mes tomando como base los meses contados desde 1997 hasta 2017 Fuente: IDEAM.

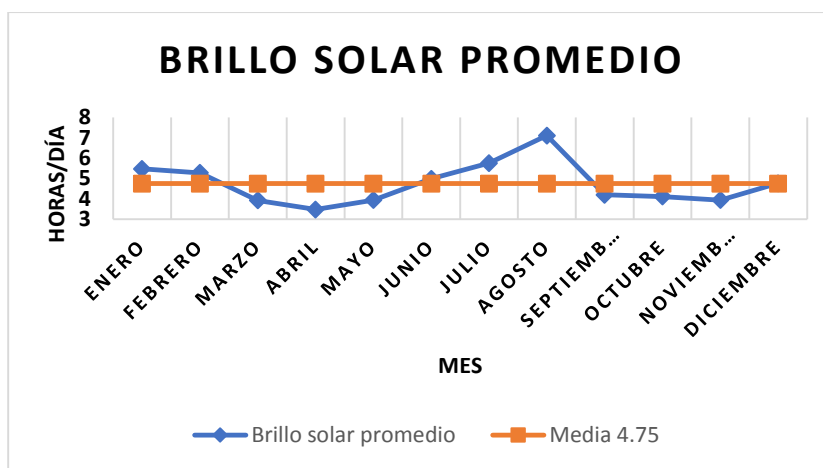


Figura 22. Promedio mensual Brillo solar (horas/día). Fuente: IDEAM (2018)

Discusión. se realizó un promedio mensual y se obtuvo que el mes de agosto fue el más alto con un valor de 7.11 horas/día, el mes con menor promedio fue el de abril con un valor de 3.48 horas/día, y el promedio mensual total de 105.7 horas/mes.

Evaporación. Ver tabla 12, figura 23 y tabla 13 y figura 24.

Tabla 12
Evaporación anual

Evaporación Anual (mm)	
AÑO	VALOR
1992	1349.43
1993	1362.13
1994	1379.4
1995	1322.03
1996	1222.53
1997	1347.63
1998	877.93
1999	480.3
2000	1309.8
2001	1282
2002	1432.1
2003	1351.93
2004	1241.93
2005	1292.53
2006	1061.33
2007	1018.23
2008	1232.03
2009	1104.13
2010	1192.33
2011	968.23
2012	1148.43
2013	607.93
2014	977.43
2015	840.13
2016	498.93
2017	977.53

Nota. La tabla muestra la evaporación total anual contada desde 1992 hasta 2017. Fuente: IDEAM

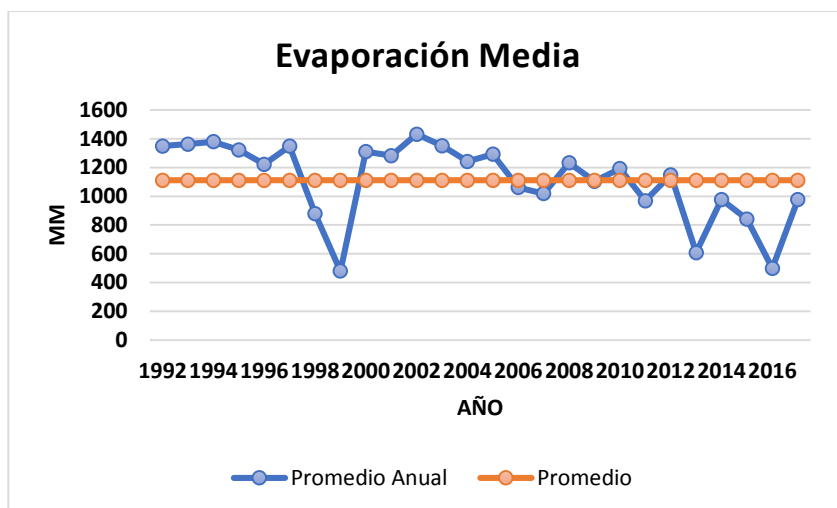


Figura 23. Evaporación anual. Fuente: IDEAM (2018)

Discusión. La evaporación permitió determinar la cantidad promedio de agua en (mm) perdido durante los últimos años por este proceso (TP-laboratorio químico, 2019), esta misma arrojó un promedio anual de 1110.705 mm, con un máximo en 2002 de 1432.1 mm y un mínimo de 480.3 en el año 1999.

Tabla 13

Promedio mensual de evaporación

Promedio mensual de 1992 a 2017 (mm)	
MES	VALOR
ENERO	108.1
FEBRERO	109.6
MARZO	118
ABRIL	102.1
MAYO	99.7
JUNIO	108.7
JULIO	125.8
AGOSTO	114.6
SEPTIEMBRE	102.2
OCTUBRE	97.9
NOVIEMBRE	86.7
DICIEMBRE	94.8

Nota. La tabla muestra el promedio mensual evaporado tomando como base los meses contados desde 1997 hasta 2017 Fuente: IDEAM

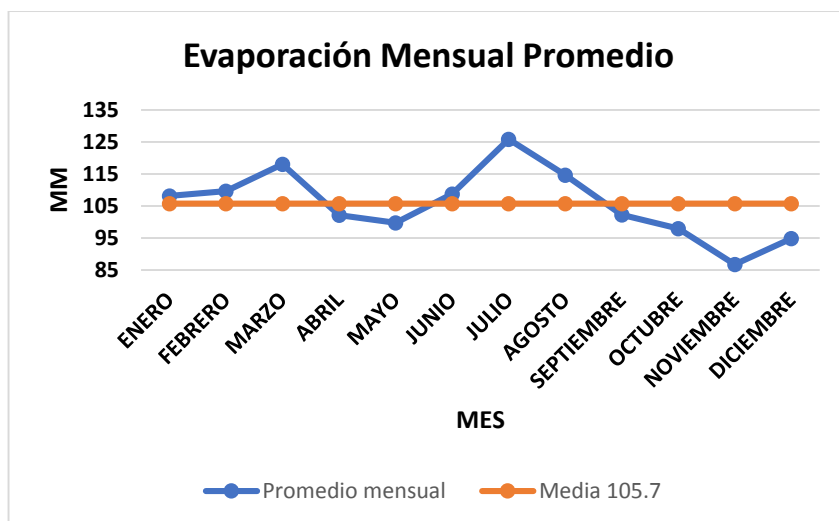


Figura 24. Evaporación mensual. Fuente IDEAM

Discusión. el mes con mayor promedio fue julio con 125.8 mm, el mes de noviembre registró el menor promedio con 86.7 mm, y un promedio total mensual de 105.7 mm.

Humedad relativa. Ver tabla 14, figura 25 y tabla 15 y figura 26

Tabla 14
Humedad relativa anual

	Promedio anual (%)
AÑO	VALOR
1992	87.3
1993	82.3
1994	84.3
1995	85.3
1996	85.3
1997	81.3
1998	85.3
1999	87.3
2000	86.3
2001	85.3
2002	84.3
2003	86.3

Continuación Tabla 14 Humedad relativa anual

2004	86.3
2005	86.3
2006	85.3
2007	87.3
2008	83.3
2009	82.3
2010	84.3
2011	84.3
2012	79.3
2013	78.3
2014	77.3
2015	76.3
2016	76.3
2017	78.3

Nota. La tabla muestra el promedio de humedad relativa anual contada desde 1992 hasta 2017. Fuente: IDEAM (2018)

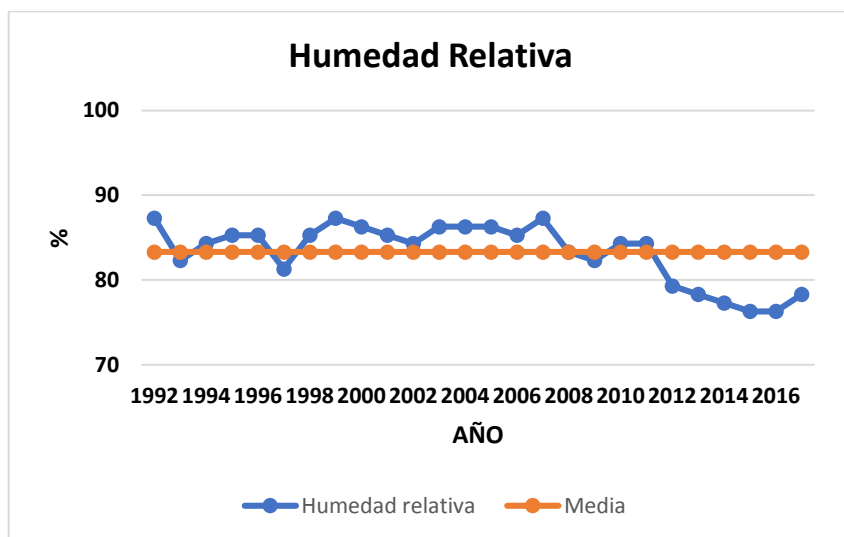


Figura 25. Humedad relativa anual. Fuente IDEAM

Discusión. La humedad relativa permite absorber la radiación térmica del sol y la tierra y se midió con el fin de determinar la regulación de la temperatura dentro del jardín por medio de la acumulación de energía; generadora de tormentas y precipitaciones (Briceño, 2019), la medición registró los rangos mayores en 87.3% para los años de 1992, 1999, y 2007 y su rangos menores registrados en 2015 y 2016 con el valor de 76.3%, y un promedio anual de 83.3%.

Tabla 15
Humedad relativa mensual

Promedio mensual 1992-2017 (%)	
Mes	Promedio mensual 1992 – 2017
ENERO	84
FEBRERO	82
MARZO	81
ABRIL	83
MAYO	84
JUNIO	82
JULIO	80
AGOSTO	81
SEPTIEMBRE	83
OCTUBRE	85
NOVIEMBRE	86
DICIEMBRE	86

Nota. La tabla muestra el promedio mensual de humedad relativa tomando como base los meses contados desde 1997 hasta 2017 Fuente: IDEAM (2018)

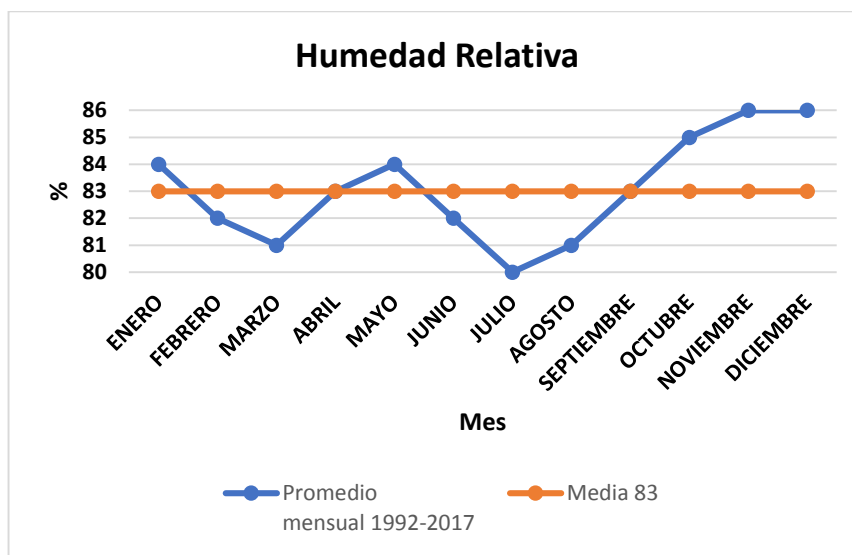


Figura 26. Humedad relativa mensual. Fuente: IDEAM (2018)

Discusión. Los valores mensuales registraron un promedio de 83.1%, con un máximo de 86% en los meses de noviembre y diciembre, el promedio más bajo se presentó en julio con un valor de 80%, los resultados arrojaron promedios cercanos a 100% o sea casi saturados lo que permite concluir que la probabilidad de lluvias es alta.

Nubosidad. Ver tabla 16, figura 27 y tabla 17, figura 28.

Tabla 16

Nubosidad anual

Promedio anual (octas)	
AÑO	VALOR
1991	6.3
1992	5.3
1993	5
1994	5
1995	5.3
1996	3.3
1997	5.3
1998	6.3
1999	7.3
2000	6.3
2001	6.3
2002	6.3
2003	6.3
2004	6.3
2005	6.3
2006	4.3
2007	6
2008	6.3
2009	6.3
2010	6.3
2011	6.3
2012	6.3
2013	5.3
2014	5.3
2015	5.3
2016	6.3
2017	6.3

Nota. La tabla muestra el promedio de nubosidad anual contada desde 1992 hasta 2017. Fuente: IDEAM (2018)

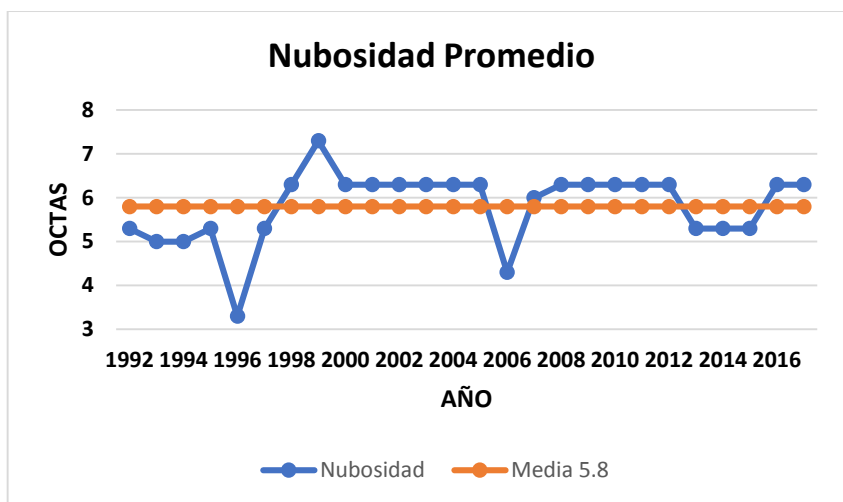


Figura 27. Nubosidad anual. fuente: IDEAM (2018)

Discusión. La nubosidad anual promedio fue de 5.82 octas, con un máximo de 7.3 octas en el año 1999 y un mínimo de 3.3 octas en el año 1996.

Tabla 17

Nubosidad mensual

Promedio mensual de 1991 a 2017 (octas)	
MES	VALOR
ENERO	5
FEBRERO	6
MARZO	6
ABRIL	6
MAYO	6
JUNIO	5
JULIO	5
AGOSTO	5
SEPTIEMBRE	6
OCTUBRE	5
NOVIEMBRE	5
DICIEMBRE	5

Nota. La tabla muestra el promedio mensual de nubosidad tomando como base los meses contados desde 1997 hasta 2017 Fuente: IDEAM (2018)

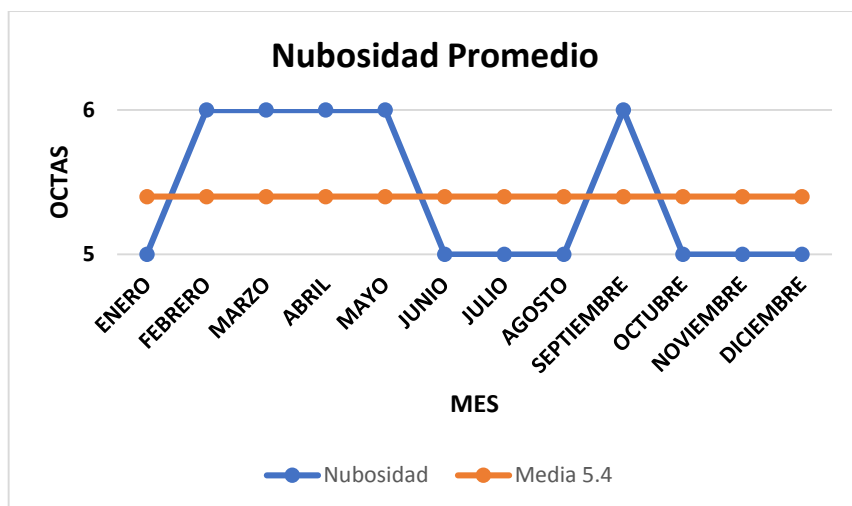


Figura 28. Nubosidad mensual. Fuente: IDEAM (2018)

Discusión. Los niveles mensuales promedio fueron de 5.42 octas, con un valor mínimo de 5 octas en enero, junio, julio agosto, octubre, noviembre y diciembre, los demás meses del año se obtuvieron valores de 6 octas.

Punto de rocío. Ver tabla 18, figura 29 y tabla 19, figura 30.

Tabla 18

Punto de rocío anual

	Promedio anual (°C)
AÑO	VALOR
1992	19.03
1993	18.03
1994	18.33
1995	18.63
1996	18.23
1997	18.03
1998	18.83
1999	18.63
2000	18.43
2001	18.83
2002	18.53

Continuación Tabla 18 Punto de rocío anual

2003	19.23
2004	19.23
2005	19.53
2006	18.43
2007	19.03
2008	17.93
2009	18.13
2010	19.33
2011	18.33
2012	17.33
2013	17.23
2014	17.23
2015	17.33
2016	17.43
2017	17.33

Nota. La tabla muestra el punto de rocío promedio anual contada desde 1992 hasta 2017. Fuente: IDEAM (2018)

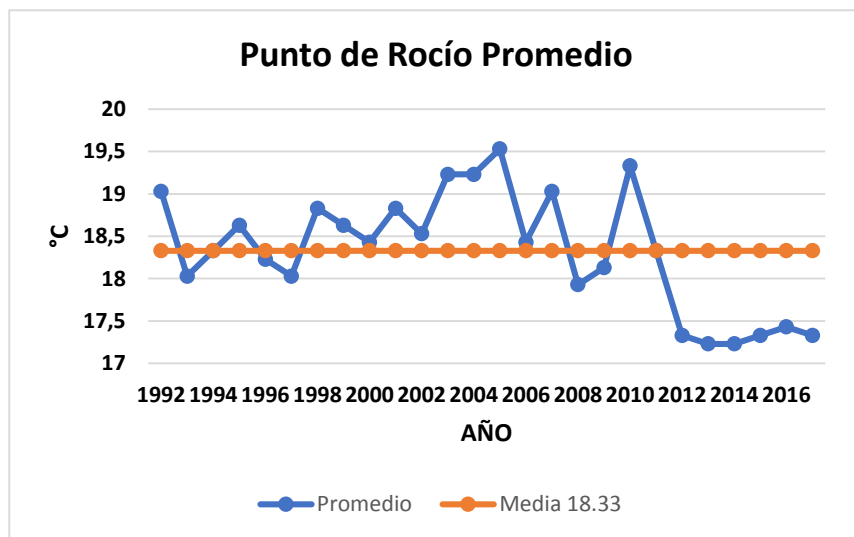


Figura 29. Punto de rocío anual. Fuente: IDEAM (2018)

Discusión. El punto de rocío tuvo un promedio de 18.33°C anuales, con rango máximo de 19.53°C en el año 2005 y mínimo de 17.23°C en los años 2013 y 2014.

Tabla 19
Punto de rocío mensual

Promedio mensual de 1992 - 2017 (°C)	
MES	VALOR
ENERO	17.3
FEBRERO	17.3
MARZO	17.9
ABRIL	18.5
MAYO	19.1
JUNIO	18.7
JULIO	18.3
AGOSTO	18.4
SEPTIEMBRE	18.7
OCTUBRE	18.8
NOVIEMBRE	18.6
DICIEMBRE	18.1

Nota. La tabla muestra el punto de rocío promedio mensual tomando como base los meses contados desde 1997 hasta 2017 Fuente: IDEAM (2018)

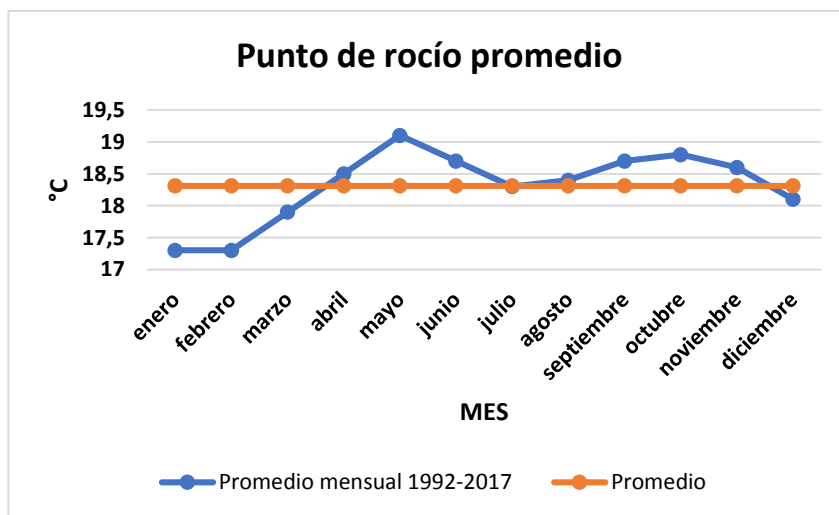


Figura 30. Punto de rocío mensual. Fuente: IDEAM (2018)

Discusión. En el promedio de todos los meses analizados, en mayo se obtuvo 19.1°C posicionándolo como el mes con el mayor registro y el rango más bajo se registró en enero y febrero con un valor de 17.3°C, llegando a ser el promedio mensual de 18.31°C.

Valores totales de precipitación. Ver tabla 20, figura 31 y tabla 21, figura 32.

Tabla 20

Valores totales de precipitación anual

Precipitación anual (mm)	
AÑO	VALOR
1992	717.03
1993	681.7
1994	1237.7
1995	1290.9
1996	1148
1997	622.5
1998	1084.8
1999	498.4
2000	997.5
2001	722.8
2002	682.5
2003	1202.3
2004	904.93
2005	1037.6
2006	1183.53
2007	1143.4
2008	1076.6
2009	783.8
2010	1492.3
2011	1165.23
2012	936.63
2013	506.63
2014	1129.73
2015	632.23
2016	711.73
2017	978.13

Nota. La tabla muestra la precipitación total anual contada desde 1992 hasta 2017. Fuente: IDEAM (2018)

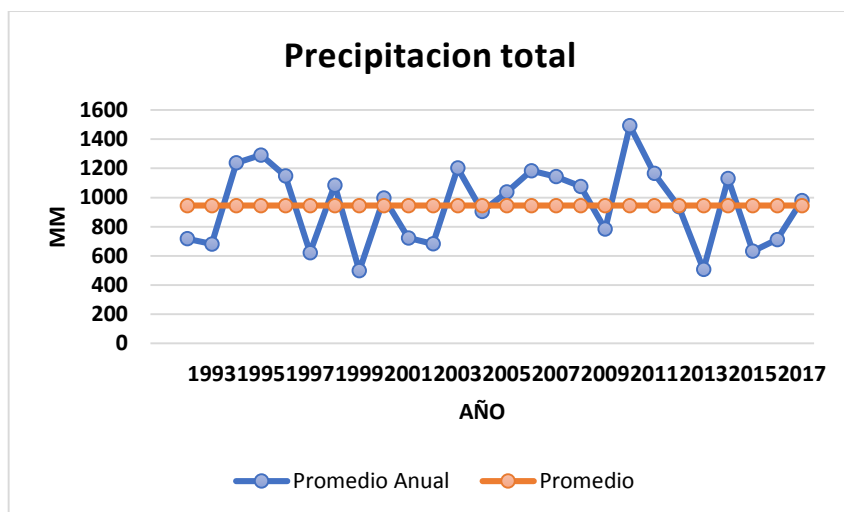


Figura 31. Valores totales de precipitación anual. Fuente: IDEAM (2018)

Discusión. La precipitación anual promedio registró 944.94615 mm, con valores máximos de 1492.3 mm en 2010 y valores menores de 498.4 mm en 1999.

Tabla 21
precipitación media mensual

Promedio mensual de 1991 a 2017 (mm)	
MES	VALOR
ENERO	15.5
FEBRERO	11.3
MARZO	48.8
ABRIL	125.4
MAYO	139.6
JUNIO	62.8
JULIO	52.6
AGOSTO	97.3
SEPTIEMBRE	159.6
OCTUBRE	137.6
NOVIEMBRE	120.2
DICIEMBRE	27.8

Nota. La tabla muestra el promedio mensual precipitado tomando como base los meses contados desde 1997 hasta 2017 Fuente: IDEAM (2018)

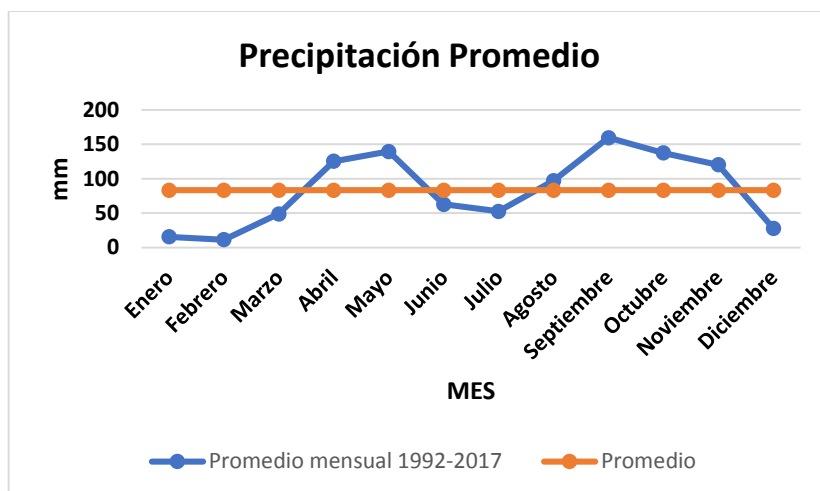


Figura 32. Precipitación media mensual. Fuente: IDEAM (2018)

Discusión. El promedio mensual fue de 18.33 mm, con un mínimo de 11.3 mm en febrero y un máximo de 159.6 mm en septiembre.

Temperatura media. Ver tabla 22, figura 33 y tabla 23, figura 34.

Tabla 22
Temperatura media anual

AÑO	Promedio anual (°C)	VALOR
1992		21.33
1993		21.3
1994		21.23
1995		21.43
1996		21
1997		21.63
1998		21.73
1999		21
2000		21.03
2001		21.63
2002		21.73
2003		21.73

Continuación Tabla 22 Temperatura media anual

2004	21.83
2005	21.93
2006	21.43
2007	21.43
2008	21.23
2009	21.63
2010	22.23
2011	21.33
2012	21.33
2013	21.63
2014	21.93
2015	22.13
2016	22.43
2017	21.83

Nota. La tabla muestra la temperatura media anual contada desde 1992 hasta 2017. Fuente: IDEAM (2018)

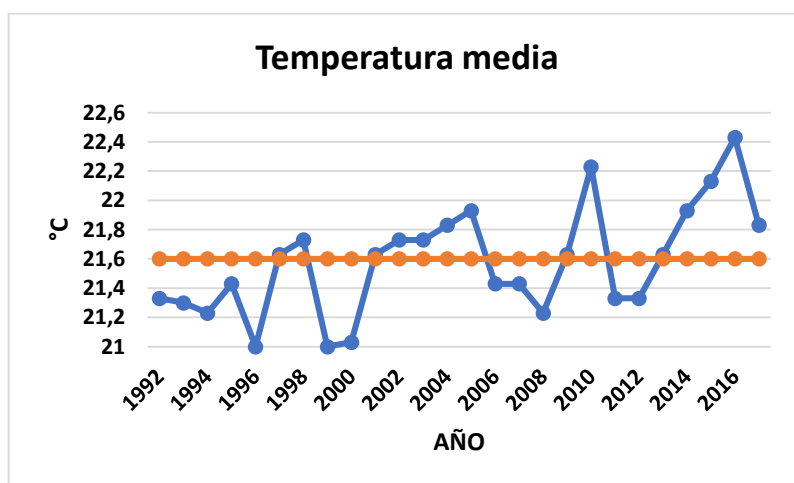


Figura 33. Temperatura media anual. Fuente: IDEAM (2018)

Discusión. La temperatura media anual se estableció en 21.6°C, con un valor mínimo de 21°C en los años 1996 y 1999, el valor máximo fue de 22.43°C en 2016.

Tabla 23
Temperatura media mensual

Mes	Promedio mensual 1992-2017 (°C)
ENERO	20.4
FEBRERO	21
MARZO	21.5
ABRIL	21.8
MAYO	22
JUNIO	22.2
JULIO	22.2
AGOSTO	22.1
SEPTIEMBRE	21.9
OCTUBRE	21.5
NOVIEMBRE	21.2
DICIEMBRE	20.7

Nota. La tabla muestra la temperatura media mensual tomando como base los meses contados desde 1997 hasta 2017 Fuente: IDEAM (2018)

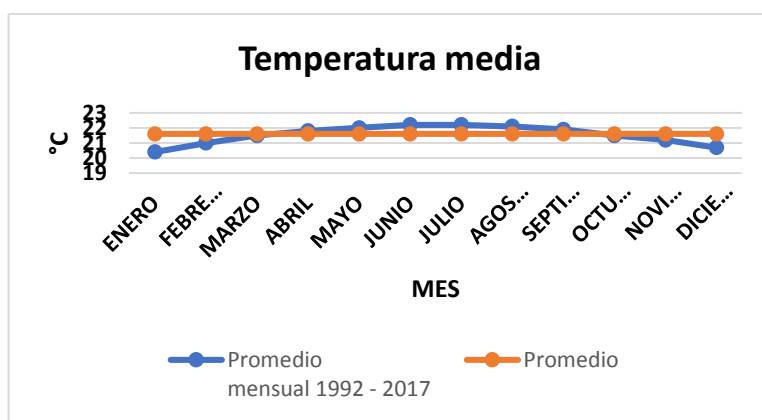


Figura 34. Temperatura media mensual. Fuente: IDEAM (2018)

Discusión. Los meses que registraron niveles promedios máximos de temperatura fueron junio y julio con 22.2°C, mientras que 20.4°C fue la temperatura promedio menor registrada en el mes de enero, el promedio mensual fue de 21.6°C.

Cantidad de días de precipitación ver tabla 24, figura 35 y tabla 25, figura 36.

Tabla 24

Cantidad de días de precipitación anual

Promedio anual	
AÑO	VALOR
1991	3
1992	90
1993	91
1994	128
1995	116
1996	120
1997	79
1998	136
1999	60
2000	111
2001	100
2002	85
2003	142
2004	104
2005	140
2006	113
2007	148
2008	156
2009	148
2010	194
2011	161
2012	126
2013	61
2014	106
2015	77
2016	90
2017	103

Nota. La tabla muestra la cantidad de días en los que se presentó precipitación por año contada desde 1992 hasta 2017. Fuente: IDEAM (2018)

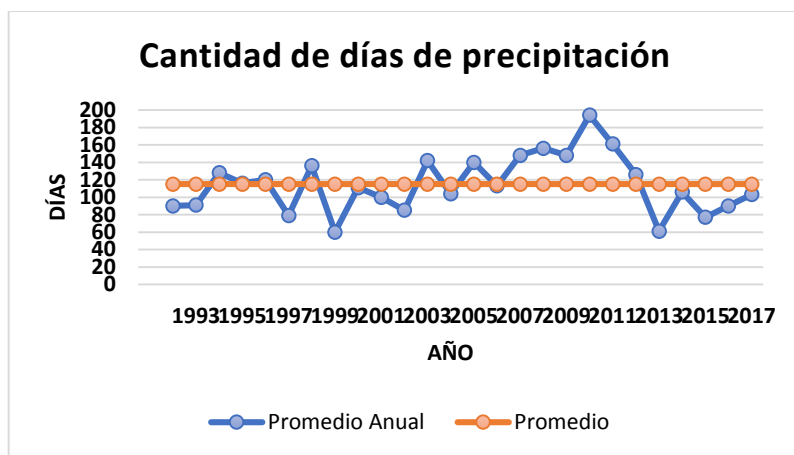


Figura 35. Cantidad de días de precipitación anual. Fuente; IDEAM (2018)

Discusión. Para tener un análisis más detallado de las precipitaciones se hizo un análisis por días, que arrojo que el año con mayores días de precipitaciones fue el 2010 con un valor de 194 días, el año 1999 fue el de menor cantidad promedio con un valor de 60 días, el promedio de todos los años arrojo 115 días de precipitaciones.

Tabla 25
Cantidad de días de precipitación mensual

Promedio mensual de 1991 a 2017	
MES	VALOR
ENERO	3
FEBRERO	3
MARZO	7
ABRIL	12
MAYO	15
JUNIO	9
JULIO	9
AGOSTO	13
SEPTIEMBRE	17
OCTUBRE	17
NOVIEMBRE	12
DICIEMBRE	15

Nota. La tabla muestra el promedio de días precipitados por mes tomando como base los meses contados desde 1997 hasta 2017 Fuente: IDEAM (2018)

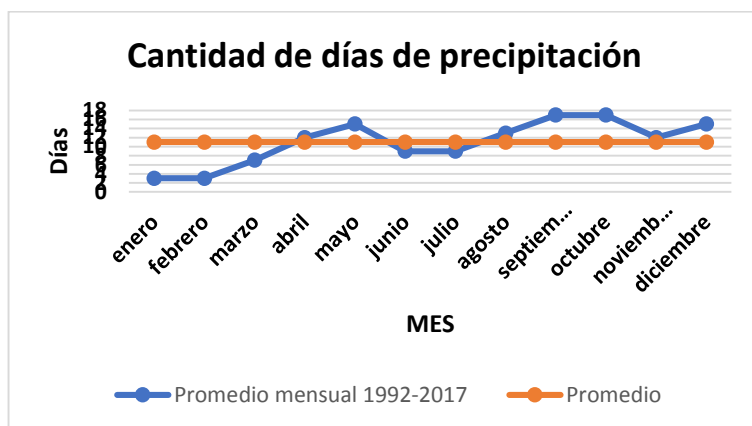


Figura 36. Cantidad de días de precipitación mensual. Fuente: IDEAM (2018)

Discusión. El promedio mensual fue de 11 días, siendo los meses de enero y febrero los de menor promedio con un valor de 3 días, y los valores máximos se obtuvieron los meses de septiembre y octubre con un valor de 17 días promedio.

4.2.1.2 Geológica y geomorfológica. Ver figura 37

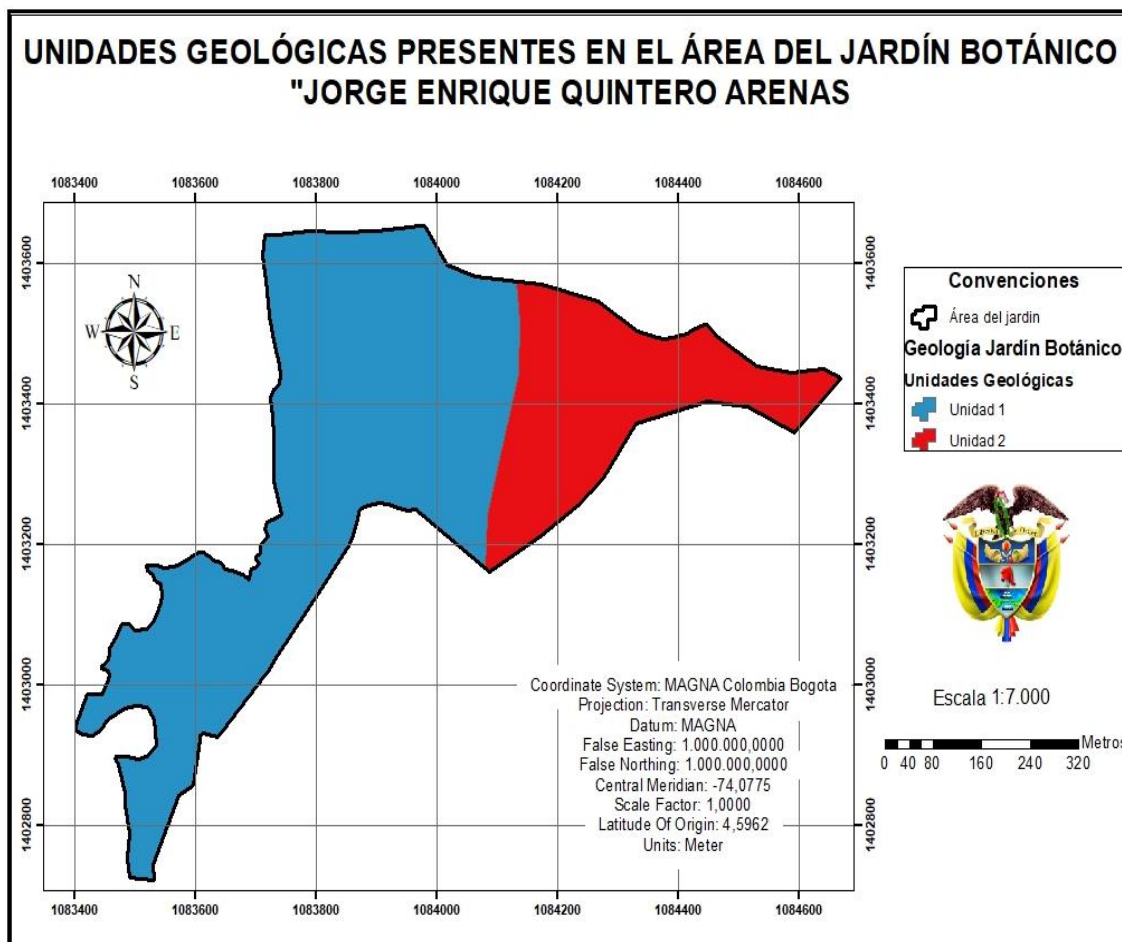


Figura 37. Unidades geológicas. Fuente: (Servicio Geológico Colombiano, 2015) Digitalización: Autores del proyecto.

Unidad 1. Color azul. La zona tiene un área de 24,2 ha; siendo la más grande del jardín, según el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2015), el sitio tiene presencia de conglomerados de bloques a guijos con intercalaciones de arcillas y arenitas de grano fino a grueso, con épocas geológicas definidas como plioceno-pleistoceno.

Unidad 2. Color rojo. La zona tiene un área de 9,26 ha, donde según SGC (2015), hay presencia de granodioritas que varían de sienogranitos a tonalitas y de cuarzo monzonitas y se establece en un periodo de tiempo geológico jurásico.

Discusión. Las unidades representadas permiten determinar la cantidad de áreas del jardín que presentan diferentes tipos de componentes geológicos, con las cuales se pudo tener en cuenta el tipo de geología en áreas priorizables para la restauración.

4.2.1.3 Hidrológica. Ver figura 38 y tabla 26.

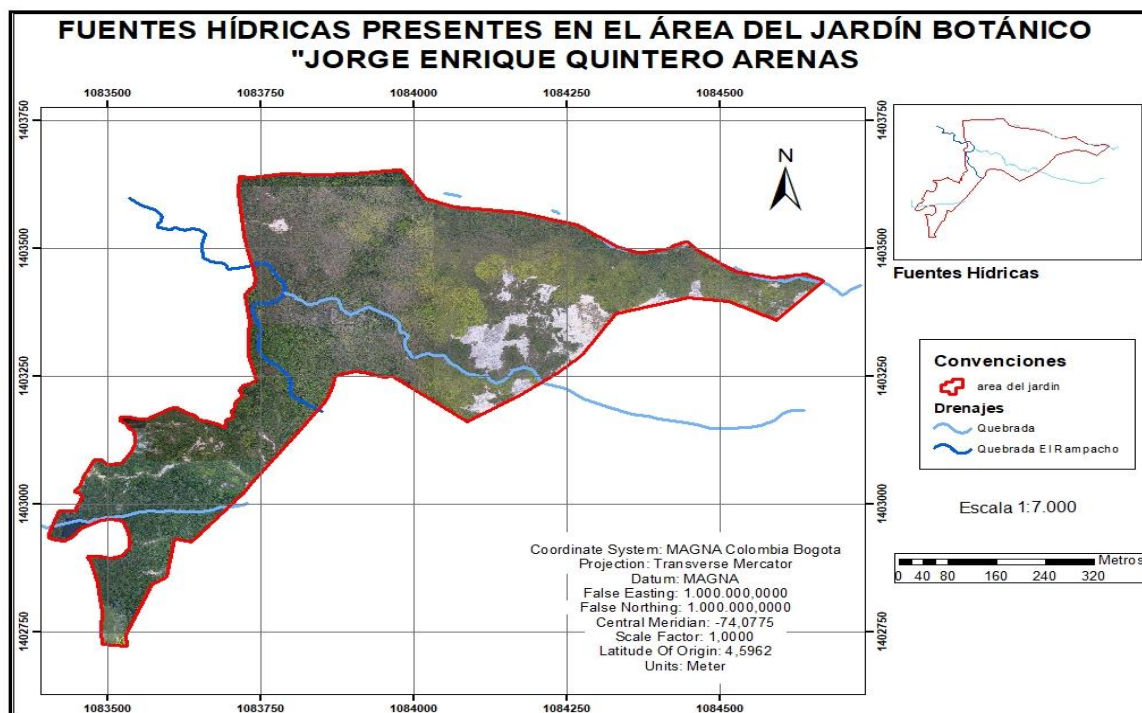


Figura 38. Fuentes hídricas proyecto jardín. Fuentes de datos: Oficina de estudios ambientales y agropecuarios del nororiente colombiano (2019), SIGA U.F.P.S.O. (2014), CORPONOR (2019). Ajuste del área del jardín y digitalización: Autores del proyecto.

Tabla 26
Hidrología

Fuente hídrica	Tipo	Longitud dentro del jardín (m)
Quebrada el rampacho	Permanente	406.1
Quebrada 1	Permanente	296.5
Quebrada 2	Permanente	573.7
Quebrada 3	Intermitente	-----

Nota. La tabla muestra la información de las fuentes hídricas del jardín botánico. Fuente: CORPONOR (2019)

Discusión. Dentro del jardín se encuentran 4 quebradas de las cuales 3 son permanentes y 1 es intermitente, de ellas solo se conoce el nombre de la quebrada rampacho, las otras tres no poseen toponimia, estas son de gran importancia para el proyecto jardín, volviéndolo un reservorio hidrológico importante para la conservación y la restauración. (SIGA U.F.P.S.O., 2012).

4.2.1.4 Edáfica. A partir de datos proporcionados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) se obtuvo información cartográfica de la zona, evidenciándose en la misma, el tipo de uso, las clases y sub clases del suelo perteneciente al jardín. Ver figura 39 y 40.

MAPA DE DE CAPACIDAD DE USO DE TIERRAS DEL JARDIN BOTANICO "JORGE ENRIQUE QUINTERO ARENAS"

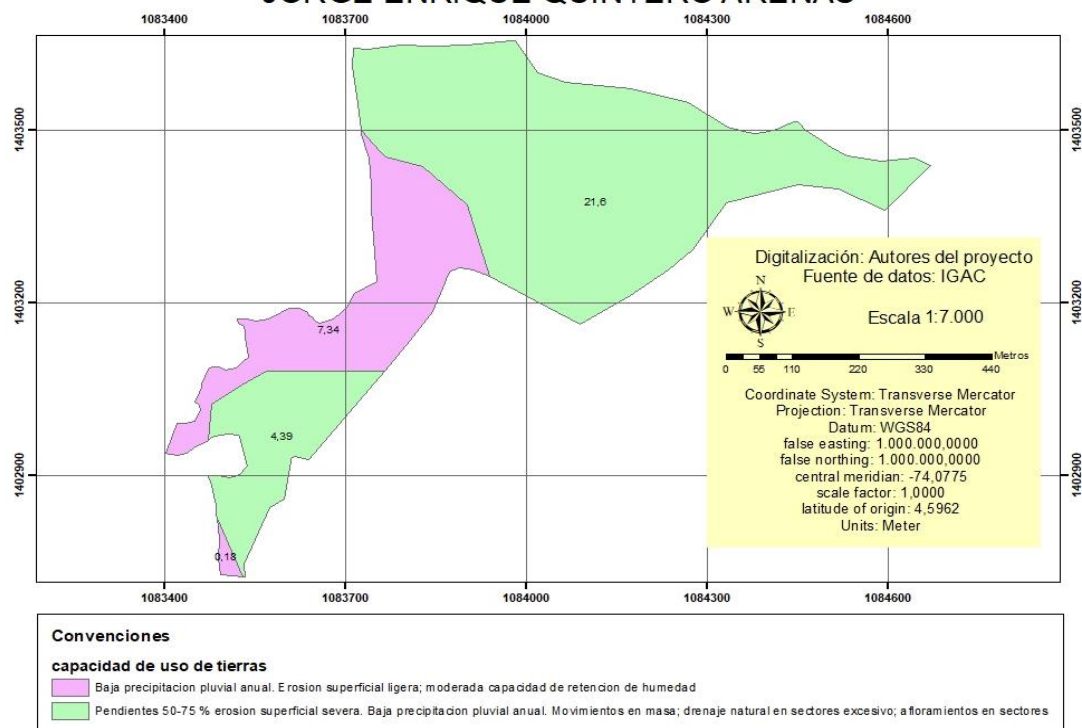


Figura 39. Capacidad de uso de tierras. **Nota.** En este mapa se representa información sobre las características del recurso suelo, delimitándose dos tipos de clasificación en el área del jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas.

Según el IGAC (2006) se utilizaron diversas categorías para hacer esta clasificación, integrando:

Clase: Agrupa a 8 clases agrologicas, teniéndose en cuenta las limitaciones generales y riesgos.

Subclase: Agrupa tierras que especifican similaridad en la cantidad de factores y de grados limitaciones.

Grados de manejo: Se definen de acuerdo a las limitaciones para dar correcciones de mejora productiva.

Zona 1. Clasificación color morado. Cuenta con dos áreas, una de 0,18 ha y otra de 7,34 ha correspondiente a 7.52 ha totales. Se presentan bajas precipitaciones pluviales anuales, con erosión superficial ligera y moderada capacidad de retención de humedad, a su vez presenta presencia de cultivos anuales semi perennes y perennes como hortalizas, frutales y ganadería intensiva y semi intensiva.

Recomendaciones: Siembras en curvas de nivel. Riego suplementario, por aspersion de cultivos y praderas; labranza mínima; manejo de potreros evitando su pastoreo, sobrecarga y quemas; control fitosanitario (IGAC, 2006)

Zona 2. Clasificación color verde. Integrada por dos áreas, una de 4,39 ha y otra de 21,6 ha, correspondiente a 25,99 ha totales. Presenta pendientes de 50 a 75 %, causando grados de erosión superficial severa en el terreno, a esto se le adicionan movimientos en masa y drenajes naturales con excesivos afloramientos en sectores, esta zona no tiene uso agropecuario, pero si se conservan unos sectores con la técnica de agricultura barbecho.

Recomendaciones: Evitar ganadería y agricultura, quemas incontroladas. Recuperación de cárcavas con trinchos. (IGAC, 2006)

CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE JARDÍN BOTÁNICO "JORGE ENRIQUE QUINTERO ARENAS"

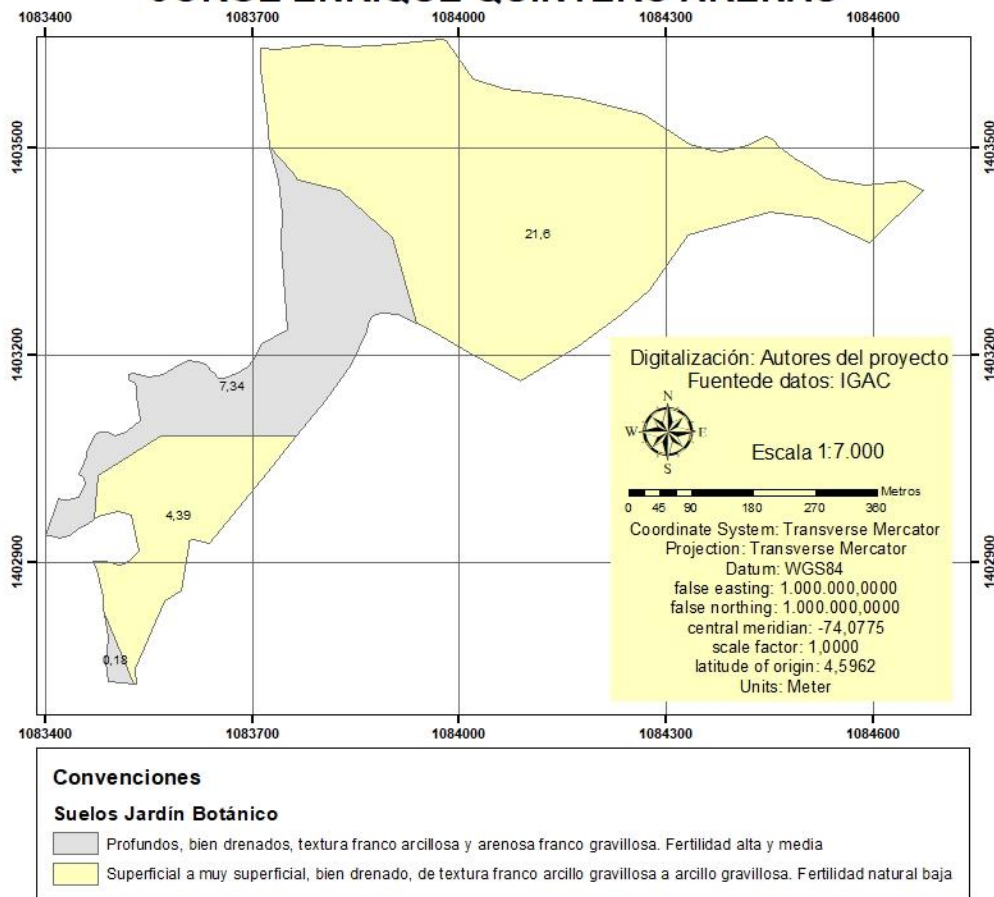


Figura 40. Características edáficas. Fuente: IGAC (2006). *Nota.* El mapa representa las características edáficas del proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas.

Zona 1. Clasificación color gris. Cuenta con dos áreas una de 0,18 ha y otra de 7,34 ha correspondientes a 7.52 ha totales con paisaje lomerío y relieve coluvial, presencia de depósitos superficiales, clásticos, gravigénicos, hidrogénicos y coluviones finos según la litología del sitio.

Esta zona también expone escurrimiento difuso en grado ligero con características de suelos bien drenados, profundos, con textura franco arcillosa, arenosa - franco - gravilosa,

fertilidad alta y media. Fluventic Ustropepts, Typic Ustipsamments y Typic haplustults son los tipos de suelos que predominan en la zona.

Zona 2 Clasificación color amarillo. Posee dos áreas una de 4,39 ha y otra de 21,6 ha correspondiente a 25,99 ha totales de paisaje montañoso, relieve quebrado y escarpado en forma de filas y vigas, presencia de granito, el tipo de escurrimiento es concentrado de grado severo.

Las características del terreno indican que es bien drenado, de textura franco arcillo gravilosa a arcillo gravilosa, con fertilidad natural baja.

Typic Ustorthents y Misceláneo erosionado son los tipos edáficos predominantes de la zona.

Discusión. En los mapas propuestos se representan los usos de tierras donde permite conocer las condiciones del terreno, en este orden de ideas se establecen las zonas susceptibles a bajas precipitaciones, pendientes y erosión superficial ligera, además las características de los suelos del área del proyecto jardín botánico permiten determinar las zonas donde se tiene fertilidad alta, media y baja y el tipo de textura del suelo por parte del IGAC que luego fue detallado por análisis realizados.

4.2.1.5 Social. El Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT, 2002) de Ocaña, Norte de Santander, caracteriza a las Liscas, corregimiento número 13, como la zona más cercana a la universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña, conformado por las veredas Las Liscas, Las Peñitas y el Apial, así mismo resalta al corregimiento Portachuelo, comprendido por las veredas La cabaña, Portachuelo, El cuerno, y La rinconada, siendo esta última vereda la que está dentro del área de influencia del proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas. Ver figura 41.

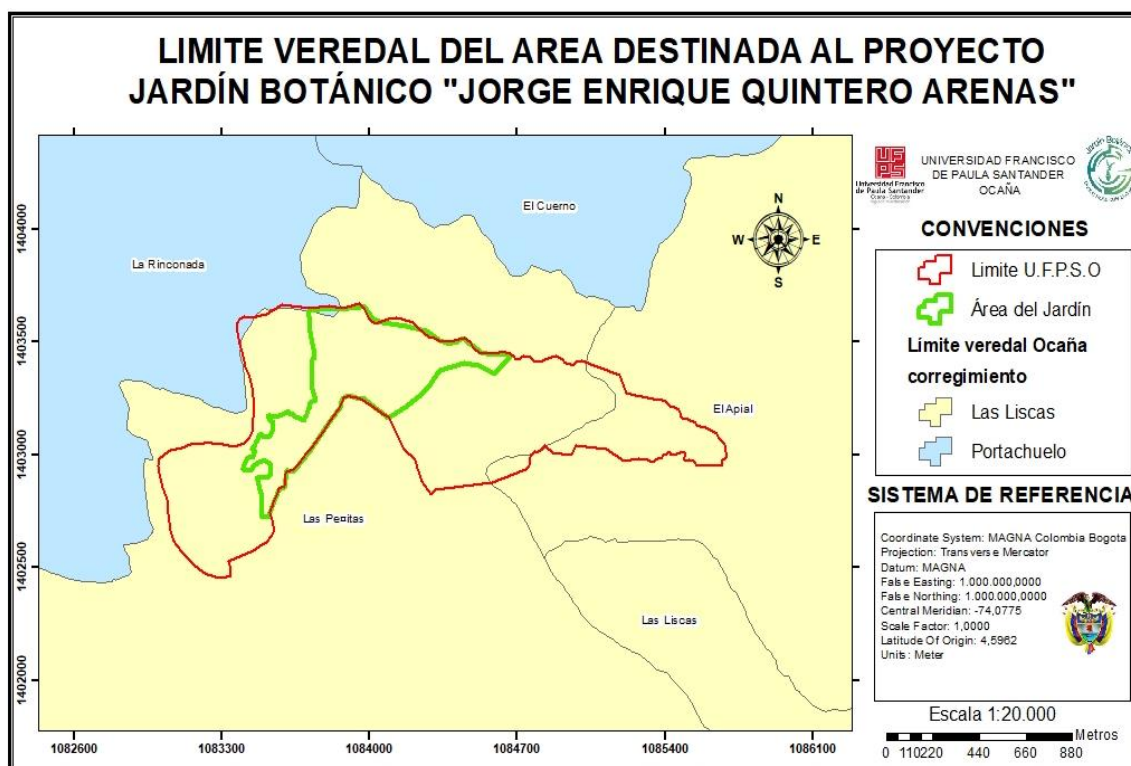


Figura 41. Límite veredal. Fuentes de datos: CORPONOR (2019), SIGA U.F.P.S.O. (2014). Digitalización: Autores del proyecto.

4.2.2 Caracterización social. La población más cercana y que puede tener alguna influencia directa o indirecta dentro del proyecto jardín es: comunidad estudiantil, campesinos de las veredas La rinconada y Las peñitas, la fundación semillas, administrativos y algunos docentes. Para la obtención de información se utilizaron diferentes instrumentos; en el caso de

los campesinos y estudiantes se realizó una encuesta y para los empleados y docentes se empleó la entrevista como instrumento para la recopilación de información.

4.2.2.1 Encuesta a campesinos. La encuesta se encuentra en el apéndice. Ver apéndice B. Con el fin de identificar aspectos limitantes, tensionantes, y potenciadores para la restauración, así como para recopilar información relevante referente a los campesinos aledaños al proyecto jardín botánico J.E.Q.A., se utilizó como instrumento la encuesta. Se tomó como muestra los campesinos aledaños a los límites del jardín, realizándose 16 encuestas a campesinos pertenecientes a las veredas Las peñitas y La Rinconada. El formato utilizado fue el siguiente: ver desde la tabla 27 hasta la 34 y desde figura 42 hasta la 49.

Tabla 27

Años viviendo en la Vereda

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Mayor de 10 años	7	43,75%
1 a 10 años	7	43,75%
Menos de 1 año	2	12,5%
Total	16	100%

Nota: La tabla presenta los años que tienen las personas de estar viviendo en la vereda las peñitas y la rinconada.
Fuente: Autores del proyecto.

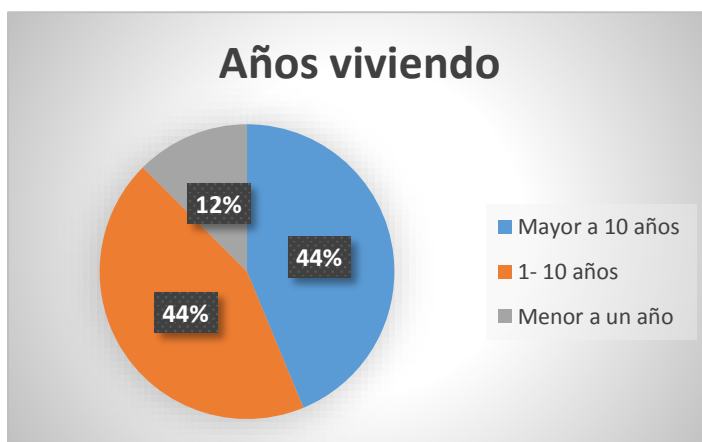


Figura 42. Años viviendo en la vereda

Discusión. las respuestas indican que la mayoría de las personas presentan antigüedad en la zona por lo tanto es un indicador de que conocen los cambios que ha tenido durante los últimos años la zona del proyecto jardín botánico J.E.Q.A.

Tabla 28
Actividades productivas

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Agricultura	13	81.25%
Producción agrícola	1	6.25%
Producción agropecuaria	1	6.25%
Ganadería	1	6.25%
Total	16	100%

Nota: La tabla presenta actividades productivas que realizan en la vereda las Liscas. Fuente: Autores del proyecto.

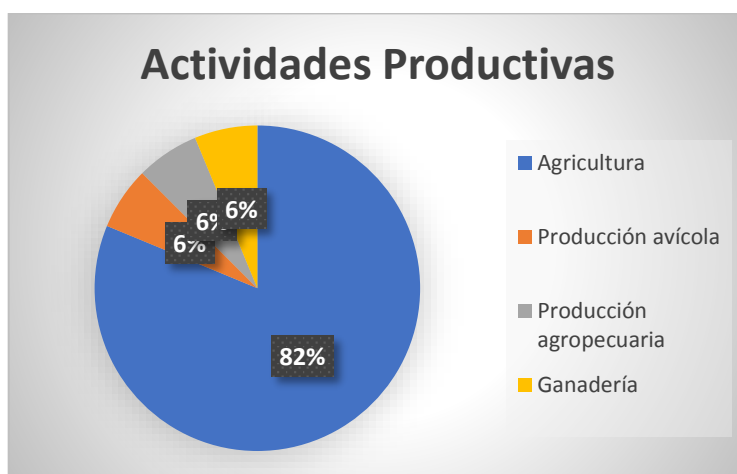


Figura 43. Actividades productivas

Discusión. La mayoría de personas realizan actividades de agricultura, lo que permite concluir que es uno de los factores más influyentes en el sector.

Tabla 29
Insumos utilizados

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Agroquímicos	11	68,75%
Orgánicos	3	18,75%
Ninguno	2	12,5%
Total	16	100%

Nota: La tabla presenta los insumos que utilizan en la vereda. Fuente: Autores del proyecto.

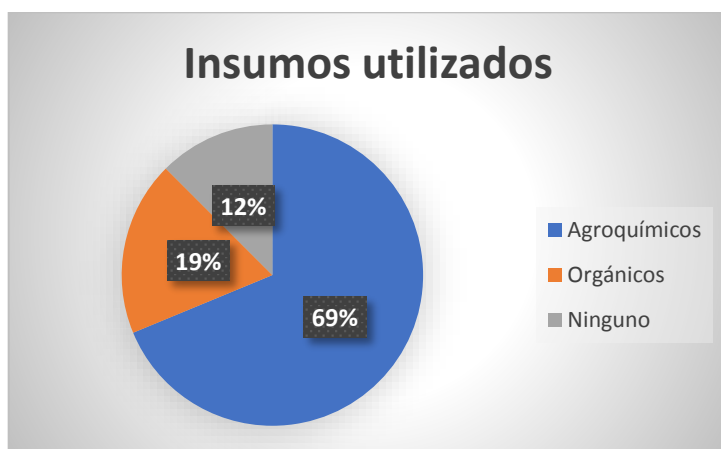


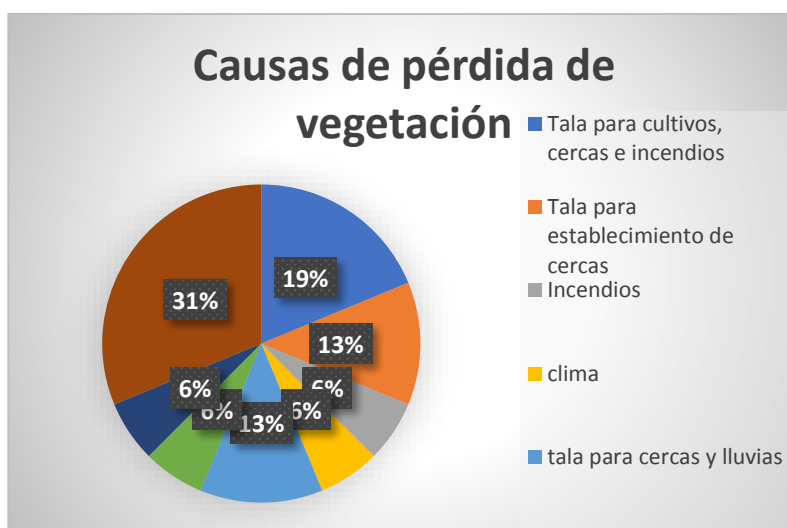
Figura 44. Insumos utilizados

Discusión. Los agroquímicos como la urea, agrocafé, glifosol, sulfato, gramoxone, son los más utilizados por campesinos del sector, convirtiéndose en posibles tensionantes para el recurso hídrico presente en el bosque seco tropical, la porción de campesinos que utilizan insumos orgánicos como gallinaza, lombrinaza, hojarasca, compostaje, ají, preparado con moñiga fresca no superan el 19%.

Tabla 30*Causas de pérdida de vegetación*

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Tala para cultivos, cercas e incendios	3	18.75%
Tala para establecimiento de cercas	2	12.50%
Incendios	1	6.25%
Clima	1	6.25%
Tala para cercas y lluvias	2	12.50%
Fumigación	1	6.25%
Incendios y derrumbes	1	6.25%
Tala para cultivos y para cercas	5	31.25%
Total	16	100%

Nota: La tabla presenta las principales causas por las cuales se produce pérdida de la vegetación en la zona. Fuente: Autores del proyecto.

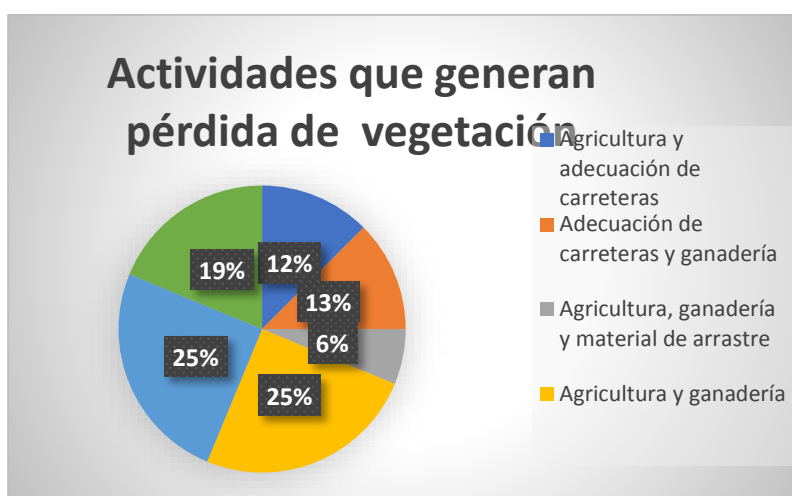
**Figura 45 .** Causas de pérdida de vegetación

Discusión. la actividad que más ocasiona la pérdida de cobertura vegetal es la tala para establecimiento de cercas y cultivos, lo que permite identificar el principal disturbio en la zona. Se hace necesario concientizar a la comunidad sobre el cuidado del bosque y la importancia del mismo.

Tabla 31*Actividades que generan pérdida de vegetación*

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Agricultura y adecuación de carreteras	2	12,5%
Adecuación de carreteras y ganadería	2	12,5%
Agricultura, ganadería y material de arrastre	1	6,25%
Agricultura y ganadería	4	25%
Ganadería	4	25%
Agricultura	3	18,75%
Total	16	100%

Nota: La tabla presenta las actividades que producen mayor pérdida de la vegetación en la zona durante los dos últimos años. Fuente: Autores del proyecto.

**Figura 46.** Actividades generadoras de pérdida de vegetación

Discusión. las actividades productivas que más generan pérdida de la cobertura vegetal son la ganadería y agricultura con porcentajes del 25% cada una, siendo el foco principal para el desarrollo de tensionantes.

Tabla 32
Plantación de arboles

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si ha plantado	8	50%
No ha plantado	8	50%
Total	16	100%

Nota: La tabla presenta la cantidad de personas que han plantado árboles. Fuente: Autores del proyecto.



Figura 47. Plantación de árboles

Discusión. La mitad de los campesinos encuestados dicen haber sembrado árboles en los que se encuentran: limoncillo, rampacho, guayabo arrayán, naranjo, limón, aguacate, mango, ciruelo, caimito, heliconias, mantequilla, eucalipto y pata de vaca, lo que indica el compromiso que tienen ellos hacia el cuidado y protección de los recursos naturales.

Tabla 33
Conocimientos de cuerpos hídricos

Ítem	Frecuencia	Porcentaje
SI	14	87%
NO	2	13%

Nota. La tabla presenta información de las personas que tienen conocimiento de los cuerpos hídricos que existen en la zona. Fuente: Autores del proyecto.



Figura 48. Conocimiento de cuerpos hídricos

Discusión. El 87% de encuestados mencionan que, si conocen ríos y quebradas reflejando un alto conocimiento e identidad de su entorno, las fuentes hídricas más mencionadas fueron el R. Algodonal, Q. la Herradura, Q. Los tejos, Q. Los cueros, Q. Rampacho, Q. el comején, Q. El zancudo.

Tabla 34

Importancia de cuidar los bosques y ríos

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	16	100%
Total	16	100%

Nota. La tabla presenta la importancia de cuidar los bosques y ríos de esta zona. Fuente: Autores del proyecto.

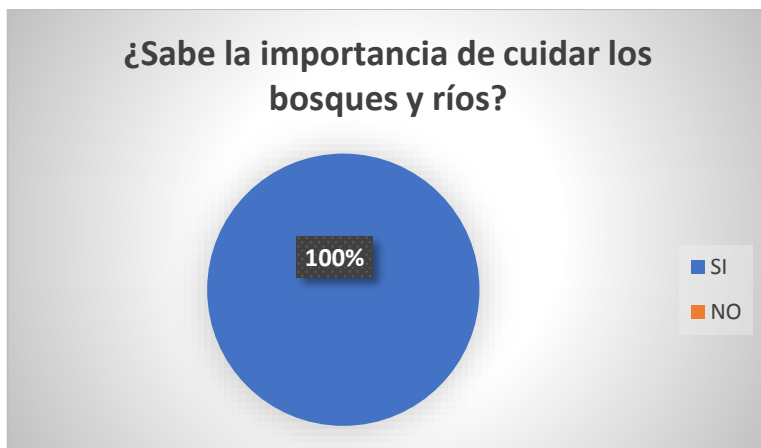


Figura 49. Importancia de cuidar los bosques y ríos.

Discusión. el 100% de los campesinos respondieron que, si saben la importancia del cuidado de ríos y argumentaron que, para la producción de oxígeno, producción de agua para cultivos y consumo humano, control del clima, control de erosión, refugio para animales, importancia de un ambiente sano, hábitat para flores, estabilización de terrenos, refugio para la vida, abastecimiento de alimentos y regulación del cambio climático.

Conclusión. Con base en la información suministrada por los campesinos de las veredas La Rinconada y Las peñitas, los factores tensionantes que han causado mayor pérdida de vegetación de Bs- T en los últimos años han sido: el uso de agroquímicos, la expansión de la frontera agrícola, la adecuación de carreteras y tránsito de vehículos, la tala, la ganadería y los incendios forestales. En cuanto a los potenciadores para la restauración dentro de la vereda se encuentran el conocimiento que poseen los campesinos en cuanto a su entorno en lo referente a especies, fuentes hídricas y la importancia de su cuidado.

4.2.2.2 Entrevista a empleados y docentes. La entrevista se encuentra en el apéndice. Ver apéndice C. Para conocer la percepción de los empleados y docentes con respecto al proyecto jardín botánico; así como para recopilar información importante acerca del área en donde se ubica el proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas se realizó una entrevista estructurada en 5 preguntas enfocada a docentes, administrativos y personal académico, se tomó como muestra a aquellos profesionales que contaran con vinculación de por lo menos 2 años en acciones desarrolladas dentro del área en donde se ubica actualmente el proyecto jardín, en total se realizaron 5 entrevistas de las cuales se obtuvo la siguiente información.

Discusión. Según las entrevistas realizadas se pueden identificar ciertas amenazas comunes que ha tenido que afrontar el proyecto jardín botánico J. E.Q.A a lo largo de su historia, como lo son: la inconciencia por parte de la comunidad, mala disposición de los residuos sólidos, incendios conatos y en menor medida la tala; por su parte el sector aledaño se ve disturbado por la expansión de la frontera agrícola y la ganadería. A partir de esta identificación diversos actores como los coordinadores y algunos profesores han desarrollado diversas acciones como recuperación y rehabilitación, diálogos con campesinos, herramientas de educación ambiental como el senderismo, las charlas pedagógicas y talleres, identificación de especies, desarrollo de colecciones, entre otras con el fin de conservar las áreas con importancia ecológica. En cuanto a los actores más influyentes del proyecto han sido los estudiantes principalmente los de restauración ambiental, el grupo SAG el cual se encuentra adelantando acciones de rehabilitación en compensación a un proyecto previo y algunos profesionales.

4.2.2.3. Encuesta a estudiantes. La encuesta se encuentra en el apéndice. Ver apéndice D.

Con el fin de conocer la percepción estudiantil con respecto a las acciones desarrolladas dentro del proyecto jardín botánico y los componentes que integran el mismo se elaboró una encuesta enfocada en preguntas que medían el nivel de conocimiento que podían poseer los estudiantes de la U.F.P.S.O., con respecto al proyecto jardín botánico J.E.Q.A y sus componentes. El formato utilizado fue el siguiente: Ver desde la tabla 35 hasta la 42 y desde la figura 50 hasta la 56.

Obtención de la muestra. Según la lista de estudiantes inscritos para el segundo semestre de 2018 la universidad cuenta con 6073 estudiantes matriculados (población), repartidos de la siguiente manera: Derecho (22.13%), Contaduría pública (11.44%), Ingeniería civil (10.9%), Ingeniería ambiental (10.64%), Comunicación social (10.31%), Administración de empresas (9.93%), Ingeniería mecánica (8.17%), Ingeniería de sistemas (7.18%), zootecnia (5.81%), tecnologías y técnicos (3.49%) (U.F.P.S.O., 2018). Para definir la muestra se realizó la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población 6073

Z_a = Nivel de confianza

p = probabilidad de éxito 50%

q = probabilidad de fracaso 50%

d = Precisión (error máximo admisible)

Tabla 35*Nivel de confianza y porcentaje de error*

% Error (d)	Nivel de confianza	Valor de z
1%	99%	2.58
5%	95%	1.96
10%	90%	1.645

Nota. La tabla muestra el nivel de confianza y porcentaje de error.

$$n = \frac{(6073) * (1.96)^2 * (0.5) * (0.5)}{(0.05)^2 * (6073 - 1) + (1.96)^2 * (0.5) * (0.5)}$$

$$n = 400$$

Para obtener un nivel de confianza de 95% se deben hacer un total de 400 encuestas repartidas de la siguiente manera: Derecho (88), Contaduría pública (45), Ingeniería civil (44), Ingeniería ambiental (43), comunicación social (41), administración de empresas (40), Ingeniería mecánica (33), Ingeniería de sistemas (29), zootecnia (23), tecnologías y técnicos (14).

Tabla 36*Conocimiento del término jardín botánico*

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	230	57,5%
NO	170	42,5%
Total	400	100%

Nota: La tabla presenta el conocimiento que tienen los estudiantes de la universidad Francisco de Paula Santander – Ocaña acerca del término jardín botánico. Fuente: Autores del proyecto.

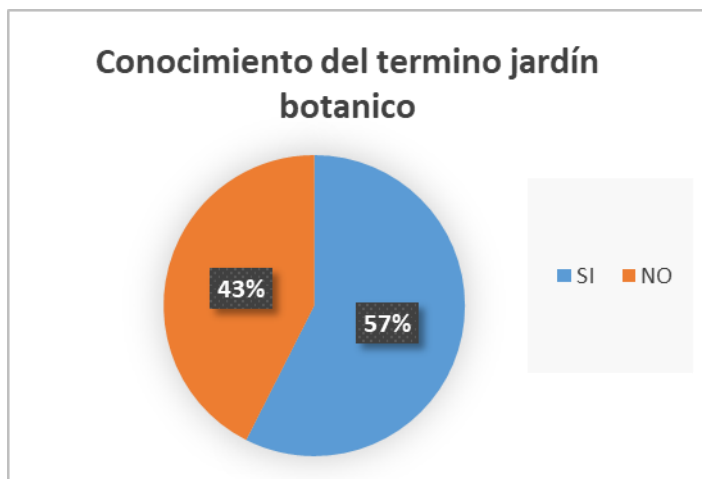


Figura 50. Conocimiento del término jardín botánico

Discusión. Según la encuesta realizada a los estudiantes de la Universidad Francisco de Paula Santander – Ocaña, se puede evidenciar que la gran mayoría de estos tiene conocimiento de este término, jardín botánico.

Tabla 37

Conocimiento de la existencia de un proyecto jardín botánico dentro de la universidad

<i>ITEM</i>	<i>FRECUENCIA</i>	<i>PORCENTAJE</i>
SI	325	81,3%
NO	75	18,8%
Total	400	100%

Nota: La tabla presenta el conocimiento de la existencia de un proyecto jardín botánico dentro de la universidad Francisco de Paula Santander – Ocaña. Fuente: Autores del proyecto.

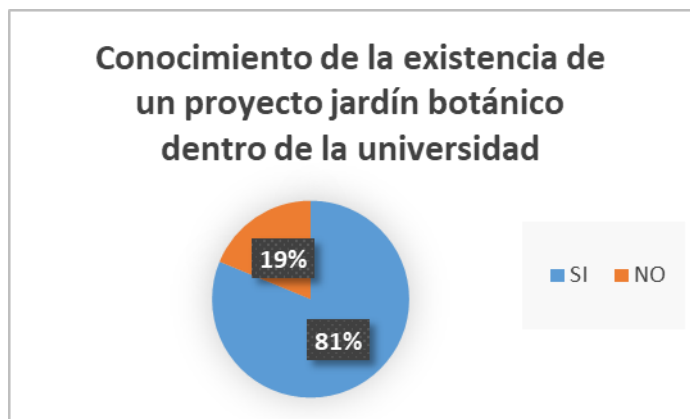


Figura 51. Conocimiento de la existencia de un proyecto jardín botánico dentro de la universidad

Discusión. Según los resultados de la encuesta se puede ver que la gran mayoría de los estudiantes desconoce de la existencia del proyecto del jardín botánico, ya sea por falta de información o por razones que de una u otra manera generan la falta de conocimiento, para ello la universidad debe implementar estrategias que permitan que la población estudiantil y administrativa conozca y valore los recursos con los cuales cuenta su alma mater.

Tabla 38

Realización de recorridos dentro del proyecto jardín botánico J.E.Q.A.

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	181	45,3%
NO	219	54,7%
Total	400	100%

Nota: La tabla presenta la información de los estudiantes que han realizado recorridos dentro del proyecto jardín botánico J.E.Q.A. Fuente: Autores del proyecto.

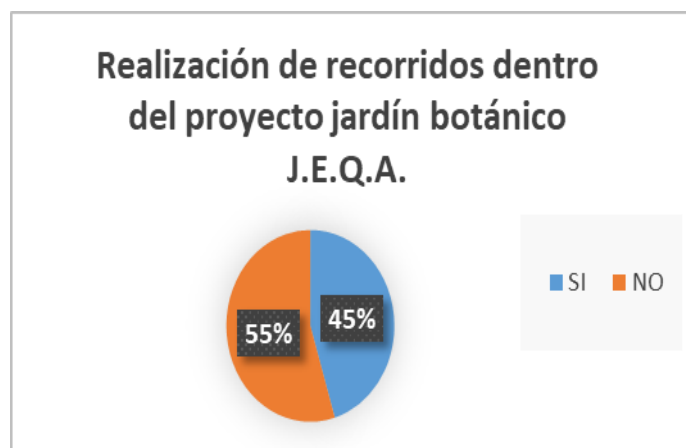


Figura 52. Realización de recorridos dentro del proyecto jardín botánico J.E.Q.A.

Discusión. Los jardines botánicos son de importancia para el medio ambiente, además de esto sirven para agrandar la vista del paisaje, por lo tanto, la creación de un jardín dentro de la universidad le da un plus ante las demás universidades y a la ciudad, pero se puede evidenciar que de los estudiantes encuestados la mayoría no han realizado recorridos dentro del mismo, por lo tanto, es importante que los estudiantes tengan conocimiento y realicen visitas al proyecto jardín botánico para que estos se identifiquen mejor con él y así, de una manera u otra contribuyan al beneficio del mismo.

Tabla 39
frecuencia de las visitas por el jardín

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1 vez por semana	25	6,3%
2 veces por semestre	45	11,3%
1 vez por semestre	41	10,3%
Casi nunca	70	17,5%
Nunca	219	54,8%
Total	400	100%

Nota: La tabla presenta la frecuencia con la que los estudiantes han realizado visitas al jardín botánico.
Fuente: Autores del proyecto.

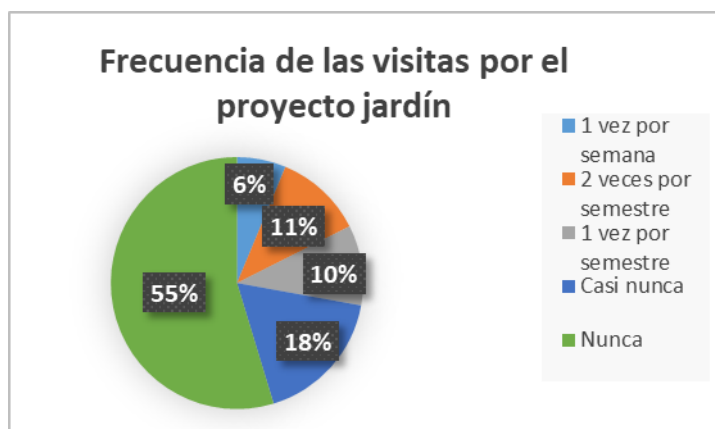


Figura 53. Frecuencia de las visitas por el jardín

Discusión. Según la información brindada por los encuestados con respecto a la frecuencia con la que asisten al proyecto jardín botánico J.E.Q.A. se puede ver que un gran porcentaje de ellos nunca o casi nunca lo han visitado, seguido de los que asisten una o dos veces por semestre y por último se encuentran los que asisten una vez por semana, por lo tanto, se deben estudiar y analizar los factores influyentes en la poca asistencia al proyecto jardín, con el fin de apoyar el proceso.

Tabla 40

Motivos de inasistencia al jardín

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Falta de información	178	44,5%
Poco interés por el tema	85	21,3%
Recorridos muy largos	56	14%
Peligrosidad de la zona	16	4%
Ninguno	60	15%
Falta de tiempo	5	1,3%
Total	400	100%

Nota: La tabla presenta la información de los motivos por los cuales los estudiantes que no asisten al jardín botánico. Fuente: Autores del proyecto.

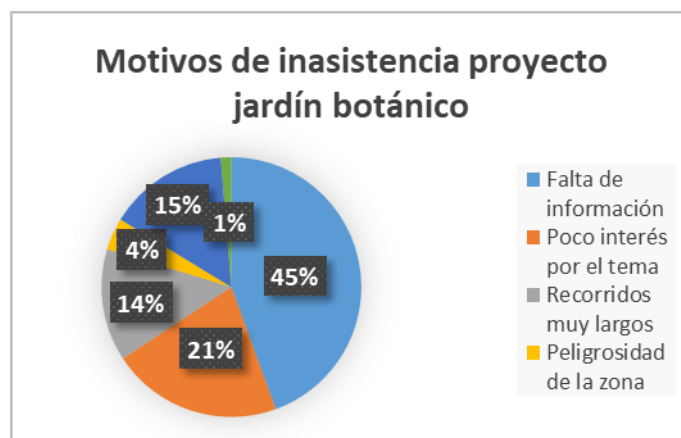


Figura 54. Motivos de inasistencia al jardín

Discusión. Hay diferentes razones por las cuales los estudiantes no realizan recorridos o visitas al proyecto jardín botánico. La gran mayoría de estudiantes expresó que no tenían conocimiento porque la universidad no ha brindado la información suficiente con respecto a este proyecto, además esto también genera la falta de interés para realizar visitas, otro de los factores que causan la inasistencia es que los recorridos son muy largos y por último expresan que estos recorridos pueden ser peligrosos tanto por las vías como por la presencia de personas maliciosas, por lo tanto se deben tomar las medidas respectivas para mejorar la perspectiva y condiciones del jardín con el fin de que la población estudiantil realice más visitas al jardín el cual hace parte de esta universidad.

Tabla 41

Realización de proyectos dentro del jardín botánico

<i>ITEM</i>	<i>FRECUENCIA</i>	<i>PORCENTAJE</i>
SI	30	7,5%
NO	370	92,5%
Total	400	100%

Nota: La tabla presenta la información de los estudiantes que han realizado proyectos dentro del jardín botánico.
Fuente: Autores del proyecto.

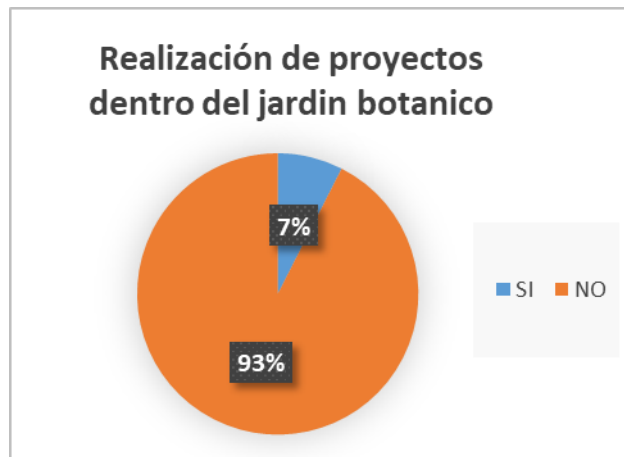


Figura 55. Realización de proyectos dentro del jardín botánico

Discusión. La realización de proyectos con el fin de mirar las condiciones del jardín y buscar estrategias de mejoras es muy importante para la universidad, pero debido a que muchos estudiantes no tienen conocimiento o no les gusta asistir por diferentes motivos, genera que sean muy pocas las personas que hayan realizado proyectos con el fin de generar un cambio positivo en el mismo.

Tabla 42

Conocimiento de especies del jardín botánico

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	38	9,5%
NO	362	90,5%
Total	400	100%

Nota: La tabla presenta la información de los estudiantes que tienen conocimiento de especies que hay dentro del jardín botánico. Fuente: Autores del proyecto.

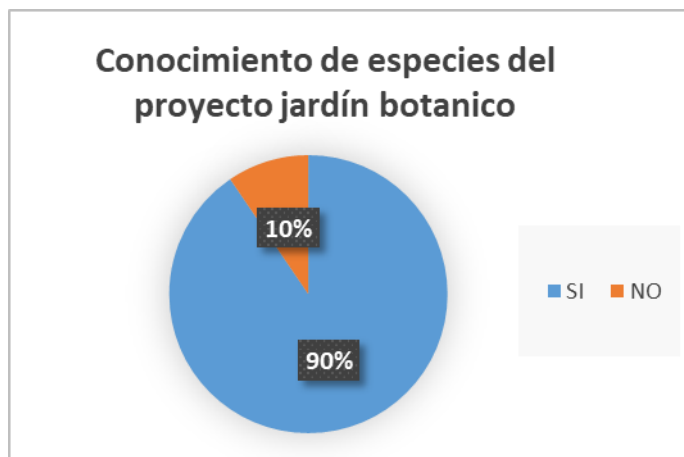


Figura 56. Conocimiento de especies del jardín botánico

Discusión. Dentro del jardín botánico hay diferentes especies tales como, *Piper aduncum*, *Myrsine guianensis*, *Roupala montana*, entre otras y tal vez aprenderse los nombres de estas sean difíciles, pero contar con variedad de especies hace que el proyecto del jardín botánico sea cada vez mejor. Según la información brindada por los encuestados se puede evidenciar que gran población de estudiantes no tienen conocimiento de las especies que existen dentro del jardín, ya sea porque sus nombres científicos son difíciles de grabar o porque no han ido o no les genera interés la información relacionada con el jardín, he allí la gran importancia de crear espacios y estrategias que generen información e interés acerca de este proyecto que es importante para todos.

4.2.3 Zonificación e identificación de zonas priorizadas para restaurar.

4.2.3.1 Zonificación. Con la ayuda de imágenes satelitales, y visitas en campo se identificaron coberturas mediante la metodología Corine Land Cover, ajustando algunas coberturas propias de la zona. Se tomaron coordenadas pertenecientes a dichas coberturas y con

ayuda de un software de información geográfica (ArcGIS), con licencia perteneciente a la U.F.P.S.O., por clasificación supervisada se zonificó el área perteneciente al proyecto jardín botánico. Las coberturas identificadas fueron las siguientes: ver figura 57 y tabla 43

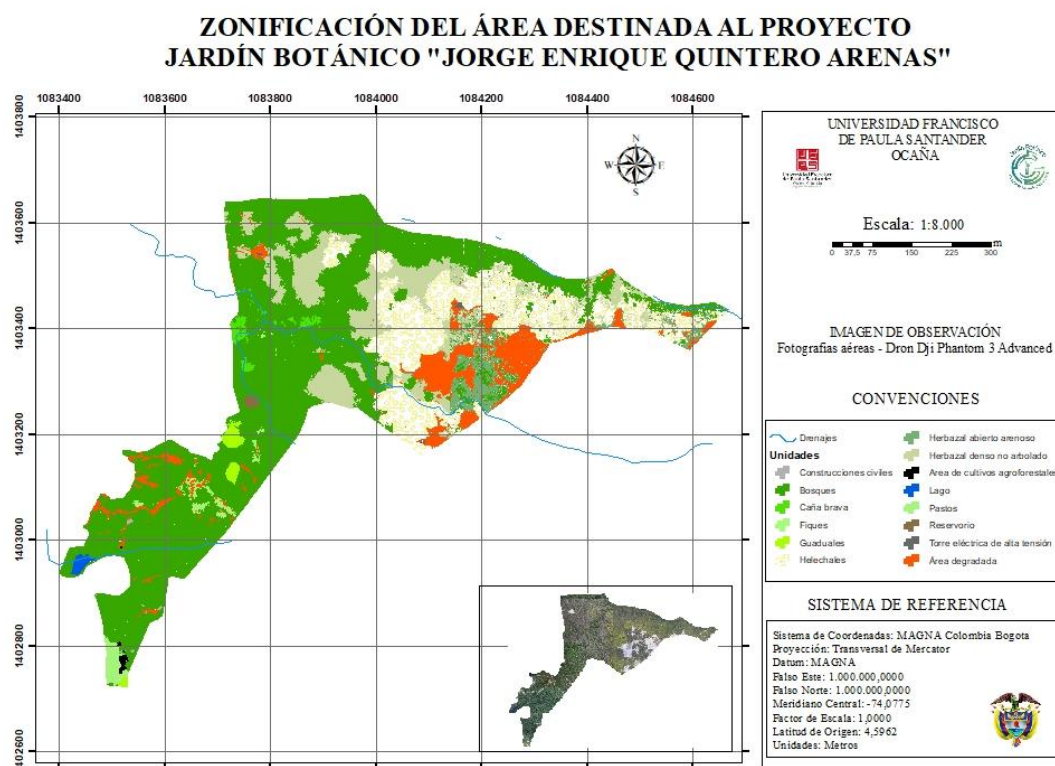


Figura 57. Zonificación. Ráster tomados de: oficina de estudios ambientales y agropecuarios del nororiente colombiano asuntos (2019). Digitalización: Autores del proyecto.

Tabla 43
Coberturas

Zona	Área (m²)
Bosque	183685.082
Fique	122.26
Herbazal abierto Arenoso	10764.107
Herbazal denso no arbolado	42471.749
Lago	958.967
Reservorio	561.641
C. civiles	198.538
Z. cultivos	513.819
Caña brava	2428.419
Pastos	4678.516
Helechal	58205.354
A. degradada	27390.6997
Torre	244.069
Guaduales	2430.744
Σ	334653.965

Nota: La tabla presenta las coberturas. Fuente: Autores del proyecto.

4.2.3.2 Áreas prioritizables a restaurar. Para identificar las áreas prioritizables a restaurar se cuadrículó la matriz del paisaje en 17 unidades fractales de 200 m * 200 m, se ajustaron las áreas de acuerdo a la forma del jardín; posteriormente se determinaron las áreas correspondientes a zona degradada y zona conservada, para cada unidad fractal y finalmente se identificaron las áreas prioritizables a restaurar, en base al porcentaje de área degradada. Ver figura 58 y tabla 44.

**UNIDADES FRACTALES DEL ÁREA DESTINADA AL PROYECTO
JARDÍN BOTÁNICO "JORGE ENRIQUE QUINTERO ARENAS"**

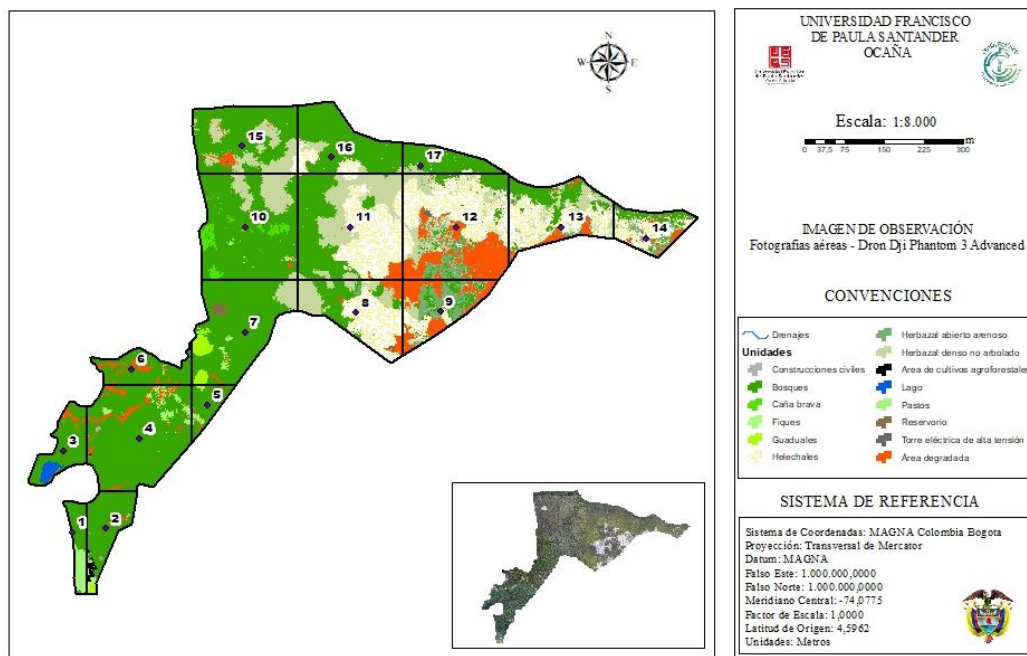


Figura 58. Unidades fractales. Ráster tomados de: Oficina de estudios ambientales y agropecuarios del nororiente colombiano (2019). Digitalización: Autores del proyecto

Tabla 44

Unidades fractales

	Zona conservada		
	Cobertura	Área (m ²)	Porcentaje (%)
	Bosque	2950	61.1%
	Σ	2950	61.1%
UNIDAD FRACTAL 1	Zona afectada		
	Cobertura	Área (m ²)	Porcentaje (%)
	Z. cultivos	13.56	0.28%
	Pastos	1864.1	38.61%
	Guaduales	0.73	0.02%
	Σ	1878.39	38.9%

Continuación Tabla 44 Unidades fractales

	Zona conservada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
	Bosque	8823.2	85.34%
	Σ	8823.2	85.34%
UNIDAD FRACTAL 2	Zona afectada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
	C. civiles	115.48	1.12%
	Z. cultivos	479.44	4.64%
	Pastos	432.28	4.18%
	A. degradada	217.35	2.10%
	Guaduales	270.58	2.62%
	Σ	1515.13	14.66%
	Zona conservada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
	Bosque	7297.87	82.33%
	Herbazal abierto Arenoso	1.31	0.01%
	Lago	958.88	10.82%
	Σ	8258.06	93.16%
UNIDAD FRACTAL 3	Zona afectada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
	Pastos	0.14	0.002%
	A. degradada	606.47	6.841%
	Σ	606.61	6.843%
	Zona conservada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
	Bosque	30442.48	88.47%
	Herbazal ab. Arenoso	16.59	0.05%
	Lago	0.09	0.0003%
	Σ	30459.16	88.51%
UNIDAD FRACTAL 4	Zona afectada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
	C. civiles	79.15	0.23%
	Z. cultivos	21.4	0.06%
	Pastos	1647.82	4.79%
	A. degradada	2203.94	6.40%
	Σ	3952.31	11.49%

Continuación Tabla 44 Unidades fractales

		Zona conservada		
		Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
UNIDAD FRACTAL 5		Bosque	3893.45	86.35%
		Fique	2.95	0.07%
		Herbazal abierto Arenoso	2.16	0.05%
		Σ	3898.56	86.46%
		Zona afectada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)	
	Pastos	259.57	5.76%	
	A. degradada	231.47	5.13%	
	Guaduales	119.5	2.65%	
	Σ	610.54	13.54%	
UNIDAD FRACTAL 6		Zona conservada		
		Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
		Bosque	8171.2	85%
		Σ	8171.2	85%
		Zona afectada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)	
	C. civiles	3.9	0.04%	
	Pastos	48.55	0.51%	
	A. degradada	1338	13.92%	
	Guaduales	47.13	0.49%	
	Σ	1437.58	14.96%	
UNIDAD FRACTAL 7		Zona conservada		
		Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
		Bosque	23124.97	82.16%
		Herbazal abierto Arenoso	33.42	0.12%
		Herbazal denso no arbolado	1860.24	6.61%
	Reservorio	561.64	2%	
	Σ	25580.27	90.89%	
	Zona afectada			
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)	
	Caña brava	3.56	0.01%	
	Pastos	395.86	1.41%	
	A. degradada	173.16	0.62%	
	Guaduales	1992.69	7.08%	
	Σ	2565.27	9.11%	

Continuación Tabla 44 Unidades fractales

		Zona conservada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)	
UNIDAD FRACTAL 8	Bosque	4863.41	23.37%	
	Herbazal abierto Arenoso	303.97	1.46%	
	Herbazal denso no arbolado	4542.25	21.83%	
	Σ	9709.63	46.66%	
				Zona afectada
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)	
	Caña brava	1.08	0.01%	
	Helechal	9274.31	44.56%	
	A. degradada	1768.85	8.50%	
	Torre	57.22	0.27%	
	Σ	11101.46	53.34%	
		Zona conservada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)	
UNIDAD FRACTAL 9	Bosque	1969.47	13.73%	
	Herbazal abierto Arenoso	4305.71	30.02%	
	Herbazal denso no arbolado	1044.15	7.28%	
	Σ	7319.33	51.04%	
				Zona afectada
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)	
	Caña brava	0.58	0.004%	
	Helechal	1892.31	13.19%	
	A. degradada	5129.51	35.77%	
	Σ	7022.4	48.96%	
		Zona conservada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)	
UNIDAD FRACTAL 10	Bosque	27967.22	77.32%	
	Fique	111.49	0.31%	
	Herbazal abierto Arenoso	27.38	0.08%	
	Herbazal denso no arbolado	5513.14	15.24%	
	Σ	33619.23	92.95%	
			Zona afectada	
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)	
	Caña brava	2409	6.66%	
	Helechal	25.54	0.07%	
	A. degradada	115.31	0.32%	
	Σ	2549.85	7.05%	

Continuación Tabla 44 Unidades fractales

UNIDAD FRACTAL 11	Zona conservada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
	Bosque	13078.7	32.72%
	Herbazal abierto Arenoso	30.41	0.08%
	Herbazal denso no arbolado	10581.64	26.47%
	Σ	23690.75	59.26%
	Zona afectada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
	Caña brava	5.2	0.01%
	Helechal	15210.04	38.05%
A. degradada	1071.36	2.68%	
Σ	16286.6	40.74%	
UNIDAD FRACTAL 12	Zona conservada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
	Bosque	3658.05	9.31%
	Herbazal abierto Arenoso	3745.71	9.53%
	Herbazal denso no arbolado	6087.27	15.49%
	Σ	13491.03	34.34%
	Zona afectada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
	Caña brava	0.59	0.002%
	Helechal	15416.27	39.24%
A. degradada	10236.69	26.05%	
Torre	145.46	0.37%	
Σ	25799.01	65.66%	
UNIDAD FRACTAL 13	Zona conservada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
	Bosque	5662.65	26.62%
	Herbazal abierto Arenoso	559.55	2.63%
	Herbazal denso no arbolado	3951.73	18.58%
	Σ	10173.93	47.82%
	Zona afectada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
Helechal	9361.31	44%	
A. degradada	1738.05	8.17%	
Σ	11099.36	52.18%	

Continuación Tabla 44 Unidades fractales

		Zona conservada		
		Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
		Bosque	2377	25.17%
		Herbazal abierto Arenoso	1515.82	16.05%
		Herbazal denso no arbolado	643.85	6.82%
		Σ	4536.67	48.04%
UNIDAD FRACTAL 14	Zona afectada			
		Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
		Helechal	4061.12	43.01%
		A. degradada	845.26	8.95%
		Σ	4906.38	51.96%
UNIDAD FRACTAL 15	Zona conservada			
		Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
		Bosque	16889.31	68.29%
		Herbazal abierto Arenoso	77.22	0.31%
		Herbazal denso no arbolado	6485.47	26.22%
	Σ	23452	94.83%	
UNIDAD FRACTAL 16	Zona afectada			
		Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
		Caña brava	7.65	0.03%
		Helechal	375	1.52%
		A. degradada	855.81	3.46%
	Torre	41.39	0.17%	
	Σ	1279.85	5.17%	
UNIDAD FRACTAL 16	Zona conservada			
		Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
		Bosque	15850.7	81.33%
		Herbazal abierto Arenoso	1.06	0.01%
		Herbazal denso no arbolado	1132.83	5.81%
	Σ	16984.59	87.15%	
UNIDAD FRACTAL 16	Zona afectada			
		Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
		Caña brava	1	0.01%
		Helechal	2494.21	12.80%
		A. degradada	9.08	0.05%
	Σ	2504.29	12.85%	

Continuación Tabla 44 Unidades fractales

	Zona conservada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
UNIDAD FRACTAL 17	Bosque	7019.51	90.72%
	Herbazal abierto Arenoso	38.05	0.49%
	Herbazal denso no arbolado	562.49	7.27%
	Σ	7620.05	98.48%
	Zona afectada		
	Cobertura	Área (m²)	Porcentaje (%)
	Helechal	116.51	1.51%
	A. degradada	0.78	0.01%
	Σ	117.29	1.52%

Nota: La tabla presenta las unidades fractales. Fuente: Autores del proyecto.

De acuerdo a la extensión de área afectada las unidades fractales con prioridad para restaurar son las siguientes:

Tabla 45
Unidades fractales con prioridad para restaurar

Unidad fractal	Área afectada (m²)	Zona de restauración
UF8	11101.46	Especies invasoras, área degradada
UF9	7022.4	Especies invasoras, área degradada
UF11	16286.6	Especies invasoras, área degradada
UF12	25799.01	Especies invasoras, área degradada
UF13	11099.36	Especies invasoras, área degradada
UF14	4906.38	Especies invasoras, área degradada
Σ	76215.21	-----

Nota: La tabla presenta las unidades fractales a restaurar. Fuente: Autores del proyecto.

4.2.4 Caracterización florística. Con la ayuda de un software de información geográfica (ArcGIS) y recorridos por la zona para verificar el acceso, basados en la metodología de Gentry se delimitaron 10 transectos variables de 100 m², para cubrir un área de 0.1 ha (Villareal, et al,

2006). Los transectos fueron ubicados en aquellas unidades fractales con porcentajes mayores al 90% de conservación, como se muestra a continuación:

4.2.4.1 Metodología. Con ayuda de estacas y cuerda, se instalaron 10 transectos de 100 m², y siguiendo la metodología de Gentry para especies leñosas (Alvares et al, 2006), se tomaron en cuenta aquellas especies lignificadas con un CAP \geq 3 cm, de las cuales se tomaron fotografías y se realizaron algunas colectas. Para la recolección de datos se contó con la ayuda de estudiantes de la asignatura de restauración ecológica, la participación de expertos de la zona, información digital y bibliográfica. Se calcularon alturas, CAP, se revisaron características fitosanitarias entre otras variables para analizar la riqueza, estructura y composición de la vegetación del jardín.

Delimitación de la parcela. Con la ayuda de estudiantes se ubicaron las 10 parcelas con ayuda de GPS y la aplicación HERE WeGo, una vez ubicadas se delimitaron por estacas y cuerdas.

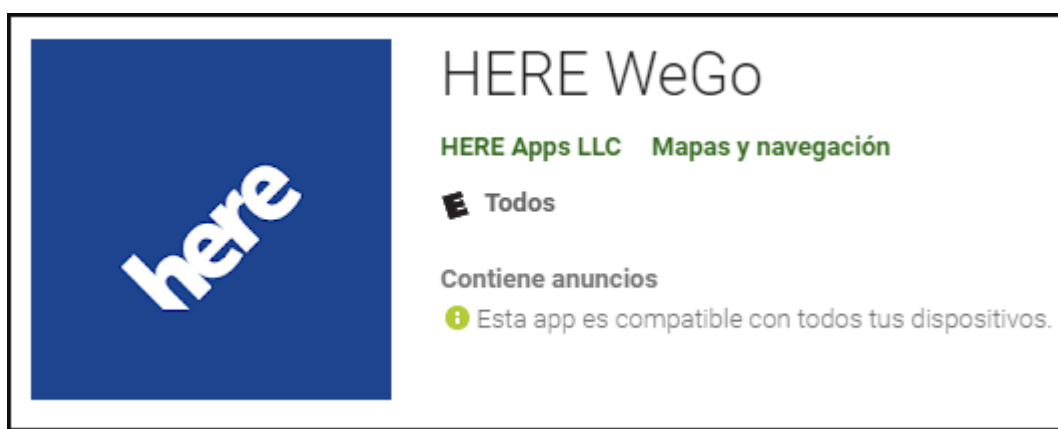


Figura 59. Aplicación móvil de ubicación

Identificación de los individuos, toma de coordenadas, fotografías y etiquetado. Con ayuda de GPS y la aplicación MAPS.ME se determinó la ubicación de cada individuo leñoso con CAP ≥ 3 cm ubicado en la parcela. Se tomaron fotos, (ver figura 60), se hicieron algunas colectas y se realizó la identificación con ayuda de expertos, información digital y bibliográfica; una vez identificado se etiquetó con un código QR generado por la aplicación BARCODE, el cual poseía información de la parcela, y el número de individuo registrado.



Figura 60. Etiquetado

Toma de datos. Se determinaron alturas con clinómetros caseros, se midió CAP, se determinaron hábitos de crecimiento, características fitosanitarias. Se llenaron formatos de colecta incluyendo, hábito del árbol en la parcela, coordenada, altura, nombre de la especie, número de la colección, familia, determinador (nombre de la persona que realizó la determinación del ejemplar hasta especie), descripción del individuo recolectado.

Estructura. La estructura de un bosque hace referencia a la distribución de las principales características espaciales en la vegetación, teniendo especial importancia la distribución de las diferentes especies y la distribución de las mismas por clases de dimensión (Hui, Hu, Zhao, & Zhang, 2018). Dentro de los estudios de estructura se puede evaluar tanto la estructura vertical definida como “la disposición de las plantas de acuerdo a sus formas de vida en los diferentes estratos en una comunidad vegetal” (Mostacedo y Fredericksen, 2000, p. 55), como la estructura horizontal haciendo referencia a “la cobertura del estrato leñoso sobre el suelo” (Mostacedo y Fredericksen, 2000, p. 55).

Tabla 46
Hábitos de crecimiento por estrato.

Estrato	Altura total (m)		Nº Individuos	%
	Rango menor	Rango mayor		
Herbáceo	0.82	1.48	15	1.39%
Arbustivo	1.55	4.23	663	61.50%
Subarbóreo	5.82	11.78	252	23.38%
Arbóreo inferior	12.28	12.78	95	8.81%
Arbóreo superior	26.7	33.8	53	4.92%

Nota: La tabla presenta los hábitos de crecimiento por estrato. Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 47
Hábitos de crecimiento por especies

Especie	Altura total (m)		Altura comercial promedio (m)
	Rango menor	Rango mayor	
<i>Acalypha macrostachya</i>	1.4	9.92	2.14
<i>Acnistus arborescens</i>	10.61	10.61	1.97
<i>Albizia julibrissin durazz</i>	1.59	12.78	1.8
<i>Amorpha fruticosa</i>	3.2	3.5	2.15

Continuación Tabla 47 Hábitos de crecimiento por especies

<i>Baccharis latifolia</i>	2.1	4.3	2.45
<i>Baccharis sp</i>	2.1	2.1	1.7
<i>Byrsonima crassifolia</i>	0.68	3	1.9
<i>Bocconia frutescens</i>	3.2	10.45	1.57
<i>Buddleja americana</i>	3.8	5	0.75
<i>Calliandra tumbeziana</i>	3.9	5.8	3.05
<i>Calycolpus moritzianus</i>	2.11	11.65	1.55
<i>Calycolpus warszewiczianus</i>	2.7	3.8	1
<i>Clidemia capitellata</i>	0.8	4.87	0.35
<i>Cornus sanguínea</i>	1.32	5.61	2.07
<i>Cupania americana</i>	2.94	4.30	2.41
<i>Ficus microcarpa</i>	2.05	2.25	0.92
<i>Indeterminado</i>	2.94	6.64	4.78
<i>Lafoensia puniceifolia</i>	3.8	3.8	2.1
<i>Lantana camara L</i>	2.64	3.53	2.33
<i>Leucaena leucacephala</i>	3.01	8.8	0.23
<i>Miconia albicans</i>	1.8	4.2	1.9
<i>Miconia squamulosa</i>	2.04	3.45	0.82
<i>Mimosa tenuiflora</i>	1.35	3.73	4.81
<i>Myrcia deflexa</i>	1.29	7.9	2.3
<i>Myrcia fallax</i>	4.12	6.23	1.29
<i>Myriocarpa longipes</i>	1.73	2.25	0.55
<i>Myrsine guianensis</i>	3	12.8	1.9
<i>Myrsine Variabilis</i>	2.9	5.5	3.6
<i>Neurolaena lobata</i>	3.13	3.13	1.37

Continuación Tabla 47 Hábitos de crecimiento por especies

<i>Piper aduncum</i>	1.05	9.17	2.18
<i>Piper amalago</i>	2.48	4.09	3.82
<i>Piper arboreum</i>	1.92	2.41	0.67
<i>Piper bettle</i>	1.85	5.37	1.1
<i>Piper crassinervium</i>	2.2	3.77	1
<i>Piper dilatatum</i>	3.8	3.8	2.6
<i>Piper lancefolium</i>	1.39	11.78	0.9
<i>Piper nigrum</i>	3.25	3.25	3.1
<i>Piper sarmentosum</i>	1.6	1.6	1.31
<i>Piper Swarlzianum</i>	1.86	1.86	1
<i>Piper kadsura</i>	1.32	1.75	0.62
<i>Piptocoma discolor</i>	0.5	7.8	1.3
<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	3.85	3.85	3
<i>Psidium guajava</i>	1	8.41	2.2
<i>Psidium nigrum</i>	2.18	3.47	2.33
<i>Psidium Sp</i>	2.25	3.95	2.87
<i>Roupala montana</i>	2.1	2.15	0.96
<i>Rutaceae sp</i>	3.54	4.5	0.1
<i>Salicaceae sp</i>	3.05	3.05	0.19
<i>Sida acuta</i>	1.4	2.36	1.29
<i>Tilia platyphyllos</i>	1.78	4.7	4.31
<i>Urera baccifera</i>	3.65	3.65	2.84
<i>Viburnum lantana</i>	2.7	5.1	3.6
<i>Vismia macrophylla kunth</i>	2.9	5.3	3.8

Continuación Tabla 47 Hábitos de crecimiento por especies

<i>Vismia sp</i>	2	8.1	0.84
<i>Zyzygium jambos</i>	2.11	4.17	1.43
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	3.01	9.62	2.8
<i>Zanthoxylum sp</i>	0.6	2.99	2.6

Nota: La tabla presenta Hábitos de crecimiento por especies. Fuente: Autores del proyecto.

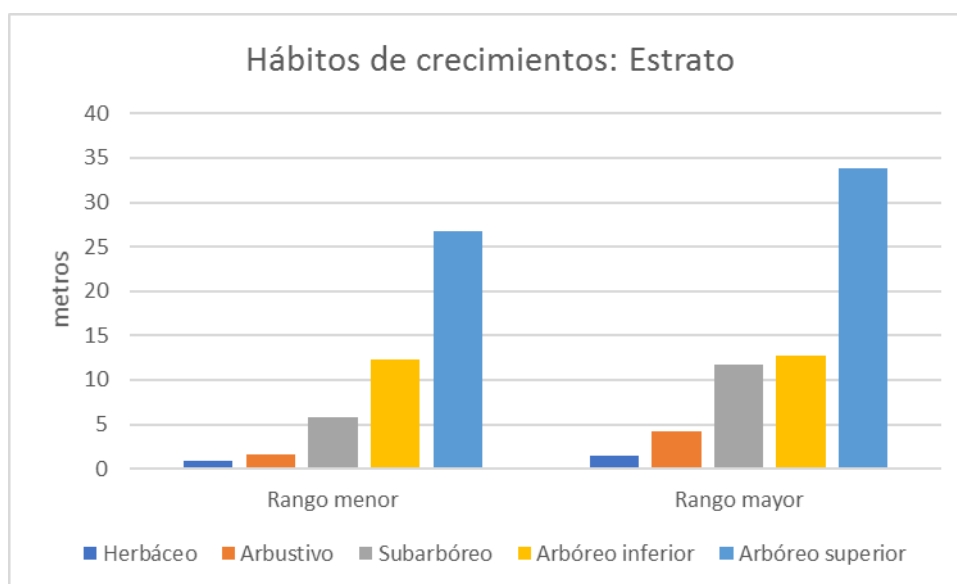


Figura 61. Hábitos de crecimiento

Discusión. De acuerdo con el hábito de crecimiento, el estrato arbustivo es la vegetación predominante en el área de estudio con un porcentaje de 61.5% abarcando alturas desde 1.55 m hasta 4.23 m, seguido por el estrato subarbóreo con 23.38% presentándose entre 5.82 m y 11.78 m, y por último los estratos arbóreo inferior con 8.81% variando entre los 12.28 m y 12.78 m y arbóreo superior con 4.92% presentándose entre los 26.7 m y 33.8 metros de altura; el hábito de crecimiento que menos se presentó fue el herbáceo con 1.39%, presentándose entre 0.82 m y

1.48 m de altura. Dentro de las especies identificadas se destacan: *Piptocoma discolor* presentándose desde los 0.5 m hasta los 7.8 m, *myrsine guianensis* alcanzando los 12.25 m, *Acalypha macrostachya* abarcando desde los 1.4 m hasta los 9.92 m y *Albizia julibrissin durazz* alcanzando los 12.78 m.

Tabla 48

Rangos diametrales por estrato.

Estrato	Rango menor (cm)	Rango mayor (cm)
Herbáceo	3	28
Arbustivo	21.2	127
Subarbóreo	224	271
Arbóreo inferior	192	592

Nota: La tabla presenta los rangos diametrales por estrato. Fuente: Autores del proyecto

Tabla 49

Rangos diametrales por especies

Especie	Rango menor (cm)	Rango mayor (cm)
<i>Acalypha macrostachya</i>	10	320
<i>Acnistus arborescens</i>	3	182
<i>Albizia julibrissin durazz</i>	800	874
<i>Amorpha fruticosa</i>	150	170
<i>Baccharis latifolia</i>	95	239
<i>Baccharis sp</i>	103	103
<i>Byrsonima crassifolia</i>	13	16
<i>Bocconia frutescens</i>	120	171
<i>Buddleja americana</i>	95	159

Continuación Tabla 49 Rangos diametrales por especies

<i>Calliandra tumbeziana</i>	4	10
<i>Calycolpus moritzianus</i>	10	54
<i>Calycolpus warszewiczianus</i>	135	207
<i>Clidemia capitellata</i>	5	82
<i>Cornus sanguínea</i>	8	38
<i>Cupania americana</i>	14	22
<i>Ficus microcarpa</i>	95	127
Indeterminado	19	47
<i>Lafoensia puniceifolia</i>	191	191
<i>Lantana camara L</i>	17	108
<i>Leucaena leucacephala</i>	13	82
<i>Miconia albicans</i>	13	17
<i>Miconia squamulosa</i>	40	89
<i>Mimosa tenuiflora</i>	41	206
<i>Myrcia deflexa</i>	8	9
<i>Myrcia fallax</i>	30	95
<i>Myriocarpa longipes</i>	13	101
<i>Myrsine guianensis</i>	13	27
Myrsine Variabilis	3	19
<i>Neurolaena lobata</i>	10	16
<i>Paspalum</i>	13	54
<i>Piper aduncum</i>	40	77
<i>Piper amalago</i>	15	95
<i>Piper arboreum</i>	17	31

Continuación Tabla 49 Rangos diametrales por especies

<i>Piper bettle</i>	9	17
<i>Piper crassinervium</i>	7	138
<i>Piper dilatatum</i>	95	95
<i>Piper lancefolium</i>	10	65
<i>Piper nigrum</i>	19	273
<i>Piper sarmentosum</i>	16	31
<i>Piper Swartzianum</i>	10	10
<i>Piper kadsura</i>	25	36
<i>Piptocoma discolor</i>	15	720
<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	13	32
<i>Psidium guajava</i>	20	232
<i>Psidium nigrum</i>	20	25
<i>Psidium Sp</i>	5	6
<i>Roupala montana</i>	3	124
<i>Rutaceae sp</i>	11	81
<i>Salicaceae sp</i>	3	10
<i>Sida acuta</i>	28	28
<i>Tilia platyphyllos</i>	10	48
<i>Urera baccifera</i>	17	17
<i>Viburnum lantana</i>	67	159
<i>Vismia macrophylla kunth</i>	111	125
<i>Vismia sp</i>	11	76
<i>Zysygium jambos</i>	30	66
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	11	105
<i>Zanthoxylum sp</i>	3	65

Nota: La tabla presenta los rangos diametrales por especies. Fuente: Autores del proyecto

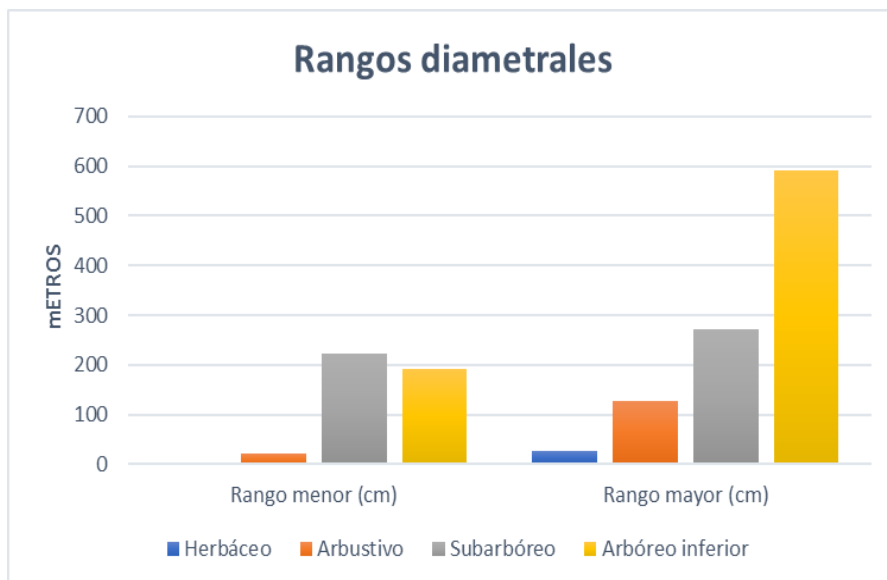


Figura 62. Rangos diametrales

Discusión. El área de estudio presenta una masa forestal considerable presentándose DAP desde los 3 cm hasta los 874 cm. Las especies que se destacan por su masa forestal son: *Albizia julibrissin durazz* con 874 cm de DAP, *Acalypha macrostachya* con 320 cm, *baccharis latifolia* con 239 cm, *psidium guajaba* con 232 cm, *calycolpus warszewiczianus* con 207 cm y *mimosa tenuiflora* con 206 cm.

Índice de Valor de Importancia (IVI). El índice de valor de importancia es un parámetro que mide el valor de las especies, típicamente, en base a tres parámetros principales: dominancia (ya sea en forma de cobertura o área basal), densidad y frecuencia. El índice de valor de importancia (I.V.I.) es la suma de estos tres parámetros. Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal. El I.V.I. es un mejor descriptor que cualquiera de los parámetros utilizados individualmente. (Mostacedo & Fredericksen, 2000). Ver tabla 50 y figura 63.

Tabla 50
Índice de valor de importancia (IVI)

Especie	Densidad Absoluta (ind/ha)	Densidad Relativa (%)	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa (%)	Dominancia Absoluta (Área basal m)	Dominancia relativa (%)	IVI
<i>Acalypha macrostachya</i>	930	7.802	0.5	3.38	106.3677	27.13	38.315
<i>Acnistus arborescens</i>	10	0.084	0.1	0.68	0.026	0.01	0.766
<i>Acroceras sp</i>	70	0.587	0.1	0.68	0.0047	0.001	1.264
<i>Albizia julibrissin durazz</i>	360	3.020	0.6	4.05	109.9763	28.05	35.129
<i>Amorpha fruticosa</i>	20	0.168	0.1	0.68	0.0004	0.0001	0.844
<i>Baccharis latifolia</i>	920	7.718	0.1	0.68	1.853	0.47	8.866
<i>Byrsonima crassifolia</i>	250	2.097	0.3	2.03	0.3923	0.10	4.224
<i>Baccharis sp 1</i>	30	0.252	0.1	0.68	0.00048	0.0001	0.927
<i>Baccharis sp 2</i>	50	0.419	0.1	0.68	0.0018	0.0005	1.096
<i>Baccharis sp3</i>	250	2.097	0.1	0.68	0.028	0.01	2.780
<i>Baccharis pedunculata</i>	10	0.084	0.1	0.68	0.0001	0.00003	0.760
<i>Bocconia frutescens</i>	390	3.272	0.3	2.03	1.1487	0.29	5.592
<i>Buddleja americana</i>	30	0.252	0.1	0.68	0.0011	0.0003	0.928
<i>Calea sp</i>	60	0.503	0.3	2.03	0.0014	0.0004	2.531
<i>Calliandra tumbeziana</i>	270	2.265	0.3	2.03	1.6363	0.42	4.710
<i>Calycolpus moritzianus</i>	40	0.336	0.2	1.35	0.00078	0.0002	1.687
<i>Calycolpus sp</i>	20	0.168	0.1	0.68	0.0016	0.0004	0.844
<i>Calycolpus warszewiczianus</i>	30	0.252	0.1	0.68	0.002	0.001	0.928
<i>Clidemia capitellata</i>	30	0.252	0.3	2.03	0.0061	0.002	2.280
<i>Clidemia ciliata</i>	30	0.252	0.2	1.35	0.0006	0.000	1.603
<i>Cornus sanguínea</i>	50	0.419	0.1	0.68	0.0076	0.002	1.097
<i>Croton sp</i>	240	2.013	0.2	1.35	0.0382	0.01	3.375

Continuación Tabla 50 Índice de valor de importancia (IVI)

<i>Cupania americana</i>	50	0.419	0.1	0.68	0.056	0.01	1.109
<i>Cupania cinérea</i>	20	0.168	0.1	0.68	0.0012	0.00	0.844
<i>Eleusine sp</i>	110	0.923	0.1	0.68	0.0538	0.01	1.612
<i>Erythroxylum ef macrophyllum</i>	100	0.839	0.2	1.35	0.0145	0.0037	2.194
<i>Ficus microcarpa</i>	20	0.168	0.1	0.68	0.0003	0.0001	0.844
<i>Ficus sp</i>	20	0.168	0.1	0.68	0.0016	0.0004	0.844
<i>Ilex sp</i>	10	0.084	0.1	0.68	0.0002	0.0001	0.760
<i>Indeterminado</i>	30	0.252	0.1	0.68	0.0303	0.01	0.935
<i>Lafoensia puniceifolia</i>	10	0.084	0.1	0.68	0.0003	0.00	0.760
<i>Lantana camara L</i>	70	0.587	0.3	2.03	0.1972	0.05	2.665
<i>Leucaena leucacephala</i>	30	0.252	0.1	0.68	0.0159	0.004	0.931
<i>Miconia albicans</i>	110	0.923	0.1	0.68	9.2457	2.36	3.957
<i>Miconia squamulosa</i>	100	0.839	0.2	1.35	0.0571	0.01	2.205
<i>Miconia rufescens</i>	50	0.419	0.1	0.68	0.0023	0.001	1.096
<i>Miconia sp</i>	70	0.587	0.1	0.68	0.0116	0.003	1.266
<i>Miconia stenostachya</i>	290	2.433	0.3	2.03	0.4056	0.10	4.563
<i>Miconia theaezans</i>	550	4.614	0.1	0.68	0.8127	0.21	5.497
<i>Mimosa tenuiflora</i>	120	1.007	0.1	0.68	1.63	0.42	2.098
<i>Myrcia deflexa</i>	200	1.678	0.2	1.35	126.7184	32.33	35.355
<i>Myrcia fallax</i>	30	0.252	0.1	0.68	0.0276	0.01	0.934
<i>Myrcia sp</i>	110	0.923	0.1	0.68	0.02	0.01	1.604
<i>Myriocarpa longipes</i>	170	1.426	0.3	2.03	0.1846	0.05	3.500
<i>Myrsine guianensis</i>	720	6.040	0.5	3.38	2.9749	0.76	10.178
<i>Myrsine Variabilis</i>	20	0.168	0.1	0.68	0.0338	0.01	0.852
<i>Neurolaena lobata</i>	10	0.084	0.1	0.68	0.0002	0.0001	0.760
<i>Oyedaea sp</i>	750	6.292	0.3	2.03	0.5504	0.14	8.459

Continuación Tabla 50 Índice de valor de importancia (IVI)

<i>Paragynoxys sp</i>	210	1.762	0.2	1.35	0.0343	0.01	3.122
<i>Paspalum</i>	130	1.091	0.1	0.68	10.16	2.59	4.358
<i>Piper aduncum</i>	1020	8.557	0.5	3.38	9.7628	2.49	14.426
<i>Piper amalago</i>	110	0.923	0.1	0.68	0.2821	0.07	1.670
<i>Piper arboreum</i>	20	0.168	0.1	0.68	0.0017	0.0004	0.844
<i>Piper bettle</i>	50	0.419	0.1	0.68	0.5024	0.13	1.223
<i>Piper crassinervium</i>	30	0.252	0.1	0.68	0.3317	0.08	1.012
<i>Piper dilatatum</i>	10	0.084	0.1	0.68	0.00007	0.00002	0.760
<i>Piper lancefolium</i>	30	0.252	0.1	0.68	0.011	0.003	0.930
<i>Piper nigrum</i>	40	0.336	0.1	0.68	0.5264	0.13	1.146
<i>Piper sarmentosum</i>	10	0.084	0.1	0.68	0.0007	0.0002	0.760
<i>Piper sp</i>	390	3.272	0.3	2.03	0.2288	0.06	5.357
<i>Piper Swartzianum</i>	10	0.084	0.1	0.68	0.00007	0.000	0.760
<i>Piper kadsura</i>	20	0.168	0.1	0.68	0.0031	0.001	0.844
<i>Piptocoma discolor</i>	360	3.020	0.4	2.70	4.15	1.06	6.782
<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	30	0.252	0.2	1.35	0.01014	0.00	1.606
<i>Psidium guajava</i>	130	1.091	0.5	3.38	0.4803	0.12	4.592
<i>Psidium nigrum</i>	50	0.419	0.1	0.68	0.014	0.004	1.099
<i>Psidium Sp</i>	90	0.755	0.1	0.68	0.0173	0.004	1.435
<i>Roupala montana</i>	70	0.587	0.3	2.03	0.0086	0.002	2.616
<i>Rutaceae sp</i>	30	0.252	0.1	0.68	0.016	0.004	0.931
<i>Salicaceae sp</i>	20	0.168	0.1	0.68	0.0003	0.0001	0.844
<i>Sida acuta</i>	10	0.084	0.1	0.68	0.0006	0.0002	0.760
<i>Sida sp</i>	40	0.336	0.2	1.35	0.0034	0.001	1.688
<i>Solanum quitoense</i>	10	0.084	0.1	0.68	0.0001	0.000	0.760
<i>Styrax sp</i>	160	1.342	0.3	2.03	0.3735	0.10	3.465
<i>Tilia platyphyllos</i>	70	0.587	0.1	0.68	0.029	0.01	1.270
<i>Urera baccifera</i>	10	0.084	0.1	0.68	0.0002	0.0001	0.760

Continuación Tabla 50 Índice de valor de importancia (IVI)

<i>Vasivaea sp</i>	150	1.258	0.1	0.68	0.0403	0.01	1.944
<i>Vernonia sp</i>	30	0.252	0.1	0.68	0.0049	0.001	0.929
<i>Viburnum lantana</i>	160	1.342	0.1	0.68	0.0256	0.01	2.024
<i>Viburnum sp</i>	30	0.252	0.1	0.68	0.0007	0.0002	0.928
<i>Viburnum sp 2</i>	140	1.174	0.1	0.68	0.0239	0.01	1.856
<i>Vismia macrophylla kunth</i>	80	0.671	0.1	0.68	0.0508	0.01	1.360
<i>Vismia sp</i>	20	0.168	0.1	0.68	0.006	0.002	0.845
<i>Xylosma sp</i>	50	0.419	0.1	0.68	0.0053	0.001	1.096
<i>Zysygiium jambos</i>	80	0.671	0.2	1.35	0.0357	0.01	2.032
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	150	1.258	0.4	2.70	0.3198	0.08	4.043
<i>Zanthoxylum sp</i>	10	0.084	0.1	0.68	0.0003	0.0001	0.760
Σ	11920	100	14.8	100	392.00314	100	300

Nota: La tabla presenta el índice de valor de importancia. Fuente: Autores del proyecto

Discusión. El estudio revela que las especies con mayor frecuencia dentro del área de estudio son: *Albizia julibrissin durazz*, *Acalypha macrostachya*, *Myrsine guianensis*, *Piper aduncum* y *Psidium guajava*, presentándose por lo menos en la mitad de las parcelas estudiadas. Por su parte las especies más abundantes son: *Piper aduncum* con 102 individuos, seguida por *Acalypha macrostachya* con 93 individuos, *Baccharis latifolia* con 92 individuos, *Oyedaea sp* con 75 individuos, *Miconia theaezans* con 55, *Bocconia frutescens* con 39 individuos, *Albizia julibrissin durazz* y *Piptocoma discolor* con 36 individuos. Las especies más dominantes son: *Myrcia deflexa* con 126.72 m de área basal, seguida por *Acalypha macrostachya* con 106.37 m y *Albizia julibrissin durazz* con 109.98 m. Según el IVI las especies más importantes dentro del área son: *Acalypha macrostachya*, *Albizia julibrissin durazz*, *Myrcia deflexa*, *Piper aduncum* y *Myrsine guianensis*.

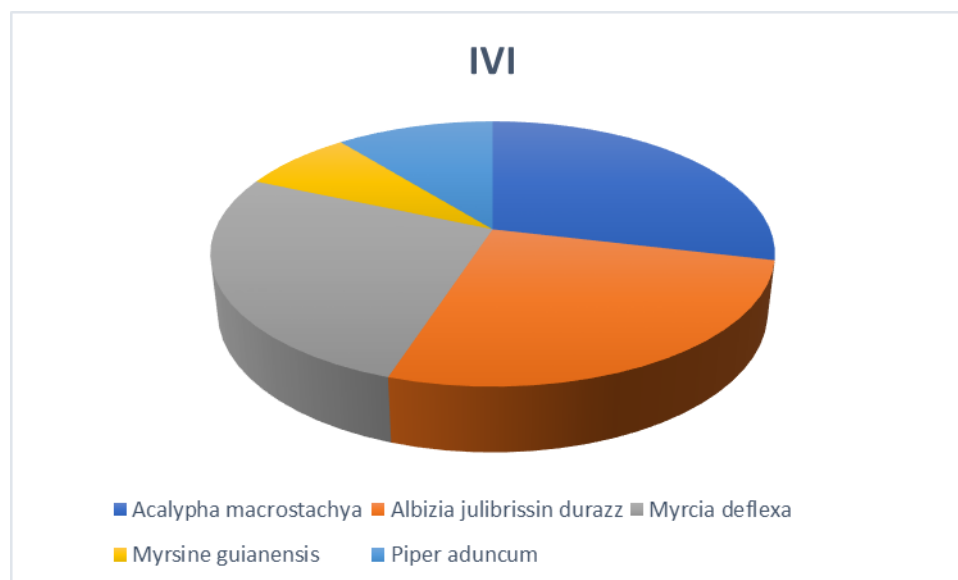


Figura 63. Índice de valor de importancia

Composición. Relacionado a la biodiversidad (identidad taxonómica, riqueza, abundancia, número de especies presentes en el ecosistema, entre otras) (Vargas y Reyes, 2011; Barrera, et al, 2010; Van Andel & Aronson, 2006; SER, 2004).

Tabla 51
Composición florística

Especie	Familia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
<i>Acalypha macrostachya</i>	Euphorbiaceae	0	21	33	35	0	0	0	2	0	2	93
<i>Acnistus arborescens</i>	Solanaceae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Acroceras sp</i>	Poaceae	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7
<i>Albizia julibrissin Durazz</i>	Fabaceae leguminosas	14	10	3	6	0	0	0	0	2	1	36
<i>Amorpha fruticosa</i>	Fabaceae	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
<i>Baccharis latifolia</i>	Asteraceae	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	92
<i>Baccharis sp1</i>	Asteraceae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Baccharis sp2</i>	Asteraceae	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5
<i>Baccharis sp3</i>	Asteraceae	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
<i>Baccharis sp4</i>	Asteraceae	0	0	0	0	0	14	11	0	0	0	25
<i>Baccharis pedunculata</i>	Asteraceae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malpighiaceae	0	0	0	0	20	0	1	0	4	0	25
<i>Bocconia sp</i>	Papaveraceae	0	0	0	0	0	19	10	0	0	0	29
<i>Bocconia frutescens</i>	Papaveraceae	8	0	1	0	0	0	0	1	0	0	10

Continuación Tabla 51 Composición florística

<i>Buddleja americana</i>	Scrophulariaceae	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
<i>Caesalpinia sp</i>	Fabaceae	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
<i>Calea sp1</i>	Asteraceae	0	0	0	0	3	2	1	0	0	6
<i>Calliandra tumbeziana</i>	Fabaceae	0	0	0	0	0	19	2	6	0	27
<i>Calycolpus sp2</i>	Myrtaceae	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
<i>Calycolpus moritzianus</i>	Myrtaceae	1	0	0	0	0	0	0	0	3	4
<i>Calycolpus warszewiczianus</i>	Myrtaceae	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
<i>Clidemia capitellata</i>	Melastomataceae	0	1	0	0	0	1	0	0	0	3
<i>Clidemia ciliata</i>	Melastomataceae	0	0	0	0	2	0	1	0	0	3
<i>Croton sp</i>	Euphorbiaceae	0	0	0	0	0	12	12	0	0	24
<i>Cornus sanguínea</i>	Cornaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
<i>Cupania cinérea</i>	Sapindaceae	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
<i>Cupania americana</i>	Sapindaceae	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5
<i>Eleusine sp</i>	Poaceae	0	0	0	0	0	11	0	0	0	11
<i>Erythroxylum ef macrophyllum</i>	Erythroxylaceae	0	0	0	0	6	3	0	0	0	9
<i>Ficus sp</i>	Moraceae	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
<i>Ficus microcarpa</i>	Moraceae	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Ilex sp</i>	Aquifoliaceae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Indeterminado</i>	Indeterminado	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
<i>Lafoensia puniceifolia</i>	Lythraceae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Lantana camara L</i>	Verbenaceae	0	0	0	0	0	2	1	0	0	7
<i>Leucaena leucacephala</i>	Fabaceae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Miconia sp</i>	Melastomataceae	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7
<i>Miconia albicans</i>	Melastomataceae	0	0	1	0	0	0	0	3	7	11
<i>Miconia squamulosa</i>	Melastomataceae	4	0	0	0	6	0	0	0	0	10
<i>Miconia stenostachya</i>	Melastomataceae	0	0	0	0	28	1	32	0	0	61
<i>Miconia rufescens</i>	Melastomataceae	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5
<i>Miconia theaezans</i>	Melastomataceae	0	0	0	0	55	0	0	0	0	55
<i>Mimosa tenuiflora</i>	Fabaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12
<i>Myrcia sp</i>	Myrtaceae	0	0	0	0	8	1	2	0	0	11
<i>Myrcia deflexa</i>	Myrtaceae	0	0	0	0	0	0	0	2	18	20
<i>Myrcia fallax</i>	Myrtaceae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Myriocarpa sp</i>	Urticaceae	0	0	0	0	0	13	0	0	0	13
<i>Myriocarpa longipes</i>	Urticaceae	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Myrsine guianensis</i>	Myrsinaceae	0	0	3	0	19	2	42	0	6	72
<i>Myrsine Variabilis</i>	Myrsinaceae	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Neurolaena lobata</i>	Asteraceae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Oyedaea sp</i>	Asteraceae	0	0	0	0	7	19	49	0	0	75
<i>Palicourea</i>	Rubiaceae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

Continuación Tabla 51 Composición florística

<i>Paspalum</i>	Poaceae	0	0	0	13	0	0	0	0	0	13
<i>Paragynoxys sp</i>	Asteraceae	0	0	0	0	8	0	13	0	0	21
<i>Piper sp</i>	Piperaceae	0	0	0	0	0	38	1	0	0	39
<i>Piper aduncum</i>	Piperaceae	4	13	43	12	0	0	0	0	0	102
<i>Piper amalago</i>	Piperaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
<i>Piper arboreum</i>	Piperaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Piper bettle</i>	Piperaceae	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Piper crassinervium</i>	Piperaceae	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Piper dilatatum</i>	Piperaceae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Piper lancefolium</i>	Piperaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Piper nigrum</i>	Piperaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Piper sarmentosum</i>	Piperaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Piper Swartzianum</i>	Piperaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Piper kadsura</i>	Piperaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	0	9	24	1	0	0	0	0	2	36
<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	Myrtaceae	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3
<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	2	7	2	1	0	0	0	0	0	13
<i>Psidium nigrum</i>	Myrtaceae	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Psidium Sp 1</i>	Myrtaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
<i>Psidium sp2</i>	Myrtaceae	0	0	0	0	0	2	5	0	0	7
<i>Roupala montana</i>	Proteaceae	0	0	2	1	4	0	0	0	0	7
<i>Rutaceae sp</i>	Rutaceae	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
<i>Salicaceae sp</i>	Salicaceae	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
<i>Solanum quitoense</i>	Solanaceae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Sida sp</i>	Malvaceae	0	0	0	0	0	2	2	0	0	4
<i>Sida acuta</i>	Malvaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Styrax sp</i>	Styraceae	0	0	0	0	7	1	8	0	0	16
<i>Tilia platyphyllos</i>	Malvaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
<i>Urera baccifera</i>	Urticaceae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Vasivaea sp</i>	Malvaceae	0	0	0	0	0	15	0	0	0	15
<i>Vernonia sp</i>	Asteraceae	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
<i>Viburnum sp</i>	Adoxaceae	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
<i>Viburnum sp2</i>	Adoxaceae	0	0	0	0	0	11	3	0	0	14
<i>Viburnum lantana</i>	Adoxaceae	0	0	0	0	0	0	0	16	0	16
<i>Vismia macrophylla kunth</i>	Hypericaceae	0	0	0	0	0	0	0	8	0	8
<i>Vismia sp</i>	Hypericaceae	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
<i>Xylosma sp</i>	Salicaceae	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5

Continuación Tabla 51 Composición florística

<i>Zysygium jambos</i>	Myrtaceae	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	8
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Rutaceae	4	0	0	8	0	1	0	0	0	2	15
<i>Zanthoxylum sp</i>	Rutaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Σ		51	72	121	89	181	224	204	147	42	91	1222

Nota: La tabla presenta la composición florística. Fuente: Autores del proyecto

Discusión. En el área de estudio se identificaron un total de 87 especies, pertenecientes a 29 familias. Las familias más representativas son: Myrtaceae, Asteraceae, Melastomataceae, y Piperaceae. Por su parte las especies con mayor abundancia son: *Piper aduncum* con 102 individuos, seguida por *Acalypha macrostachya* con 93 individuos, *Baccharis latifolia* con 92 individuos y *Oyedaea sp* con 75 individuos.

Riqueza y diversidad. La riqueza se refiere al número de especies pertenecientes a un determinado grupo (plantas, animales, bacterias, hongos, mamíferos, árboles, etc.) existentes en una determinada área. Por otro lado, la diversidad de especies, en su definición, considera tanto al número de especies, como también al número de individuos (abundancia) de cada especie existente en un determinado lugar. (Mostacedo & Fredericksen, 2000)

Tabla 52
Índices de diversidad

Especie	n	Shannon - Wiener (H')	Simpson (Ds)
<i>Acalypha macrostachya</i>	93	-0.20	0.01
<i>Acnistus arborescens</i>	1	-0.01	0.00
<i>Acroceras sp</i>	7	-0.03	0.00
<i>Albizia julibrissin durazz</i>	36	-0.11	0.00
<i>Amorpha fruticosa</i>	2	-0.01	0.00
<i>Baccharis latifolia</i>	92	-0.20	0.01
<i>Byrsonima crassifolia</i>	25	-0.08	0.00
<i>Baccharis sp 1</i>	3	-0.02	0.00
<i>Baccharis sp 2</i>	5	-0.02	0.00

Continuación Tabla 52 Índices de diversidad

<i>Baccharis sp3</i>	25	-0.08	0.00
<i>Baccharis pedunculata</i>	1	-0.01	0.00
<i>Bocconia frutescens</i>	39	-0.11	0.00
<i>Buddleja americana</i>	3	-0.02	0.00
<i>Calea sp</i>	6	-0.03	0.00
<i>Calliandra tumbeziana</i>	27	-0.09	0.00
<i>Calycolpus moritzianus</i>	4	-0.02	0.00
<i>Calycolpus sp</i>	2	-0.01	0.00
<i>Calycolpus warszewiczianus</i>	3	-0.02	0.00
<i>Clidemia capitellata</i>	3	-0.02	0.00
<i>Clidemia ciliata</i>	3	-0.02	0.00
<i>Cornus sanguínea</i>	5	-0.02	0.00
<i>Croton sp</i>	24	-0.08	0.00
<i>Cupania americana</i>	5	-0.02	0.00
<i>Cupania cinérea</i>	2	-0.01	0.00
<i>Eleusine sp</i>	11	-0.04	0.00
<i>Erythroxylum ef macrophyllum</i>	10	-0.04	0.00
<i>Ficus microcarpa</i>	2	-0.01	0.00
<i>Ficus sp</i>	2	-0.01	0.00
<i>Ilex sp</i>	1	-0.01	0.00
<i>Indeterminado</i>	3	-0.02	0.00
<i>Lafoensia puniceifolia</i>	1	-0.01	0.00
<i>Lantana camara L</i>	7	-0.03	0.00
<i>Leucaena leucacephala</i>	3	-0.02	0.00
<i>Miconia albicans</i>	11	-0.04	0.00
<i>Miconia squamulosa</i>	10	-0.04	0.00
<i>Miconia rufescens</i>	5	-0.02	0.00
<i>Miconia sp</i>	7	-0.03	0.00
<i>Miconia stenostachya</i>	29	-0.09	0.00
<i>Miconia theaezans</i>	55	-0.14	0.00
<i>Mimosa tenuiflora</i>	12	-0.05	0.00
<i>Myrcia deflexa</i>	20	-0.07	0.00
<i>Myrcia fallax</i>	3	-0.02	0.00
<i>Myrcia sp</i>	11	-0.04	0.00
<i>Myriocarpa longipes</i>	17	-0.06	0.00
<i>Myrsine guianensis</i>	72	-0.17	0.00
<i>Myrsine Variabilis</i>	2	-0.01	0.00
<i>Neurolaena lobata</i>	1	-0.01	0.00
<i>Oyedaea sp</i>	75	-0.17	0.00
<i>Paragynoxys sp</i>	21	-0.07	0.00
<i>Paspalum</i>	13	-0.05	0.00

Continuación Tabla 52 Índices de diversidad

<i>Piper aduncum</i>	102	-0.21	0.01
<i>Piper amalago</i>	11	-0.04	0.00
<i>Piper arboreum</i>	2	-0.01	0.00
<i>Piper bettle</i>	5	-0.02	0.00
<i>Piper crassinervium</i>	3	-0.02	0.00
<i>Piper dilatatum</i>	1	-0.01	0.00
<i>Piper lancefolium</i>	3	-0.02	0.00
<i>Piper nigrum</i>	4	-0.02	0.00
<i>Piper sarmentosum</i>	1	-0.01	0.00
<i>Piper sp</i>	39	-0.11	0.00
<i>Piper Swarlzianum</i>	1	-0.01	0.00
<i>Piper kadsura</i>	2	-0.01	0.00
<i>Piptocoma discolor</i>	36	-0.11	0.00
<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	3	-0.02	0.00
<i>Psidium guajava</i>	13	-0.05	0.00
<i>Psidium nigrum</i>	5	-0.02	0.00
<i>Psidium Sp</i>	9	-0.04	0.00
<i>Roupala montana</i>	7	-0.03	0.00
<i>Rutaceae sp</i>	3	-0.02	0.00
<i>Salicaceae sp</i>	2	-0.01	0.00
<i>Sida acuta</i>	1	-0.01	0.00
<i>Sida sp</i>	4	-0.02	0.00
<i>Solanum quitoense</i>	1	-0.01	0.00
<i>Styrax sp</i>	16	-0.06	0.00
<i>Tilia platyphyllos</i>	7	-0.03	0.00
<i>Urera baccifera</i>	1	-0.01	0.00
<i>Vasivaea sp</i>	15	-0.06	0.00
<i>Vernonia sp</i>	3	-0.02	0.00
<i>Viburnum lantana</i>	16	-0.06	0.00
<i>Viburnum sp</i>	3	-0.02	0.00
<i>Viburnum sp 2</i>	14	-0.05	0.00
<i>Vismia macrophylla kunth</i>	8	-0.03	0.00
<i>Vismia sp</i>	2	-0.01	0.00
<i>Xylosma sp</i>	5	-0.02	0.00
<i>Zysygium jambos</i>	8	-0.03	0.00
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	15	-0.06	0.00
<i>Zanthoxylum sp</i>	1	-0.01	0.00
Σ	1192	-3.71	0.04

Nota: La tabla presenta los índices de diversidad. Fuente: Autores del proyecto

Shannon – Wiener \longrightarrow 3.71

Simpson \longrightarrow 0.96 (diversidad) 0.04 (Dominancia)

Números de Hill.

N0 \longrightarrow 87

N1 \longrightarrow 40.87=41

N2 \longrightarrow 25

Otros índices.

Pielou ($H'/\ln(N)$) \longrightarrow 0.524

Margalef ($(S-1)/\ln(N)$) \longrightarrow 2.14

Discusión. Según los índices de diversidad; la diversidad del lugar es alta según Shannon-Wiener al ser mayor a 3.5, por su parte Simpson nos refleja que la dominancia es baja, siendo poco probable que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Pielou nos revela que existe una mediana heterogeneidad en la distribución de la diversidad, por lo cual en la mayoría de las especies la cantidad de individuos se distribuye equitativamente, presentándose una leve dominancia en algunas especies como: *piper aduncum*, *acalypha macrostachya* y *albizia julibrizzin durazz* (Aguirre, 2013).

Los números de Hill establecen que de las 87 especies que se encuentran en el área de estudio, existe una probabilidad que se encuentren 41 especies raras y 25 especies muy raras.

4.2.5 Caracterización edáfica e hidrológica

4.2.5.1 Caracterización edáfica. Con el fin de conocer las características edáficas de la zona se realizaron diversas pruebas:

Composición. Para conocer la composición general de los suelos del jardín se tomaron 4 muestras de suelo, pertenecientes a zonas conservadas y erosionadas a 50 cm de profundidad. Se almacenaron en bolsas herméticas, se rotularon, se secaron al aire y se llevaron al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Los resultados arrojados fueron los siguientes:

Lugar de muestra: J.B.E.Q.A.

Ubicación: Lat.: 8°14'31.35"N; Long.: 73°18'45.17"O

Condiciones: Zona con proceso erosivo laminar y cercana a zona de helechos

Topografía: Plana

Vegetación: escasa

Tabla 53

Análisis de suelo zona erosionada 1

Parámetro		Resultado
Textura	Porcentaje de limo	52%
	Porcentaje de arena	20%
	Porcentaje de Arcilla	28%
PH		4.70
Materia orgánica		0.9%
Aluminio (Al)		3.9 cmol*kg ⁻¹
Calcio (Ca)		1.8 cmol*kg ⁻¹
Magnesio (Mg)		0.97 cmol*kg ⁻¹
Potasio (K)		0.22 cmol*kg ⁻¹
Sodio (Na)		0.03 cmol*kg ⁻¹
Fósforo (P)		7 mg*Kg ⁻¹
Hierro (Fe)		30 mg*Kg ⁻¹
CIC		1.7

Fuente: Laboratorio de suelos Universidad Nacional

Lugar de muestra: J.B.E.Q.A.

Ubicación: Lat.: 8°14'45.15"N; Long.: 73°18'56.85"O

Condiciones: Zona con presencia de hojarasca, horizonte 0 pronunciado y alto contenido de humus vegetal

Topografía: ligeramente inclinada

Vegetación: abundante, presentándose estratos: herbáceo, arbustivos y arbóreos

Tabla 54

Análisis de suelo zona conservada 1

	Parámetro	Resultado
Textura	Porcentaje de limo	47%
	Porcentaje de arena	25%
	Porcentaje de Arcilla	28%
PH		5.30
Materia orgánica		4 %
Aluminio (Al)		3.9 cmol*kg ⁻¹
Calcio (Ca)		6.3 cmol*kg ⁻¹
Magnesio (Mg)		2.0 cmol*kg ⁻¹
Potasio (K)		0.38 cmol*kg ⁻¹
Sodio (Na)		0.04 cmol*kg ⁻¹
Fósforo (P)		0.3 mg*Kg ⁻¹
Hierro (Fe)		33 mg*Kg ⁻¹
CIC		7.32

Fuente: Laboratorio de suelos Universidad Nacional

Lugar de muestra: J.B.E.Q.A.

Ubicación: Lat.: 8°14'40.30"N; Long.: 73°19'2.11"O

Condiciones: Zona con proceso erosivo laminar y por surcos

Topografía: pendiente ligera

Vegetación: escasa con presencia de algunas herbáceas

Tabla 55*Análisis de suelo zona erosionada 2*

	Parámetro	Resultado
Textura	Porcentaje de limo	20%
	Porcentaje de arena	34%
	Porcentaje de Arcilla	46%
PH		4.50
Materia orgánica		0.25%
Aluminio (Al)		4.3 cmol*kg ⁻¹
Calcio (Ca)		2.7 cmol*kg ⁻¹
Magnesio (Mg)		0.17 cmol*kg ⁻¹
Potasio (K)		0.12 cmol*kg ⁻¹
Sodio (Na)		0.03 cmol*kg ⁻¹
Fósforo (P)		3 mg*Kg ⁻¹
Hierro (Fe)		30 mg*Kg ⁻¹
CIC		7.3

Nota: Análisis de suelo zona erosionada 2. Fuente: Laboratorio de suelos Universidad Nacional

- Lugar de muestra: J.B.E.Q.A.
- Ubicación: Lat.: 8°14'34.97"N; Long.: 73°18'58.18"O
- Condiciones: Zona con presencia de raíces, cercanía arbórea, horizonte 0 pronunciado y alto contenido de humus vegetal
- Topografía: Plana
- Vegetación: abundante, presentándose estratos: herbáceo, arbustivos y arbóreos

Tabla 56*Análisis de suelo Zona conservada 2*

	Parámetro	Resultado
Textura	Porcentaje de limo	20%
	Porcentaje de arena	56%
	Porcentaje de Arcilla	24%
PH		5.10
Materia orgánica		3.6 %
Aluminio (Al)		0.3 cmol*kg ⁻¹
Calcio (Ca)		5.5 cmol*kg ⁻¹
Magnesio (Mg)		1.2 cmol*kg ⁻¹
Potasio (K)		0.68 cmol*kg ⁻¹
Sodio (Na)		0.04 cmol*kg ⁻¹
Fósforo (P)		8 mg*Kg ⁻¹
Hierro (Fe)		33 mg*Kg ⁻¹
CIC		7.7

Nota: Análisis de suelo zona conservada 2. Fuente: Laboratorio de suelos Universidad Nacional

Discusión. Los análisis de suelo reflejan un bajo contenido de materia orgánica en las zonas erosionadas, y un alto potencial de acidez, lo cual indica la escasa fertilidad en la zona degradada, sumado a la colonización de agentes químicos y biológicos; condición que puede alterar las propiedades físico- químicas y disminuir la capacidad para absorber los nutrientes presentes.

Ecuación para calcular la cantidad de abono requerido:

$$MF = (S \times p \times Da \times \%Mo) / (\%ms \times k1)$$

En donde,

- MF: Materia Fresca
- S: Superficie.
- P: Profundidad de labranza. Expresada en metros
- Da:1,30.
- %Mo: Porcentaje de Materia Orgánica
- %ms: Porcentaje de materia seca
- k1: coeficiente isohúmico (respectivo al abono a escoger)

Plasticidad. Con el fin de identificar el nivel de plasticidad de los suelos degradados del jardín, se tomaron diversas muestras en aquellas zonas degradadas y con presencia de especies invasoras, excluyendo la zona de rehabilitación de SAG. Se realizaron pruebas de laboratorio para determinar los límites líquidos y límites plásticos y con ello diferir que tan plásticos eran dichos suelos. Los análisis de laboratorio fueron desarrollados en el laboratorio de suelos de la universidad de Francisco de Paula Santander, sede central, y arrojaron los siguientes resultados:

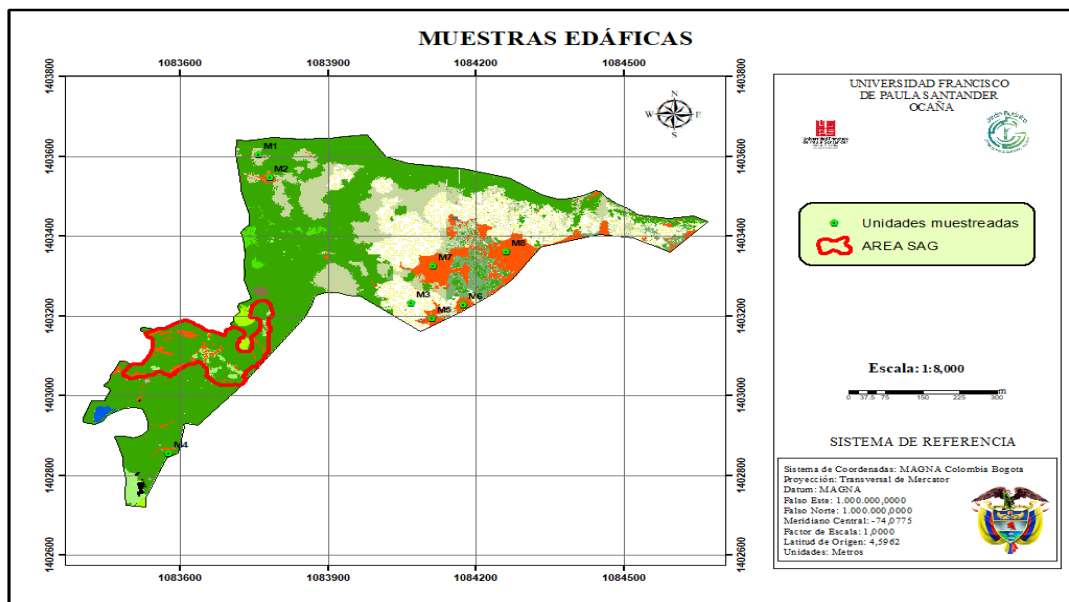


Figura 64. Muestras edáficas

Tabla 57
Muestras edáficas

Muestra	Coord X	Coord Y	Lím. Líquido (%)	Lím. Plástico (%)	Índice de plasticidad (%)
M1	-73.317298	8.2451	34%	27.30%	6.7%
M2	-73.317104	8.24458	36.30%	21.90%	14.4%
M3	-73.314499	8.241722	4.80%	37.47%	No plástico
M4	-73.31897	8.238327	31%	22.71%	8.3%
M5	-73.314128	8.241372	40%	28.75%	11.3%
M6	-73.313554	8.241688	56%	35.87%	20.1%
M7	-73.314102	8.242569	44.50%	35.36%	9.1%
M8	-73.312761	8.242889	40%	39.90%	0.1%
Promedio			40.26%	30.26%	10%

Nota: La tabla presenta las muestras edáficas. Fuente: Autores del proyecto

Discusión. El límite plástico es definido como el porcentaje de humedad mínimo requerido para que un suelo pase de su estado semisólido a su estado plástico (elástico, maleable), por su parte el límite líquido establece la cantidad de humedad mínima requerida para que el suelo pase de ser plástico y se convierta en líquido (fluido, fácil de desprender). El índice de plasticidad es el rango de tolerancia que soporta un suelo en su estado plástico antes de convertirse en líquido y

sea fácil de desprender (FAO, 2018). Según los análisis realizados los suelos erosionados del jardín presentan una tolerancia baja, con respecto a la humedad, presentándose un promedio de 40.26% de humedad para que se conviertan en suelos líquidos y sean fáciles de desprenderse. Por otro lado, a pesar de requerir valores bajos para que lleguen a su estado plástico, una vez en dicho estado, su rango de tolerancia es bajo (10%), pasando rápidamente a su estado líquido con el mínimo aumento de humedad, por lo cual se concluye que los suelos muestreados son suelos poco plásticos, y altamente susceptibles a la erosión por aumento de humedad.

Textura. Para la prueba de textura se utilizaron botellas PET de 1.5 L, a las cuales se les agregó una muestra de suelo y posteriormente se adicionó agua hasta llenarla a los hombros, luego se puso la tapa y se agitó para acelerar el mezclado, por último, el recipiente se dejó en reposo por un lapso de 24 horas con el fin de dar tiempo suficiente a la sedimentación, para medir los porcentajes de arena, limos y arcilla, los cuales arrojaron los siguientes resultados.

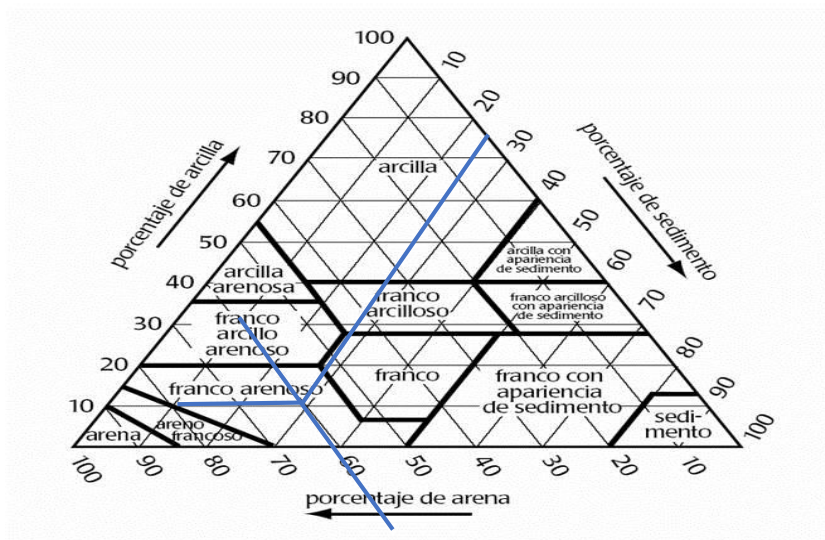


Figura 65. Prueba de sedimentación

Tabla 58*Textura del suelo parte alta*

Textura del suelo parte baja		
Arena	Arcilla	Limos
3.4 (cm)	1.5 (cm)	1.2 (cm)
55.74%	24.59%	19.67%
Tipo de suelo: Franco arcillo arenoso		

Nota: La tabla presenta la textura del suelo. Fuente: Autores del proyecto

**Figura 66.** Triángulo de texturas**Tabla 59***Textura del suelo parte alta*

Textura del suelo parte alta		
Arena	Arcilla	Limos
5 (cm)	0.8 (cm)	1.4 (cm)
69.44%	11.11%	19.44%
Tipo de suelo: Franco arenoso		

Nota: La tabla presenta la textura del suelo. Fuente: Autores del proyecto

Infiltración. Las pruebas de infiltración se realizaron en zonas degradadas por medio de un infiltrómetro de doble anilla artesanal, los datos fueron calculados con la ayuda de estudiantes de la asignatura restauración ambiental, mediante el método de la doble anilla, el cual consiste en introducir dos anillos de 30 y 15 cm respectivamente en el suelo a una profundidad de 10

centímetros y posteriormente añadir agua en el interior de las mismas a una altura de agua considerable, una vez nivelada la columna de agua, se procede a medir el descenso de la misma, para ello se colocó una regla para tomar las lecturas y con la ayuda de un cronometro se determinó el tiempo que tardó el agua en infiltrarse, se establecieron los tiempos por medio de formatos elaborados previamente y mediante ecuaciones establecidas se estableció la velocidad de infiltración.

Tabla 60

Prueba de la doble anilla parte baja del proyecto jardín botánico

Intervalo de tiempo entre lecturas (min)	Intervalo acumulado (min)	Intervalo acumulado (h)	Nivel del agua
0	0	0	22.2
1	1	0.01666667	22
1	2	0.03333333	21.8
1	3	0.05	21.6
1	4	0.06666667	21.5
1	5	0.08333333	21.3
5	10	0.16666667	20.4
5	15	0.25	19.6
10	25	0.41666667	18.4
10	35	0.58333333	17.2
15	50	0.83333333	15.7
15	65	1.08333333	23.2
30	95	1.58333333	21.2
30	125	2.08333333	19.7

Nivel de recuperación (cm)	Lamina infiltrada (cm)	Lámina acumulada (cm)	Lamina acumulada (mm)	Velocidad de infiltración acumulada
	0	0		0
	0.2	0.2	2	2.264187519
	0.2	0.4	4	4.093949898
	0.2	0.6	6	5.789119365
	0.1	0.7	7	7.4024018
	0.2	0.9	9	8.957406032
	0.9	1.8	18	16.19617244
	0.8	2.6	26	22.90247264
	1.2	3.8	38	35.43660679
	1.2	5	50	47.24094059
25	1.5	6.5	65	64.07406255
	1.8	8.3	83	80.176456
	2	10.3	103	110.8861265
	1.5	11.8	118	140.1916019

Nota: La tabla presenta prueba de doble anilla en la parte baja del proyecto jardín botánico. Fuente: Autores del proyecto

Tabla 61
Infiltración acumulada e instantánea

	Infiltración acumulada		Infiltración instantánea
A	0.2264	a	0.193459
B	0.8545	b	-0.1455

Nota: La tabla presenta la infiltración acumulada e instantánea. Fuente: Autores del proyecto

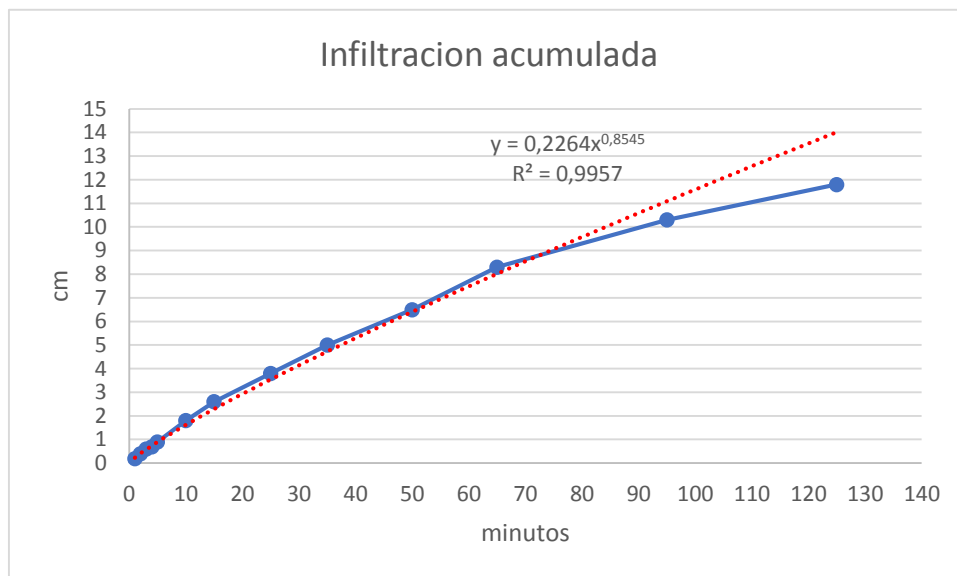


Figura 67. Infiltración acumulada

Una vez obtenidos los datos se utilizó la ecuación de kostiakov para definir la velocidad de infiltración.

Tiempo en alcanzar la velocidad de infiltración

$$T_b = 1.455 \text{ min}$$

Velocidad de infiltración básica

$$I_b = 0.1832 \text{ cm/min}$$

Tabla 62*Prueba de la doble anilla parte alta del proyecto jardín botánico*

Intervalo de tiempo entre lecturas (min)	Intervalo acumulado (min)	Intervalo acumulado (h)	Nivel del agua	
0	0	0	20	
1	1	0.01666667	19.9	
1	2	0.03333333	19.8	
1	3	0.05	19.8	
1	4	0.06666667	19.7	
1	5	0.08333333	19.7	
5	10	0.16666667	19.4	
5	15	0.25	19.2	
10	25	0.41666667	18.6	
10	35	0.58333333	18.1	
15	50	0.83333333	17.5	
15	65	1.08333333	16.9	
30	95	1.58333333	15.7	
30	125	2.08333333	14.7	
Nivel de recuperación (cm)	Lamina infiltrada (cm)	Lámina acumulada (cm)	Lamina acumulada (mm)	Velocidad de infiltración acumulada
		0		
	0.1	0.1		
	0.1	0.2		
	0	0.2		
	0.1	0.3		
	0	0.3		
	0.2	0.5		
	0.2	0.7		
	0.6	1.3		
	0.5	1.8		
	0.6	2.4		
	0.6	3		
	1.2	4.2		
	1	5.2		

Nota: La tabla presenta prueba de doble anilla en la parte alta del proyecto jardín botánico. Fuente: Autores del proyecto

Tabla 63*Infiltración acumulada e instantánea*

	Infiltración acumulada		Infiltración instantánea
A	0.0901	A	0.074666
B	0.8287	B	-0.1713

Nota: La tabla presenta la infiltración acumulada e instantánea. Fuente: Autores del proyecto

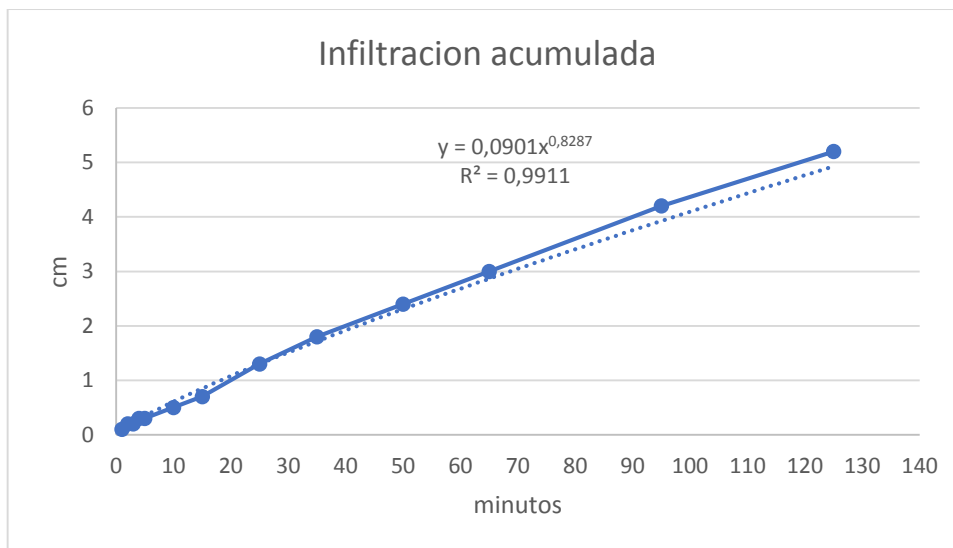


Figura 68. Infiltración acumulada

Tiempo en alcanzar la velocidad de infiltración

$T_b = 1.713 \text{ min}$

Velocidad de infiltración básica = 0.0681 cm/min

	100	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Drenaje	Bueno						Pobre			Prácticamente impermeable		
Tipo de suelo	Grava limpia	Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava				Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, morenas glaciares, depósitos de arcilla estratificada			Suelos "impermeables", es decir, arcillas homogéneas situadas por debajo de la zona de descomposición			
		Suelos "impermeables", modificados por la vegetación o la descomposición.										

Figura 69. Coeficiente de permeabilidad (cm/s) Fuente: (Angelone & Torres, 2014)

Discusión. Según el coeficiente de permeabilidad la infiltración de los sitios degradados es relativamente buena, sin embargo, son valores muy cercanos a un drenaje pobre, circunstancia

que, sumada a la alta intemperización de los sitios, podría ocasionar problemas de erosión laminar, si se supera la capacidad de campo con referencia a las precipitaciones.

4.2.5.2 Caracterización hidrológica. Análisis fisicoquímicos. Se tomaron 3 muestras simples pertenecientes a las 3 quebradas permanentes que se encuentran en el jardín botánico, con ellas se procedió a realizar análisis fisicoquímicos en el laboratorio de aguas que se encuentra en la universidad arrojando los siguientes resultados:

Muestra 1: Quebrada Rampacho, tomada a las 6:30 AM el día 27 de noviembre de 2018.

Tabla 64

Muestra hidrológica Q. Rampacho

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	PH	7.2
TURBIEDAD	NTU	10.3
COLOR	UPtCo	51
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	630
ALCALINIDAD	mg/L CaCO ₃	68
DUREZA	mg/L CaCO ₃	60
DQO	mg/L O ₂	< 2.0
OXÍGENO DISUELTO	mg/L O ₂	5.0
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	112

Nota: La tabla presenta la muestra 1 de agua. Fuente: Autores del proyecto

Muestra 2: Quebrada 2, tomada a las 6:30 AM el día 27 de noviembre de 2018

Tabla 65

Muestra hidrológica quebrada 2

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	PH	7.1
TURBIEDAD	NTU	65
COLOR	UPtCo	324
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	130
ALCALINIDAD	mg/L CaCO ₃	20
DUREZA	mg/L CaCO ₃	50
DQO	mg/L O ₂	< 2.0
OXÍGENO DISUELTO	mg/L O ₂	6.0
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	324

Nota: La tabla presenta la muestra 2 de agua. Fuente: Autores del proyecto

Muestra 3: Quebrada, tomada a las 6:30 AM el día 27 de noviembre de 2018

Tabla 66

Muestra hidrológica quebrada 3

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	PH	7.3
TURBIEDAD	NTU	10.6
COLOR	UPtCo	78
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	620
ALCALINIDAD	mg/L CaCO ₃	40
DUREZA	mg/L CaCO ₃	25
DQO	mg/L O ₂	< 2.0
OXÍGENO DISUELTO	mg/L O ₂	6.6
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	54

Nota: La tabla presenta la muestra 3 de agua. Fuente: Autores del proyecto

Discusión. Todas las muestras cumplían con el rango aceptable de PH, cuyo límite máximo permisible es de 6.5- 8.5. En la medición de la conductividad, todas las muestras cumplían con el límite máximo permisible, el cual es de <1500μS/cm, aunque según el límite de la OMS, que es de 250μS/cm, la muestra 2 no cumplía con este rango, pasando el límite muy escasamente, por lo cual no se ve alterada esta característica. Para los sólidos totales, los límites propuestos por OMS son de hasta 1000mg/L en su límite máximo permisible y hasta 500mg/L en su límite máximo aceptable, la EPA propone un límite máximo de 250mg/L, ambos límites superados en las fuentes 1 y 3, por lo cual se puede inferir que este si podría ser un contaminante que altera las propiedades del agua. La resolución 2115 de 2007 establece que el límite máximo permisible para el agua potable en cuanto a turbiedad es de 2 y color de 15, parámetros ampliamente superados por las fuentes muestreadas, circunstancia que puede deberse a los constantes movimientos de tierra causado por procesos erosivos en la parte alta. Los demás parámetros no muestran gran relevancia debido a sus porcentajes relativamente bajos (Gallardo y Neftalí, 2011; EPM, 2019; Torres, 2008).

Medición de caudales. La medición de caudales se realizó por un período de 2 meses en 2 fuentes hídricas presentes en el proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas, debido a que las otras no contaban con un caudal considerable para realizar las mediciones, el método utilizado fue el del flotador. Una vez identificados los puntos de medición, se delimitaron tramos dentro de las quebradas con cuerda y estacas, para tener el control de las distancias, las secciones transversales se calcularon dividiendo el ancho superficial en fajas, a cada una de estas se le calculó el área, para el cálculo de la velocidad se usó una pelota plástica para calcular el tiempo que tardaba en llegar desde un punto inicial hasta un punto final; con el fin de disminuir el porcentaje de error, la pelota fue lanzada en diez ocasiones, determinándose un tiempo promedio.

Tabla 67
Medición de caudales

QUEBRADA RAMPACHO			
Coordenadas		Altitud (msnm)	
X = 8°14'31.55" N		1202	
Y = 73°19'1.41 W		OBSERVACIONES	
Fecha	Temperatura (°C)	Caudal (L/s)	
18/09/2018	18	136.51073	Caudal bajo por falta de precipitaciones en días anteriores, poca turbidez el agua, no se identificaron residuos sólidos, pero sí un poco de material vegetal como ramas y hojas, y poca materia orgánica en suspensión.
21/09/2018	19	187.253224	Poca turbidez, presencia de ramas en la orilla del caudal y se identificaron residuos sólidos como costales, cuerda y bolsas plásticas.
26/09/2018	19	98.8417183	Acumulación de bancos de arena debido a precipitaciones en días anteriores y muchas ramas que fueron arrastradas hacia el caudal.
28/09/2018	21	79.3134	No se encontraron residuos sólidos, El caudal se encontró más reducido con el agua turbia, con un asentamiento marrón en el fondo y presentando por esto olores ofensivos.

Continuación Tabla 67 Medición de caudales

4/10/2018	19	161.27354	El cuerpo de agua estaba más profundo debido a que el día anterior tuvo precipitaciones durante la noche, además se evidenció la presencia de material vegetal.
5/10/2018	19	171.38748	La fuente hídrica estuvo caudalosa y con el agua un poco turbia; había concentración de ramas y troncos a lo largo de la orilla del caudal.
2/11/2018	20	675.17625	Presencia de olores ofensivos y amplia concentración de ramas y troncos en las orillas del caudal.
26/10/2018	20	72.075	El agua se encontraba de color claro y fría, no se encontraron ramas en el caudal.
11/10/2018	19	1.10253257	La quebrada tenía alto flujo de agua por las abundantes lluvias presentadas.
17/11/2018	24	0.37811008	La quebrada tenía gran acumulación de arena y hojas.
24/11/2018	26	0.75076512	La quebrada se encontraba con un cauce bajo.

Nota: La tabla presenta medición de caudales Fuente: Autores del proyecto

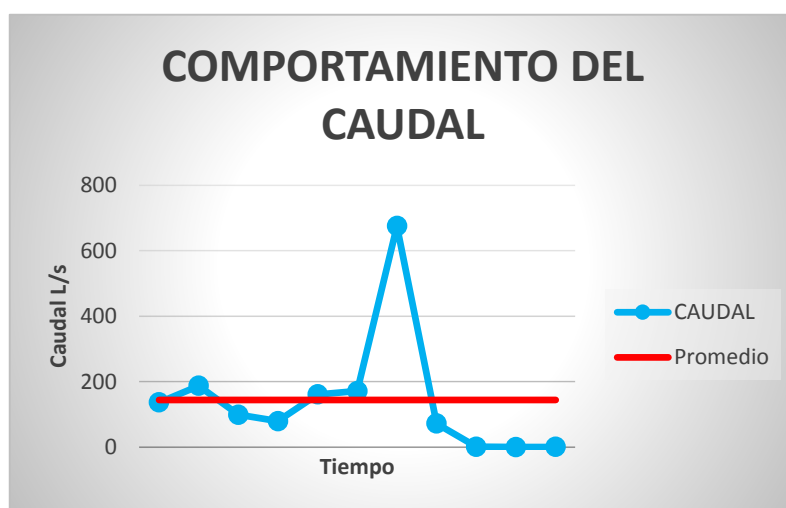


Figura 70. Comportamiento del caudal

Discusión. la medición del caudal permitió monitorear el comportamiento de las fuentes hídricas con la finalidad de compararlas con datos climáticos establecidos por el IDEAM, en los que se determinó que los meses de septiembre, octubre y noviembre son los mejores para sembrar según sus precipitaciones y evaporaciones, lo que abrió paso para muestrear las fuentes hídricas en los mismos periodos obteniendo un caudal máximo de 675.18 L/s, y el mínimo fue de 0.378 L/s.

Tabla 68
Medición de caudales

QUEBRADA (sin toponimia)			
Coordenadas		Altitud (msnm)	OBSERVACIONES
X = 8°14'34.00" N		1203	
Y = 73°19'54.35 W			
Fecha	Temperatura (°C)	Caudal (L/s)	
25/09/2018	18	40.465	Sin observaciones
27/09/2018	21	49.5	Sin observaciones
2/10/2018	21	45.925	Sin observaciones
4/10/2018	19	65.965	Sin observaciones
8/10/2018	19	81.16	Sin observaciones
12/10/2018	19	68.585	Sin observaciones
16/10/2018	20	38.61	Sin observaciones
19/10/2018	19	30.325	Sin observaciones
25/10/2018	20	38.65	Sin observaciones
1/11/2010	18	270.615	Sin observaciones
2/11/2018	20	130.09	Sin observaciones

Nota: La tabla presenta medición de caudales Fuente: Autores del proyecto

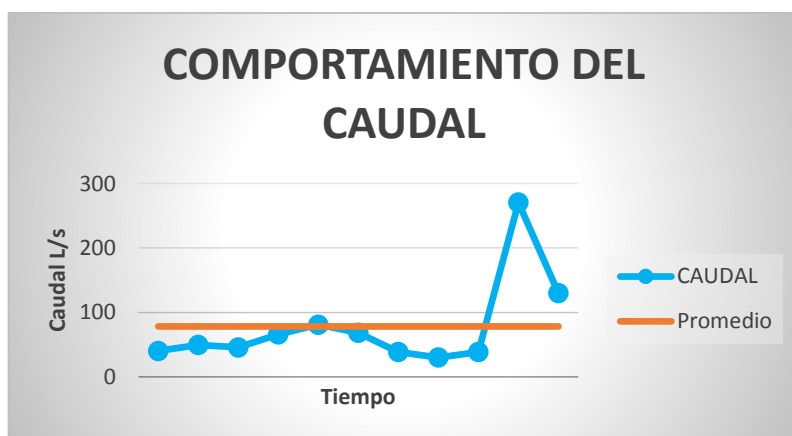


Figura 71. Comportamiento del caudal

Discusión. Según lo descrito para la Quebrada rampacho se midieron los caudales de la quebrada sin toponimia en mismos periodos, apreciándose que en los meses con menores

pérdidas de agua por evaporación el caudal máximo registrado fue 270.615 L/s, y el mínimo fue de 30.325 L/s.

4.3. Selección del tipo de ecosistema que será restaurado

Objetivo específico 2. Proponer mecanismos de restauración ecológica a partir de las necesidades del bosque seco tropical presente en el área del proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas

4.3.1 Descripción del estado original del ecosistema degradado. El proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas es un sistema de bosque seco tropical según el triángulo de zonas de vida de Holdridge en el que las temperaturas medias se establecen en 21.6 °C, la evaporación media anual es de 1096.53 mm y el promedio anual de precipitaciones es de 891.543 mm, conformado principalmente por zona de bosque denso representando un 54.89% de cobertura, con fragmentos de herbazal abierto arenoso (3.22%) y herbazal denso no arbolado (12.69%), en base a las unidades fractales mejores conservadas (sistema de referencia) en donde el porcentaje de conservación haciende a porcentajes superiores al 90%, se puede deducir que el sector degradado presentaba características similares por su cercanía, encontrándose especies nativas como: *Albizia julibrissin durazz*, *Acalypha macrostachya*, *Piper aduncum*, *Miconia squamolosa*, y *Myrsine guianensis*, entre otras, suelos con altos contenidos de materia orgánica, retención de humedad alta por su característica caducifolia y diversidad alta.

4.3.2 Trayectoria ecológica. En base al sistema de referencia (unidades fractales mejores conservadas), en donde el ecosistema presenta porcentajes de conservación superiores al 90% se puede deducir que el ecosistema original del jardín presentaba características similares; lamentable debido a los diversos disturbios presentados a lo largo del tiempo (tala, incendios forestales, especies invasoras, construcciones civiles), han llevado a que el ecosistema pierda atributos importantes reflejados en la estructura, composición y función, bajando su conservación a un 71.29% (Estudios ambientales y agropecuarios del nororiente colombiano), con una pérdida de 20% (intensidad moderada). Todo esto se ha venido agravando gracias a las diversas limitantes que posee el ecosistema, como las bajas precipitaciones, alta evaporación, poco contenido de materia orgánica y los grados de complicación erosiva en suelos degradados; haciendo que las áreas degradadas hayan perdido características edáficas, florísticas y de regulación climática, con respecto a su estado original (severidad alta).

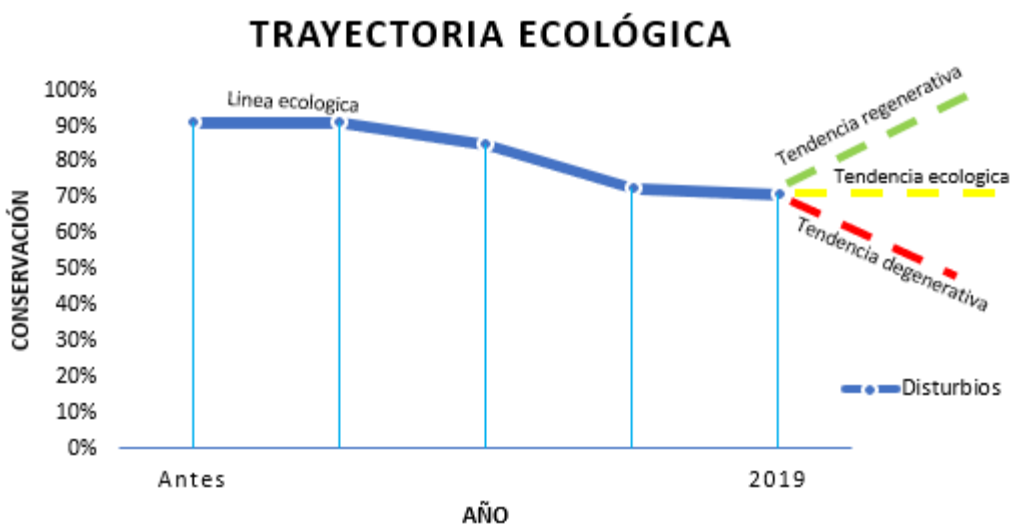


Figura 72. Trayectoria ecológica

4.4 Descripción de los posibles factores de disturbio del proyecto

4.4.1 Factores tensionantes.

4.4.1.1. Construcciones antrópicas. La extensión actual del proyecto jardín es de 33.47 ha, de las cuales el 0.29% corresponde a construcciones antrópicas, representada por una zona de cultivos, en las cuales se encuentran unas huertas experimentales, un quiosco y un lombricario, unos tanques para el almacenamiento de agua, una bodega para almacenamiento de herramientas y algunas torres instaladas en la parte alta y la parte baja (Estudios ambientales y agropecuarios del Nororiente colombiano, 2018). La extensión que abarcan estas construcciones corresponde a un área de 956.43 m². Según León (2019) en una entrevista realizada nos informa que anteriormente la extensión del jardín era mayor y que está fue recortada para que se efectuará la construcción de un edificio perteneciente a una facultad. Si revisamos la extensión que abarca actualmente el jardín y la comparamos con la extensión correspondiente a dichas construcciones, dicho análisis nos permite identificar que la intensidad de dicho disturbio es leve, con recurrencia baja.

4.4.1.2. Tala. Al realizar el recorrido por algunos sectores del jardín se puede evidenciar que la tala es un factor tensionante dentro del mismo, el ingeniero Eimer Amaya, actual coordinador del proyecto jardín botánico J.E.Q.A., nos comenta que ha encontrado especies taladas dentro del jardín, y que estas talas pueden ser causadas por dos actores, los campesinos aledaños al jardín, los cuales utilizan especies maderables para el establecimiento de cercas o por algunos estudiantes que realizan recorridos dentro del jardín careciendo de conciencia ambiental (Amaya, 2019); esta teoría es reforzada por el profesor José Julián Cadena Morales, precursor en

la creación del proyecto jardín, argumentando que en sus inicios, algunas personas entraban al mismo y saqueaban algunas especies (Cadena, 2019). Por otra parte, la recopilación de datos por parte de la población aledaña al proyecto jardín pertenecientes a las veredas Las peñitas y La Rinconada resaltan que dentro de las veredas los factores tensionantes que más han afectado la pérdida de vegetación en los últimos años han sido la tala para el establecimiento de cercas con un 39% y la tala para el establecimiento de cultivos con un 28%. Aunque no existen datos para el jardín la zona presenta una gran extensión de cultivos con intensidad severa y recurrencia alta.

4.4.1.3. Uso de agroquímicos. El 69% de las personas encuestadas confirmaron que utilizan agroquímicos para el establecimiento de cultivos, ya sea para el control de plagas o para la fertilización de los mismos; los residuos de estos agroquímicos terminan llegando a las fuentes hídricas encontradas dentro del proyecto jardín botánico; en recorridos realizados por dichos afluentes se han encontrado recipientes de estos agroquímicos. Análisis de agua. Los principales agroquímicos que utilizan los campesinos son:

Urea. Fertilizante químico de origen orgánico presente en estado sólido granulado constituido principalmente por nitrógeno (N) (Pacifex fertilizantes, 2019), el problema con la utilización de este agroquímico se remite que al ser un compuesto nitrogenado contiene altas cantidades de nitratos, los cuales son altamente solubles y son arrastrados por lixiviación y escorrentía a cuerpos hídricos superficiales y subterráneos, causando la eutrofización de los mismos, cuando se producen en altas concentraciones (Vega, 2017).

Agrocafé. Fertilizante utilizado en el cultivo de café constituido por nitrógeno, potasio y un porcentaje menor de fósforo Federación nacional de cafeteros de Colombia (FNC, 2013).

Glifosol. Herbicida no selectivo de acción sistémica, de amplio espectro, adecuado para el control post emergente de las malezas anuales y perennes en áreas agrícolas, industriales, caminos, vías férreas, entre otros (Arysta LifeScience Colombia S.A., 2019). Las problemáticas ambientales y sanitarias radican en su toxicidad, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA) considera al glifosol como de toxicidad clase II, toxicidad aguda dérmica y oral relativamente baja, si este es traslocado a cuerpos hídricos puede afectar la calidad el agua y a organismos habitados por estos, afectando directamente la estructura y funcionalidad de estos ecosistemas (Salazar y Aldana, 2011).

Gramoxone. Herbicida de amplio espectro, cuyo ingrediente activo es el paraquat, el cual posee grado de toxicidad tipo II (Syngenta S.A., 2019), este herbicida resulta ser muy tóxico para los organismos acuáticos, y en altas concentraciones puede producir cancer (Della, 2004).



Figura 73. Agroquímicos en la quebrada Rampacho

4.4.1.4. Expansión de la frontera agrícola y ganadería extensiva. Según los resultados de las encuestas la principal actividad que realizan las comunidades asentadas en cercanías al proyecto jardín botánico es la agricultura representando un 82% dentro de las actividades productivas de la zona, además un porcentaje considerable de personas encuestadas (30%) identifican la agricultura como aquella actividad productiva que más ha afectado la vegetación nativa dentro del sector, por su parte la ganadería a pesar de representar un porcentaje menor (6%) dentro de las actividades desarrolladas en la zona, la comunidad la identifica como la principal actividad productiva que ha causado mayor pérdida de vegetación en los últimos años, representando un 40% dentro de las encuestas. Si esto lo traspolamos al área del proyecto jardín botánico en mención el ingeniero Eimer Amaya y el profesor José Julián cadena Morales, actores influyentes, nos transmiten la preocupación que existe entre la expansión de la frontera agrícola y la ganadería extensiva con la estructura del proyecto jardín, informándonos que existen zonas que se encuentran en conflicto y algunos vecinos han establecido sitios de potreraje para sus

animales. Dentro del jardín la intensidad es moderada con frecuencia rara, aunque en la parte alta (zona de conflicto) puede ser recurrencia alta por presencia de pastoreo bovino.

4.4.1.5. Incendios Forestales. Los habitantes de la zona identifican los incendios forestales como una de las causas que ha provocado pérdida de vegetación nativa en los últimos años, teniendo una percepción del 18 %. Por otro lado, según Amaya (2019), dentro de las 33.67 ha que integran el jardín, se han presentado algunos conatos de incendios. Las principales causas que han hecho proliferar estos incendios son motivadas principalmente por condiciones climáticas, quemas que se salen de control, e inconciencia por parte de los visitantes del jardín.

4.4.1.6. Mala disposición de residuos sólidos. Según Amaya (2019) la mala disposición de los residuos sólidos dentro del proyecto jardín es un problema recurrente, y esto se debe principalmente a la falta de conciencia ambiental por parte de algunos visitantes; ya que a pesar de encontrarse puntos ecológicos en las instalaciones, en las rutas o senderos se suele observar residuos depositados de una manera inadecuada.

4.4.1.7. Proliferación de especies invasoras. Dentro del proyecto jardín se presentan parches de especies invasoras como la guadua (*Guadua angustinifolia*), la caña brava (*Arundo donax*) y el helecho marranero (*pteridium aquillinum*), las cuales ocupan un área de 6.31 ha, representando un 18.84% por lo cual su intensidad es moderada; con recurrencia alta sobre todo de *pteridium aquillinum*, en el caso de los guaduales estos representan una fuente de aprovisionamiento para la construcción de kioscos y demás obras civiles, pero en el caso de la

caña brava y los helechos representan un peligro para la biodiversidad de la zona pues son especies altamente dominantes y abarcan grandes extensiones de tierra.

Tabla 69

Factores tensionantes

Factores Tensionantes			
Disturbio	Actores involucrados	Intensidad	Recurrencia
Construcciones antrópicas	Administración del proyecto jardín	Leve	Baja
Tala	Visitantes, campesinos aledaños	Severa en la vereda, leve en el jardín	Baja
Uso de agroquímicos	Campeños aledaños	Moderada	Media
Expansión de la frontera agrícola y ganadería extensiva	Campeños aledaños	Leve	Baja, Alta en la zona de conflicto
Incendios forestales	Visitantes, Campeños aledaños	Leve	Baja
Mal manejo de residuos sólidos	Visitantes	Leve	Baja
Proliferación de especies invasoras	Desviación en la trayectoria	Moderada	Alta

Nota: La tabla presenta los factores tensionantes Fuente: Autores del proyecto

4.4.2 Factores Limitantes.

4.4.2.1. Condiciones deficientes en suelos. En el proyecto jardín existen parches de áreas degradadas con grados de erosión en 3 grados de complicación (laminar, surcos, cárcavas), las pruebas de infiltración en sitios degradados registran valores bajos, cercanos a drenajes pobres, las muestras de suelo indican valores de fertilidad baja, el índice de plasticidad indica que los suelos degradados son poco plásticos y altamente vulnerables a la erosión hídrica ya que presentan una resistencia baja a la humedad.

4.4.2.2. Estrés hídrico. Los datos climáticos revelan que los valores de evaporación son superiores al promedio de precipitaciones registradas, presentando pérdidas hídricas del 23% anual, sumado a la alta humedad del área hacen que las especies tengan que adaptarse a

condiciones extremas, circunstancia que se convierte en limitante para la restauración, en las primeras etapas plantulares.

4.4.2.3. Geomorfología inestable. Dentro del proyecto jardín se encuentran zonas con altas grados de pendiente de 50-75% de inclinación, causando grados de erosión superficial severa en el terreno, a esto se le adicionan los movimientos en masa y drenajes naturales con excesivos afloramientos en sectores, con relieve quebrado, montañoso y escarpado.

4.4.2.4. Desinterés por parte de la comunidad estudiantil. A pesar de que existen estudiantes que han trabajado en diversos proyectos dentro del proyecto jardín botánico, los estudiantes que más se han interesado por los procesos que se desarrollan dentro del mismo han sido los estudiantes de ingeniería ambiental, la demás comunidad estudiantil, realmente está poco interesada en los procesos que se llevan a cabo, existiendo una desarticulación entre la dirección del jardín y la comunidad estudiantil.

4.4.3 Potenciadores de la restauración.

4.4.3.1. Organización del proyecto jardín botánico. El proyecto jardín botánico J.E.Q.A. se encuentra conformado por una dirección que se encuentra integrada por un coordinador y un personal de trabajo, estos con el apoyo de algunos profesores han adelantado labores de recuperación de espacios, talleres, recorridos, adecuación de sitios, reforestaciones, que resultan ser importantes para la restauración de sitios degradados.

4.4.3.2. Vinculación de estudiantes y docentes. En el repositorio institucional se encuentran diversos proyectos de investigación enfocados en el conocimiento del jardín, tanto en factores de estructura, como de educación ambiental y diversidad florística; de igual manera diversas asignaturas, como sistemas fáunicos y florísticos y restauración ambiental integran actividades dentro del proyecto; siendo influyentes en procesos de rehabilitación ecológica en áreas degradadas.

4.4.4 Regeneradores de la restauración.

4.4.4.1. Presencia de fuentes hídricas. Dentro del proyecto jardín botánico J.E.Q.A. existen 3 fuentes hídricas permanentes, con caudal considerable, haciendo importante y prioritaria la restauración del ecosistema; además las mismas pueden servir como fuente de abastecimiento para las especies nativas establecidas en programas de reforestación.

4.4.4.2. Existencia de especies nativas. El porcentaje de fragmentación del ecosistema es bajo abarcando solo el 28.71%, es decir el porcentaje de conservación es de 71.29%, preservándose identidad en la gran mayoría de fragmentos evaluados, en los mismos existen especies nativas como el mantequilla (*Myrsine guianensis*), el rampacho (*Clusia multiflora*), tachuelo (*Zanthoxylum rhoifolium*) y algunas piperáceas las cuales resultan importantes al momento de restaurar las áreas degradadas.

4.5. Actores locales

En base a la información primaria y secundaria los actores más influyentes dentro del proyecto jardín botánico son:

Tabla 70
Actores locales

Identificación de actores				
Actor	Público	Privado	Sociedad civil	Descripción de interés y/o responsabilidades
Organización del proyecto jardín	X			Dirigir, coordinar, y ejecutar acciones de mejoramiento en el interior del proyecto jardín botánico, así como brindar asesorías, dictar charlas y administrar los recursos inmersos dentro del jardín.
Comunidad estudiantil			X	Aportar conocimiento y apoyar los procesos enfocados en la conservación, investigación y restauración dentro del proyecto jardín botánico, así como garantizar la conservación de los recursos naturales pertenecientes al jardín.
Planta docente y administrativos de la U.F.P.S.O.	X			Apoyar los procesos de investigación y restauración ejecutados dentro del jardín, así como servir de promotor en la conservación del jardín.
Fundación semillas		X		Garantizar la convivencia y armonía, entre el ambiente y las comunidades presentes, garantizando la preservación de la estructura, función y composición de los atributos florísticos y fáunicos pertenecientes al jardín.
Campeños aledaños			X	Garantizar la convivencia y armonía, entre el ambiente y las comunidades presentes, garantizando la preservación de la estructura, función y composición de los atributos florísticos y fáunicos pertenecientes al jardín.
Servicios Ambientales Geográficos (SAG)		X		Ejecutar acciones de rehabilitación ecológica en un sector del jardín botánico.

Nota: La tabla presenta los actores locales. Fuente: Autores del proyecto.

4.6. Objetivo y metas de restauración

4.6.1 Objetivo. Restaurar la estructura, función y composición de las áreas erosionadas y con presencia de especies invasoras en el proyecto jardín botánico J.E.Q.A.

4.6.2 Metas.

4.6.2.1 Corto plazo. Recuperar la cobertura vegetal herbácea en áreas degradadas, control de tensionantes, enriquecimiento del bosque y estabilización de taludes mediante la implementación de técnicas de bioingeniería.

4.6.2.2 Mediano plazo. Disminuir especies invasoras mediante control manual y plantación de especies nativas.

Educar a las comunidades locales e incorporar la participación comunitaria en los procesos de restauración.

4.6.2.3. Largo plazo. Proteger los cuerpos hídricos y prevenir su deterioro con el fin de mantener las condiciones ecológicas y físico-químicas según parámetros de calidad.

Establecer microsítios con el fin de rehabilitar la estructura y función del bosque

Restaurar la integridad edáfica en los sectores degradados

Restaurar las coberturas arbóreas y arbustivas, mediante el enriquecimiento de especies nativas, control de tensionantes, aporte de materia orgánica y plantación por arreglos

4.7. Mecanismos de restauración ecológica

4.7.1. Programas. Como mecanismo de restauración ecológica se establecieron los programas de control de erosión, control de especies invasoras, educación ambiental y participación comunitaria, reforestación y sucesión ecológica, protección de cauces, con la finalidad de restaurar y devolver los servicios ecosistémicos perdidos, los programas se encuentran en el apéndice. Ver Apéndice F.

4.7.2 Plan de trabajo.

Tabla 71
Plan de trabajo

	LOGICA DE INTERVENCION	INDICADORES	FUENTES DE VERIFICACION	SUPUESTOS
OBJETIVO	Restaurar la estructura, función y composición de las áreas erosionadas y con presencia de especies invasoras en el proyecto jardín botánico J.E.Q.A.	Recuperados los servicios ecosistémicos perdidos en las áreas degradadas que se encuentran dentro del proyecto jardín botánico J.E.Q.A.	Trayectoria ecológica	Las condiciones socio ambientales de la región permitirán la obtención de los resultados en cifras iguales o superiores al objetivo propuesto.
		Disminuidos los tensionantes y limitantes		
		Aumentados los potenciadores y regeneradores		

Continuación Tabla 71 Plan de trabajo

METAS	Recuperar la integridad edáfica en áreas degradadas, control de tensionantes, enriquecimiento del bosque y estabilización de taludes mediante la implementación de técnicas de bioingeniería	Reducida la erosión en un 80% y aumentada la fertilidad luego de 3 años del proyecto. Estabilizados los taludes en un 90%	Informe de avance y ejecución del proyecto donde se evidencie a través de inventarios el número de hectáreas que abarca el plan, informe técnico detallado comparativo de los análisis de suelo antes y después de iniciado. análisis de suelo que muestre las características del suelo, inspecciones visuales técnicas de cumplimiento.	Las condiciones climáticas, edáficas y biológicas de la zona permitirán el establecimiento de sistemas agroforestales. Los ganaderos de las veredas Las Liscas y portachuelo implementarán los sistemas agroforestales.
	Disminuir especies invasoras mediante control manual y plantación de especies nativas	Disminuido el 40% de área invadida por especies invasoras en el primer año y 80% luego del tercer año	Inventario del número de hectáreas controladas y el número de especies nativas establecidas	El establecimiento de especies nativas será mayor que el de especies invasoras.
	Educar ambientalmente las comunidades locales e incorporar la participación comunitaria en los procesos de restauración	Formada la conciencia ambiental en un 90%	Listados, fotografías, informes y graficas	Asistencia masiva por parte de las comunidades y existencia de sitios aptos para brindar capacitaciones.
	Proteger los cuerpos hídricos y prevenir su deterioro con el fin de mantener el buen estado ecológico y físico-químico	Protegido el 90% de corredores riparios y regulado el estado ecológico de las fuentes hídricas	Inventario de los corredores establecidos, informe técnico detallado de las condiciones de las cuencas.	Las condiciones topográficas, edáficas, biológicas, hídricas y de relieve
	Establecer micrositios con el fin de rehabilitar la estructura y función del bosque	Rehabilitado el 80% de área degradada	Inventario del número de hectáreas recuperadas y repobladas, informe de seguimiento y control de las zonas recuperadas.	La suma de regeneradores + potenciadores será mayor que la suma de tensionantes+ limitantes permitiendo la rápida recuperación y posterior repoblamiento de especies en la zona.

Continuación Tabla 71 Plan de trabajo

META 1	Actividad 1: realizar actividades de labranza mínima en las zonas degradadas que permitan el rebrote de semillas y mejoren el suelo.	Labrado el 45% de áreas degradadas a corto plazo. Labrado el 70% de áreas degradadas a mediano plazo. Labrado el 95 y 100% de áreas degradadas a largo plazo.	Inventario de áreas labradas	Condiciones climáticas favorables y banco de semillas.
	Actividad 2: crear zanjas de coronación y distribuir rocas en el terreno degradado para disminuir la velocidad y el impacto del agua en el suelo.	Implementadas zanjas y rocas para cada área degradada.	Listado de zanjas implementadas y áreas con rocas	Alta oferta de mano de obra Condiciones climáticas aptas para adecuación del terreno.
	Actividad 3: realizar aporte de materia orgánica animal y vegetal.	Adicionado compost al sustrato de suelo degradado.	Inventario de la cantidad de sustrato orgánico aplicado a las zonas degradadas. informe de número de hectáreas intervenidas.	Alta oferta de mano de obra, condiciones climáticas aptas para adecuación del terreno y aporte por parte de la universidad de materia orgánica
	Actividad 4: implementar obras de bioingeniería para la estabilización de taludes.	Estabilizados 3 taludes.	Informe de obras realizadas.	Rutas de acceso y suelos aptos para trabajar
	Actividad 5: mantenimiento de obras complementarias	Realizados mantenimientos anuales durante los dos primeros años, y luego cada dos años.	Listas de chequeo y fotografías	Excelentes condiciones de las obras
META 2	Actividad 1: cortar las especies manualmente a principios de verano para controlar su crecimiento.	Cortado el 96% de especies invasoras en las fechas más secas.	Inventario de áreas erradicadas	Restricciones climáticas y competencia
	Actividad 2: encalado.	Aplicados sustratos a base cal como (cal dolomítica, roca fosfórica, $Ca(OH)_2$, $CaCO_3$, CaO) a la zona de siembra dentro del terreno de helechos.	Inventario de áreas encaladas y porcentaje de cal utilizada	Condiciones climáticas favorables y personal disponible

Continuación Tabla 71 Plan de trabajo

META 3	Actividad 3: apertura de claros y plantación de especies nativas	Establecidas especies arbóreas en claros de bosque, para propiciar la competencia hacia especies invasoras	Fotos, reporte de especies establecidas	Bosque sin apertura de claros y buenas precipitaciones
	Actividad 4: reposición del material plantado muerto	El 100% del material muerto repuesto	Fotografía y lista de verificación	Especies resistentes, baja predación, baja competencia y buenas condiciones climáticas
	Actividad 5: hacer mantenimiento	Realizados mantenimientos cada dos meses por un periodo de dos años.	Fotografías e informes de mantenimientos realizados	Baja presencia de especies invasoras
	Actividad 1: implementación de talleres simposios y capacitaciones	Realizados 1 talleres por mes y un simposio anual	Listados de asistencia y fotografías.	Asistencia masiva por parte de la comunidad y alta participación en las actividades propuestas en las capacitaciones realizadas
	Actividad 2: creación de cartillas y publicidad.	Realizadas 2 cartillas didácticas	Listados de asistencia y fotografías.	Asistencia masiva por parte de la comunidad y alta participación en las actividades propuestas en las capacitaciones realizadas
	Actividad 3: contratación de mano de obra local.	Contratados jornaleros y profesionales de la localidad.	Listados de asistencia y fotografías.	Asistencia masiva por parte de la comunidad y alta participación en las actividades propuestas en las capacitaciones realizadas
	Actividad 4: creación de semillero de investigación estudiantil	creado el semillero de investigación restauración Ocaña	Listados de asistencia y fotografías.	Asistencia masiva por parte de la comunidad y alta participación en las actividades propuestas en las capacitaciones realizadas

Continuación Tabla 71 Plan de trabajo

	actividad 6: creación de una brigada ambiental.	controlados el 80% de impactos generados por turismo.	Listados de asistencia y fotografías.	Asistencia masiva por parte de la comunidad y alta participación.
	Actividad 1: recolección de germoplasma para viveros.	Recolectadas el 85% de plántulas y semillas requeridas en los primeros dos meses.	Inventario de especies recolectadas	Existencia de material genético en la zona para producción de especies en el vivero.
	Actividad 2: compra de especies en viveros regionales.	Comprados el 15% de plantas en viveros.	Inventario y facturas de compra	Existencia de especies requeridas en viveros.
	Actividad 3: establecimiento de viveros.	Establecidos 3 viveros transitorios en el primer mes.	Inventario de los viveros establecidos. inventario de las especies de arbustos y árboles que se desarrollarán en cada uno de los viveros establecidos. inventario de individuos producidos.	Alta disponibilidad de área para ubicación de viveros
META 4	Actividad 4: control de arvenses.	Realizados 4 controles de arvenses en áreas de siembra cada dos meses.	Informe de reporte de control de arvenses realizados.	Alta capacidad de mano de obra disponible y capacitada
	Actividad 5: determinar el arreglo florístico.	determinado 1 tipos de arreglo florístico para cada zona en el primer mes.	Plano de distribución de las especies material fotográfico	Disponibilidad de mapas y personal capacitado en software geográfico por parte de la universidad.
	Actividad 6: implementación de hidrogel	Aplicado hidrogel para cada ahoyado.	Inventarios de cantidad de producto utilizado y fotografías	Las plantas crecen más rápido y más resistentes
	Actividad 7: enriquecimiento con especies nativas.	Establecidas las especies (<i>acalypha macrostachya</i> , <i>albizia julibrissin durazz</i> , <i>myrcia deflexa</i> , <i>myrsine guianensis</i> y <i>piper aduncum</i>)	Fotografías, inventarios y diseños florísticos	Buena adaptación de las especies

Continuación Tabla 71 Plan de trabajo

	Actividad 8: plantar y sembrar especies en fechas adecuadas.	Plantado el 60 % de especies en el primer año, y el 40% restante en los dos años posteriores.	Informe de especies y fechas de plantación	Condiciones climáticas aptas en las fechas previstas.
	Actividad 9: protección de especies, con malla cilíndrica de plástico para garantizar la supervivencia.	Protegidas las especies luego de ser establecidas	Fotografías e inventario de mallas instaladas	Caída de la malla
	Actividad 10: reposición de material plantado muerto	Sustituidas las especies plantadas durante un periodo de dos años.	Fotografías	Cantidad baja de pérdidas y competencia alta
	Actividad 11: establecer perchas para atraer animales que propaguen semillas.	Establecidas 60 perchas en las áreas degradadas en el mes 15	Inventario de perchas establecidas Mapas de distribución de las perchas	Presencia de animales dispersores de semillas y baja predación de semillas
	Actividad 12: mantenimiento y seguimiento de las especies plantadas.	Realizados monitoreos semestrales a las zonas intervenidas contadas a partir de la plantación de las áreas.	Informes detallados de los monitoreos desarrollados de las zonas intervenidas con el proyecto.	Existencia de instrumentos y personal capacitado para medir índices e indicadores.
	Actividad 1: seguimiento a la calidad del agua y medición de caudales.	Realizados monitoreos semestrales en épocas de sequía	Actas de asistencia y del desarrollo de las actividades de capacitaciones a los campesinos	Disponibilidad de laboratorios y condiciones climáticas favorables.
META5	Actividad 2: establecer corredores riparios.	Establecido el 30% de corredores riparios a corto plazo.	Informes de los corredores riparios establecidos	Buena adaptación de especies de corredores riparios.
		Establecido el 65% de corredor ripario a mediano plazo.		
		Establecido el 85% de corredor ripario a largo plazo.		

Nota: La tabla presenta el plan de trabajo. Fuente: Autores del proyecto

Objetivo específico 3. Establecer parámetros de monitoreo que permitan evaluar el protocolo de restauración ecológica propuesto.

4.8. Programa de seguimiento y monitoreo a la restauración

4.8.1. Objetivo y metas.

4.8.1.1. Objetivo. Evaluar el comportamiento de la vegetación arbórea y arbustiva, así como los procesos sucesionales de las áreas erosionadas y con presencia de especies invasoras del proyecto jardín botánico J.E.Q.A.

4.8.1.2. Metas a corto plazo (1 año).

- Evaluar los patrones edáficos, mediante toma de muestras y realización de pruebas
- Verificar la condición de los taludes
- Evaluar el desarrollo de cobertura herbácea sobre el suelo en las zonas trabajadas

4.8.1.3. Metas a mediano plazo (3-5 años). Evaluar el crecimiento herbáceo y arbustivo en zonas con presencia de helechos

Evaluar la presencia o ausencia de especies invasoras

Evaluar el comportamiento social dentro del proyecto

4.8.1.4. Metas a largo plazo (> 6 años). Evaluar el crecimiento arbóreo y arbustivo, la supervivencia y otros factores estructurales en zonas de ribera y degradación.

Evaluar calidad hidrológica.

4.8.2. Criterios, indicadores y cuantificadores.

Tabla 72
Criterios, indicadores y cuantificadores

Meta	Criterio	Indicador	Cuantificador	Frecuencia	Fuente de verificación
Meta corto plazo 1	Físico	Estabilidad de agregados	Porcentaje de agregados estables	Anual	Fotografías, análisis edáfico, Informes, levantamientos en campo
		Infiltración	Velocidad de infiltración		
		Materia orgánica	Contenido de materia orgánica		
	Profundidad	Horizonte 0 a 30 cm			
Químico	Químico	PH	Unidad		
		CIC	Concentración		
Biológico	Biológico	Elementos fértiles (P, Ca, Mg, K, Al)	Contenido de nutrientes # de especies		
		Biodiversidad y composición de microorganismos	Índices de diversidad número de secuencias Biomasa microbiana Respiración		
		Deslizamientos	Número de deslizamientos en épocas lluviosas		
Meta corto plazo 2	Geomorfología	Pérdida edáfica	Porcentaje de suelo perdido por ecuación	Anual	Fotografías, Informes, levantamiento en campo

Continuación Tabla 72 Criterios, indicadores y cuantificadores

Meta corto plazo 3	Cobertura	Aumento en la cobertura del suelo con vegetación herbácea y residuos vegetales	Área cubierta	Trimestral en el primer año	Fichas de levantamiento, fotografías, informes de cumplimiento
			Porcentaje de suelo desnudo en el área		
		Cambios sucesionales de vegetación pionera	Área cubierta por vegetación pionera	Trimestral en el primer año	
			Tipos de vegetación		
Meta mediano plazo 1	Estructura herbácea	Cambios en la distribución diamétrica	DAP, CAP		Informes de cumplimiento, fotografías, Tablas, fichas
		Tasa de crecimiento	Altura		
		Densidad foliar	Ancho, largo		
	Estructura	Sobrevivencia de plantas	Porcentaje de supervivencia		
		Cambios en la distribución diamétrica	DAP		
			Área basal		
Autenticidad biológica	Cambios en la estructura del dosel	Porcentaje de cobertura de herbáceas y arbustivas nativas	Trimestral en el primer año, Anual hasta el 5 año y bianual hasta 20 años		
	Cambios en los rangos de crecimiento	Tasa de crecimiento			
	Densidad	Número de especies por m ²			
	Cambios en el número de especies nativas establecidas a partir de sucesión ecológica	Porcentaje de cobertura			

Continuación Tabla 72 Criterios, indicadores y cuantificadores

Meta mediano plazo 2	Composición	Reducción de la cobertura Biomasa de especies exóticas	Porcentaje de cobertura Área basal	Trimestral en el primer año, Anual hasta el 5 año y bianual hasta 20 años	Informes de cumplimiento, fotografías, Tablas, fichas
	Fortalecimiento de capacidades locales y generación de conocimiento	Curva de dominancia Capacitaciones	Índices de diversidad Número de personas capacitadas Número de personas u organizaciones en capacidad de asesorar a otras poblaciones en el aprendizaje de técnicas de restauración	Semestral en el primer año	
Meta mediano plazo 3	Fortalecimiento de capacidades locales y generación de conocimiento	Compromisos	Compromiso de la comunidad vecina con el área restaurada (iniciativas de protección, no intervención)		Documentación, listados de asistentes, contratos, proyectos
	Participación colaborativa	Personas involucradas en los procesos de restauración	Número de actores locales involucrados en procesos de monitoreo o investigación en las áreas en proceso de restauración	Anual	
	Impactos económicos	Generación de empleo	Número de empleados locales Empleos generados en el proyecto		

Continuación Tabla 72 Criterios, indicadores y cuantificadores

		Número de especies	Taxonomía: Familia, Genero especie		
Meta largo plazo 1	Composición	Origen Curvas de dominancia	Nativa, exótica Índices de riqueza	Trimestral en el primer año, Anual hasta el 5 año y bianual hasta 20 años	Informes de cumplimiento, fotografías, Tablas, fichas
		Presencia o ausencia	Número de especies		
			DAP, Área basal Altura total y comercial Altura de ramas, número de hojas Tasa de mortalidad		
	Estructura	Tasa de crecimiento Cobertura	Porcentaje de cobertura # de individuos por área		
Meta largo plazo 1		Densidad de individuos Diámetro de copas	Porcentaje de crecimiento Presencia de lianas, enredaderas, epífitas, afecciones, plagas	Trimestral en el primer año, Anual hasta el 5 año y bianual hasta 20 años	Informes de cumplimiento, fotografías, Tablas, fichas
		Estado fitosanitario			
	Función	Forma de crecimiento	Valor de existencia		
		Fenología Regeneración natural	Valor de existencia Presencia de plántulas de nuevas especies		
Meta largo plazo 2	Régimen hidrológico Parámetros fisicoquímicos	Disponibilidad hídrica Turbiedad, color	Aumento del caudal Cambio en las variables	Semestral Anual	Cartera de campo, análisis de laboratorio

Nota: La tabla presenta los criterios, indicadores y cuantificadores. Fuente: Autores del proyecto

4.8.3. Métodos empleados para el monitoreo.

4.8.3.1. Vegetación. Forma y tamaño muestral. A partir de la cartografía existente y visitas en campo se hará un reconocimiento a las técnicas de restauración en las áreas intervenidas. En base a las condiciones del terreno y la topografía se establecerán 5 parcelas permanentes por unidad fractal para un total de 30 en aquellas zonas con mejor acceso. Cada parcela tendrá un área de 100 m², con forma cuadrada; en aquellas áreas donde se implementen módulos de nucleación como método de siembra se escogerán 5 núcleos al azar por unidad (González, Avella, y Díaz, 2015).

Instalación de parcelas. En cada zona escogida se instalarán vértices fijos o puntos centrales (núcleos) con tubería de PVC (1 ½”) color naranja. Adicionalmente se localizarán puntos secundarios con tubería de PVC (½”) color blanco, indicándo el perímetro del área, garantizando la fácil ubicación e identificación para futuros muestreos. Con la ayuda de un GPS se deben registrar las coordenadas de cada vertice primario (Se recomienda registrar cada vértice cinco veces, corregir la variación, y así reducir el error generado por el navegador), marcándose con una placa de aluminio, la cual debe estar numerada con marcadores de golpe, indicando la técnica empleada y las coordenadas. Los vértices secundarios deben marcarse con la técnica empleada y el consecutivo del vértice (González, Avella, & Díaz, 2015). *Nota.* Cada año se debe realizar un mantenimiento a las plataformas con el fin de aumentar la confiabilidad en la toma de los datos.

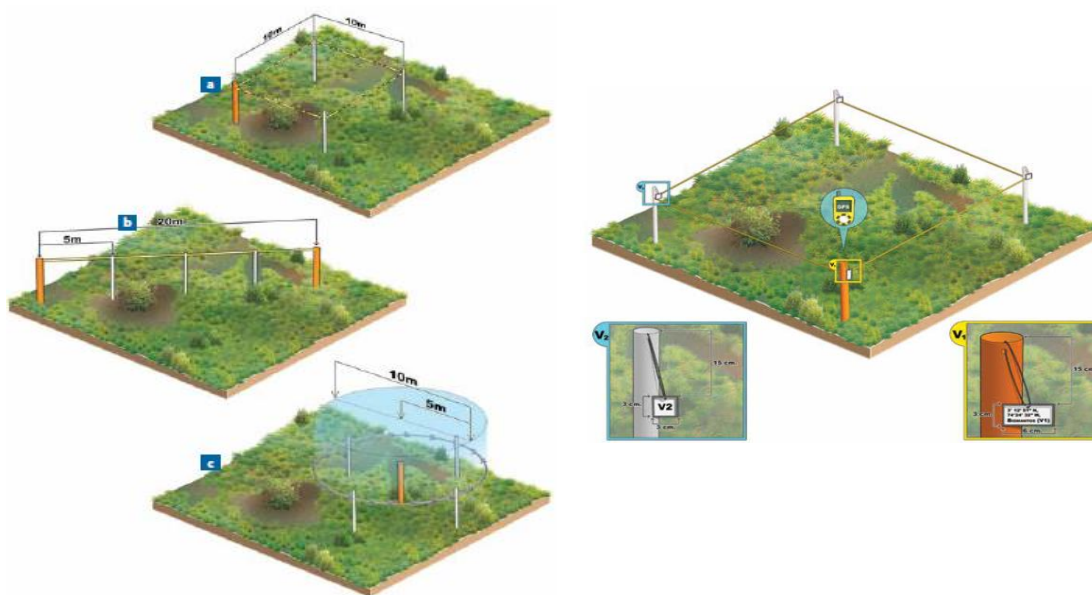


Figura 79. Instalación, geoposicionamiento, y marcación de vértices primarios y secundarios.

Instalación de cuadrantes. Al interior de cada área de monitoreo se deben establecer cuadrantes 1 x 1 m, donde se instalen de manera permanente los vértices del cuadrante, de tal forma que permitan la localización de la grilla de monitoreo de estratos herbáceos y rasantes de la vegetación. (González, Avella, & Díaz, 2015).

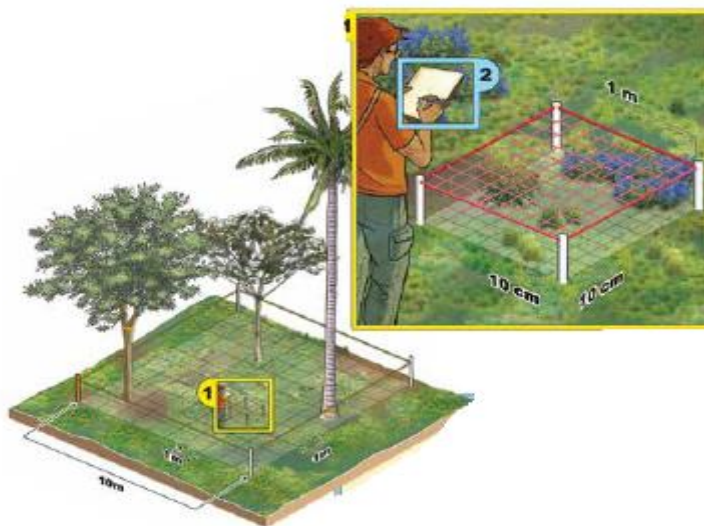


Figura 80. Instalación de cuadrantes

Marcación de individuos vegetales. Al interior de cada parcela de monitoreo permanente se deben identificar todos los individuos vegetales, tanto plantados como asociados, respectivos a los estratos establecidos por Rangel y Lozano (1986), rasante: < 0.3 m de altura, herbáceo: 0.3-1.5 m, arbustivo: 1.5-5 m, Subarbóreo: 5-12 m, arbóreo inferior 12-25 m y arbóreo superior >25 m. A cada individuo se le debe marcar la circunferencia del tallo más grueso con pintura asfáltica (tráfico pesado) color amarillo, e identificar con un código alfanumérico. Se toma a consideración que si el individuo pertenece al estrato rasante la marcación de esta circunferencia se realizara a 10 cm desde el suelo, si pertenece al estrato herbáceo se marca la circunferencia 10 cm debajo de la primera rama (primera bifurcación) o 10 cm desde el suelo si el individuo presenta varias ramificaciones (<30 cm). Finalmente, si el individuo pertenece a los estratos arbustivos, de arbolitos y arbóreo se marca la circunferencia a la altura del pecho cuando presenta 10 cm de diámetro (a una altura de 130 cm desde el suelo). (González, Avella, & Díaz, 2015).

Toma de datos. Con la ayuda de un equipo técnico se debe realizar el levantamiento de información de acuerdo a los indicadores y cuantificadores planteados en las fechas estipuladas, buscando el mayor rendimiento a menor costo, se realizarán censos, inventarios, cambios sucesionales, entre otras variables, se llenarán actas y tomarán fotografías. En caso tal de encontrar especies sin identificar se colectarán para su posterior identificación. Para la evaluación de vegetación herbácea y la sucesión ecológica se sigue con la metodología propuesta por Barrera et al. (2010) registrándose la regeneración o vegetación asociada, en cada cuadrante tomando la cobertura ocupada por por las morfoespecies (Para ello se utiliza una matriz hecha maya de nylon o con cuerda dividida en cuadrantes de 10 x 10 cm, a partir de esta matriz se estima la proporción de puntos (cuadrantes) ocupados por las morfoespecie se presenta, se recomienda registrar los datos en un esquema tipo cartesiano, adicionalmente se registra la altura promedio de cada una).

4.8.3.2. Componente edáfico. *Selección de las áreas a muestrear.* Se deben incluir áreas del sistema de referencia (unidades fractales con porcentajes de conservación superior al 90%) y las áreas trabajadas según las fechas estipuladas. El plan incluye el muestreo inicial de un área degradada y un área conservada sin embargo se recomienda realizar más análisis para obtener una mejor base y poder monitorear el proceso.

Selección de indicadores. Se deben seguir los criterios, e indicadores planteados, pero debido a los costos producidos por los análisis se sugiere por lo menos tomar en cuenta un mínimo de 4 indicadores, incluyendo los tres criterios: físico, químico y biológico. (Se recomienda contar con los servicios prestados por los distintos laboratorios de la universidad).

Diseño del muestreo. Se tomarán muestras compuestas con 3 réplicas por cada área de intervención, así mismo se tomarán algunas muestras en suelo conservado con el fin de comparar parámetros y evaluar el comportamiento en las condiciones edáficas. El diseño utilizado será al azar o aleatorio y las muestras serán tomadas con un barreno a profundidad de 20-30 cm, midiendo con una regla luego de ser extraídas. Cada muestra se debe tomar con el mayor cuidado para que mantenga su integridad y una vez extraída del sitio se debe colocar dentro de una bolsa plástica hermética, marcada con la fecha, el lugar de colecta y el número de muestra. (Si el suelo está muy suelto, las muestras se deben envolver en papel aluminio para que mantengan su integridad). Para los análisis biológicos las muestras deben refrigerarse antes de llevarse al laboratorio.

Calidad del recurso hídrico.

Muestreo. Se tomarán 2 muestras simples por cada fuente permanente, según las frecuencias estimadas, identificándose cambios en el comportamiento hidrológico y las variables fisicoquímicas a la par con los procesos de reforestación en las partes altas. Para medir los cambios en el caudal se tomarán un tramo fijo y se emplearán carteras de campo siguiendo el comportamiento hidrológico, se registrarán las coordenadas y se realizarán los respectivos análisis.

Monitoreo del componente social. Para monitorear la perspectiva social con respecto al proyecto de restauración se utilizarán diversas herramientas como la entrevista y la encuesta, conociendo así que tan exitoso ha sido el proceso de restauración. Se realizarán diversas

capacitaciones, y se invitarán a las comunidades cercanas con el fin de generar conciencia en la restauración ecológica, se evaluará el comportamiento social en estas actividades, se evaluarán los proyectos de investigación desarrollados, el control de disturbios y tensionantes y la participación en el monitoreo, y la mano de obra local participante en la implementación de las técnicas de restauración, llevando registro de cada actividad y cada resultado con sus respectivos análisis.

Capítulo 5. Conclusiones

El área perteneciente al proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas presenta un gran potencial para la conservación encontrándose especies nativas con alto valor ecológico para la restauración, presencia de fuentes hídricas y una representatividad alta de integridad ecológica, sin embargo, existen diversos limitantes como el estrés hídrico, propagación de especies exóticas invasoras e inestabilidad edáfica que podrían poner en peligro la riqueza ecosistema del lugar.

Los mecanismos que se pueden implementar en un protocolo de restauración ecológica tendientes a preservar y/o devolverles los atributos originales a áreas degradadas pertenecientes al proyecto jardín botánico se encuentran generalmente basados en el control de erosión, recuperación de coberturas vegetales, control de especies invasoras, recuperación de la diversidad ecológica en zonas estratégicas y la incorporación de la participación comunitaria como eje transversal, destacándose la implementación de técnicas de bioingeniería, mediante enmiendas y mantos orgánicos, arreglos florísticos de nucleación y tresbolillo, control manual y capacitación local como las técnicas más aptas respecto a los recursos técnicos y financieros disponibles.

Con el fin de evaluar la restauración ecológica en el proyecto jardín botánico, se concluye que la zonificación e identificación de sitios prioritarios para la restauración, así como el marcado y el establecimiento de parcelas permanentes es el sistema de monitoreo más eficiente para la escala de ecosistema propuesta. Así mismo medir patrones relacionados con la estructura, composición y diversidad de especies, acompañado con algunos análisis edáficos e hidrológicos

contribuyen de manera eficiente a identificar la trayectoria que está tomando el ecosistema en las respectivas fases del proyecto.

Capítulo 6. Recomendaciones

Profundizar en estudios de fauna y flora, enfatizando en rangos de historia de vida, poblaciones locales, bancos de semillas, procesos Sucesionales y estudios de dispersión y polinización que permitan descubrir potenciales para la restauración ecológica en el proyecto jardín botánico.

Fomentar la investigación científica a escala de parcela con el fin de descubrir especies pioneras, mecanismos de defensa contra la escasez hídrica, entre otras técnicas aplicables a la restauración ecológica del bosque seco tropical en la zona del proyecto jardín botánico. Así mismo divulgar las experiencias locales aprendidas en la investigación.

Para proyectos con mayor extensión en el área se recomienda cambiar la escala de trabajo a escala de paisaje, incentivando la investigación de áreas adyacentes y fomentando la incorporación de proyectos productivos a partir del monitoreo y seguimiento de áreas intervenidas de bosque seco tropical.

Referencias

- Aguilar, G. M., y Ramíres, W. (Eds.) (2015). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres*. Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Obtenido de http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9281/monitoreo_restauracion_baja_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Alarcón, H. J., y Pabón, C. J. (2013). El cambio climático y la distribución espacial de las formaciones vegetales en Colombia. *Colombia Forestal*, 16(2), 171-185. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-07392013000200004&script=sci_abstract&tlng=es
- Alcaraz, A. F. (2013). *Polinización y dispersión*. Murcia, España: Universidad de Murcia. Obtenido de <https://www.um.es/docencia/geobotanica/ficheros/tema07.pdf>
- Aguirre, M. Z. (2013). *Guía de métodos para medir la biodiversidad*. Obtenido de <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/guia-para-medir-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf>
- Alda, F. L. (1 de Junio de 2015). *Estructura y dinámica de los ecosistemas*. Obtenido de <http://blog-ia20.blogspot.com/2015/06/estructura-y-dinamica-de-los-ecosistemas.html>

- Amaya, E. (15 de Junio de 2019). Entrevista: Jardín Botánico Jorge Enrique Quintero Arenas.
(M. C. Luna, Entrevistador)
- Andrade, G. I., y Corzo, G. A. (2011). ¿Qué y dónde conservar? *Parques Nacionales Naturales de Colombia*. Obtenido de
http://www.sirapejecafetero.org.co/images/SIRAP/CENTRO_DE_DOCUMENTACION_VIRTUAL/PRIORIDADES-DE-CONSERVACION-SIRAP/3.pdf
- Angelone, S., & Torres, P. (2014). *geologia y geotecnica*. Obtenido de
<https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnica/10%20PERMEABILIDAD.pdf>
- Anónimo. (2018). *Estratificación vegetal*. Obtenido de
http://reservaeleden.org/plantasloc/alumnos/manual/04c_estratificacion.html
- Apfelbaum, S. y Chapman, K.A. (1997). *Ecological Restoration: A Practical Approach. Ecosystem Management Applications for Sustainable Forest and Wildlife Resources*. Yale University, 301-322. Obtenido de
https://defenders.org/sites/default/files/publications/ecological_restoration.pdf.
- Arcila, C. A., Valderrama, A. C., y Chacón, D. (2012). Estado de fragmentación del bosque seco de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Biota colombiana*, 13(2). Obtenido de
<http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/264/262>.

Arysta LifeScience Colombia S.A. (2019). *Glifosol*. Obtenido de

<https://es.scribd.com/document/339237153/Glifosol-Herbicidas-Ficha-Tecnica>

Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. Obtenido

de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/33>

Baptiste, M. P., Castaño, N., Cárdenas, L. D., Guitierrez, F. d., Gil, D. L., y Lasso, C. A. (Eds.).

(2010). *Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para*

Colombia. Bogotá D.C, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos

Alexander Von Humboldt (IAvH). Obtenido de

<http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31384/191.pdf?sequence>

[=1&isAllowed=y](http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31384/191.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Barrera, C. J., y Valdés, L. C. (2007). Herramientas para abordar la restauración ecológica de

áreas disturbadas en Colombia. *Universitas Scientiarum*, 12, 11-24. Obtenido de

<http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/4887>.

Barrera, C. J., Contreras, R. S., Garzón, Y. N., Moreno, C. A., y Montoya, V. S, (2010). *Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital*. Bogotá

D.C., Colombia: Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), Pontificia Universidad Javeriana

(PUJ). Obtenido de

[https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2642721/Recursos%20ambientales/Restauraci%C3%B3n%](https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2642721/Recursos%20ambientales/Restauraci%C3%B3n%20Ecol%C3%B3gica%20de%20los%20Ecosistemas%20Disturbados%20del%20Distrito%20Capital.pdf)

20ecol%C3%B3gica/Manual%20Restauracio%C3%81n%20Ecol%C3%81gica%20en%
20Ecosistemas%20Disturbados%20del%20DC.pdf

Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). (2012). *Valoración de daños y pérdidas: Ola invernal en Colombia 2010-2011*. Bogotá, Colombia: Misión BID-Cepal. Obtenido de <https://www.cepal.org/publicaciones/xml/0/47330/OlainvernalColombia2010-2011.pdf>.

Bovarnick, A., Alpizar, F., & Schnell, C. (2010). *The Importance of biodiversity and ecosystems in economic growth and equity in Latin America and the caribbean: an economic valuation of ecosystems*. U.S.A: United Nations Development. Obtenido de https://www.undp.org/content/dam/undp/library/Environment%20and%20Energy/biodiversity/Report_ENG.pdf

Cadena, M. J. (20 de Junio de 2019). Entrevista: Jardín Botánico Jorge Enrique Quintero Arenas. (S. B. Arévalo, Entrevistador)

Camacho, V., & Ruiz, L. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Bio-Ciencias*, 3-15.

Calle, Z., Carvajal, M., y Giraldo, A. M. (2015). Monitoreo participativo e indicadores socioeconómicos de la restauración ecológica. En G. M. Aguilar, y W. Ramírez (Eds.), *Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres* (págs.

67-73). Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Cariño, M., & Monteforte, M. (2008). *Del saqueo a la conservación: Historia ambiental contemporánea de Baja California Sur, 1940-2003*. Mexico, D.F.: Intituto Nacional de Ecología. Obtenido de https://www.academia.edu/5845589/DEL_SAQUEO_A_LA_CONSERVACION_Historia_Ambiental_Contempor%C3%A1nea_de_Baja_California_Sur_1940-2003._SEMARNAT_U.A.B.C.S._M%C3%A9xico_D.F

Carrillo Fajardo, M., Rivera Díaz, O., & Sánchez Montaña, R. (2007). caracterización florística y estructural del bosque seco tropical del cerro tasajero, san José de cúcuta (norte de santander), colombia. *Actual Biol*, 55-73.

Castellanos, C. C., & Bonfil, S. C. (2010). Establecimiento y crecimiento inicial de estacas de tres especies de *Bursera Jacq. ex L.* *Rev. mex. de cienc. forestales*, 1(2), 93-108.

Ceccon, E. (2010). *Los bosques tropicales estacionalmente secos: ¿una prueba ácida para la restauración? Memorias en extenso del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración llevado a cabo en Medellín, Colombia*. Obtenido de La Restauración Ecológica en la Práctica. 27 al 31 de julio de 2009: http://scifunam.fisica.unam.mx/mir/el/2010_eliane_colombia_book.pdf

Ceccon, E. (2015). *Restauración en bosques tropicales: Fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*. México, D.F.: Díaz de Santos.

Centro for Internacional Forestry (CIFOR). (2007). *Towards wellbeing in forest communities: A source book for local government*. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research. Obtenido de http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BAIborno0701.pdf.

Ciancaglini, N. (2007). *Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico*. Obtenido de http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20_R001_Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf

Clewell, A. F., & Aronson, J. (2013). *Ecological Restoration: Principles, values, and structure of an Emerging Profession*. Washington, E.E.UU.: Island Press

Consejo Superior U.F.P.S.O. (24 de noviembre de 2017). Creación del proyecto jardín botánico. [Acuerdo 096 de 2017].

Constitución Política de Colombia [Const]. (20 de julio de 1991). *Secretaria senado*. Gaceta Constitucional No. 116 Recuperado de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html#1

Dawkins, H. C. (1958). *The management of natural tropical high-forest with special reference to Uganda*. Oxford: Imperial Forestry Institute, University of Oxford.

Della, P. A. (2004). *Impacto del herbicida paraquat sobre invertebrados acuáticos*. Obtenido de https://digital.bl.fcen.uba.ar/download/tesis/tesis_n3764_DellaPenna.pdf

Díaz, M. R. (2007). El monitoreo en la restauración ecológica. En O. Vargas, *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque andino* (págs. 119-122). Bogotá D.C.: Grupo de Restauración Ecológica Departamento de Biología Universidad Nacional de Colombia.

Echeverry, M., y Rodriguez, J. M. (2006). Análisis de un paisaje fragmentado como herramienta para la conservación de la biodiversidad en áreas de bosque seco y subhúmedo tropical en el municipio de Pereira, Risaralda Colombia. *Scientia et Technica*, 30, 405-410. Obtenido de <http://media.utp.edu.co/ciebre/archivos/bosque-seco-tropical/articulo-revista-utp.pdf>.

El Congreso de Colombia. (22 de diciembre de 1993). *Mininterior*. [Ley 99 de 1993]. [DIARIO OFICIAL. AÑO CXXIX. N. 41146]. Obtenido de https://www.mininterior.gov.co/sites/default/files/dacn_ley_99_de_1993_0.pdf

El congreso de Colombia. (26 de julio de 1996). *Minambiente*. [Ley 299 de 1996] Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Leyes_/ley_0299_260796.pdf

El Congreso de Colombia. (24 de julio de 1997). *Secretaria senado*. [Ley 388 de 1997]. [Diario Oficial No. 43.091]. Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0388_1997.html

El congreso de la republica. (21 de julio de 2009). *Secretaria senado*. [Ley 1333 de 2009]. [Diario Oficial No. 47.417]. Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1333_2009.html

EPM. (2019). *Preguntas frecuentes sobre la calidad del agua en los sistemas operados por aguas residuales regionales EPM S.A. E.S.P.* Obtenido de <http://www.grupo-epm.com/site/portals/23/documentos/Boletines/ABC-%20Calidad%20de%20Agua.pdf>

Etesa. (12 de 07 de 2019). *hidrometeorología*. Obtenido de http://www.hidromet.com.pa/brillo_solar.php

Evans, K., & Guariguata, M. R. (2008). *Monitoreo Participativo para el manejo forestal en el trópico: una revisión de herramientas, conceptos y lecciones aprendidas*. Bogor,

Indonesia: Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR). Obtenido de https://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BGuariguata0801S.pdf

FAO. (2018). *Consistencia del suelo*. Obtenido de

http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s08.htm#78a

FAO. (2018). *Portal de Suelos de la FAO*. Obtenido de Propiedades Físicas del Suelo:

<http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

FAO. (2018). *Portal de Suelos de la FAO*. Obtenido de Propiedades Químicas:

<http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>

FAO. (25 de 07 de 2019). *Estimaciones del caudal de agua*. Obtenido de

http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6705s/x6705s03.htm

Fernández, V. (24 de 06 de 2019). *Medio ambiente*. Obtenido de [https://geoinnova.org/blog-territorio/restauracion-ecologica/?gclid=CjwKCAjwg-DpBRBbEiwAEV1_-G43lZXl93bBKPvkWE9-](https://geoinnova.org/blog-territorio/restauracion-ecologica/?gclid=CjwKCAjwg-DpBRBbEiwAEV1_-G43lZXl93bBKPvkWE9-Hm_4tAyD6tYaHtXA0vw4RKU4ZIYgeFz7rBoCatMQAvD_BwE)

[G43lZXl93bBKPvkWE9-](https://geoinnova.org/blog-territorio/restauracion-ecologica/?gclid=CjwKCAjwg-DpBRBbEiwAEV1_-G43lZXl93bBKPvkWE9-Hm_4tAyD6tYaHtXA0vw4RKU4ZIYgeFz7rBoCatMQAvD_BwE)

[Hm_4tAyD6tYaHtXA0vw4RKU4ZIYgeFz7rBoCatMQAvD_BwE](https://geoinnova.org/blog-territorio/restauracion-ecologica/?gclid=CjwKCAjwg-DpBRBbEiwAEV1_-G43lZXl93bBKPvkWE9-Hm_4tAyD6tYaHtXA0vw4RKU4ZIYgeFz7rBoCatMQAvD_BwE)

- Galeano, J. D. (2019). *Diseño y establecimiento piloto de núcleos de vegetación nativa para recuperación de áreas degradadas en un tramo del río guamal, san carlos de guaroa - meta*. (trabajo de grado). Universidad Santo Tomas. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/16669/2019juliangaleano.pdf?sequence=8&isAllowed=y>
- Gallardo, B. J., & Neftalí, R. V. (2011). análisis fisicoquímico y microbiológico del agua de lluvia e implementación de un sistema de captación. *II Congreso internacional de docencia e investigación en química* (págs. 828-892). México, D.F.: Qagua 01.
- García, R., & Chacón, d. U. (2005). Estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) en fragmentos de bosque seco del valle geográfico del río Cauca. *Revista Colombiana de Entomología*, 31(1), 43-50.
- Garrido, V. S. (1993). *Interpretación de análisis de suelos: Guia práctica para muestrear los suelos e interpretar sus análisis*. Getafe, España: Mundi-Prensa. Obtenido de https://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf.
- Garzón, M., & Gutierrez, N. (2016). Pasado y presente de la restauración ecológica en el contexto venezolano. *Interciencia*, 41(7), 454-460.

Gonzales, E. M., Ramirez, M. N., Camacho, C. A., Holz, S., Rey, B. J., & Parra, V. M. (2007).

Restauración de bosques en territorios indígenas de Chiapas: modelos ecológicos y estrategias de acción. *Boletín de la sociedad Botánica de México*, 12-13-14.

González, M. R., Avella, A., & Díaz, T. J. (2015). Plataformas de monitoreo para vegetación:

Toma y análisis de datos. En G. M. Aguilar, & W. Ramírez, *Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres* (págs. 87-107). Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH).

Griscoma, H. P., & Ashton, M. S. (2011). Restoration of dry tropical forests in Central America:

A review of pattern and process. *Forest Ecology and Management*, 261, 1564–1579.

Herrera Galviz, J. D. (2016). implementación de herramientas de teledetección y sig para la determinación de zonas de riesgo por incendios forestales en remanentes y relictos de bosque seco tropical del municipio de Ocaña norte de Santander (trabajo de grado).

Universidad

Francisco de Paula Santander Ocaña. Obtenido de

<http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/handle/123456789/1388>

Hobbs, R. J., & Harris, J. (2001). Restoration Ecology: Repairing the Earth's Ecosystems in the New Millennium. *Restoration Ecology*, 9(2), 239-246. Obtenido de

<https://pdfs.semanticscholar.org/6981/bf5c4d68ac826792e64dd8f6ea968ba43ddb.pdf>.

- Hui, G., Hu, Y., Zhao, Z., & Zhang, L. (2018). Spatial structural characteristics of forests dominated by *Pinus tabulaeformis* Carr. *PloS one*, 13(4), e0194710.
- IAvH. (2012). Especial Bosque Seco en Colombia. *Biota Colombiana*, 13(2), 63-85. Obtenido de <http://www.humboldt.org.co/es/i2d/item/206-revista-biota-colombiana-vol-13-no-2-especial-bosque-seco-en-colombia>
- IAvH. (2012). *Informe sobre el estado de los recursos naturales renovables y del ambiente, componente de biodiversidad 2010-2011*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Ibarra, M. J., y Gil, Q. M. (2009). Uso del concepto de sucesión ecológica por alumnos de secundaria: La predicción de los cambios en los ecosistemas. *Enseñanza de las ciencias*, 19-32. Obtenido de <https://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/132204/332988>.
- IDEAM, IGAC, IAvH, Invemar, I Sinchi: IIAP. (2007). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=4960>
- Isaacs, C. P., y Ariza, A. (2015). Monitoreo a la restauración ecológica desde la escala del paisaje. En G. M. Aguilar, y W. Ramíres (Eds.), *Monitoreo a procesos de restauración*

ecológica aplicado a ecosistemas terrestres (págs. 51-66). Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Isaacs, P. J., y Jaimes, V. (2014). *Análisis multitemporal de las coberturas del Distrito Capital años 1990–2012*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Centro de investigación y Desarrollo de la Información Geográfica (CIAF), Instituto Geográfico Agustín Coddazi, Bogotá, D.C, Colombia. Obtenido de https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files_ciaf/Veloza-Torres-Jenny-Patricia.pdf.

Isaacs, P. J., & Jaimes, V. (2014). *Análisis multitemporal de las coberturas del Distrito Capital años 1990–2012*. Bogotá, D.C.: Jardín Botánico de Bogotá. José Celestino Mutis. En prensa.

Jara, G. A. (2014). *Ecología de la dispersión de plantas en los bosques secos del suroccidente ecuatoriano*. Obtenido de http://oa.upm.es/35054/1/ANDREA_KATHERINE_JARA_GUERRERO.pdf

Jimenez, L. L. (2004). *Impacto del Convenio de Diversidad Biológica de Río de Janeiro ratificado en la ley 165 sobre la gestión integral de conservación en el estado Colombiano*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/46028/1/8401573.2014.pdf>

- Londoño, L. V., & Torres, G. A. (2015). Estructura y composición vegetal de un bosque seco tropical en regeneración en Bataclán (Cali, Colombia). *Colombia Forestal*, 18(1), 71-85.
- Kricher, J. (2010). *Un Compañero Neotropical*. United States of América: Ed Rother. Jaramillo A. y Segura L. (Eds.). Obtenido de Sabanas y Bosque seco tropical:
<http://www.aba.org/aneotropicalcompanion.pdf>.
- Matteucci, S. D., & Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Washington, D.C.: The general Secretariat of rhe Organization of American States.
Obtenido de
https://aprobioma.files.wordpress.com/2011/03/metod_para_el_estudio_de_la_vegetacion_archivo1.pdf.
- Meléndez, G., y Soto, G. (Marzo de 2003). Costa Rica: Proyecto NOS del CATIE/GTZ, Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica, Cámara de Insumos Agropecuarios No Sintéticos *Taller de abonos orgánicos*. Obtenido de
<http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Taller%20Abonos%20Org%C3%A1nicos.pdf>.
- Minambiente. (959). *Minambiente*. Obtenido de
http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/reservas_forestales/reservas_forestales_ley_2da_1959.pdf

Minambiente. (19 de diciembre de 1973). *Minambiente*. Obtenido de

http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/leyes/2a-ley_0023_1973.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2011). *Redjusticia ambiental Colombia*.

Obtenido de <https://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2014/04/decreto-ley-2811-de-1974.pdf>

MINAMBIENTE. (2015). *Plan Nacional de Restauración: Restauración ecológica*

Rehabilitación y Recuperación de áreas degradadas. Obtenido de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas:

http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/plan_nacional_restauracion/PLAN_NACIONAL_DE_RESTAURACION_2015.pdf

MINAMBIENTE. (Mayo de 2016). *Portafolio de áreas para restauración (Síntesis memoria*

técnica). Colombia: Dirección de Bosques Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos – DBBSE. Obtenido de

http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/plan_nacional_restauracion/Sintesis_memoria_tecnica_portafolio.pdf

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (26 de diciembre de 2017). *Veda de especies*

[Resolución 2725 de 2017]. Obtenido de

<http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/24-res-202725-20de-202017>

- Montenegro, A. L., & Vargas Ríos, O. (2008). Caracterización de bordes de bosque altoandino e implicaciones para la restauración ecológica en la Reserva Forestal de Cogua (Colombia). *Revista de Biología Tropical*, vol 56(3). Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442008000300043
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de métodos básicos y análisis en ecología vegetal*. Santa cruz, Bolivia: El país. Obtenido de <http://www.bionica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>
- Mostacedo, B., Pereira, M., & Fredericksen, T. D. (2001). Dispersión de semillas anemócoras y autócoras durante la época seca en áreas con aprovechamiento forestal en un bosque seco tropical. *Ecología en Bolivia*, 36, 3-16.
- Mostacedo, B., Putz, F. E., Fredericksen, T. S., Villca, A., & Palacios, T. (2009). Contributions of root and stump sprouts to natural regeneration of a logged. *Forest Ecology and Management*(258), 978-985.
- Murcia, C., Guariguata, M. R., y Montes, E. (2015). Estado del monitoreo de la restauración ecológica en Colombia. En G. M. Aguilar, y W. Ramírez (Eds.), *Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres* (págs. 18-26). Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Murcia, C., & Guariguata, M. (2014). *La restauración ecológica en Colombia: tendencias, necesidades y oportunidades*. bogor: centro para la investigacion forestal internacional (CIFOR). Obtenido de http://www.cifor.org/publications/pdf_files/occpapers/OP-107.pdf

Naciones unidas. (26 de 07 de 2018). *un.org*. Obtenido de <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm>

Nova, G., & Caro, F. M. (1991). *Reforestacion de microcuencas*. Bogotá D.C.: Publicaciones SENA.

Pacifex fertilizantes. (2019). *Urea 46-00-00*. Obtenido de <http://pacifex.com.mx/pdf/Ficha%20TCcnica%20Urea%202014.pdf>

Pennigton, T. R., Lavin, M., y Oliveira, f. A. (2009). Diversidad, Evolución y Ecología de la Planta Woody en los Trópicos: Perspectivas de los Bosques Tropicales Estacionales Secos. *Review Ecology. Evolution, and Systematics*, 437-457.

Peña Becerril, J. C., Monroy Ata, A., Álvarez Sánchez, F. J., & Orozco Almanza, S. (2005). Uso del efecto de borde de la vegetación para la restauración ecológica del bosque tropical. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 8(2), 91-98.

- Pizano, C., y García, H. (Eds.). (2014). *El bosque seco tropical en Colombia*. Bogotá, D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Obtenido de <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/9333>.
- Pizano, C., Gonzáles, R., González, M. F., Castro, L. F., López, R., Rodríguez, N., . . . Lázaro, T. J. (2014). Las plantas de los bosques secos de Colombia. En C. Pizano, & H. García, *El bosque seco tropical en Colombia* (págs. 49-93). Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt (IAvH).
- Pizano, C., Cabrera, M., y García, H. (2014). Bosque seco tropical en Colombia; generalidades y contexto. En C. Pizano, y H. García (Eds.), *El bosque seco tropical en Colombia* (págs. 37-47). Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Pizano, C., y Curiel, Y. J. (2015). El monitoreo del suelo en los procesos de restauración ecológica: indicadores, cuantificadores y métodos. En G. M. Aguilar, y W. Ramírez (Eds.), *Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres* (págs. 74-86). Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Pizano, C., Gonzáles, R., García, H., Isaacs, P., González, M. F., Piñeros, M., y Ramirez, W. (16 de Abril de 2018). *Bosques secos tropicales en colombia*. Colombia: IAvH. Obtenido de

<http://www.humboldt.org.co/es/investigacion/proyectos/en-desarrollo/item/158-bosques-secos-tropicales-en-colombia>.

PNUD, MINAMBIENTE. (2014). *V Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el convenio de diversidad biológica*. Bogotá D.C., Colombia.

Portillo, Q. C., & Sánchez, A. G. (2009). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*, 143, 144-155. Obtenido de https://azueroproject.org/wp-content/uploads/2012/12/A.D0007_Portillo_2009_eng.pdf

Ramírez, W., Aguilar, G. M., y Cabrera, M. (2015). Definición de objetivos, metas, indicadores y cuantificadores para el monitoreo a procesos de restauración ecológica. En G. M. Aguilar, y W. Ramírez (Eds.), *Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres* (págs. 33-41). Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Ramírez, W., Aguilar, G. M., Calle, Z., y Cabrera, M. (2015). Introducción al monitoreo en la restauración ecológica. En G. M. Aguilar, y W. Ramírez (Eds.), *Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres* (págs. 27- 32). Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Republica de Colombia. (18 de diciembre de 1974). *Minambiente*. [Decreto-ley 2811 de 1974].

Obtenido de

http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf

Reyes, B. M. (Noviembre de 29 de 2013). *Importancia económica y regulación hídrica de los parques nacionales naturales de Colombia para los sectores productivos del país*.

Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Economicos/Doc%20abr24-2014Abr24%20Provision%20y%20regulacion%20hidrica%20PNC.pdf>.

Rodriguez, N., Armenteros, D., Morales, M., y Romero, M. (2006). *Ecosistemas de los Andes*

Colombianos. Segunda edición. Bogotá D.C., Colombia: Instituto de investigaciones de recursos biológicos, Alexander Von Humboldt. Obtenido de

https://www.researchgate.net/profile/Dolors_Armenteras/publication/236173774_Ecosistemas_de_los_andes_Colombianos/links/547b439c0cf205d16881c3f0/Ecosistemas-de-los-andes-Colombianos.pdf.

Ruiz, J., y Fandiño, C. (2007). Plantas leñosas del bosque seco tropical de la isla de providencia, colombia, caribe sur occidental. *Biota colombiana*, 8 (1), 87-98. Obtenido de

<http://www.redalyc.org/pdf/491/49180106.pdf>.

Ruiz, J., y Fandiño, M. (2009). Estado del bosque seco tropical e importancia relativa de su flora leñosa, islas de la vieja providencia y santa catalina, colombia, caribe suroccidental.

Revista de la Academia Colombiana de Ciencias, 33 (126), 5-15. Obtenido de http://www.accefyn.com/revista/Vol_33/126/5-16.pdf.

Sánchez, T. E., Ahmed, K., & Awe, Y. (2007). *Prioridades ambientales para la reducción de la pobreza en Colombia: Un análisis ambiental del país para Colombia*. Bogotá, Colombia: Mayol Ediciones S.A.

Shiva, V. (s.f.). *Geobotánica*. Obtenido de Estructura de la vegetación: <http://biogeografia.net.au.net/geobotanica8.html>

Syngenta S.A. (2019). *Gramoxone SL*. Obtenido de https://www.syngenta.com.co/sites/g/files/zhg481/f/gramoxone_sl.pdf

Sukhdev, P. (2008). Comunidades Europeas. *La economía de los ecosistemas y la biodiversidad*. Cambridge: Banson. Obtenido de http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/economics/pdf/teeb_report_es.pdf.

Tamayo, Q. J., y Cruz, B. L. (junio de 2015). *Composición y estructura aviar en dos parches de bosque seco en el valle del cauca*. Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas, 19 (1): 125-146. doi: 10.17151/bccm.2015.19.1.9.

Torice, R. (2014). La ecología reproductiva de las plantas: estrategias reproductivas, fuerzas ecológicas y evolutivas. *Ecosistemas*, 23, 1-5.

Torres, F. J. (6 de Noviembre de 2008). *Análisis de la Calidad Fisicoquímica y Microbiológica del agua del Rio Motagua en diez puntos de muestreo ubicados en su cauce principal*.

Obtenido de <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/rapidos2008/INF-2008-033.pdf>

TP-laboratorio químico. (12 de 07 de 2019). *laboratorio quimico*. Obtenido de

<https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/procedimientos-basicos-de-laboratorio/evaporacion.html>

U.F.P.S.O. (2018). *Alumnos matriculados Segundo Semestre Academico de 2018*. Obtenido de

https://ufpso.edu.co/ftp/pdf/documentos/2018/Estudiantes_Matriculados_2-

[2018_aptos_para_Votar_1_093303_2928.pdf](https://ufpso.edu.co/ftp/pdf/documentos/2018/Estudiantes_Matriculados_2-2018_aptos_para_Votar_1_093303_2928.pdf)

Vallejo, J. M., Londoño, V. A., René, L. C., Galeano, G., Álvarez, D. E., & Devia, Á. W. (2005).

Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de colombia. Serie: Métodos para estudios ecológicos a largo plazo. Bogotá, D.C., Colombia: Instituto de Investigación de

Recursos Biológicos (IAvH). Obtenido de [http://www.ecotonos.org/wp-](http://www.ecotonos.org/wp-content/uploads/2014/10/Vallejo_Joyas_etal_2005_EstablecimientoParcelas.pdf)

[content/uploads/2014/10/Vallejo_Joyas_etal_2005_EstablecimientoParcelas.pdf](http://www.ecotonos.org/wp-content/uploads/2014/10/Vallejo_Joyas_etal_2005_EstablecimientoParcelas.pdf)

Van Andel, J., & Aronson, J. (2006). *Restoration Ecology: The New Frontier*. Oxford: Blacwell

publishing.

- Vanegas, L. M. (2016). *Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias*. México: CONAFOR, CONABIO, GEF-PNUD. Obtenido de http://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=166266
- Vargas, F. J., Duque, P. O., & Torres, G. A. (2015). Germinación de semillas de cuatro especies arbóreas del bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. *Revista biológica tropical*, 63(1), 249-261. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v63n1/a20v63n1.pdf>
- Vargas, J. O. (2011). restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 221-246.
- Vargas, R. (2011). Restauración Ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta biológica colombiana*, 221-246.
- Vargas, R. O., Díaz, T. J., Reyes, B. S., & Gómez, R. P. (2012). *Guías técnicas para la restauración de los ecosistemas de Colombia*. Bogotá, D.C., Colombia: Grupo de Restauración Ecológica GREUNAL. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/plan_nacional_restauracion/Anexo_8_Guias_Tecnicas_Restauracion_Ecologica_2.pdf

Vega, O. C. (Julio de 2017). *Problemas ambientales y de salud derivados del uso de fertilizantes nitrogenados*. Obtenido de

<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/CRISTINA%20VEGA%20OLIVA.pdf>

Walker, L. (2005). Margalef y la sucesión ecológica. *Ecosistemas*, 1-13.

Walker, L. (2005). Margalef y la sucesión ecológica. *Ecosistemas*, 66-78.

White, P. S., & Jentsch, A. (2001). The search for generality in studies of disturbance and ecosystem dynamics. *Ecology*, 399-449. Obtenido de

http://labs.bio.unc.edu/White/Reprints/White_and_Jentsch_2001.pdf

Yepes, A., & Villa, J. (2010). Sucesión vegetal luego de un proceso de restauración ecológica en un fragmento de bosque seco tropical (La Pintada, Antioquia). *Revista La Sallista de Investigación*, 7, (2) 24-31. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-44492010000200004&script=sci_abstract&tlng=es

Zavala, M., Zamora Rodríguez, R., Pulido Díaz, F., Blanco Vaca, J., Imbert Rodríguez, J.,

Marañón, T., Valladares Ros, F. (2008). *Nuevas perspectivas en la conservación,*

restauración y gestión sostenible del bosque mediterráneo. España: España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Obtenido de

<http://digital.csic.es/bitstream/10261/47943/1/Nuevas%20perspectivas%20en%20la%20conservaci%C3%B3n.pdf>

Zedler, J. B. (2001). Ecological restoration: Guidance from theory. *San Francisco Estuary and Watershed Science*, 3, 1-31. Obtenido de http://www.tidalmarshmonitoring.net/pdf/Zedler2005_ecological-restoration---guidance-from-theory.pdf

Zuluaga, Z. L. (23 de febrero de 2016). *Evaluación estructural del ecosistema Bosque Seco Tropical en el municipio de el Carmen de Bolívar (Bolívar) y determinación de sus beneficios ecosistémicos*. (tesis maestral) Obtenido de http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2576/Zuluaga-Zuluaga_Liliana_2016.pdf?sequence=1.

Apéndices




Apéndice A. Formatos de reconocimiento de áreas priorizadas.



Formato de reconocimiento							
Fecha	13/03/2018	OBSERVACIONES	Conformada por 4 fragmentos con erosión laminar y un porcentaje menor con erosión por surcos. Presencia de vegetación nativa en sectores aledaños a la zona				
Departamento	Norte de santander						
Latitud	8°14'42.28" N						
Longitud	73°19'2.23" W						
Ciudad	Ocaña						
Vereda/Localidad	U.F.P.S.O.						
Descripción del área							
Tipo de relieve		Tipo de denudación		% de cobertura vegetal		Uso del suelo	
Plano (0-1%)		Erosión laminar		Arbórea	10%	Agrícola	
Ondulado (2-7%)	8%	Erosión por surcos		Arbustiva	30%	Pecuario	
Quebrado (8-13%)		Erosión por cárcavas		Herbácea	10%	Extracción minera	
Colinado (14-19%)		Reptación		Rasante	30%	Conservación (Área protegida)	
Montañoso (20-55%)		Golpe de cuchara				Plantación forestal	
Escarpado (>55%)		Otra				Otra	
Cuerpos de agua en la zona		Río	Algodonal a 180 m				
		Quebrada	Rampacho a 27 m				
		Represa					





Anexo Fotográfico



Formato de reconocimiento							
Fecha	13/03/2018		OBSERVACIONES	Zona cerrada por cerca de alambre. Presencia de torre eléctrica de energía, con remantes de vegetación a sus costados y zanja de coronación en concreto.			
Departamento	Norte de santander						
Latitud	8°14'40.21" N						
Longitud	73°19'1.71" W						
Ciudad	Ocaña						
Vereda/Localidad	U.F.P.S.O.						
Descripción del área							
Tipo de relieve		Tipo de denudación		% de cobertura vegetal		Uso del suelo	
Plano (0-1%)		Erosión laminar		Arbórea	5%	Agrícola	
Ondulado (2-7%)	2%	Erosión por surcos		Arbustiva	10%	Pecuario	
Quebrado (8-13%)		Erosión por cárcavas		Herbácea	50%	Extracción minera	
Colinado (14-19%)		Reptación		Rasante	20%	Conservación (Area protegida)	
Montañoso (20-55%)		Golpe de cuchara				Plantación forestal	
Escarpado (>55%)		Otra				Otra	Eléctrico
Cuerpos de agua en la zona		Río		Algodonal a 180 m			
		Quebrada		Rampacho a 27 m			
		Represa					
Anexo Fotográfico							
							
							

Formato de reconocimiento							
Fecha	13/03/2018	OBSERVACIONES	Presencia de bodega de almacenamiento, con alta intemperización, presencia de estoraquización por sectores y alta compactación.				
Departamento	Norte de santander						
Latitud	8°14'18.47" N						
Longitud	73°19'8.44"						
Vereda/Localidad	U.F.P.S.O.						
Descripción del área							
Tipo de relieve		Tipo de denudación		% de cobertura vegetal		Uso del suelo	
Plano (0-1%)		Erosión laminar		Arbórea	5%	Agrícola	
Ondulado (2-7%)	4%	Erosión por surcos		Arbustiva	10%	Pecuario	
Quebrado (8-13%)		Erosión por cárcavas		Herbácea	50%	Extracción minera	
Colinado (14-19%)		Reptación		Rasante	30%	Conservación (Area protegida)	
Montañoso (20-55%)		Golpe de cuchara				Plantación forestal	
Escarpado (>55%)		Otra	Estoraquización			Otra	
Cuerpos de agua en la zona		Río	Algodonal a 250 m				
		Quebrada	Quebrada a 120 m y Rampacho a 416 m				
		Represa					
Anexo Fotográfico							
							
2019/5/28 11:21		2019/5/28 11:21		2019/5/28 11:25			

Formato de reconocimiento							
Fecha	13/03/2018	OBSERVACIONES	Presencia de especie dominante (helecho marranero), con altas pendientes				
Departamento	Norte de santander						
Latitud	8°14'29.47" N						
Longitud	73°19'52.59" W						
Ciudad	Ocaña						
Vereda/Localidad	U.F.P.S.O.						
Descripción del área							
Tipo de relieve		Tipo de denudación		% de cobertura vegetal		Uso del suelo	
Plano (0-1%)		Erosión laminar		Arbórea	0%	Agrícola	
Ondulado (2-7%)		Erosión por surcos		Arbustiva	5%	Pecuario	
Quebrado (8-13%)	12%	Erosión por cárcavas		Herbácea	80%	Extracción minera	
Colinado (14-19%)		Reptación		Rasante	5%	Conservación (Area protegida)	
Montañoso (20-55%)		Golpe de cuchara				Plantación forestal	
Escarpado (>55%)		Otra				Otra	
Cuerpos de agua en la zona		Río	Algodonal a 601 m				
		Quebrada	Quebrada a 10 m y Rampacho a 232 m				
		Represa					
Anexo Fotográfico							
							
							

Formato de reconocimiento							
Fecha	13/03/2018	OBSERVACIONES	Zona de conflicto con presencia de torre de energía eléctrica, algunas especies nativas y erosión en 4 grados de complicación.				
Departamento	Norte de santander						
Latitud	8°14'28.36" N						
Longitud	73°19'50.79" W						
Ciudad	Ocaña						
Vereda/Localidad	U.F.P.S.O.						
Descripción del área							
Tipo de relieve		Tipo de denudación		% de cobertura vegetal		Uso del suelo	
Plano (0-1%)		Erosión laminar		Arbórea	0%	Agrícola	
Ondulado (2-7%)	3%	Erosión por surcos		Arbustiva	5%	Pecuario	
Quebrado (8-13%)		Erosión por cárcavas		Herbácea	80%	Extracción minera	
Colinado (14-19%)		Reptación		Rasante	5%	Conservación (Area protegida)	
Montañoso (20-55%)		Golpe de cuchara				Plantación forestal	
Escarpado (>55%)		Otra				Otra	Eléctrico
Cuerpos de agua en la zona		Río	Algodonal a 601 m				
		Quebrada	Quebrada a 10 m y Rampacho a 232 m				
		Represa					
Anexo fotográfico							
							
							

Apéndice B. Encuesta realizada a campesinos.



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

Objetivo: Identificar los disturbios en el tiempo y las actividades productivas desarrolladas dentro de las zonas aledañas al proyecto jardín botánico y conocer la percepción que tienen los campesinos acerca de su relación con el medio ambiente.

Encuesta Social: Proyecto Jardín Botánico Jorge Enrique Quintero

Arenas

La presente encuesta es de carácter académico; todos los datos suministrados se usarán con fines académicos

Fecha:

Coord. X:

Coord. Y:

1. ¿Cuánto tiempo tiene de haberse establecido en la vereda?

Menos de un año

1 a 3 años

3 a 5 años

5 a 10 años

Más de 10 años

2. ¿Desarrolla actividades productivas en la zona? En caso de ser positiva su respuesta cuales de las siguientes actividades productivas desarrolla

Agricultura

Ganadería

Otra _____

3. Qué tipo de insumos utiliza para sus cultivos ¿Podría mencionar que productos utiliza?

Usa agroquímicos para sus cultivos.

Emplea insumos orgánicos

¿Cuáles? _____

4. ¿Cuáles considera usted son las principales causas de la pérdida de árboles o vegetación en su vereda?

Tala para establecimiento de cultivos

Tala para establecimiento de cercas

Incendios

Derrumbes

Otra _____

5. ¿Cuál piensa ha sido la principal actividad que ha producido la mayor pérdida de vegetación en los últimos 2 años?

Agricultura

Adecuación de carreteras y tránsito de vehículos

Ganadería

Otros. ¿Cuál? _____

6. En el tiempo que lleva usted en la vereda ha sembrado o ha visto sembrar árboles en la zona. En caso tal de ser positiva su respuesta, podría mencionar los nombres de los árboles

SI _____

NO

7. ¿Tiene conocimiento de las cuencas (Ríos, quebradas) que existen en la zona? Mencione sus nombres si lo sabe

SI _____

NO

8. ¿Sabe la importancia de conservar los bosques y los ríos? ¿Porque considera importante conservarlos?

SI _____

NO

Apéndice C. Entrevista realizada a docentes y administrativos



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE INGENIERÍA AMBIENTAL

Objetivo: Identificar los principales actores, los disturbios en el tiempo y las actividades desarrolladas dentro del proyecto jardín botánico.

Entrevista: Proyecto Jardín Botánico Jorge Enrique Quintero Arenas

Muestra: Administrativos y docentes involucrados en el área del proyecto Jardín Botánico con más de 2 años de trayectoria

1. ¿Cuál es el rol que desempeña dentro del proyecto jardín Botánico?
2. A su criterio ¿cuáles son las principales amenazas que ha tenido que enfrentar el proyecto Jardín Botánico Jorge Enrique Quintero Arenas que han provocado la pérdida la composición florística o la estructura de la vegetación? ¿Cuáles se han superado?
3. ¿Cuál cree usted que son los motivos por los cuales no han sido superadas las amenazas anteriormente mencionadas? ¿Estas amenazas podrían poner en peligro la composición florística o la estructura del ecosistema?
4. ¿Podría usted mencionar los actores que han intervenido o intervienen en procesos en el proyecto jardín botánico?
5. ¿Qué tipo de acciones se han realizado dentro del proyecto jardín botánico?

Apéndice D. Encuesta realizada a estudiantes.



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE INGENIERÍA AMBIENTAL

Objetivo: Conocer la percepción estudiantil con respecto a las acciones desarrolladas dentro del proyecto jardín botánico J.E.Q.A. y los componentes que integran el mismo.

Encuesta: Proyecto Jardín Botánico Jorge Enrique Quintero Arenas

Población: Estudiantes U.F.P.S.O.

Fecha: / /

Nombre:

Carrera:

1. ¿Conoce el término Jardín botánico? Podría mencionarlo

Si _____

No

2 ¿Conoce usted la existencia de un proyecto para la creación de un jardín botánico dentro de la universidad? Podría mencionar su nombre

Si _____

No

3. ¿Ha realizado recorridos dentro del proyecto jardín botánico J.E.Q.A.? ¿Solo o acompañado por docentes?

Si _____

No

4. Que tan frecuente son sus visitas por el jardín

1 vez por semana

1 vez al mes

2 veces por semestre

1 vez por semestre

Casi nunca

Nunca he ido

5. ¿Cuáles han sido sus motivos para no asistir al jardín?

Falta de información

Poco interés por el tema

Recorridos muy largos

Peligrosidad de la zona

Otros _____

6. Ha realizado proyectos dentro del jardín

Si _____

No

7. Conoce especies del proyecto jardín botánico. En caso de ser positiva su respuesta, podría mencionar algunas

Si _____

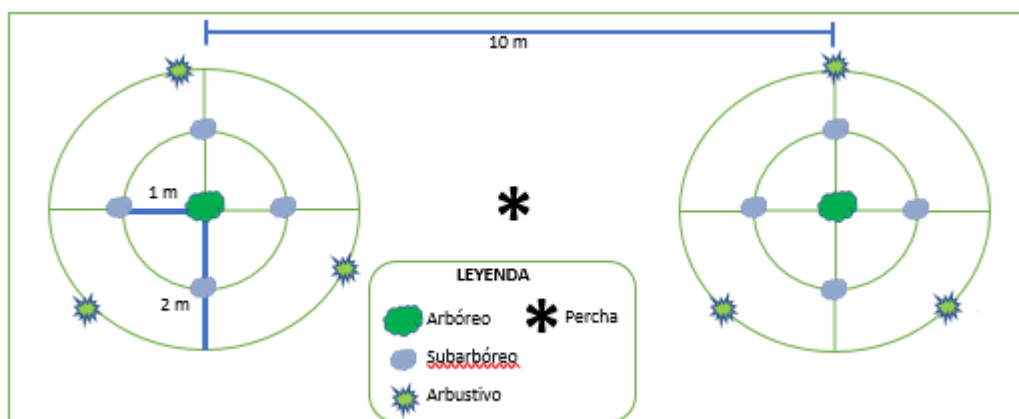
No

Apéndice E. Arreglos florísticos.

Diseño en módulos de nucleación

Se recomienda realizar el trazado circular para zonas con pendientes inferiores al 3%, partiendo de un punto central o eje, en el que cada trazado lleva dos círculos distanciados de 1 metro cada uno, además la distancia entre núcleos es de 10 metros desde su punto central, entre módulos se deben establecer unas perchas construidas de guadua o ramas, la finalidad de estas perchas es contribuir con la dispersión de semillas.

Este modelo se puede usar para especies nodrizas y sitios planos.



Fuente: (Galeano, 2019)

Para calcular la cantidad de módulos necesarios en un área determinada se utiliza la siguiente fórmula: $M = AT/(N+\emptyset)^2$

Donde:

M = número de módulos.

AT = Área de siembra.

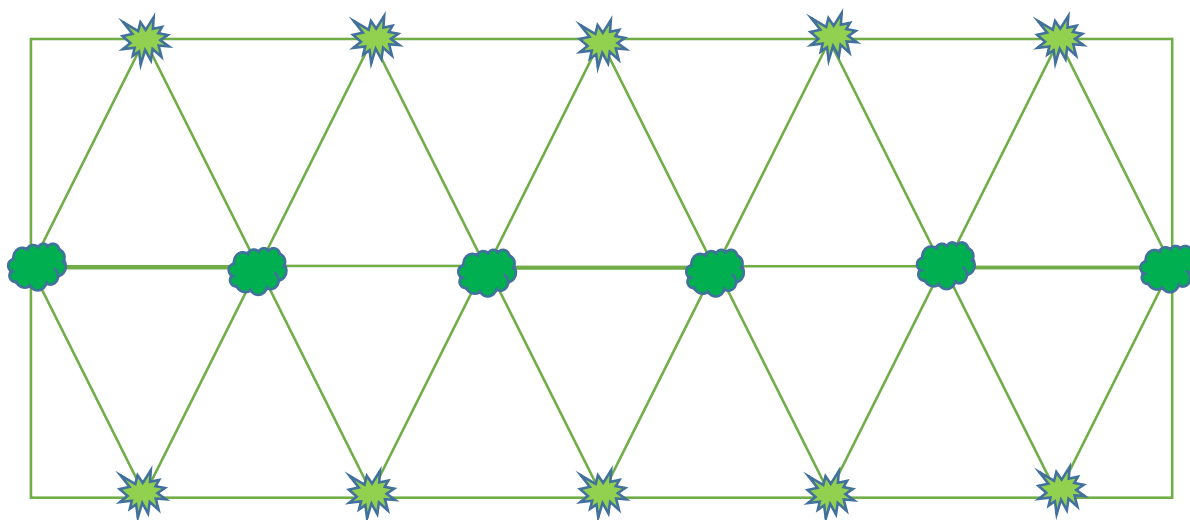
N = $\frac{1}{2}$ de la distancia entre puntos centrales – distancia del punto central al anillo exterior.

\emptyset = diámetro del núcleo.

Para determinar la densidad de siembra se multiplica el número de módulos por la cantidad de individuos sembrados en cada módulo, “se recomienda que cada núcleo tenga 8 individuos de diferente especie”, cada anillo cumple una función específica, el primero busca que las especies arbóreas y sub arbóreas entrecrucen sus copas para que las especies que son poco tolerantes a la luz prosperen, el segundo anillo es para especies más resistentes al sol (heliófilas).

Tresbolillo

En sectores del jardín con pendientes fuertes y descubrimiento por arado se recomienda establecer árboles y arbustos en el parche, con la finalidad de que desde el interior del mismo se propicien la dispersión y establecimiento de especies. Este modelo se puede usar en sitios con altas pendientes con la finalidad de evitar la erosión.



Fuente: (Nova & Caro, 1991)

Para saber cuántos árboles caben en un área por este método se utiliza la siguiente fórmula

$$N = AT / (d^2 * 0.866)$$

AT = Área total.


d = Distancia entre plantas.

0.866 = Constante


Especies recomendadas para los arreglos


Estratos		
Arbóreo	Subarbóreo	Arbustivo
<i>Albizia julibrissin durazz</i> <i>Myrsine guianensis</i> <i>Miconia theaezans</i> <i>Styrax sp</i> <i>Clusia multiflora</i>	<i>Acalypha macrostachya</i> <i>Myrcia deflexa</i> <i>Piper aduncum</i> <i>Bocconia frutescens</i> <i>Calliandra tumbeziana</i> <i>Piptocoma discolor</i> <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> <i>Piper sp</i> <i>Psidium guajava</i> <i>Erythroxylum ef macrophyllum</i> <i>Roupala montana</i> <i>Caesalpinia sp</i>	<i>Oyedaea sp</i> <i>Baccharis latifolia</i> <i>Byrsonima crassifolia</i> <i>Croton sp</i> <i>Miconia albicans</i> <i>Miconia stenostachya</i> <i>Miconia squamulosa</i> <i>Myriocarpa longipes</i> <i>Paragynoxys sp</i> <i>Lantana camara L</i> <i>Mimosa tenuiflora</i> <i>Miconia squamulosa</i> <i>Calea sp</i> <i>Clidemia capitellata</i> <i>Viburnum lantana</i> <i>Leucaena leucephala</i>

Apéndice F. programas.

Programa 1. Control de erosión					
<p>Meta. Recuperar la integridad en áreas degradadas, control de tensionantes, enriquecimiento del bosque y estabilización de taludes mediante la implementación de técnicas de bioingeniería.</p>					
TENSIONANTES Y LIMITANTES					
Geomorfología inestable, suelos erosionados, deficiencia nutricional					
TIPO DE MEDIDA					
Prevención	Protección	Control	Mitigación	Restauración	Compensación
		X	X	X	
TECNICAS DE RESTAURACIÓN					
<p>Actividades de labranza mínima: Mezcla y ablandamiento de las capas superficiales del suelo con el propósito de rebrote de semillas. Acondicionar el terreno para posterior plantado, esto se logra gracias a un arado simple.</p> <p>Obras de drenaje: Crear zanjas de coronación, y rocas dispersas para disminuir la velocidad e impacto del agua en el terreno. En terrenos con grado 3 de complicación erosiva se utilizará el método cabeceo de cárcavas el cual consiste en el recubrimiento con material inerte (piedras), de la parte inicial de la cárcava con el fin de disminuir la pendiente en la entrada y proteger el suelo de fuertes escorrentías.</p> <p>Aplicación de materia orgánica animal y vegetal: Implementación de compost, caprinaza y enmiendas orgánicas, acompañado de arado simple en los sitios degradados con la finalidad de recuperar la fertilidad edáfica. En la parte superficial del suelo para evitar pérdidas se recomienda la implementación de coberturas por medio de mulches, residuos de cascarilla de arroz, gallinaza y biomantos</p> <p>Obras de bioingeniería: En zonas con taludes inestables se deben implementar fajinas y trinchos, cada 3 metros, con bermas de 2 metros de ancho. Además, se recomienda por su bajo costo la revegetalización con mantos orgánicos de tela de fibra de fique enriquecidos con especies nobles como la centrocema macrocarpum en zonas con pendientes menores al 5%, en pendientes superiores se recomienda el arado simple, cubierta con biomantos y terrazas vivas.</p> <p>Mantenimiento: Se deberá realizar mantenimiento a las obras complementarias como zanjas y trinchos anual en los dos primeros años a la ejecución de las técnicas y luego bianual hasta la finalización del proyecto.</p>					

Programa 2. Control de especies invasoras					
<p>Meta. Disminuir especies invasoras mediante control manual y plantación de especies nativas.</p>					
TENSIONANTES Y LIMITANTES					
Presencia de parches extensos de especies invasoras, suelos ácidos, disminución de caudales					
TIPO DE MEDIDA					
Prevención	Protección	Control	Mitigación	Restauración	Compensación
		X	X		
TECNICAS DE RESTAURACIÓN					
<p>Erradicación manual como control de crecimiento: Las especies invasoras se deben cortar iniciando épocas de sequía (diciembre a marzo) y posteriormente se deben aplicar insumos orgánicos y mantenimiento de la zona. Otra estrategia para eliminar el helecho marranero es a través del golpe de los frondes tiernos con palos para quebrar el raquis y exponer los tejidos internos al ataque de hongos y bacterias. Se recomienda deshierbe en binas o gradeo con el fin de abarcar más terreno.</p> <p>Encalado: Luego de la erradicación de helechos se debe bajar la acidez del suelo, a través de la utilización de sustratos a base de cal (cal dolomítica, roca fosfórica, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaCO_3, CaO)</p> <p>Apertura de claros y plantación de especies nativas: En épocas de precipitaciones y luego de aperturas en claros se deben plantar especies nativas, con el fin de generar competencia y así disminuir las especies invasoras. (Se recomienda sembrar especies arbóreas como <i>myrsine guianensis</i>)</p> <p>Reposición del material plantado muerto: En los 2 primeros años se debe evaluar las áreas plantadas, y verificar la condición de las plántulas, sustituyendo el material plantado muerto en épocas similares a la primera plantación.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Cada dos meses por los dos primeros años y luego anual se deben realizar actividades de mantenimiento como aporcado, eliminación de plántulas agresivas y erradicación manual con el fin de controlar la reproducción de especies invasoras y garantizar la supervivencia de las plantadas.</p>					

Programa 3. Educación ambiental y participación comunitaria					
<p>Meta. Educar ambientalmente a las comunidades locales e incorporar la participación comunitaria en los procesos de restauración ecológica</p>					
LIMITANTES Y TENSIONANTES					
Mala disposición de residuos sólidos, desinterés y desinformación por la R.E.					
TIPO DE MEDIDA					
Prevención	Protección	Control	Mitigación	Restauración	Compensación
X					
TECNICAS DE RESTAURACIÓN					
<p>Implementación de talleres, simposios y capacitaciones: Se desarrollará al menos un taller teórico-práctico por mes con el fin de dar a conocer el proyecto de restauración, las diferentes técnicas empleadas y otros factores ambientales, incluyendo la protección de bosques, protección a fuentes hídricas, disposición de residuos sólidos, buenas prácticas ambientales entre otros. Se involucrará a toda la comunidad estudiantil, así como a invitados externos representados por organizaciones locales y comunidades aledañas, para ello se sugiere contar con el apoyo de los escenarios, los estamentos y oficinas estudiantiles. Se proyecta la realización de un simposio anual con invitados nacionales específico en experiencias de restauración ecológica exitosas.</p> <p>Creación de cartillas y publicidad: Se plantea la elaboración de dos cartillas de restauración ecológica una técnica enfocada a la explicación de proyectos de restauración enfocados al proyecto jardín botánico y una lúdica con plantas nativas presentes en el área de estudio enfocada a la demás comunidad estudiantil. También se debe promocionar las actividades de restauración articulándose con el entorno de la Universidad.</p> <p>Contratación de mano de obra local: En las técnicas de restauración se sugiere contratar a comunidad local, con el fin de involucrar conciencia ecológica.</p> <p>Creación de semillero de investigación estudiantil: Con ayuda de profesores, la coordinación del proyecto jardín y entidades locales se establecerá un semillero de investigación enfocado a la restauración, la conservación y la educación ambiental el cual será el punto de partida para proyectos e investigaciones futuras. Así mismo se involucrará a las comunidades locales para proyectos de territoriales que protejan al bosque seco.</p> <p>Creación de una brigada ambiental: Con el fin de controlar los impactos turísticos causados por los visitantes del jardín en los diferentes recorridos se recomienda el establecimiento de una brigada ambiental local entrenada en el manejo de recursos y atención al público, que monitoree las visitas y los procesos de restauración.</p>					

Programa 4. Reforestación y sucesión ecológica					
Meta. Establecer micrositios con el fin de rehabilitar la estructura y función del bosque.					
TENSIONANTES Y LIMITANTES					
Ausencia de micrositios, ausencia de propágulos					
TIPO DE MEDIDA					
Prevención	Protección	Control	Mitigación	Restauración	Compensación
X		X	X		
<p>Recolección de germoplasma: Se deben realizar recorridos de exploración en la zona del jardín y veredas aledañas, con la finalidad de rescatar material vegetal nativo, posterior recolección de semillas y germinación en viveros transitorios ubicados en la zona del proyecto.</p> <p>Compra de especies en viveros: Para aquellas especies que se dificulte la recolección de germoplasma se deben comprar las semillas o las plántulas en viveros locales.</p> <p>Establecimiento de viveros y propagación de especies: Ubicar la zona de viveros cerca al sitio que se va a intervenir, establecer área de germinación, de trasplante, crecimiento, endurecimiento y zona de preparación de sustratos, levantar cubiertas para evitar luz solar directa y trazado de mallas para proteger las especies de herbívora.</p> <p>Control de arvenses: Control manual mediante limpiezas y uso de insumos orgánicos.</p> <p>Determinar el arreglo florístico: Dependiendo las condiciones del terreno se debe escoger el método de siembra más adecuado, se recomienda el diseño de módulos de nucleación para partes planas con entrecruces de perchas y de tresbolillo para zonas empinadas (ver Apéndice E). En sitios donde se cuenten con árboles dispersos se pueden utilizar módulos de vegetación bajo especies nodrizas para aprovechamiento de sombra.</p> <p>Implementación de hidrogel: Se debe mezclar el sustrato con hidrogel a una dosis de 2 a 4 kg/m³ y aplicar en ahoyado con el fin de garantizar una mayor absorción y disponibilidad de agua para las plantas. En caso de árboles ya plantados se realiza una era perpendicular a la especie, se aplica húmedo, se abona y se aporca con hojarasca y tierra del mismo lugar.</p> <p>Enriquecimiento con especies nativas: Con el fin de dar continuidad al bosque, se recomienda enriquecer con especies identificadas en el muestreo de vegetación de áreas conservadas, sugiriendo la propagación de especies con mayor I.V.I. (<i>Acalypha macrostachya</i>, <i>Albizia julibrissin durazz</i>, <i>Myrcia deflexa</i>, <i>Myrsine guianensis</i> y <i>Piper aduncum</i>)</p> <p>Plantación de especies en fechas adecuadas: Se recomienda plantar en los meses con menor porcentaje de pérdida hídrica (septiembre a noviembre)</p>					

Protección de especies: Las especies plantadas deben ser protegidas con una malla plástica de forma cilíndrica hasta los dos primeros años de desarrollo o cuando presenten lignificación garantizando su supervivencia contra animales. Cada malla debe ser revisada anualmente para posterior mantenimiento si se hace necesario

Reposición del material plantado muerto: En los 2 primeros años se debe evaluar las áreas plantadas, y verificar la condición de las plántulas, sustituyendo el material plantado muerto en épocas similares a la primera plantación.

Establecimiento de perchas atrayentes de animales propagadores de semillas: En sitios desprovistos de vegetación en trazados de siembra o a después de labranza mínima se recomienda implementar perchas que son estructuras en madera, guadua entre otros materiales con diferentes arreglos, que permiten la llegada de aves a la matriz desprovista, dando lugar a un aumento significativo de la tasa de deposición de semillas de plantas ornitócoras.

Mantenimiento y seguimiento de las especies plantadas: Actividades de riego, fertilización, medición de especies y monitoreo de las condiciones fitosanitarias de las mismas. Actividades como el plateo, aporcado, deshierbe, podas y eliminación de plántulas invasoras o de alta densidad se realizarán con frecuencia trimestral en el primer año, semestral en los dos años siguientes y anual a partir del cuarto año.

Programa 5. Protección de cauces					
<p>Meta. Proteger los cuerpos hídricos y prevenir su deterioro con el fin de mantener el buen estado ecológico y físico-químico</p>					
TENSIONANTES Y LIMITANTES					
Escases hídrica, contaminación físico-química, presencia de agroquímicos					
TIPO DE MEDIDA					
Prevención	Protección	Control	Mitigación	Restauración	Compensación
X	X	X			
TECNICAS DE RESTAURACIÓN					
<p>Seguimiento a la calidad del agua y medición de caudales: Medición de caudales para monitorear si el bosque tiene estrés hídrico.</p> <p>Establecer corredores riparios: Utilizar las épocas con historial hidrológico bueno para realizar actividades de siembra, en zonas de erradicación de caña brava.</p>					

Apéndice G. Presupuesto general

Los recursos por especie o institucionales se encuentran dentro de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, los demás deben adquirirse por fuentes externas, las cotizaciones fueron realizadas en la cacharrería lonchos, fuentes digitales y vivero locales.

Rubros	Justificación	Cantidad	Especie (Institucionales)	Efectivo	Total
Personal	Director del proyecto	1	\$ 480,000,000		\$ 480,000,000
	Ingeniero ambiental	1		\$ 57,600,000	\$ 57,600,000
	Ingeniero Forestal	1		\$ 28,800,000	\$ 28,800,000
	Obreros	20		\$ 197,100,000	\$ 197,100,000
	Conferencias	3		\$ 15,000,000	\$ 15,000,000
	Salud y riesgos laborales			\$ 138,000,000	\$ 138,000,000
Materiales, equipos y herramientas	Azadones	30		\$ 630,000	\$ 630,000
	Palas	30		\$ 450,000	\$ 450,000
	Picos	20		\$ 640,000	\$ 640,000
	Machetes	20		\$ 600,000	\$ 600,000
	Computadores	2		\$ 3,400,000	\$ 3,400,000
	Cinta métrica x 35 m	10		\$ 300,000	\$ 300,000
	Anillas concéntricas	3		\$ 6,600,000	\$ 6,600,000
	Barreno	2		\$ 800,000	\$ 800,000
	Tubería PVC			\$ 300,000	\$ 300,000
	Barras	10		\$ 240,000	\$ 240,000
	Tijeras podadoras	15		\$ 360,000	\$ 360,000
	Kit de germinación	10		\$ 250,000	\$ 250,000
	Bolsas de plantado	2000		\$ 140,000	\$ 140,000
	Paladraga	30		\$ 1,020,000	\$ 1,020,000
	Indumentaria personal (casco, botas, guantes, overol, camisa, gafas)			\$ 4,200,000	\$ 4,200,000
	Video beam	1	\$ 1,100,000		\$ 1,100,000
	GPS	6	\$ 800,000	\$ 4,000,000	\$ 4,800,000
	Carretillas	20		\$ 2,300,000	\$ 2,300,000
	Tablas de madera x 3 m	Combo x 12		\$ 200,000	\$ 200,000
	Puntillas			\$ 20,000	\$ 20,000
Martillos	10		\$ 150,000	\$ 150,000	
Malla de alambre	180 m		\$ 600,000	\$ 600,000	
Colbón madera	1 galón		\$ 45,000	\$ 45,000	

	Polisombra	50 m		\$ 250,000	\$ 250,000
	Alicates	10		\$ 150,000	\$ 150,000
	Máquina cortapasto	1	\$ 10,000,000		\$ 10,000,000
	Manguera	10 rollos x 100 m		\$ 650,000	\$ 650,000
	Tanque de captación	1	\$ 5,000,000		\$ 5,000,000
	Láminas de zinc	30		\$ 780,000	\$ 780,000
	Regaderas	10		\$ 120,000	\$ 120,000
	Guadaña	2		\$ 30,000	\$ 30,000
Insumos	Insumos orgánicos		\$ 3,850,000	\$ 6,710,000	\$ 10,560,000
	Hidrogel	Bulto de 25 kg		\$ 670,000	\$ 670,000
	Material vegetal			\$ 2,000,000	\$ 2,000,000
	Material granular			\$ 600,000	\$ 600,000
	Mantas orgánicas			\$ 5,000,000	\$ 5,000,000
	Sacos de fique	2000		\$ 800,000	\$ 800,000
	Guadua		\$ 2,000,000		\$ 2,000,000
	Recurso hídrico		\$ 10,000,000		\$ 10,000,000
	Láminas de aluminio 6x11	10		\$ 710,000	\$ 710,000
	Material de arrastre			\$ 1,000,000	\$ 1,000,000
	Estacado			\$ 300,000	\$ 300,000
	Papel cartulina			\$ 200,000	\$ 200,000
Viáticos y refrigerios	Refrigerios			\$ 4,000,000	\$ 4,000,000
	Transporte			\$ 10,000,000	\$ 10,000,000
Material de oficina	Papelería e impresiones			\$ 3,000,000	\$ 3,000,000
	Kit de oficina			\$ 500,000	\$ 500,000
Otros	Lugar para socializar		\$ 1,000,000		\$ 1,000,000
	Análisis de laboratorio		\$ 10,000,000	\$ 10,000,000	\$ 20,000,000
	Plan de minutos			\$ 1,000,000	\$ 1,000,000
	Infraestructura civil		\$ 3,000,000	\$ 1,000,000	\$ 4,000,000
	Proyectos de investigación			\$ 5,000,000	\$ 5,000,000
	Funcionamiento de maquinaria			\$ 3,000,000	\$ 3,000,000
	Imprevistos			\$ 11,012,950	\$ 11,012,950
Total			\$ 526,750,000	\$ 532,337,950	\$ 1,058,977,950