

UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LICENCIATURA EN MANEJO FORESTAL

GUÍA FLORÍSTICA PARA LA REHABILITACIÓN DE COMUNIDADES VEGETALES
EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BERMÚDEZ, COMO PARTE DEL CORREDOR
BIOLÓGICO INTERURBANO, HEREDIA, COSTA RICA.

Trabajo de graduación sometido a consideración del Tribunal Examinador de la Escuela de
Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional para optar el grado de Licenciatura en
Manejo Forestal.

CALDERÓN RODRÍGUEZ MANUEL DE JESÚS

Heredia, Costa Rica

Julio, 2023

I. ACTA DE APROBACIÓN

Trabajo de graduación aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional de Costa Rica, para optar al grado de Licenciatura en **Ingeniería en Ciencias Forestales con énfasis en Manejo Forestal**.

II. MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

.....

M.Sc. Henry Sánchez Toruño

Representante Decanato de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

.....

M.Sc. Maynor Carranza Varela
Representante EDECA

.....

M.Sc. Gustavo Vargas Rojas
Tutor

.....

Lic. Heileen Aguilar Arias
Lectora

.....

Geóg. Dra. Marilyn Romero Vargas
Lectora

.....

Bach. Manuel de Jesús Calderón Rodríguez

Postulante del trabajo

RESUMEN

La guía de rehabilitación de comunidades vegetales consiste en el monitoreo de las coberturas vegetales mediante el uso del VANT (Vehículo aéreo no Tripulado). Así como de los muestreos de flora en la zona altitudinal baja, mediana y alta en las altitudes de 1130 a 1630 m.s.n.m. Con esto se obtuvo una propuesta de rehabilitación ecológica para cuatro espacios identificados en el área de estudio, como las áreas de parques y aceras, los espacios de ríos y quebradas, jardines privados y cafetales. En cuanto al muestreo de la flora se distinguió las comunidades vegetales presentes en la microcuenca del río Bermúdez, ubicada en el cantón de San Rafael de Heredia. En ella se realizó un reconocimiento de la vegetación de las comunidades vegetales, mediante el índice de diversidad de Simpson y el índice de similitud de Sorensen. Donde la vegetación de galería (vg) presentó los valores más altos de índice de diversidad de Simpson con 0,97 para la zona baja, 0,99 en la zona media 0,96 para la zona alta. En cuanto a los valores más altos de similitud la vegetación en bosques secundarios (bs) y vegetación de galería obtuvieron los porcentajes más altos en similitud principalmente para las zona media y alta; sitio donde se encontró una vegetación con una menor intervención humana. Además, con los muestreos se obtuvieron especies idóneas mediante las variables ecológicas de densidad, frecuencia y proporción; además se tomó en cuenta valoraciones cualitativas en los usos de las especies. Las cuáles son prioritarias para proyectos de rehabilitación de comunidades vegetales como: *Robinsonella lindeniana*, *Croton niveus* y *Trichilia havanensis* para las zonas bajas; *Ocotea praetermisa*, *Ocotea atirrensis* y *Tabernaemontana donnel-smithii* para las zonas medias y *Viburnum costaricanum*, *Conostegia xalapensis* e *Inga oerstediana* para las zonas altas.

Palabras claves: Coberturas vegetales, arboricultura, rehabilitación ecológica, especies idóneas, arbolado.

III. DEDICATORIA

Gracias Dios. Ese espacio ilimitado, imaginativo y maravilloso. Donde nos permite crear realidades y circunstancias en este mundo con exuberante energía, reflejada en amor.

Tranquilidad, confianza y fe son las frases que me han permitido crecer día con día.

A mi madre por mantener un ambiente propicio para mi desarrollo profesional. A mi padre por ser la persona confidente de circunstancias, conversaciones intensas y apaciguarme para que florezca la vida.

A mi hermano Jonathan por mostrarme un mundo de ritmos y sonidos. A mi hermana Estefanie, pilar fundamental en el desarrollo de nuestra familia. A Juan Carlos Rodríguez Alvarado impulsor de intenciones y realidades.

A mis maestr@s de la naturaleza.

A la memoria de la Ing. Carolina Ovares Arrieta, persona digna de conocer por su grandeza en espíritu y de amor por el estudio de la naturaleza.

A mis decisiones por permitirme desarrollarme como un profesional en beneficio del ambiente y las personas. Por darme la oportunidad de crecer y de compartir con amigos.

IV. AGRADECIMIENTOS

Muy especial al vivero forestal de la Universidad Nacional. En especial al tutor M.Sc. Gustavo Vargas Rojas por permitirme desarrollar este trabajo en conjunto. El cual ha sido de gran esmero, dedicación y disfrute. De igual forma me permitió acercarme al área de la arboricultura y el manejo forestal en las ciudades. Gustavo también es un gran amigo, el cual me ha enseñado siempre a observar la naturaleza siempre desde distintas perspectivas. Deseo externalizar mi agradecimiento también al Lic. Juan Pablo Villegas Espinoza por brindarme el espacio para desempeñar el trabajo en la tesis y por los aportes para la confección del TFG. También agradezco a la M.Sc María Avellan Zumbado por estar siempre disponible a escuchar sobre los avances generados con el TFG. Y por último a la investigadora M.Sc Stephanie Núñez Hidalgo por siempre aportar criterio y fundamento para los temas con la flora y sus usos. Agradezco por ese espacio brindado en el vivero, enriquecido con el esmero de comprender la flora y relacionarla con esas funciones que proveen al ambiente.

Un agradecimiento sincero al CeNAT-CONARE el cual me brindaron la favorable oportunidad de una beca. Donde me permitió obtener información relevante a través de un equipo especializado como el VANT. Además de facilitar el uso de las instalaciones en el PRIAS, así como otras ventajas de aprendizaje en el ámbito profesional. De igual forma la forma del trato con distintos profesionales en el PRIAS me permitió ampliar los horizontes. En especial agradezco a la directora del PRIAS Ing. Cornelia Miller Granados por colaborar en mi estancia en el PRIAS. Al igual agradezco al investigador Christian Vargas Bolaños por impulsar y mantener siempre presente los objetivos. Agradezco a la lectora la Lic. Heileen Aguilar Arias, por brindarme la confianza y oportunidades en el tiempo en el PRIAS. Además, resaltó sus aportes y disposición para atender las inquietudes sobre el TFG.

También debo manifestar mi agradecimiento a la M.Sc Marilyn Romero Vargas por sus aportes y sugerencias para el TFG. Así como las ayudas realizadas como estudiante, en mi formación profesional.

TABLA DE CONTENIDOS

I.	ACTA DE APROBACIÓN.....	2
II.	MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR	2
III.	DEDICATORIA.....	4
IV.	AGRADECIMIENTOS	5
V.	ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	14
I.	INTRODUCCIÓN	15
1.1	Justificación	15
1.2	Problema de investigación.....	16
1.3	Preguntas de investigación.	20
1.4	Objetivos de investigación.....	20
I.	General.....	20
II.	Específicos	21
II.	MARCO TEÓRICO	21
2.1	Condiciones que determinan una comunidad vegetal	21
2.2	Rehabilitación de comunidades vegetales.....	23
2.3	Ecosistemas naturales en la ciudad	26
2.4	Condiciones de espacio y características de árboles y arbustos en parques y aceras.....	27

2.5 Condiciones de espacio y características de árboles y arbustos en áreas de ríos y quebradas .	29
2.6 Condiciones de espacio y características de árboles y arbustos en cafetales	30
III. METODOLOGÍA	33
3.1 Área de estudio (Características biofísicas de la microcuenca)	33
3.2 Definición del uso de cobertura vegetal.....	36
3.3 Planificación de los vuelos con el VANT	37
3.4 Ejecución de vuelos.....	38
3.5 Procesamiento de la información	39
3.6 Identificación de las Unidades de Cobertura Vegetal (UCV).....	40
3.7 Descripción y categorización de las comunidades vegetales	42
3.8 Riqueza y estructura de las comunidades vegetales.....	44
3.9 Selección de especies idóneas y propuesta de rehabilitación vegetal	45
IV. RESULTADOS	51
4.1 Usos de suelo en las comunidades vegetales	51
4.2 Descripción de las comunidades vegetales	55
4.3 Diseño de enriquecimiento forestal para la rehabilitación con especies idóneas.....	73
4.4 Rehabilitación de comunidades vegetales.....	84
4.4.1 <i>Parques y aceras</i>	85
4.4.2 <i>Áreas de protección de ríos y quebradas.</i>	91
4.4.3 <i>Jardines privados</i>	98
4.4.4 <i>Cafetales</i>	103
4.5 Reproducción de especies idóneas para la rehabilitación vegetal.....	107
4.5.1 <i>Producción y manejo de árboles en vivero</i>	108

4.5.2 Selección de especies en viveros	110
4.5.3 Plantación en las áreas a rehabilitar.....	110
V. DISCUSIÓN.....	113
5.1 Comunidades Vegetales	113
5.2 Enriquecimiento de especies.	114
5.3 Problemas de Gestión en la Silvicultura Urbana.....	115
5.4 Importancia de los árboles en áreas urbanas	115
5.5 Manejo Forestal para la rehabilitación vegetal en áreas degradadas en la microcuenca del Río Bermúdez.	116
5.5.1 Enriquecimiento de Especies	117
5.5.2 Manejo de Semillas	117
5.5.3 Viverización.....	117
5.5.4 Siembra y Mantenimiento.....	118
5.5.5 Ejecución de proyecto que busque la gestión del recurso arbóreo.	119
VI. CONCLUSIONES	119
VII. RECOMENDACIONES	120
VIII. REFERENCIAS	121
IX. APÉNDICES	128

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Personal y equipo especializado del Laboratorio PRIAS.	39
Cuadro 2. Cualidades definidas para las especies de árboles idóneas para la rehabilitación vegetal.	48
Cuadro 3. Cualidades definidas para las especies de arbustos idóneos para la rehabilitación vegetal.	49
Cuadro 4. Valoración de especies de árboles idóneas para la rehabilitación de comunidades vegetales.	50
Cuadro 5. Valoración de especies de arbustos idóneos para la rehabilitación de comunidades vegetales.	50
Cuadro 6. Asignación de tamaño para los hábitos de arbusto y árbol, según Jiménez et al. (2001).	50
Cuadro 7. Identificación de las coberturas vegetales en la microcuenca del río Bermúdez.	53
Cuadro 8. Descripción de las Unidades de Cobertura Vegetal basado en Ortomosaicos Phantom 4, con un tamaño de 3 cm de píxel.	53
Cuadro 9. Muestreo de la flora en tres zonas altitudinales del cantón de San Rafael de Heredia. ...	56
Cuadro 10. Muestreos realizados en la zona altitudinal baja.	58
Cuadro 11. Valores de índice de similitud de Sorensen para 12 subparcelas en la zona baja.	61
Cuadro 12. Datos obtenidos en los muestreos realizados en la zona altitudinal media.	63
Cuadro 13. Valores del índice de Sorensen para 16 subparcelas en la zona altitudinal media.	67
Cuadro 14. Datos obtenidos en los muestreos realizados en la zona alta.	69
Cuadro 15. Valores del índice de Sorensen para 16 subparcelas en la zona alta.	72
Cuadro 16. Especies de árboles encontradas en la zona altitudinal baja con variables ecológicas, cualidades potenciales de la especie y su valoración total.	77

Cuadro 17. Especies de arbustos encontrados en la zona altitudinal baja con variables ecológicas, cualidades potenciales de la especie y su valoración total.	79
Cuadro 18. Especies de árboles encontrados en la zona altitudinal media con variables ecológicas, cualidades potenciales y su valoración total.	79
Cuadro 19. Especies de arbustos encontrados en la zona altitudinal media con variables ecológicas, cualidades potenciales de la especie y su valoración total.	81
Cuadro 20. Especies de árboles encontrados en la zona altitudinal alta con variables ecológicas, cualidades potenciales de la especie y su valoración total.	82
Cuadro 21. Especies de arbustos encontrados en la zona altitudinal alta con variables ecológicas, cualidades potenciales de la especie y su valoración total.	84
Cuadro 22. Condiciones físicas necesarias de espacio para el desarrollo de las especies en los parques y aceras, con características para el desarrollo óptimo del arbusto o árbol.	85
Cuadro 23. Especies de árboles idóneos para parques en la zona altitudinal baja de 1190 a 1284 msnm.	86
Cuadro 24. Especies de árboles idóneos para parques en la zona altitudinal media de 1300 a 1346 msnm.	88
Cuadro 25. Especies de arbustos idóneos para parques y aceras en la zona altitudinal media de 1300 a 1346 msnm.	89
Cuadro 26. Especies de arbustos idóneos para parques y aceras en la zona altitudinal alta de 1423 a 1630 msnm.	91
Cuadro 27. Criterios físicos de espacio y características de la especie a considerar para rehabilitación ecológica en áreas de ríos y quebradas.	92
Cuadro 28. Especies de árboles idóneos para áreas de protección de ríos y quebradas en la zona altitudinal baja de 1190 a 1284 msnm.	93

Cuadro 29. Especies de arbustos idóneos para áreas de protección de ríos y quebradas en la zona altitudinal baja de 1190 a 1284 msnm.....	94
Cuadro 30. Especies de árboles idóneos para áreas de protección de ríos y quebradas en la zona altitudinal media de 1300 a 1346 msnm.....	94
Cuadro 31. Especies de arbustos idóneos para ríos y quebradas en la zona altitudinal media de 1300 a 1346 msnm.	96
Cuadro 32. Especies de árboles idóneos para ríos y quebradas en la zona altitudinal alta de 1423 a 1630 msnm.	96
Cuadro 33. Especies de arbustos idóneos para ríos y quebradas en la zona altitudinal alta de 1423 a 1630 msnm.	98
Cuadro 34. Características para tomar en cuenta para la rehabilitación ecológica en jardines privados.	98
Cuadro 35. Especies de árboles idóneos para jardines privados en la zona altitudinal baja de 1190 a 1284 msnm.	99
Cuadro 36. Especies de arbustos idóneos para jardines privados en la zona altitudinal baja de 1190 a 1284 msnm.	100
Cuadro 37. Especies de árboles idóneos para jardines privados en la zona altitudinal media de 1300 a 1346 msnm.	100
Cuadro 38. Especies de arbustos idóneos para jardines privados en la zona altitudinal alta de 1423 a 1630 msnm.	101
Cuadro 39. Especies de árboles idóneos para Jardines privados en la zona altitudinal alta de 1423 a 1630 msnm.	101
Cuadro 40. Especies de arbustos idóneos para ríos y quebradas en la zona altitudinal alta de 1423 a 1630 msnm.	103

Cuadro 41. Características de espacio a tomar en cuenta para la rehabilitación ecológica en cafetales.	103
Cuadro 42. Especies de árboles idóneos para cafetales en la zona altitudinal baja de 1190 a 1284 msnm.	104
Cuadro 43. Especies de árboles idóneos para cafetales en la zona altitudinal media de 1300 a 1346 msnm	105
Cuadro 44. Especies de árboles idóneos para cafetales en la zona altitudinal alta de 1423 a 1630 msnm	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de la red hídrica en los diferentes puntos de muestreo de la flora en la zona alta, media y baja.	34
Figura 2. Identificación de las coberturas vegetales presentes en la microcuenca del río Bermúdez a una altitud de 1190 a 1630 msnm.	52
Figura 3 Diferentes hábitos de las especies registradas en el inventario realizado en la microcuenca del río Bermúdez.	57
Figura 4. Valores de índice de diversidad de Simpson en la zona baja.	60
Figura 5 Mayores índices de similitud de Sorensen de acuerdo con la altitud en la zona baja.	62
Figura 6. Valores de índice de diversidad en la zona media.	65
Figura 7 Mayores índices de similitud de Sorensen de acuerdo con la altitud en la zona mediana.	68
Figura 8. Índice de diversidad de Simpson en las comunidades vegetales para la zona alta, ordenadas de menor a mayor altitud.	71
Figura 9. Mayores índices de similitud de Sorensen de acuerdo con la altitud en la zona alta.	73
Figura 10. Ortomosaico # 1 de las áreas de muestreo en el Palmar las Gravileas en zona urbana San Rafael, Heredia.	74

Figura 11. Ortomosaico # 2 de las áreas de muestreo en calle manzanos San Rafael, Heredia.	75
Figura 12. Ortomosaico # 3 de las áreas de muestreo para los sitios 7 y 8 en el Centro Educativo Universitario (CEUNA) San Rafael, Heredia.	75
Figura 13. Comunidades vegetales muestreadas en la microcuenca del río Bermúdez, en las altitudes de 1190 a 1630 msnm.....	76
Figura 14. Subparcelas muestreadas en la Vegetación de galería para la zona baja, mediana y alta.	77
Figura 15. Propuesta alternativa para la reproducción de especies de interés.	112

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice 1. Ubicación, altitud y coordenadas geográficas para las comunidades vegetales encontradas en las zonas altitudinales.	128
Apéndice 2. Edificaciones alrededor del área de estudio sitio 2, en el barrio Corazón de Jesús. ...	129
Apéndice 3. Charral, área de desuso ubicada en el sitio 2.....	129
Apéndice 4 Vegetación de charral en el sitio 2.	130
Apéndice 5. Desarrollo en copa de <i>Erythrina poeppigiana</i>	130
Apéndice 6. Copa de <i>Ficus jimenezii</i>	131
Apéndice 7. Flores de <i>Lantana camara</i>	131
Apéndice 8. <i>Cecropia peltata</i> en un cafetal abandonado.	132
Apéndice 9. <i>Piper umbellatum</i> , creciendo bajo sombra en un dosel.....	132
Apéndice 10. Arbusto de <i>Cornutia pyramidata</i> con flores en setiembre del 2019.	133
Apéndice 11. Árbol de <i>Oreopanax xalapensis</i> , con frutos en setiembre ,2019.	133

V. ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ASPRS: Sociedad Americana de Fotogrametría y Sensores Remotos.

AyA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

CBI: Corredor Biológico Interurbano.

CeNAT: Centro Nacional de Alta Tecnología.

CEUNA: Centro Universitario para Niños y Adolescentes.

CNE: Comisión Nacional de Emergencias.

CONARE: Consejo Nacional de Rectores

CONAGEBIO: Comisión Nacional para Gestión de la Biodiversidad.

ESPH: Empresa de Servicios Públicos de Heredia.

GAM: Gran Área Metropolitana.

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

ISA: International Society of Arboriculture.

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible.

PBAE: Programa de Bandera Azul Ecológico.

POT-GAM: Plan de Ordenamiento Territorial de la Gran Área Metropolitana.

SNIT: Sistema Nacional de Información Territorial.

SINAC: Sistema Nacional de Áreas de Conservación.

UCV: Unidades de Cobertura Vegetal.

VANT: Vehículo Aéreo No Tripulado.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

La necesidad de distinguir el recurso arbóreo y arbustivo toma un papel preponderante en el ideal de ciudad que vincula a la naturaleza con el ser humano. En este orden de ideas, esta investigación tiene la función de otorgar relevancia a la vegetación circundante en la ciudad. Ya que disponer de conocimiento de la flora presente en la ciudad “abre paso” a múltiples opciones para comprender el papel que significa la vegetación en la ciudad tanto como árboles, arbustos y demás formas de vida. Esto tiene como comparación el refrán de Carlos Linneo “Si ignoras el nombre de las cosas desaparece también lo que sabes de ellas”. Por lo tanto, lo importante es darle significado a la vegetación en la ciudad mediante los muestreos, teniendo en cuenta sus altitudes.

La información generada en cuanto al conocimiento de la flora es una base para distintas políticas de conservación que velan por la gestión de la naturaleza en la ciudad. Por ejemplo, desde 1996 es creado el Programa Bandera Azul Ecológica (PBAE) por iniciativa del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), con el fin de establecer un incentivo para motivar la participación de la sociedad civil. Donde la comunidad debe cumplir con una serie de parámetros en mejora del ambiente, como la reforestación en sitios de influencia ubicados dentro de la microcuenca. (AyA, 2010, p. 36), por tal motivo, las investigaciones y acompañamiento profesional es vinculante para la selección de especies de flora.

El gobierno de Costa Rica en el año 2016 es el primer país en firmar el Pacto Nacional por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales responden a una estrategia en la lucha de la pobreza y la desigualdad, en la promoción de la educación y la salud, protección del ambiente y fortalecimiento de la justicia. (Presidencia de la República, 2016). Para cumplir los ODS, las entidades gubernamentales (Ministerio de Salud, Ministerio de Ambiente y Energía y el AyA) se ha planteado a cumplir una serie de propósitos en relación con el recurso hídrico el cual se describe en: “Proteger

y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.” Adicionalmente el informe recalca, una parte del territorio del país es *representado* por zonas protegidas, así como diferentes instituciones que velan por la preservación de los ecosistemas relacionados con el agua (AyA, 2016).

De igual manera en el documento MINAE, SINAC y CONAGEBIO (2016) se describe que la planificación del territorio debe estar basada en un enfoque de paisaje, teniendo en cuenta las condiciones actuales del ecosistema y así proponer medidas para su mejora. En este mismo tema la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2016-2025 prioriza el concepto de Adaptación basada en Ecosistemas, definida como la utilización de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas como parte de una estrategia de adaptación a los efectos adversos al cambio climático.

Un estudio elaborado por el MINAE y SINAC dentro del proyecto BIOMARC (Giro. P & Delgado. I. 2018, p.22), localizó los principales refugios climáticos existentes en el país, donde se identifica que el ritmo de las variables climáticas (temperatura y precipitación) es menor, lo cual permite a los ecosistemas y las especies tengan una mejor adaptación a cambios drásticos en el ambiente, por efectos del Cambio Climático en el futuro ya sea sitios ubicados donde se presentan cursos de agua, como los bosques de galería. Por consiguiente, la conectividad entre ecosistemas es un factor determinante para el resguardo de los refugios ambientales, un claro ejemplo de dichas áreas lo constituyen los Corredores Biológicos entre Parques Nacionales y entre ciudades conocidos como Corredores Biológicos Interurbanos (CBI).

1.2 Problema de investigación

El desarrollo urbanístico en la Gran área metropolitana (GAM), se ha acelerado de manera considerable, invadiendo las áreas de protección de los ríos y disminuyendo la cobertura vegetal, por una alta presión urbanística. Esto trae consigo una serie de situaciones que van en detrimento con la calidad de vida de las personas, fundamentado en el artículo 50 de la constitución política, el cual

indica. “Toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Ahora bien, el Plan Nacional de Gestión de Riego (CNE, 2017), describe de manera puntual, la GAM es considerada un espacio limitado, donde se concentra una serie de factores de amenaza natural que inciden con la calidad e inclinación de los suelos, tales como la escorrentía de los cauces de río y quebradas, las fallas locales y suelos inestables. Dichos factores propician una alta vulnerabilidad en las personas y limitan la posibilidad de tomar acciones que prevengan un panorama más favorable para afrontar los efectos generados por el Cambio Climático.

Uno de los mayores retos es buscar una planificación integral a través de la inclusión social, conocimiento hidrogeológico de los acuíferos y la prevención a riesgos climáticos. Debido a un crecimiento urbanístico cercano a las áreas de protección de acuíferos y en áreas de cafetales o espacios verdes con árboles y arbustos. Por tal motivo, la planificación en la ciudad es preponderante en dicha época. Principalmente, porque el cambio en la ciudad es constante, en relación con distintas actividades regidas por las personas. De conformidad con lo anterior, el desarrollo urbanístico debe considerar los espacios verdes existentes dentro de la ciudad, como un factor más para el desarrollo en la ciudad y por ende en el uso de la sociedad en dichos espacios.

La ausencia de planificación en el crecimiento urbano trae consigo una disminución en la cobertura vegetal. Por ende, cambios en los ecosistemas naturales tanto por la disminución de especies de flora y fauna. Uno de los factores considerados es la falta de planificación urbana, esto trae consecuencias graves, ya que las personas habitan espacios, que pueden traer consigo una disminución de la cobertura vegetal. Terradas *et al.* (2011) mencionan que, las ciudades no se desarrollan en sectores concéntricos sucesivos. Por el contrario, lo realizan a lo largo de los ejes de transporte, a partir de núcleos pequeños disgregados sobre el territorio que se van extendiendo. Este proceso genera una enorme fragmentación de la cobertura vegetal, lo que trae consigo un mayor riesgo de la desaparición de las áreas verdes.

Por ende, una carencia de los servicios ecosistémicos brindados por los espacios con vegetación en las áreas urbanas.

El diagnóstico realizado por el POT-GAM (2011), identificó los principales elementos que responden a la problemática urbana y su estado actual. La suma de factores, tales como el aumento del tránsito automotor, densificación de las actividades económicas en sitios de mayor urbanismo, produce altos niveles de contaminación. (Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo, 2011, p.22). A su vez se afirma la falta de políticas sobre el manejo correcto de los desechos sólidos, en cuanto a la recolección, separación y disposición en sitios pertinentes, para así disminuir el grado de polución en los ríos y quebradas que se ubican en la GAM.

De acuerdo con el informe realizado por Giroto, P & Delgado, I. (2018) las afectaciones dadas por el efecto del Cambio Climático, va a estar dado por las variaciones climáticas en el aumento o disminución de la precipitación y la temperatura. Dichos factores ocasionan grandes pérdidas económicas y humanas, que ponen en evidencia la alta vulnerabilidad del país. La propuesta de adaptabilidad al Cambio Climático se enfatiza en poder distinguir los factores que inciden en la vulnerabilidad, antes de que se presente algún desastre natural que perjudique a los sectores más frágiles de la sociedad.

Uno de los mayores avances que se ha gestionado en la actualidad son las diferentes propuestas que se han desarrollado en torno a la Adaptación al Cambio Climático. Se detalla que el impulso del crecimiento urbano principalmente en el Valle Central dentro de la GAM es el desarrollo urbanístico cercano a las áreas de protección de acuíferos y la poca gestión ambiental municipal por restringir su uso. Parte de las soluciones se enfatiza en buscar una planificación integral a través de la inclusión social, conocimiento hidrogeológico de los acuíferos y la prevención de riesgos climáticos.

En las últimas dos décadas en Costa Rica se han desarrollado iniciativas (PBAE, ODS) a la ciudadanía y a nivel del estado, en busca de una mayor participación en temas de reforestación en sitios

prioritarios recarga hídrica. Lo que es conveniente es una inclusión o un asesoramiento técnico que respalden los procesos de reforestación en las áreas urbanas, ya que una inadecuada selección de especie y de los sitios de siembra puede repercutir en daños de infraestructura urbana, cuya solución es eliminar el árbol sembrado. En un artículo denominado “Arbolado urbano” (Jiménez, 2013, p.8), afirma que no ha existido un asesoramiento profesional del área forestal. en los proyectos municipales dentro del Valle Central. Los árboles en las ciudades son plantados sin criterios biológicos ni técnicos, trae como consecuencia el levantamiento de aceras, los cordones de caño, las cunetas y el asfalto de las carreteras.

La rehabilitación o procesos de restauración en ecosistemas en sitios de la GAM, es un tema que se ha desarrollado por distintos investigadores, por ejemplo Villalobos, 2013 en la microcuenca del río Pirro y Calvo, 2017 en la microcuenca del río Torres cuyo fin primordial es la formación de “trama verde” para el establecimiento de Corredores Biológicos Interurbanos; dichas propuestas se basa en la toma de variables cualitativas y cuantitativas definidos en los criterios físicos y biofísicos, en la selección de espacios a rehabilitar.

La presente investigación incorpora la selección de especies idóneas, tomando criterios físicos y biológicos en una comunidad vegetal. Por consiguiente, dicha propuesta de rehabilitación vegetal en sitios urbanos y rurales toma como base los procesos naturales de un ecosistema natural, por lo que su aplicación está direccionada a restablecer las posibles especies presentes un ambiente natural, de acuerdo con sus condiciones físicas (altitud, precipitación, etc). El fin principal es promover la siembra de especies de usos potenciales, teniendo en cuenta el beneficio ambiental, alimenticio, ornamental que dicha planta puede poseer para la fauna. Para así colaborar con procesos de reforestación con criterios técnicos de sitio y de origen de la especie, por su parte también dispone de una mayor información en cuanto a las especies sugeridas para un vivero. Es de considerar que la presente

propuesta prepara a diferentes actores gubernamentales y privados para una aplicación práctica del concepto de comunidad vegetal y su aplicación en la rehabilitación de ambientes degradados.

Por tal motivo la investigación pueda estar presente en los procesos rehabilitación o reforestación, tanto para sitios rurales, periurbanos y urbanos; cada uno identificado con la función ambiental en el espacio de siembra. Además, se debe resaltar un papel importante que representa el conocimiento de la flora para formación de una educación ambiental, a partir de las especies muestreadas en las diferentes comunidades vegetales y su importancia de la revegetación en otros espacios del aledaño al río Bermúdez y en otros espacios con altitudes similares a los 1190 a 1630 m.s.n.m.

1.3 Preguntas de investigación.

¿Cuáles especies de árboles y arbustos están presentes en las coberturas vegetales en la microcuenca del río Bermúdez?

¿Las especies de árboles y arbustos tienen incidencia en la conformación de un ecosistema?

¿En cuáles espacios eco-urbanos se pueden plantar las especies de árboles y arbustos?

¿Cómo es el espacio eco-urbano para el desarrollo de la especie de forma óptima?

¿Cuáles son las características de las especies para que se permita la función y el desarrollo idóneo de la especie?

1.4 Objetivos de investigación

I. General

Elaborar una propuesta para la rehabilitación vegetal, con diseños de enriquecimiento y selección de especies idóneas en la microcuenca del río Bermúdez Heredia, Costa Rica.

II. Específicos

1. Caracterizar los biomas y las comunidades vegetales presentes en la microcuenca del río Bermúdez de mayor riqueza florística en los sitios de muestreo.
2. Describir y seleccionar las especies idóneas para la rehabilitación en la microcuenca del río Bermúdez, de acuerdo con su comunidad temporal.
3. Proponer un diseño de manejo forestal, para la rehabilitación vegetal en áreas degradadas de la microcuenca del río Bermúdez.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Condiciones que determinan una comunidad vegetal

Para Gómez, (1986) cada una de las apariencias de los biotipos, constituye una forma de vida, la cual expresa la relación que existe entre la morfología vegetal y ciertas características ambientales. Se puede generalizar que entre más extremas sean las características del medio, más marcadas son las características biotípicas de esa localidad. (p.173). A este respecto, los componentes básicos (elemento vivo y físico) interactúan entre sí para definir el medio ambiente; por ende, el ecosistema. Asimismo, la palabra ecosistema menciona dos vocablos. El primero “eco” hace referencia al ambiente y segundo “sistema”, el cual es definido como un conjunto de partes relacionadas (Smith, M. y Smith, 2007).

Margalef, R. (1980(p. 79)) lo establece de manera más específica un ecosistema se compone de partes separadas y discontinuas, organizadas en diferentes combinaciones y diversas abundancias. Lo que se comprende que, para el autor, la diversidad es la diferencia de abundancias entre diferentes especies, lo que permite tener un conocimiento de la organización presente en un ecosistema. Dentro del concepto de diversidad es necesario incluir una serie de características que determinan la diversidad en un ecosistema. Por ejemplo, la diversidad y el espacio, donde se proporciona información sobre la distribución e importancia de formas de interacción entre las especies y con el medio. La diversidad varía con el tiempo, en la organización del espacio. Asimismo, la diversidad en la estabilidad responde

a las relaciones interespecíficas, con el aumento de la diversidad de un ecosistema es un incremento en el número de posibles relaciones entre elementos y el número efectivo de dichas relaciones.

Tomando como base el término de ecosistema y la población entendida por el grupo de individuos de la misma especie que ocupa una zona determinada. La comunidad son todas las poblaciones de diferentes especies que viven e interactúan dentro de un ecosistema (Smith, M y Smith, 2007). En un caso más específico una *comunidad vegetal*, se puede representar en aquellos sitios donde existe un número específico de poblaciones vegetales, con características físicas del entorno que le permiten su desarrollo. Dichas asociaciones son vitales para el establecimiento de una comunidad vegetal. Holdridge 1978, describe las asociaciones en un área con un ámbito definido de factores ambientales, los cuales, bajo condiciones naturales no alteradas, está ocupada por una comunidad típica de organismos, dichas especies deben haber sido significativamente diferentes para mantener la asociación, en comparación con otra formación de comunidades vegetales y por ende otras zonas de vida. (p. 30).

Por su parte Di Pace, (citado por Crojethovich y Barsky, 2012): menciona la existencia de la interacción entre comunidades traslape denominado el “ecotono”; el cual es un área de contacto entre ecosistemas con una interacción activa entre uno o más ecosistemas. Es de conocimiento que en las ciudades es constante los cambios generados en el entorno, principalmente a la vegetación natural de la región. Pero, en los márgenes de las ciudades se congregan cultivos con cobertura vegetal, el cual es definido como un sistema en mosaico, que contiene relictos naturales o ecosistemas residuales (“parches”), donde coexisten los sistemas productivos o agroecosistemas que explotan el suelo fósil, las aglomeraciones urbanas y los reducidos ecosistemas naturales (remanentes). (p. 201) En el caso de la vegetación desarrollada en la ciudad, mantiene la misma interacción de factores bióticos y abióticos. Pero, existe una diferencia en el momento en que se traslapan el establecimiento de cultivos y las vegetaciones cercanas a estos.

La gran cantidad de factores ambientales, los cuales interactúan para crear el ambiente o paisaje tales como la geología, topografía, suelos, clima, procesos bióticos y perturbaciones. Para Smith, M y Smith 2007. “Los paisajes consisten en mosaicos de comunidades que se relacionan e interactúan unas con las otras”. (p. 439). De manera más explicativa el mosaico de comunidades siempre está cambiando a lo largo del tiempo, con perturbaciones, grandes y pequeñas, frecuentes e infrecuentes alteran las estructuras biológicas y físicas que conforman el paisaje, teniendo como resultado el proceso de sucesión. (Smith, M y Smith, 2007).

2.2 Rehabilitación de comunidades vegetales

De acuerdo con la definición establecida por Smith, M y Smith 2007. La sucesión natural se entiende como los cambios en la estructura de la comunidad a través del tiempo, específicamente en la dominancia de las especies. (p.40). El proceso de sucesión se puede entender cuando un grupo de especies inicialmente coloniza un área, pero se va disminuyendo conforme el tiempo avanza, por último, puede declinar para ser remplazada por otras especies. (Smith, M y Smith, 2007). Partiendo del hecho de que la sucesión secundaria es un proceso donde se origina la flora, en aquellos sitios abandonados después de que su vegetación natural ha sido completamente destruida. (Gálvez, 2002) Actualmente, el concepto de gremios es un enfoque de clasificación de plantas de acuerdo con su función, como respuesta a su entorno. De tal manera, que se identifiquen las especies tolerantes a la sombra (esciofitas) y especies intolerantes a la sombra (heliófitas); reflejan diferencias básicas de la fisiología y morfología de los taxones en la iluminación del ambiente. Las especies adaptadas al sol presentan altas tasas de fotosíntesis y de crecimiento en condiciones de elevada luminosidad. Por el contrario, los taxones adaptados a la sombra mantienen características, que les permiten reducir la cantidad de luz requerida (Smith, M y Smith, 2007).

Para una mayor comprensión de los procesos naturales en una sucesión secundaria Finegan (1993), plantea un modelo aplicado en las zonas húmedas del trópico americano, a continuación, se describe las fases correspondientes a la sucesión secundaria. (Gálvez, 2002):

Primera fase: En los primeros meses después del abandono. El sitio es colonizado por especies pioneras herbáceas y arbustivas que forman una comunidad baja, las cuales pueden habitar el sitio hasta por dos o tres años, seguidamente las especies heliófitas efímeras se establecen rápidamente durante esta fase. (Gálvez, 2002).

Segunda Fase: Las heliófitas efímeras forman una comunidad de muy baja riqueza florística y dominada por una o pocas especies. Crecen rápidamente formando un dosel cerrado, en los dos o tres años después de abandono el sitio y eliminando las especies de la primera fase por su sombra. La duración de esta fase puede oscilar entre unos diez años para Costa Rica, según Finegan y Sabogal (1988). Durante esta fase se establecen las heliófitas durables, por lo general se constituyen al primer o segundo año después del abandono creciendo a la sombra de las heliófitas durables. (Gálvez, 2002).

Tercera fase: Las heliófitas durables crecen rápidamente después de la desaparición de las efímeras. Al igual que las heliófitas efímeras, las durables dominan el bosque secundario hasta la decadencia de sus poblaciones, desde los 30 años y más de 100 años de duración. (Gálvez, 2002).

Para Machlis (1993), existen tres formas básicas de restaurar un área degradada:

Recuperarla: Cubriendo la vegetación la tierra con especies apropiadas.

Rehabilitarla: Usando una mezcla de especies nativas y exóticas para recuperar el área.

Restaurarla: Restableciendo en el lugar el conjunto original de plantas y animales con aproximadamente la misma población que antes.

Dentro de la literatura citada por Gálvez (2002). El término restauración ecológica Jackson, (1993) lo define. Como “aquel proceso de alteración en un sitio, por establecer un ecosistema. Cuyo principal propósito es imitar la estructura, función, diversidad y dinámica del ecosistema específico a restaurar.

Para promover la recuperación de un ecosistema alterado es necesario, primeramente, estimular las condiciones óptimas del ambiente para que las especies seleccionadas se puedan desarrollar en su entorno natural. Salamanca Y Camargo (2000) establece la necesidad de una actividad humana en apoyo al restablecimiento de los atributos estructurales y funcionales del ecosistema. Lo que propicia la rehabilitación mediante el restablecimiento de los procesos ecológicos esenciales que permiten que el ecosistema se mantenga y regenere por su cuenta. (p.15).

Partiendo de los conceptos referidos a los procesos de restaurar un área degradada. La definición rehabilitar un área, es aplicable en la investigación, ya que la función principal es disponer de especies para la formación de comunidades vegetales que se adecuen en espacio físico urbano. Por el contrario, una restauración o recuperación de un área responde a un proceso natural del ecosistema en alcanzar las condiciones naturales que lo definían en un tiempo establecido. De este modo tanto la rehabilitación como la restauración tiene como objetivo principal, la recuperación de las variables esenciales del ecosistema en su composición (especies de flora), estructura y función de estas para el ecosistema (Murcia y Guariguata 2014).

Existen aspectos relevantes en la planta o árbol, que se deben tomar en cuenta que son vitales en el funcionamiento de la planta y que pueden ser útiles en el momento de una propuesta de siembra por medio de la rehabilitación de especies. La forma de vida o morfología es una clasificación establecida por Vargas (2011) que se define: “como la apariencia física-estructural de la planta en cuanto al tamaño, la ramificación y el grado de lignificación de los tallos y ramas”. Dicha categoría toma características relevantes a considerar en el crecimiento de la planta de acuerdo con su tamaño y espacio en el medio a desarrollarlo. (p. 413).

Como objetivo principal en la recuperación de los ambientes degradados, se pretende la rehabilitación y sostenibilidad de su ecosistema, de manera que se logre mantener y madurar por sí mismo. (Vargas 2011, p. 445).

Teniendo este mismo principio de rehabilitación Vargas (2011), establece una serie de pasos para rehabilitar un ambiente degradado. (p.448)

- a) Diagnóstico ambiental del área degradada por restaurar
- b) Inventarios de la flora de diferentes estadios sucesiones más cercanos al área a rehabilitar.
- c) Recolección de semilla y germinación de las plántulas.
- d) El área por rehabilitar debe regenerarse naturalmente y con prácticas de enriquecimiento de un año, con especies claves para simular la sucesión vegetal.

Con base en Gómez, (1986) referido a que las condiciones del ambiente determinan un tipo de vegetación, para el caso de la investigación estaría ligado con las comunidades vegetales.

A continuación, se describen los factores que determinan las formas de vida en una comunidad vegetal, de acuerdo con lo estipulado por Gómez (1986).

1. Composición específica. Tipo de especie Heliófita o Esciofita
2. Dominancia de la especie
3. Estratificación (Perfil fisionómico)
4. Adaptaciones fisiológicas y morfológicas de las especies

2.3 Ecosistemas naturales en la ciudad

La vegetación en la ciudad se ha presentado en diversas formas. Donde el principal promotor de los cambios de la vegetación en la ciudad ha sido el hombre. Desde el establecimiento de cultivos tanto agrícolas como forestales. Además de ser parte de políticas de reforestación en ciudad que incentivan la importancia del árbol en ciudad. Es claro que el papel predominante del hombre en modificar el ecosistema es relevante. Por ello es vital conocer las distintas coberturas vegetales que se puedan presentar en un sitio. De este modo entender los objetivos, por los cuales se desean plantar los árboles y arbustos.

Una de las metodologías en cuanto a la identificación de las coberturas vegetales. Esta dada en la observación y análisis de las imágenes satelitales en el sitio de interés en la investigación. Tal es el caso del estudio realizado por Vargas, 2017 en las comunidades de Llano Grande y Tierra Blanca. El

cual está enfocado en determinar las áreas prioritarias de bosque en ríos, mediante la clasificación de coberturas y su análisis con la imagen satelital RapidEye del área de estudio. Además, se recomendaron 20 especies de árboles y arbustos para la reforestación en dichas zonas. Teniendo como criterios de selección el tamaño de la especie, capacidad de la especie a estar sitios inundados y de alimento para la fauna.

De esta misma forma, con la inclusión de nuevas tecnologías se puede obtener información detallada de las diferencias entre coberturas vegetales. Es ahí donde la fotogrametría representa una nueva área en la observación de la tierra. Según la Sociedad Americana de Fotogrametría y Sensores Remotos (ASPRS) define a la fotogrametría como el arte, ciencia y tecnología para obtener información confiable sobre objetos físicos y el ambiente; con procesos de grabación, medición e interpretación de imágenes. Dicha área es una técnica, la cual permite estudiar zonas geográficas a partir de imágenes y diversos sensores. (Arriola, Ferencz y Rimolo, 2018) En el caso de la presente investigación tiene como utilidad establecer diferencias similitudes en las coberturas vegetales, como un fin del ordenamiento territorial.

2.4 Condiciones de espacio y características de árboles y arbustos en parques y aceras.

De este modo se presentará las particularidades que puedan presentar un ecosistema en la ciudad. Ya que cada sistema arbolado en ciudad mantiene características particulares que lo distingue. Al plantar las especies de árboles y arbustos en un espacio verde como en un parque o en una acera, es necesario identificar las condiciones físicas por los cuales la especie se va a desarrollar. Y con esto determinar cuáles son las especies de árboles y arbustos idóneos de acuerdo con las características físicas del espacio, por la cual la especie se valla a desarrollar. Uno de los factores a considerar es la ausencia de horizontes en el suelo. Por ello la adición de enmiendas orgánicas como el Carbono orgánico, en el caso del estudio de Civeira y Lavado (2006) para suelos urbanos degradados, es un requerimiento pertinente para la disponibilidad de nutrientes para la planta.

En cuanto al espacio disponible para el desarrollo de la especie, es un tema por considerar al momento de plantar el árbol o arbusto. Este factor de espacio se refleja principalmente en las aceras, ya que como indica el Gobierno del Distrito Federal et al en el 2000 (como se citó Morales, Montero, Castillo y Rosas, 2012), el espacio mínimo de desarrollo de raíz en una acera debe ser de 1 m² y el espacio de desarrollo en copa debe ser menor a 100 m². Teniendo en consideración las variables antes indicadas se recomienda una especie adulta con una altura menor a 5 m. Dicha indicación es también válida para evitar el choque de la copa con el cableado eléctrico. Por las condiciones antes mencionadas el uso de especies arbustivas es la opción más idónea, en el caso que se desea incorporar árboles de tamaño pequeño se debe mantener mediante podas a una altura de 6 m a 5 m. Como el espacio de acera es una limitante es importante plantar las especies de árboles y arbustos a una distancia de 4 m o 5 m. De este modo se fomentará la entrada de luz al suelo y así se estimula el desarrollo de copas amplias y redondas (Gobierno del Distrito Federal, 2000, como se citó Morales, Montero, Castillo y Rosas, 2012).

Los espacios presentados para la plantación de árboles en parques presentan una menor restricción en cuanto a la infraestructura. Principalmente se debe tener una decisión acertada en cuales especies, se desean plantar en un parque. Sabiendo cuales características llamativas se desean y cuáles rasgos en la especie puede ser un factor de disgusto; con esto tener una visión en futuro de como la especie se desarrolla en un espacio urbano. De este modo se evitan los posibles conflictos que la especie pueda presentarse una vez, llegada a su estado adulta. El principal factor por considerar es el tamaño de la especie a desarrollar y el espacio donde el árbol se desea plantar. Para esto se debe evitar plantar los árboles muy cerca de los pasillos de la acera como indica el Gobierno del Distrito Federal et al en el 2000 (como se citó Morales, Montero, Castillo y Rosas, 2012) lo ideal es mantener una distancia mínima de 3m entre las aceras y los árboles. Con esto se aprovechará la sombra y se evitará el levantamiento de acera.

Así mismo un factor más a considerar en la selección de la especie. Es el tamaño de los frutos que la especie pueda presentar. Esto principalmente por el peligro que puede ocasionar un fruto de gran tamaño, ejemplo de ello es el Jackfruit, *Artocarpus heterophyllus* (Oviedo J. y Céspedes J.C. comunicación personal, noviembre 2022) el cual se encuentra plantado en un cantón de la provincia de San José. Además del tamaño del fruto se debe considerar que los frutos, con el tiempo pueden presentar consideración a tomar en cuenta para la selección de la especie y que puede generar un conflicto por su desarrollo.

2.5 Condiciones de espacio y características de árboles y arbustos en áreas de ríos y quebradas

El uso de especies nativas es una opción para considerar para rehabilitar los espacios degradados en áreas de río o quebrada, donde la vegetación fue removida. Teniendo en consideración lo expuesto De Camino, 2005 (Citado por Alvarado y Zúñiga, 2018) mencionan que las plantas nativas o autóctonas tienen un gran potencial para la conservación y recuperación de tierras degradadas ya que se desarrollan en su estado natural. De ello es importante disponer de especies (especies nativas de una región en específico). Por ello Alvarado y Zúñiga ratifican del uso de especies nativas es la mejor garantía de un funcionamiento saludable del ecosistema y son una alternativa desde el punto de vista ecológico, estético y práctico.

En el momento de gestionar un plan para el uso de especies nativas Alvarado y Zúñiga (2018) hace mención en determinar criterios de las especies para el establecimiento en un área de ríos o quebradas. Se necesita tener en consideración características específicas de las especies como el hábito, este puede ser árboles grandes (higuerones), medianos, pequeños y arbustos. El sistema radicular presente en las especies, como raíces fasciculadas, las cuales presentan una cantidad alta de raíces secundarias laterales, dichas raíces funcionan para controlar la erosión. Por su parte las raíces pivotantes, presentan

una raíz central larga y de raíces laterales, especiales para estabilizar taludes (Alvarado y Zúñiga, 2018)

Una de las consideraciones importantes a tomar en cuenta para rehabilitar un espacio en un área de río, es la facilidad de propagación de la especie. En este sentido es relevante usar plantas que se puedan reproducir de forma asexual, a través de estacas, rizomas y estolones. Con esto se aprovecha el tiempo invertido en la reproducción de semillas y crecimiento de las plántulas. Otro punto por tomar en cuenta es la disponibilidad de especies y su distribución en sitios donde se pueda desarrollar de forma natural. De este modo se permite una recolección del material vegetativo, para su posterior reproducción de las especies (Alvarado y Zúñiga, 2018).

En la presentación realizada el 2021 por el investigador Gustavo Torres Córdoba ratifica la importancia de identificar los usos del suelo cercanos a los ríos, así como las áreas de recarga acuífera. Por otra parte, en relación con las características que deben presentar las especies de árboles y arbustos. Hace mención que las especies deben presentar una alta sobrevivencia a condiciones extremas, como la ausencia de agua, o la intensidad del sol. Las características propias de la especie deben contener un buen sistema radical, de rápido crecimiento y con capacidad de dispersarse de forma efectiva. Cuáles son las características específicas de las especies para la formación de los ecosistemas en la ciudad. Tanto para sitios en áreas espacios de ciudad en temas relacionados con la arboricultura, cafetales arbolados, bosques secundarios.

2.6 Condiciones de espacio y características de árboles y arbustos en cafetales

El concepto de cafetal arbolado radica en la importancia que el árbol o arbusto brinda en un cafetal. Por ello lo define Rojas, Canessa y Ramírez (2020) como un “ecosistema cuyo fin principal es la producción cafetalera, donde los componentes arbóreos y arbustivos contribuyen en la sostenibilidad ecológica, financiera y social”. El sistema de cafetal arbolado busca ser más competitivo en el mercado internacional a través de los sistemas agroforestales que sean altamente competitivos; con la

generación de distintos servicios que los árboles y arbustos proveen. A diferencia del establecimiento del cafetal, que únicamente consideraron en disponer sombra. Parte de las razones de incorporar árboles y arbustos en los cafetales es que se permite un uso múltiple del sistema, mediante diferentes propósitos como la producción de madera, alimento para la fauna, frutales, leña, forraje, belleza escénica, entre otros servicios de importancia (Rojas, Canessa y Ramírez, 2020)

A continuación, se expondrán los beneficios que ofrecen plantar árboles y arbustos, según Rojas, Canessa y Ramírez (2020)

1. Disminución de la erosión en los suelos, especialmente en las zonas vulnerables y con laderas.
2. Protección de las áreas de recarga acuífera y en márgenes de ríos en las fincas.
3. Disminución del efecto de escorrentía superficial, lo cual evita la pérdida de las capas superficiales del suelo.
4. Fijación de nitrógeno, especialmente por el empleo de Leguminosas, especialmente las del género *Inga*.
5. Las raíces de los árboles mejoran la aireación del suelo.
6. Las hojas y sombra de los árboles reducen la invasión de malezas.
7. Los árboles y arbustos incorporan materia orgánica al suelo, por ello su fertilidad aumenta.
8. Se crea un sistema ecológicamente sostenible y biodiverso.
9. Se logra una sombra adecuada para los cafetales.
10. La vida útil de las plantas del café es más larga.
11. Se promueve un control biológico de muchas plagas, debido al aumento de la biodiversidad.
12. Se modifica el microclima, lo cual crea sistemas más estables.
13. Se diversifican los productos que se pueden obtener.
14. Son fuente de alimento para la fauna.

En cuanto a las características de la especie este depende de los usos deseados por la especie. Por ejemplo, para fines maderables se desea que el árbol presenta las condiciones para ser aserrado, con buena forma en su fuste, rápido crecimiento y la existencia de un mercado para su madera. Cabe resaltar la importancia de obtener una fuente semillera que considere las cualidades tipo de un árbol maderable. Para el caso de los árboles con fines ecológicos se debe considerar la forma de la especie, densidad de copa, diámetro de copa, y tasa de crecimiento. De forma más específica tanto para árboles maderables y fines ecológicos. Se requiere que los árboles tengan hojas pequeñas, esto permite la entrada gradual de luz y lluvia en los cafetales, sus hojas deben ser perennes principalmente al mantener las hojas en época seca. La forma de las raíces debe ser pivotantes y secundarias; para evitar la competencia con el café, se debe seleccionar especies de rápido crecimiento, para brindar sombra al café en un periodo corto de tiempo y su distribución de copa debe ser homogénea (Rojas, Canessa y Ramírez, 2020).

Al establecer los árboles o arbustos en el cafetal se debe considerar varios aspectos antes definir la densidad de la plantación como el aspecto económico, ya que un mayor número de árboles en el cafetal requiere de un mantenimiento aumentando los costos de la actividad principalmente en los primeros años del establecimiento. Además, una alta densidad de árboles puede provocar mucha competencia por la obtención de nutrientes, por ello se debe de mantener un equilibrio en el sistema. Cabe resaltar la importancia de plantar árboles en espacio con limitaciones de agua y nutrientes; ya que el aporte de los árboles es ventajoso por la capacidad de reciclar nutrientes y la capacidad de cambiar las condiciones microclimáticas e hídricas (Rojas, Canessa y Ramírez, 2020).

Para el establecimiento de los árboles se recomienda plantar los árboles dos o tres años antes de establecer el cafetal. De esta forma los árboles ya tendrían un tamaño apropiado cuando se desea plantar las plantas y podrían eventualmente proveer de sombra a las plántulas de café. En cuanto al diseño de siembra para los árboles maderables y fines ecológicos se recomienda una distancia de 20

x 20 m esto representa una cantidad de 25 árboles por hectárea. Dicho distanciamiento considera el tamaño del árbol y la densidad de copa. En el caso de los árboles frutales el se debe contemplar una distancia de 15 x 15 m con una densidad aproximada de 45 árboles por hectárea. Los arbustos se pueden plantar en una menor distancia de 10 x 10, con una densidad de 100 árboles por hectárea, debido al pequeño tamaño y forma del arbusto (Rojas, Canessa y Ramírez, 2020).

III.METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio (Características biofísicas de la microcuenca)

La investigación fue realizada específicamente en el sector este del cantón de San Rafael de Heredia, en el área correspondiente en la microcuenca del río Bermúdez entre las altitudes de 1190 y 1630 m.s.n.m. El sector de la microcuenca comprende los distritos de San Rafael, Santiago Los ángeles, San Rafael, San Josecito, Santiago, Los ángeles y Concepción principalmente en el sector sur. A su vez, dicha área de estudio fue seleccionada de forma intencional, ya que se desea estudiar las coberturas vegetales de mayor extensión y que se encuentren aledañas a las áreas de protección de ríos, presentes en el cantón de San Rafael de Heredia, como se observa en la **figura 1**. Por medio de las imágenes satelitales provistas en Google Earth, se definieron las coberturas vegetales y su área correspondiente dentro del cantón de San Rafael de Heredia.

La red hídrica situada en la microcuenca del río Bermúdez se desarrolla principalmente por los ríos: Turales, Bermúdez y Pirro el último localizado en el sector Suroeste de la microcuenca. El área periurbana ubicada entre la zona rural (sector norte) y urbana (sector sur) es por donde transcurre e inicia una cantidad importante de afluentes como el río Bermúdez, el Pirro, el Burío. Esta tendencia presente en la red hídrica es un factor favorable para el desarrollo de la biodiversidad en este sitio en especial y con mucha más relevancia la rehabilitación vegetal en áreas vulnerables a los cambios de uso del suelo.

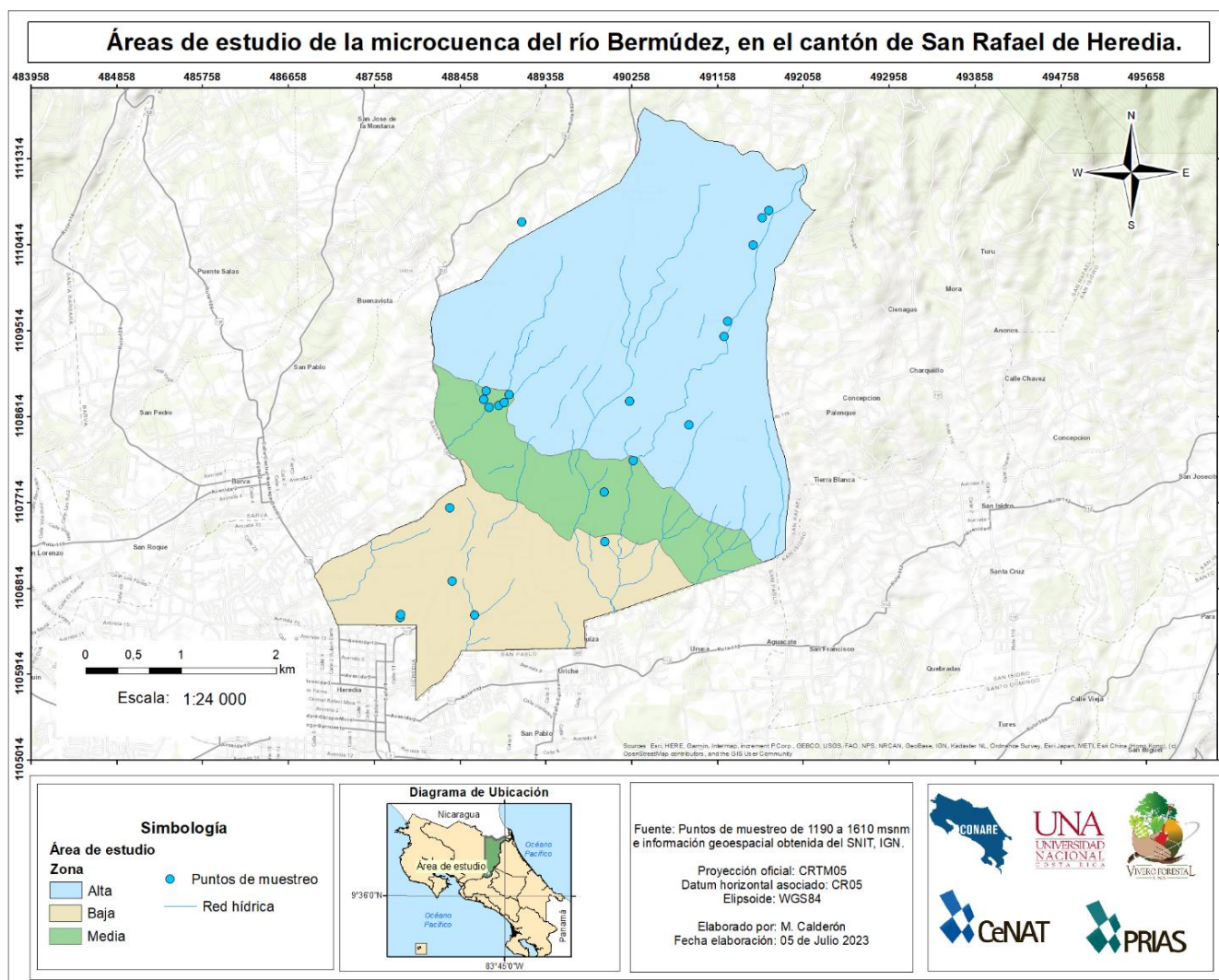


Figura 1. Distribución de la red hídrica en los diferentes puntos de muestreo de la flora en la zona alta, media y baja.

Los datos climáticos del IMN, ubicado en la estación experimental de Santa Lucía de Heredia a 1200 msnm, presentan datos de precipitación promedio anual de 2.418 mm y una temperatura promedio anual de 20 °C. Utilizando el parámetro de corrección del gradiente térmico de 0,57 °C/100 m, estimado por Herrera, 1985. Con estos valores climáticos y el rango altitudinal del área de estudio de 1190 a 1630 msnm representa una biotemperatura de 17,1 °C. En base al diagrama por Holdridge 1978, el sitio representa las zonas de vida Bosque húmedo Premontano (bh-P) y Bosque muy húmedo Premontano (bmh-P).

De acuerdo con Bolaños et al. (2005) (como citó Quesada, 2007) el rango de precipitación para la zona de vida Bosque húmedo Premontano (bh-P) varía entre 1200 y 2200 mm. En este mismo documento Fournier 1980, menciona que dicha zona presenta áreas de suelos volcánicos y fértiles. Así mismo se indica que fue el bosque original del Valle Central, el cual en su gran mayoría ha desaparecido. Entre las especies dominantes en esta zona de vida se encuentran los géneros *Nectandra*, *Persea*, *Cinnamomum* de la Familia Lauraceae, *Cupania* de la Familia Sapindaceae, *Eugenia* de la familia Myrtaceae, *Cedrela salvadorensis* (Cedro), *Cedrela tonduzii* (Cedro dulce), *Albizia adinocephala* (Carboncillo) y *Dendropanax arboreus* (Fosforillo).

En cuanto al Bosque muy húmedo Premontano (bmh-P) según Bolaños et al. (2005) (como cito Quesada, 2007) la zona de vida posee un rango de precipitación amplio entre 2000 y 4000 mm. Dicha zona de vida se extiende a lo largo de las cordilleras en ambas vertientes. Por ello se presenta una gran variedad de condiciones edáficas. El bosque está constituido por una diversidad de especies como *Schefflera morototoni* (Fosforillo), *Roupala montana* (Carne asada), *Cedrela odorata* (Cedro amargo), *Turpinia occidentalis* (Falso cristóbal), *Ulmus mexicana* (Tirrá).

Luis Diego Gómez 1986, establece una clasificación para los bosques de Costa Rica denominada Tipos de Vegetación, definida por la altitud, presencia de particular vegetación y condiciones del sitio que las hace distinguibles.

- *La vegetación de las tierras altas*

Superada la curva de nivel de 1500 m.s.n.m, la densidad de especies arborescentes por unidad de área es indirectamente proporcional al incremento en altitud. Se inicia esta vegetación con los bosques mixtos sin dominancia de robles, aunque estos pueden ser elementos conspicuos. La diversidad promedio a 1500 msnm es de 80 spp/ha en arborescentes de mayor 10 cm de DAP, con una cobertura promedio de 80-90%. Es la zona de especies como *Alnus acuminata* y *Cornus disciflora* asociados o no con *Sapium spp* y *Billia hippocastanum*. (Gómez 1986, p. 292)

Bosque nuboso: Las elevaciones superan los 1500 msnm, vegetación heterogénea dominada por *Quercus*, presencia de vegetación baja menor a 25 m, rica en epífitas caulinas, higrófilas. El bosque nuboso es una vegetación cuya fisonomía está determinada por factores climáticos como niebla y viento (Sato 1962) en primera instancia y edáficos en segundo orden de importancia; siendo así la altura un factor de menor importancia. (Gómez 1986, p. 2)

3.2 Definición del uso de cobertura vegetal.

Para obtener una precisión en la identificación de las coberturas vegetales se requirió de equipo especializado que logre capturar el estado actual del uso del suelo y así generar una descripción detallada en el momento de clasificar las coberturas vegetales.

Con el subsidio obtenido en la beca CeNAT-CONARE para el desarrollo de la investigación. Se generó información geoespacial de fotografías digitales aéreas de banda visible (RGB), mediante el uso del Vehículo Aéreo no Tripulado (VANT) DJI Phantom 4 Pro, provisto por el Laboratorio CeNAT-PRIAS. Tanto la captura de fotografías, la depuración de la información y el análisis de los resultados; fueron generados en el tiempo asignado para la beca. Cabe resaltar la disposición del

equipo profesional en el Laboratorio PRIAS, y el uso de las instalaciones fue fundamental para generar los productos geoespaciales requeridos en la investigación.

3.3 Planificación de los vuelos con el VANT

Para ejecutar el despegue y el sobrevuelo del VANT en los sitios de interés. Se necesitó una serie de condiciones climáticas en el sitio como presencia de sol. Por ende, se evita realizar los vuelos con alta nubosidad; tanto por el efecto de las nubes en la captura de las imágenes como por evitar la exposición de la precipitación en el equipo. Además, se tomaron en consideración las horas estimadas de vuelo por sitio, según su área definida, posibilidad de pendientes abruptas, número de vuelos a ejecutar por días requeridos para completar las misiones con el VANT.

A continuación, se presentan las variables consideradas en la planificación de manera conjunta con el investigador del PRIAS, Andrés Barahona Contreras para ejecutar los vuelos con el VANT:

1. El día de vuelo debe presentar condiciones atmosféricas soleadas o parcialmente nublados; especialmente sin la presencia de precipitación en el sitio.
2. Para evitar la incidencia de la luz en las capturas de las imágenes se recomienda realizar el despegue del VANT a las 9:00 am.
3. Restricciones de vuelo para sitios ubicados dentro del perímetro de 8 km alrededor del aeropuerto Tobías Bolaños Palma.
4. Estimación de la pendiente en el terreno para los sitios de estudio.
5. Duración de los vuelos en tiempo, con respecto del área total de interés.
6. Altura de vuelo, no sobrepasar la altura de 120 m, de vuelo.
7. Conocimiento informado al personal de seguridad en el Residencial Ave del Paraíso, espacios privados como: Paradero Monte de la Cruz, Centros Educativo para Niños y Adolescentes (CEUNA) y a la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), además a la fuerza pública del cantón de San Rafael de Heredia, en relación con los días de vuelo programado con el VANT.
8. Medición del viento con un anemómetro.

Para tener seguridad en las condiciones atmosféricas se requirió consultar a la M. Sc., Irina Katchan, encargada del Observatorio Climático del CeNAT vuelo con el VANT y así prever los días soleados o con menor nubosidad. Seguidamente, con las áreas de interés definidas en conjunto con el piloto especializado del VANT del Laboratorio PRIAS Andrés Barahona se determinaron tres días para ejecutar el total de las misiones de vuelo. En el caso de los sitios privados, donde el acceso a las áreas de muestreo es restringido; se realizó una carta de conocimiento informado en relación con la investigación y a la ejecución de los vuelos tanto a la Fuerza Pública del cantón de San Rafael como a los distintos lugares privados que fueron visitados.

3.4 Ejecución de vuelos

En la ejecución de vuelos se requirió de transporte para las fechas previamente definidas. Tres días en el mes de junio y uno en el mes de agosto a los distintos sitios de muestreo. Para ello, el Vivero Forestal de la Universidad Nacional (UNA) gestionó un vehículo para el traslado de los investigadores del Laboratorio PRIAS y del equipo de campo necesario en la captura de imágenes. En los días establecidos para la toma de información se contó con la Lic. Heileen Aguilar Arias colaboradora de los vuelos y encargada en la gestión de la beca CeNAT-CONARE, Andrés Barahona Contreras operario del VANT y auxiliar en el procesamiento de las imágenes adquiridas. Además, de la colaboración por parte de los investigadores del Vivero Forestal UNA, el Lic. Juan Pablo Villegas Espinoza y el M. Sc. Gustavo Vargas Rojas.

Para los sitios donde se ejecutaron los vuelos con el VANT, fue pertinente realizar protocolos de seguridad. Dichas acciones permitieron al piloto y demás profesionales desarrollar el ambiente adecuado para la ejecución de los vuelos. Por ejemplo, el uso de conos de seguridad en ambas direcciones del área de despegue, chalecos reflectivos para los investigadores y consentimiento informado de las fechas de la actividad a la Fuerza Policial de San Rafael de Heredia. En caso de algún inconveniente con la integridad de los investigadores y con el equipamiento especializado en la

ejecución de vuelos. Seguidamente, de la captura de imágenes con el VANT, se procedió se realizar un preprocesamiento de la información con el ordenador portátil donde se permite tener una previsualización previa y así verificar las capturas de imágenes en los sitios de interés del estudio.

Cuadro 1. Personal y equipo especializado del Laboratorio PRIAS.

Equipo y requerimientos en el vuelo		Ejecución del vuelo	
VANT	DJI Phantom 4 Pro	Piloto autorizado	Andrés Barahona
Cámara	4 K	Altura de vuelo	120 m.
Equipo de seguridad	Conos reflectantes	Hora de vuelo	9:00 a.m
Ordenador portátil	MSI GT75	Tiempo aproximado por vuelo.	40 min.

3.5 Procesamiento de la información

Para desarrollar el procesamiento de las imágenes aéreas RGB se requirió de un conocimiento en fotogrametría. Además del software especializado Agisoft Metashape 1.6.3 para así procesar las imágenes y obtener los Ortmosaicos para la respectiva digitalización de las coberturas vegetales. Cabe indicar la relevancia del uso del Laboratorio del PRIAS con un equipo computacional de 64 bits, la cual es imprescindible para el procesamiento de las imágenes en Agisoft. La disponibilidad del equipo, así como el seguimiento y asesoría técnica por parte de los investigadores en el PRIAS, estuvo durante el transcurso de tiempo otorgado en la beca, la cual fue fundamental en los resultados obtenidos y en el desarrollo profesional.

El uso del software Agisoft se tomó como guía el Manual de Agisoft Metashape versión 1.5 con esto se procesó la información de cada sitio; manteniendo las fases de alineación de imágenes, nube densa

de puntos, construcción de malla y por último la generación de los Ortomosaicos. Para dar seguimiento a los procesos referidos se necesitó del software Team viewer para observar los avances en el procesamiento y tomar acciones en caso de que el proceso fuera suspendido.

3.6 Identificación de las Unidades de Cobertura Vegetal (UCV).

Las imágenes proporcionadas por el VANT proporcionan visualizar las diferentes coberturas vegetales en el cantón de San Rafael de Heredia. El detalle de las imágenes con un tamaño de 3 cm por píxel facilita diferenciar las coberturas vegetales. Esta precisión permite visualizar las diferencias entre la vegetación existente en el área y medir su extensión en el territorio; ya sea Café sin sombra, Café arbolado y Mosaico de pastos y espacios naturales entre otras clasificaciones de acuerdo con la metodología del Corine Land Cover, según el INTA, 2015.

Clasificación de las coberturas vegetales, de acuerdo con lo definido por la metodología del Corine Land Cover, según el INTA, 2015.

1. Territorios agrícolas. Terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos.

1.1 Cultivos permanentes.

Tierras dedicadas a cultivos, cuyo ciclo vegetativo es mayor a un año.

1.1.1 Café

Cobertura dominante compuesta por áreas dedicadas al cultivo del café. La foto aérea distingue caminos serpenteantes o arreglos geométricos claramente definidos dentro de las áreas dedicadas a este.

a) Café sin sombra. Áreas exclusivamente dedicadas al cultivo del café.

b) Café con sombra. Ya sea temporal o permanente generado por una cobertura arbórea o musáceas.

2. Áreas agrícolas heterogéneas.

Unidades, las cuales reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales.

2.1 Mosaico, pastos, cultivos y espacios naturales: Superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos (30% a 70% de la superficie total) en combinación con espacios naturales importantes como; bosque natural denso, bosque de galería, charrales y pantanos.

3. Bosques y áreas seminaturales.

Grupo de coberturas de tierra de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, con o sin intervención antrópica.

3.1 Bosque.

Se define según la ley forestal 7575.

3.1.1. Bosque secundario: Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos y arbustivos, los cuales forman estratos de copas menos continuo, con una altura superior a cinco metros. Estas formaciones vegetales si han sido intervenidas y se ha alterado su estructura original y las características funcionales.

3.1.2. Bosque de galería: Son coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitado por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales.

3.2. Plantación forestal.

Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención del hombre con fines de manejo forestal.

3.2.1. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante plantación o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación para la producción de madera o bienes no maderables.

4. Áreas con vegetación herbácea y arbustiva.

Comprende los territorios cubiertos por vegetación herbácea y arbustiva desarrollados en forma natural sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales

4.1 Tacotal: Es una fase sucesiva al charral, en donde emergen árboles de rápido crecimiento y exigentes de luz, alcanzando los cinco a diez metros de altura. Se caracteriza por la presencia de poca cantidad de árboles.

Para la investigación las coberturas vegetales una vez clasificadas son denominadas Unidades de Coberturas Vegetales (UCV), las cuales son definidas como aquellas áreas con cobertura vegetal, sean estos bosques riparios, bosques secundarios, cultivos de café, entre otros. Para el análisis previo de la investigación se utilizó el Sistema de Información Geográfica Qgis, Madeira 3.4.14. Este software de uso libre permite acceder de forma directa las imágenes satelitales de Google Earth, además de estar conectado al Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) y permitir el uso de los datos geoespaciales. Una vez visualizado las imágenes satelitales en la plataforma de Qgis, se agrega la capa la capa de ríos y drenajes con escala 1:200.000 provista en el SNIT. Mediante la fotointerpretación se determinan los sitios con mayor UCV con respecto del desarrollo de los afluentes y ríos en la microcuenca del río Bermúdez, de esta forma se determina los sitios de muestreo en el estudio.

La digitalización de las UCV se realizó con el software Qgis Madeira 3.4.14 a una escala de 1:300 cm permite visualizar las distintas coberturas vegetales.

3.7 Descripción y categorización de las comunidades vegetales

El muestreo de las comunidades vegetales va enfocado en generar información en cuanto a las especies de flora identificadas dentro de un rango altitudinal de 1190 a 1630 msnm. El conocimiento de la composición florística (muestreo de la vegetación) permite disponer de información precisa sobre cuales especies se desarrollan dentro de los márgenes naturales, tanto por las condiciones climáticas del entorno, como por las formas de distribución de las especies de flora; en cuanto a su dispersión. La obtención de los datos a su vez es base para desarrollar iniciativas de rehabilitación vegetal, las cuales son adecuadas para la zona de estudio y en sitios con similitud dentro del rango altitudinal.

Teniendo en consideración generar muestreos en las diferentes coberturas vegetales presentes en el área de estudio. Se determinó ubicar los sitios de muestreos de forma intencional; en las tramas o franjas verdes, cercanas a los ríos, arroyos presentes en la microcuenca del río Bermúdez. Mediante la observación de imágenes se generó una reseña de las posibles coberturas vegetales existentes como bosque secundario, bosque de galería, tacotal, plantación forestal, cafetal, entre otros. Dichas áreas son determinadas mediante la observación de imágenes provistas por Google Earth Pro de los años 2016 al 2018, lo cual fue imprescindible identificar la vegetación presente en el área de estudio y así definir los puntos de muestreo.

Debido a las condiciones irregulares de terreno en las áreas urbanas y en los márgenes de ríos. Se ejecutaron transectos lineales rectangulares definidos en la metodología de Gentry (1982), dicho procedimiento es aplicable para la vegetación desarrollada en los trópicos. Para justificar el muestreo a distintos estratos se tomó como referencia lo establecido por Braun-Blanquet (1979) en cuanto a la vegetación muestreada (como se citó en Cámara y Días del Olmo, 2013). Donde se incluye inventariar individuos de flora de distintos hábitos como hierbas, enredadera, arbustos y árboles. Se hace distinción de las especies registradas de árboles y arbustos. Teniendo en consideración que el árbol es perenne con tallo lignificado, el cual se ramifica por arriba de la base y una altura mayor a 3 m. Por el contrario, los arbustos son de tallo lignificado, el cual se ramifica de la base, con una altura menor a 3 m (Moreno, 1984).

En cuanto a la investigación cada transecto lineal representa una parcela de 120 m². El cual está dividido por 2 subparcelas de 60 m². Una vez en campo cada área es muestreada y georreferenciada mediante una marcación con un Sistema de Geoprocesamiento Global (GPS) Garmin 64s. Los árboles con DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) mayor o igual a 10 cm son medidos la circunferencia del fuste, con una cinta diamétrica. Tanto la cinta diamétrica y el GPS son instrumentos facilitados por la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional para el desarrollo de la investigación.

La identificación de las especies de flora fue realizada en campo con la colaboración del M. Sc. Gustavo Vargas Rojas y el Lic. Juan Pablo Villegas, en el caso de existir dudas en el reconocimiento, se tomó una muestra del espécimen para ser verificado en oficina. Cabe resaltar la descripción de la comunidad vegetal muestreada, ya sea un bosque secundario, árboles dispersos, cafetal u otra descripción relacionada al tipo de vegetación. En cada área muestreada se tomaron fotografías que evidencien la vegetación y la condición que esta presenta.

La información colectada en campo es registrada y tabulada en el software Excel, de manera que, se distinga el número del sitio de muestreo, las parcelas de cada sitio, el número de registro o Id de la especie, nombre científico, cantidad de individuos, el hábito, los registros de diámetros (DAP) y la altitud registrada para cada especie. De esta forma, la representación de los datos se dispondrá en rangos altitudinales. Cabe indicar que los individuos de flora registrados, por las cuales se necesitó verificar el nombre de la especie se necesitó consultar el Manual de Plantas de Costa Rica, así como de la base de datos de flora dispuesta en el sitio web: Tropicos.org del *Missouri Botanical Garden* 2022.

3.8 Riqueza y estructura de las comunidades vegetales.

Con respecto al análisis de la flora se constituye en dos aspectos. En primer lugar, corresponde distinguir las comunidades vegetales presentes en el área de muestreo. A través de su estructura y composición en las distintas subparcelas muestreadas. Para esto se determinó la riqueza de especies, la cual se refiere al número de especies presentes en una unidad de muestreo o parcela para este análisis de la flora se tomaron, únicamente las especies de flora identificadas. Seguidamente, se calculó el índice de Simpson (**Ecuación 1**), para determinar la diversidad y el índice de Sorensen (**Ecuación 2**), el cual se utilizó para identificar semejanza entre subparcelas.

A continuación, se presentan las fórmulas utilizadas para el análisis de la flora muestreada en el rango altitudinal de 1190 a 1670.

Índice de Simpson (S)

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

Donde:

S = Índice de Simpson.

n_i = Número de individuos en la i -ésima especie.

N = Número total de individuos.

Índice de Sorensen (S)

$$S = \left(\frac{2*c}{(a+b)} \right) * 100 \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Donde:

a = Número de especies exclusivas del grupo 1.

b = Número de especies exclusivas del grupo 2.

c = Especies comunes

3.9 Selección de especies idóneas y propuesta de rehabilitación vegetal

Seguidamente, se evaluará únicamente el registro de las especies de árboles y arbustos, los cuales son la base para la propuesta de rehabilitación vegetal en la investigación. Por último, se determinó las variables ecológicas de densidad (**Ecuación 3**), frecuencia (**Ecuación 4**) y proporción (**Ecuación 5**). Por su parte la densidad es un parámetro, el cual permite determinar la abundancia de una especie según un área determinada (Mostacedo, 2000).

Densidad de especies. (D)

$$D = \left(\frac{N}{A}\right) \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

N = Número de individuos.

A = Área determinada en ha.

Frecuencia relativa. (Fr)

$$Fr = \left(\frac{ai}{A}\right) * 100 \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:

ai = Número de apariciones de una especie determinada.

A = Número de apariciones de todas las especies.

Proporción de individuos. (Pi)

$$Pi = \left(\frac{ni}{N}\right) \quad \text{(Ecuación 5)}$$

ni = Número de apariciones de individuos de una especie en el estrato.

n = Número de apariciones de todos los individuos.

Para distinguir las especies idóneas para la rehabilitación de comunidades vegetales una vez obtenido los valores de densidad, frecuencia y proporción. Se definieron cualidades que las especies de árboles y arbustos presentan, dichas características van a determinar el uso o función que la especie llegue a cumplir una vez plantada. La definición de las cualidades se realizó en conjunto con el M. Sc. Gustavo Vargas Rojas y el Lic. Juan Pablo Villegas Espinoza.

A continuación, se enlistará las cualidades identificadas en las especies de árboles y arbustos:

1. Ornamental (O): Especie caracterizada por una floración y fructificación llamativa, o que presenta una forma y color atractivo en su follaje; así como la estructura de la especie.
2. Alimenticio (A): Especies que dispone de fruto, flor o estructura vegetal comestible de forma fresca o en la elaboración de subproductos.
3. Leña (L): Especie cuyo tallo es utilizado para la combustión de la madera.
4. Cortinas rompevientos (Cr): Especies utilizadas para disminuir el impacto del viento, principalmente leñosas, de follaje denso y de tamaño grande.
5. Setos: Especies de tamaño pequeño a mediano, principalmente de hoja perenne; resistente a podas y cambios de forma en su arquitectura.
6. Cercas vivas (Cv): Especies leñosas de porte medio a alto con características de fácil reproducción para ser plantada en linderos.
7. Con sombra (Cs): Especie perenne de porte alto con follaje denso y facilidad de rebrotar.
8. Melíferas (Me): Especies que producen néctar y polen, como estrategia para la polinización y utilizadas para la producción de miel.
9. Madera (Ma): Especie leñosa, cuya madera es utilizada para la construcción, muebles, herramientas y otros usos.
10. Atracción de mamíferos (Ama): Especie cuyas flores y frutos son consumidos por mamíferos voladores, arborícolas o terrestres. Poseen frutos de color llamativo, oloroso, pulposo y de sabor intenso.
11. Atracción de aves (Av): Especies cuyos frutos o néctar de flores son consumidos por aves. Poseen frutos de color llamativo, pulposo y pequeño o semillas ariladas.

Cuadro 2. Cualidades definidas para las especies de árboles idóneas para la rehabilitación vegetal.

Cualidades potenciales	
Nomenclatura	Características
O	Ornamental
A	Alimento
L	Leña
Cr	Cortinas Rompevientos
Cv	Cercas vivas
Cs	Con sombra
Ma	Madera
M	Melíferas
Ama	Atracción de mamíferos
Av	Atracción de aves

Cuadro 3. Cualidades definidas para las especies de arbustos idóneos para la rehabilitación vegetal.

Cualidades potenciales	
Nomenclatura	Características
O	Ornamental
A	Alimento
L	Leña
S	Seto
Cv	Cercas vivas
Me	Melíferas
Ama	Atracción de mamíferos
Av	Atracción de aves

La propuesta de rehabilitación se realizaría con una valoración cuantitativa de las especies, donde cualidad potencial representa un valor. Las especies con el valor más cercano o igual a 15 representan las especies de mayor prioridad a ser consideradas en un proyecto de rehabilitación vegetal. Desde la recolección de la semilla, los procesos germinativos, los cambios de tamaños en el almácigo y la puesta del árbol en campo, para ser plantada. Así se garantiza un desarrollo de la especie dentro de su espacio altitudinal y la interacción que pueda tener con otros seres vivos.

La generación de características particulares para cada espacio se determinó a través de fuentes bibliográficas. Para el caso de la información relacionada para parques y aceras se le consultó a la empresa de Podas técnicas, representado por Jeyson Arce Oviedo y el arborista certificado ML-0430A

de la ISA (International Society of Arboriculture) Juan Carlos Cespedes Alvarado, por medio de una videollamada el día 27 de noviembre para la definición de temas que corresponden a aspectos relacionados a la arboricultura.

Cuadro 4. Valoración de especies de árboles idóneas para la rehabilitación de comunidades vegetales.

Zona altitudinal	Especie	D	Fr	Pi	O	A	L	Cr	Cv	Cs	Ma	Me	Ama	Av	Total
------------------	---------	---	----	----	---	---	---	----	----	----	----	----	-----	----	-------

Nota: D: Densidad de especies, Fr: Frecuencia, Pi: Proporción de especies, O: Ornamental, A: Alimento, L: Leña, Cr: Cortina rompevientos, Cv: Cerca viva, Cs: Con sombra, Ma: Madera, Me: Melíferas, Ama: Atracción de mamíferos, Av: Atracción de aves.

Cuadro 5. Valoración de especies de arbustos idóneos para la rehabilitación de comunidades vegetales.

Zona altitudinal	Especie	D.	Fr	Pi	O	A	L	S	Cv	Me	Ama	Av	Total
------------------	---------	----	----	----	---	---	---	---	----	----	-----	----	-------

Nota: D: Densidad de especies, Fr: Frecuencia, Pi: Proporción de especies, O: Ornamental, A: Alimento, L: Leña, Cr: Cortina rompevientos, Cv: Cerca viva, Cs: Con sombra, Ma: Madera, Me: Melíferas, Ama: Atracción de mamíferos, Av: Atracción de aves.

La determinación del tamaño de las especies se utilizó los rangos de altura propuesto en el Manual Dendrológico de Costa Rica. Para el caso de la determinación del arbusto, se incluyó un tamaño adicional al propuesto. En el cual se hace menciona una altura única de un arbusto. A continuación, se expondrán los tamaños correspondientes para arbustos (pequeño y mediano) y árboles (pequeño, mediano y alto).

Cuadro 6. Asignación de tamaño para los hábitos de arbusto y árbol, según Jiménez et al. (2001).

Arbusto	Tamaño
Pequeño	Menor de 3 m.
Mediano	3 m hasta 5 m.
Árbol	Tamaño
Pequeño	De 5 a 10 m
Mediano	10 m a 20 m.

IV. RESULTADOS

4.1 Usos de suelo en las comunidades vegetales

Los usos presentes en el área de estudio gran parte son terrenos destinados a cultivos perennes como el café y el tomate. Con esto se puede verificar el cambio presentado por la vegetación. La presencia de vegetación arbórea en su mayoría se presentó en los bosques de galería, así como terrenos desuso que han sido colonizados por vegetación y se han convertido en tacotales o charrales, los cuales presentan árboles dispersos y han sido categorizados como Mosaico de pastos y otros (tabla3).

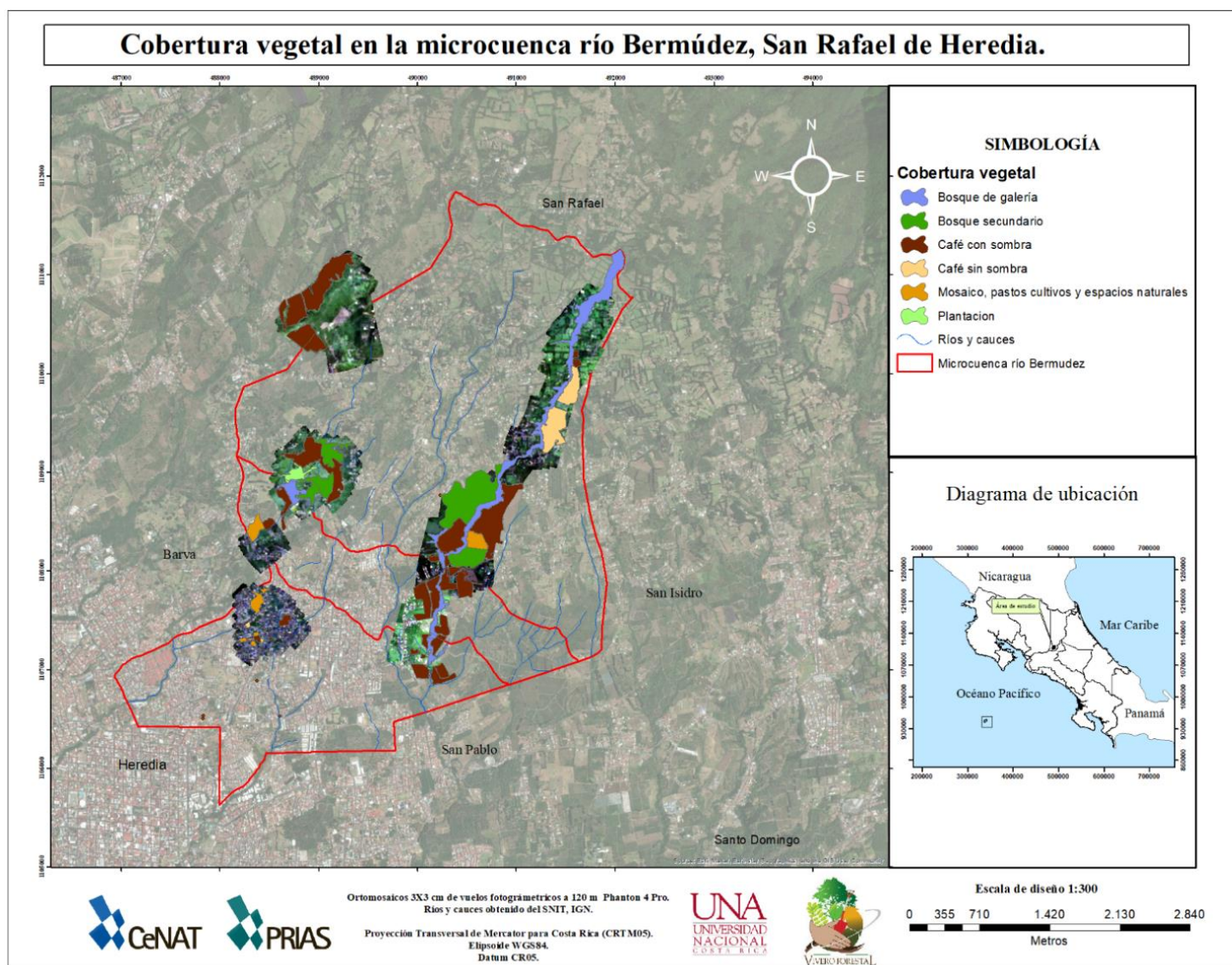


Figura2. Identificación de las coberturas vegetales presentes en la microcuenca del río Bermúdez a una altitud de 1190 a 1630 msnm.

Cuadro 7. Identificación de las coberturas vegetales en la microcuenca del río Bermúdez.

Zona altitudinal	Unidades de Cobertura vegetal	Área (ha)
Baja 1190-1283	Bosque de galería	1.99
	Café con sombra	9.20
	Café sin sombra	0.28
	Mosaico pastos y otros	1.96
Media 1300-1346	Bosque de galería	3.61
	Bosque secundario	41,89
	Café con sombra	20.01
	Mosaico pastos y otros	2.45
	Plantación	0,10
Alta 1501-1870	Bosque de galería	0,12
	Bosque secundario	23.62
	Café con sombra	46.57
	Café sin sombra	12.42
	Mosaico	2.95
	Plantación	2.38

Cuadro 8. Descripción de las Unidades de Cobertura Vegetal basado en Ortomosaicos Phantom 4, con un tamaño de 3 cm de píxel.



a. Café sin sombra: Terreno destinado al cultivo del café, sin sombra, se aprecian algunos árboles predominantes que no generan efecto de sombra en el cultivo del café.



b. Café con sombra: Se evidencia la presencia de árboles y de otros cultivos; en este caso las *Musácea* que le permite brindar de sombra al café.



c. Mosaico, pastos, cultivos y espacios naturales: Se puede distinguir cafetales abandonados, en algunos casos en conjunto con cultivos de plátanos y bananos (*Musácea*).



d. Bosque secundario: Se distingue la formación de diferentes copas, lo que evidencia el dosel del bosque, en su mayoría los bosques se encuentran aledaños a cafetales arbolados.



e. Bosque de galería: Son las formaciones de bosque, las cuales se desarrollan en los trayectos de los ríos. Se distingue por mantener una cobertura de bosque alargada.



f. Plantación forestal: Se representa como una formación vegetal, uniforme con copas similares.

Nota. Elaboración propia con la información correspondiente a la clasificación del INTA 2015.

4.2 Descripción de las comunidades vegetales

Las comunidades vegetales identificadas con el muestreo en la microcuenca del río Bermúdez son mostrados en el **cuadro 8**. En dicha vegetación se encontraron distintas especies de hábitos como árboles, arbustos, hierbas, enredaderas y bejucos en menor medida. Dichos muestreos en la zona altitudinal de 1190 metros sobre el nivel del mar (msnm) y los 1630 msnm, se contabilizaron un total de 9702 individuos. De este total de individuos se registraron 4969 en la zona baja (1190-1283), 2744 en la zona media (1300-1346) y 1989 en la zona alta (1501-1630). En cuanto al total de especies registradas se contabilizaron un total de 439 en distintos hábitos tales como árboles, arbustos, hierbas y con un menor número de especies enredaderas y bejucos.

Cuadro 9. Muestreo de la flora en tres zonas altitudinales del cantón de San Rafael de Heredia.

Zona	Sitios	Ubicación	Comunidad vegetal
Baja 1190-1283	p1	Jardines de roma.	Pastizal.
	ch2	Corazón de Jesús	Charral.
	vg3	Santiago, río Pirro	Vegetación de galería.
	vad4	San Josecito	Vegetación con árboles dispersos.
	ca5	El palmar	Cafetal abandonado.
	ch6	Calle manzano	Charral.
Media 1300-1348	vad7	Puente la viga	Vegetación con árboles dispersos.
	vg8	Inicio del Bosque Monte Cantor	Vegetación de galería.
	vg9	CEUNA, mariposario	Vegetación de galería.
	bs10	Finca Mata de Plátano, toma de agua.	Bosque secundario.
	bs11	Finca Mata de Plátano	Bosque secundario.
	bs12	Final del Bosque Monte Cantor	Bosque secundario.
	cvgl 3	Calle Concepción	Cafetal con vegetación de galería.
Alta 1423-1630	bs14	Finca Mata de plátano	Bosque secundario.
	zc15	Calle Concepción	Zona cultivada.
	car16	Finca Los Cerezos	Café arbolado.
	car17	Aves del paraíso	Café arbolado.
	vg18	Iglesia Calle Hernández	Vegetación de galería.
	cr19	Calle Hernández	Cortinas rompevientos con árboles dispersos.
	vg20	Calle El bosque	Vegetación de galería
	vg21	Calle El bosque	Vegetación de galería
cr22	Calle Ciénega	Cortinas rompevientos con árboles dispersos.	

Las hierbas inventariadas en la zona baja representaron el mayor número de especies registradas, con una cifra de 87 individuos. Tanto para la zona mediana y alta su número de individuos disminuyeron, específicamente en altitudes medianas se identificaron 31 especies y 34 respectivamente en altitudes altas. De esta forma se deduce que el número de especies de hiervas disminuye con forme va aumentando la altitud. Caso contrario sucede para los hábitos de los árboles y arbustos. En donde se puede apreciar en la **figura 2** un alta en el número de especies de árboles y arbustos en la zona alta y mediana. Concretamente se registraron 36 especies de arbustos en la zona alta y 29 para la zona mediana; por ende, la zona baja obtuvo la menor cifra con 25 arbustos. Por su parte los árboles presentaron una mayor cifra en la zona alta con un total de 73 especies y 53 para la zona mediana. Dichos resultados indican una dominancia de los árboles y arbustos; por consiguiente, una mayor presencia de bosques en zonas altas superiores a los 1501 msnm.

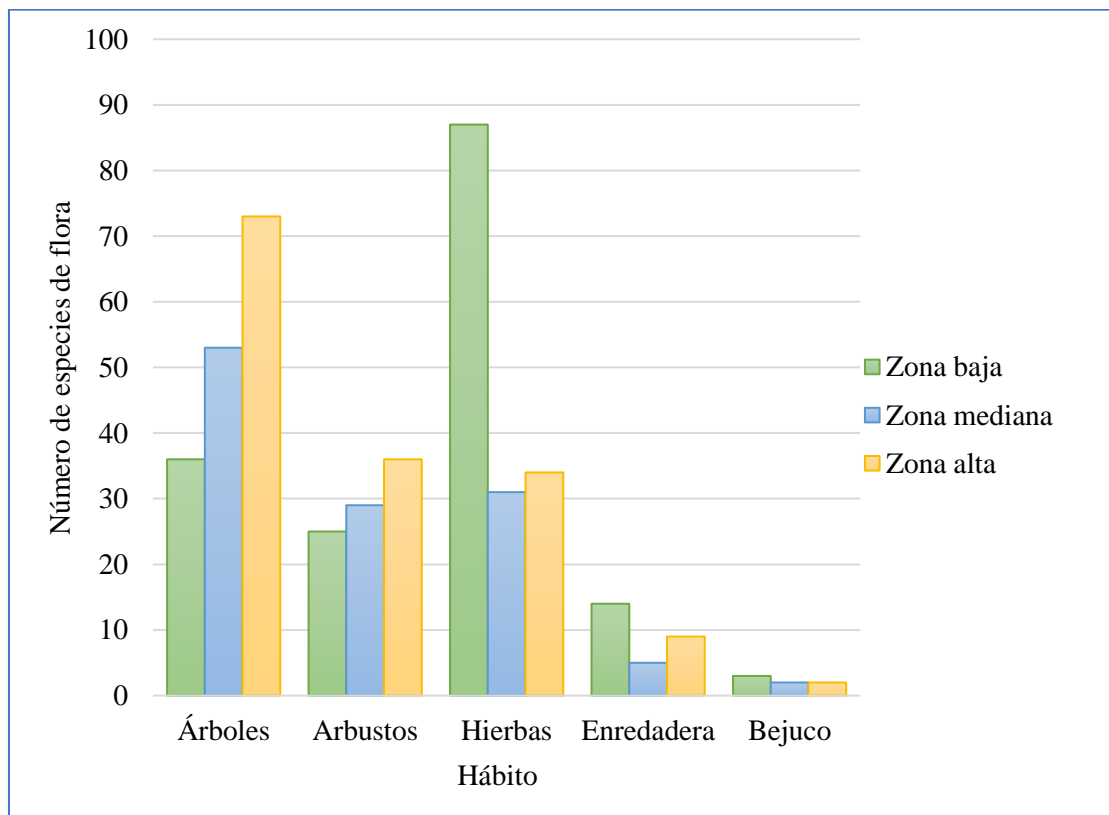


Figura 3 Diferentes hábitos de las especies registradas en el inventario realizado en la microcuenca del río Bermúdez.

En los resultados pertinentes para la zona baja expuestos en el **cuadro 9** se presenta la vegetación típica de espacios que han sido abandonados, comúnmente llamados áreas de desuso. Esto se puede ejemplificar en el sitio 5 en el cual se reconoció como un área de Cafetal abandonado colonizado por vegetación arbustiva de porte mediano. Otra muestra de las áreas abandonadas se presenta en los sitios 1, 2, y 6 los cuales son espacios colonizados por gramíneas y de vegetación herbácea. A diferencia de las anteriores comunidades vegetales distinguidas se registró un sitio con Vegetación de galería.

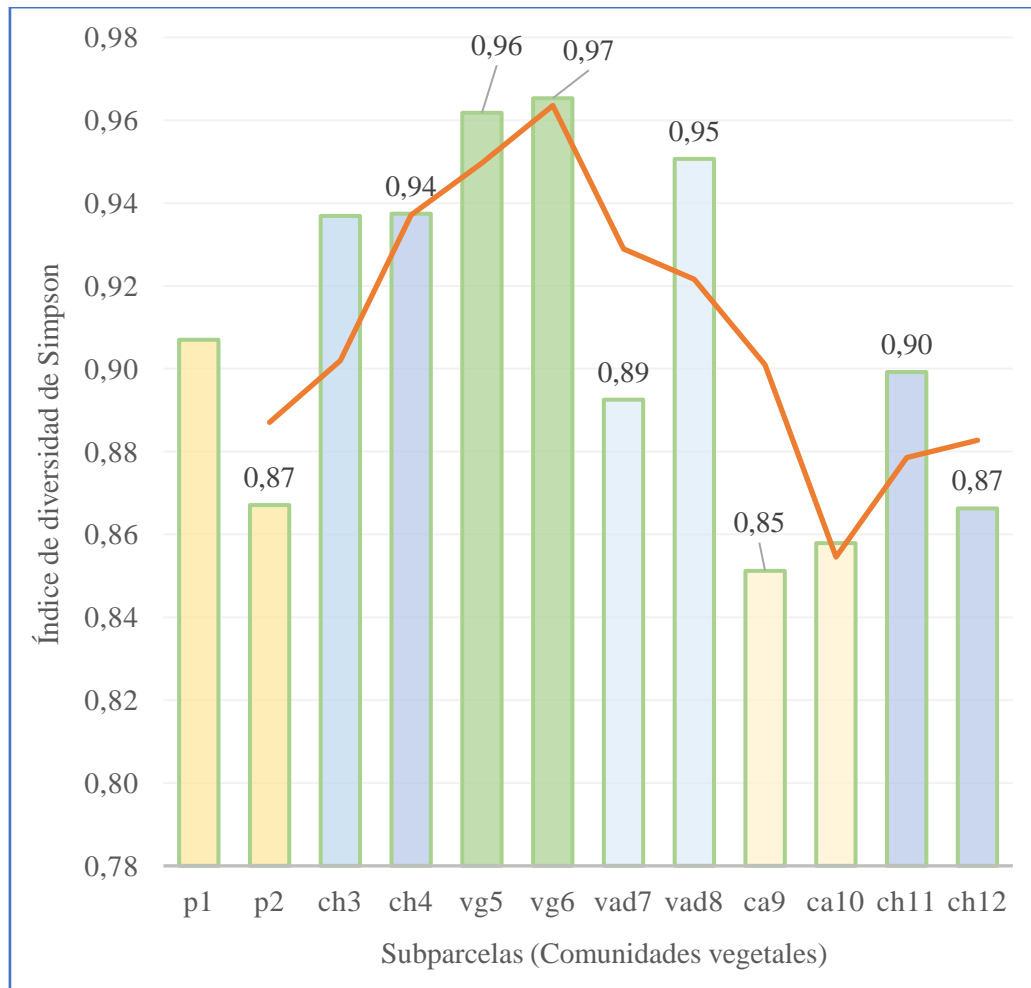
Se presentan los sitios 3 y 4 como las comunidades vegetales con mayor riqueza, con valores de 51 en la subparcela 7 y 49 en la subparcela 6. Cabe resaltar que dichos sitios se identificaron como espacios con Vegetación de galería y Vegetación con árboles dispersos de distintos hábitos, como árboles, arbustos y hierbas. Dichos resultados indican una mayor presencia de distintas especies; por consiguiente, un mayor dinamismo ecológico entre especies. Por el contrario, los sitios 1 y 6 presentan los valores con menor riqueza, además dichos espacios de comunidad vegetal se identificaron como Pastizal y Charral. Para el sitio 1 (subparcela 1) se registró una riqueza de 35 y en menor medida el sitio 6 de la subparcela 12 obtuvo un valor de 23, el cual representa la cifra con menor riqueza en la zona altitudinal baja.

Cuadro 10. Muestreos realizados en la zona altitudinal baja.

Altitud (msnm)	Sitio	Comunidad vegetal	Subparcela	N ° ind.	Riqueza
1190	1	Pastizal	p1	841	35
			p2	961	44
1205	2	Charral	ch3	162	36
			ch4	234	37
1215	3	Vegetación de galería	vg5	283	49
			vg6	286	49
1235	4	Vegetación con árboles dispersos	vad7	342	51
			vad8	403	41
1265	5	Cafetal abandonado	ca9	397	46
			ca10	442	44
1283	6	Charral	ch11	320	25
			ch12	321	23

Nota: p: Pastizal, ch: charral, vg: Vegetación de galería, vad:
Vegetación con árboles dispersos, ca: Cafetal abandonado.

En cuanto a los valores de diversidad registrados para la zona altitudinal baja son mostrados en la **figura 3**. Donde la Vegetación de galería (vg) es el sitio con la mayor cifra representadas con 0,97 en la subparcela 6 y 0,96 en la subparcela 5. De ello se puede referir que las cifras altas de diversidad en la Vegetación de galería es un indicador de una menor alteración de la flora en dicho ecosistema. Así mismo el sitio denominado como Cafetal abandonado (ca) en la subparcela 9 muestra el menor índice de diversidad con 0,85. De igual forma los valores bajos se presentan en los sitios 1,2 y 6 los cuales han sido identificados como Pastizal (p) y Charral (ch). Con las menores cifras de diversidad registradas en las comunidades vegetales de Pastizal y Charral, se puede deducir que son áreas por las cuales su vegetación nativa ha sido remplazada por cultivos anuales como el café. O la vegetación nativa fue suprimida y posteriormente es colonizada por gramíneas u otras especies de rápido crecimiento presentes en comunidades vegetales como Pastizales (p) y Charrales (ch). Es importante indicar que los valores de diversidad obtenidos en la zona altitudinal baja fluctúan entre valores bajos, medianos y altos. Este comportamiento de los datos es un reflejo de un paisaje variable, con el cambio de vegetación nativa; principalmente por el establecimiento de cultivos.



Nota: p: Pastizal, ch: charral, vg: Vegetación de galería, vad: Vegetación con árboles dispersos, ca: Cafetal abandonado.

Figura 4. Valores de índice de diversidad de Simpson en la zona baja.

Al comparar las comunidades vegetales en la zona altitudinal baja de 1190 a 1300 msnm representadas en el **cuadro 10**. Se evidencia una semejanza entre subparcelas de la misma comunidad vegetal, no así para las subparcelas de diferentes comunidades. Esto se puede ejemplificar con los porcentajes más altos, los cuales superan el 50%. Como resultado el Cafetal abandonado (ca) para las subparcelas 9 y 10 presentaron el mayor porcentaje de semejanza con un 88%. Un porcentaje menor de semejanza se presentó en la comunidad vegetal de Charral (ch 4-3), con una similitud del 87% para las subparcelas 3 y 4. Para el caso de las comunidades de Vegetación de galería (vg) y Vegetación con árboles dispersos (vad) obtuvieron el mismo porcentaje, con una similitud del 80%; entre las

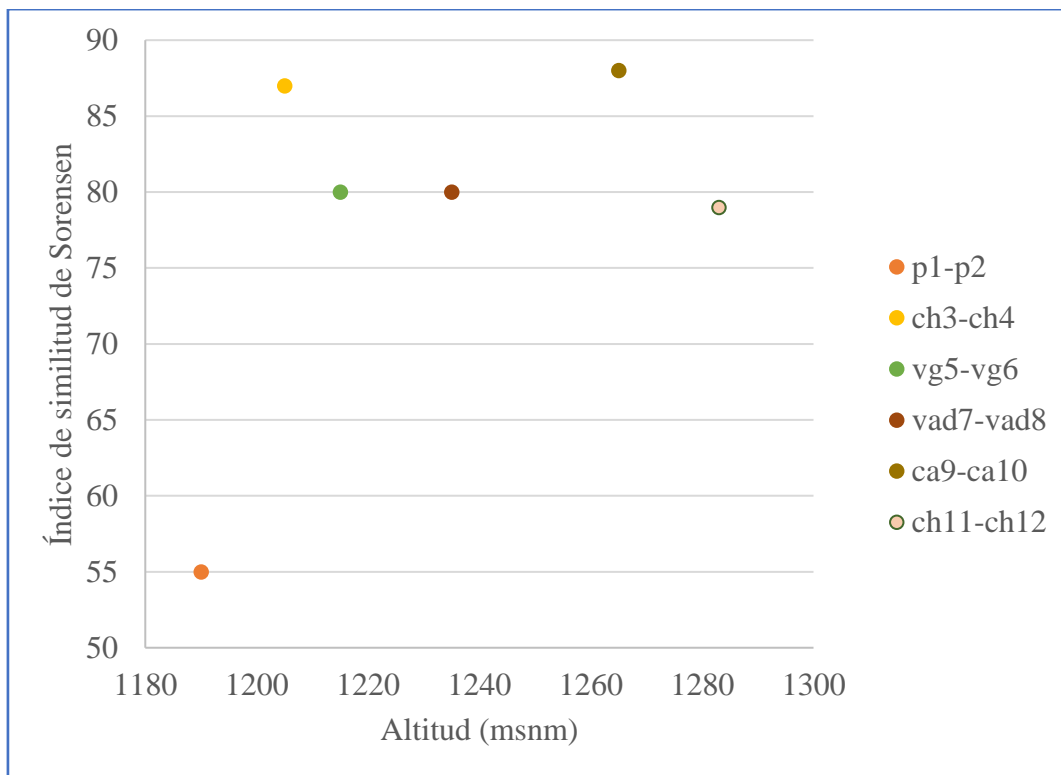
subparcelas de cada comunidad vegetal. Este grado de semejanza entre las comunidades vegetales (vg y vad) es un reflejo del desarrollo de vegetación con distintos hábitos de árboles y arbustos. Por su parte los sitios de Charral (ch11-12) y Pastizal (p) muestran los porcentajes de similitud con una menor semejanza entre parcelas de la misma comunidad vegetal en comparación con las descritas anteriormente.

Las diferencias encontradas entre los porcentajes de similitud para las subparcelas de mayores índices de similitud expresados en la **figura 4**. Son un reflejo de un paisaje muy variable de diversas actividades humanas como el establecimiento de cafetales, plantaciones de ciprés y cultivos. Además, con los muestreos de flora en la zona altitudinal baja, se logró encontrar especies exóticas como la Casuarina, Ciprés, Eucalipto plateado, Llama del bosque y Níspero (ver **Anexo 2**), las cuales se han propagado de forma natural. Por ende, el número de especies nativas disminuye principalmente por el cambio de vegetación presentado y el aislamiento de las comunidades vegetales como la vegetación de galería principalmente presenciados en la zona altitudinal baja.

Cuadro 11. Valores de índice de similitud de Sorensen para 12 subparcelas en la zona baja.

	p1	p2	ch3	ch4	vg5	vg6	vad7	vad8	ca9	ca10	ch11	ch12
p1		55	27	21	33	30	29	28	24	24	19	23
p2			24	24	32	32	16	16	33	33	14	17
ch3				87	33	30	25	26	27	27	10	7
ch4					32	30	22	23	28	29	13	6
vg5						80	40	44	27	30	14	14
vg6							38	40	29	34	16	14
vad7								80	27	27	18	13
vad8									25	28	24	16
ca9										88	28	20
ca10											26	18
ch11												79

Nota: p: Pastizal, ch: Charral, vg: Vegetación de galería, vad: Vegetación con árboles dispersos, ca: Cafetal abandonado.



Nota: p: Pastizal, ch: Charral, vg: Vegetación de galería, vad: Vegetación con árboles dispersos, ca: Cafetal abandonado.

Figura 5 Mayores índices de similitud de Sorensen de acuerdo con la altitud en la zona baja.

Las comunidades vegetales presentadas en los sitios correspondientes a la zona altitudinal media presentes en el **cuadro 11**, tienen la particularidad de ser áreas con una menor incidencia de actividades humanas. Con relación a lo anterior se distingue la existencia de 4 comunidades vegetales identificadas como Bosque secundario (bs), del total de los sitios muestreados. Específicamente el sitio 9, 11 y 12 son áreas de bosque preservadas por la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, las cuales están dentro del esquema de Pago por Servicios Ambientales Hídricos (PSAH). Otra comunidad vegetal identificada como Bosque secundario (sitio 13) se ubicó en el CEUNA, de igual manera dicho relicto de bosque se encuentra inscrito dentro del esquema de PSAH. Cabe destacar la Vegetación de galería (vg) ya que fue encontrada en dos sitios diferentes. Como se puede inferir la flora en las comunidades vegetales para las altitudes de 1300 y 1348 msnm se evidencia una menor alteración del ecosistema por la intervención humana; de ahí que se ha logrado dar una mayor prolongación en tiempo para que la vegetación nativa se desarrolle y se establezca.

El sitio distinguido como Cafetal con vegetación de galería (cvg) representa la comunidad vegetal con mayor riqueza presente en la zona altitudinal media, con un número total de 44 especies registradas. Dicho dato está relacionado por la cercanía del espacio, con otras comunidades vegetales como Bosque secundario (bs) (Sitio 13 y 14). Por su parte los sitios con un menor valor de riqueza se presenta el Bosque secundario (bs) (Sitio 12) con 17 especies en la subparcela 12 y en la Vegetación de galería (vg) (Sitio 10) de la subparcela 19, la cual se registraron 21 especies.

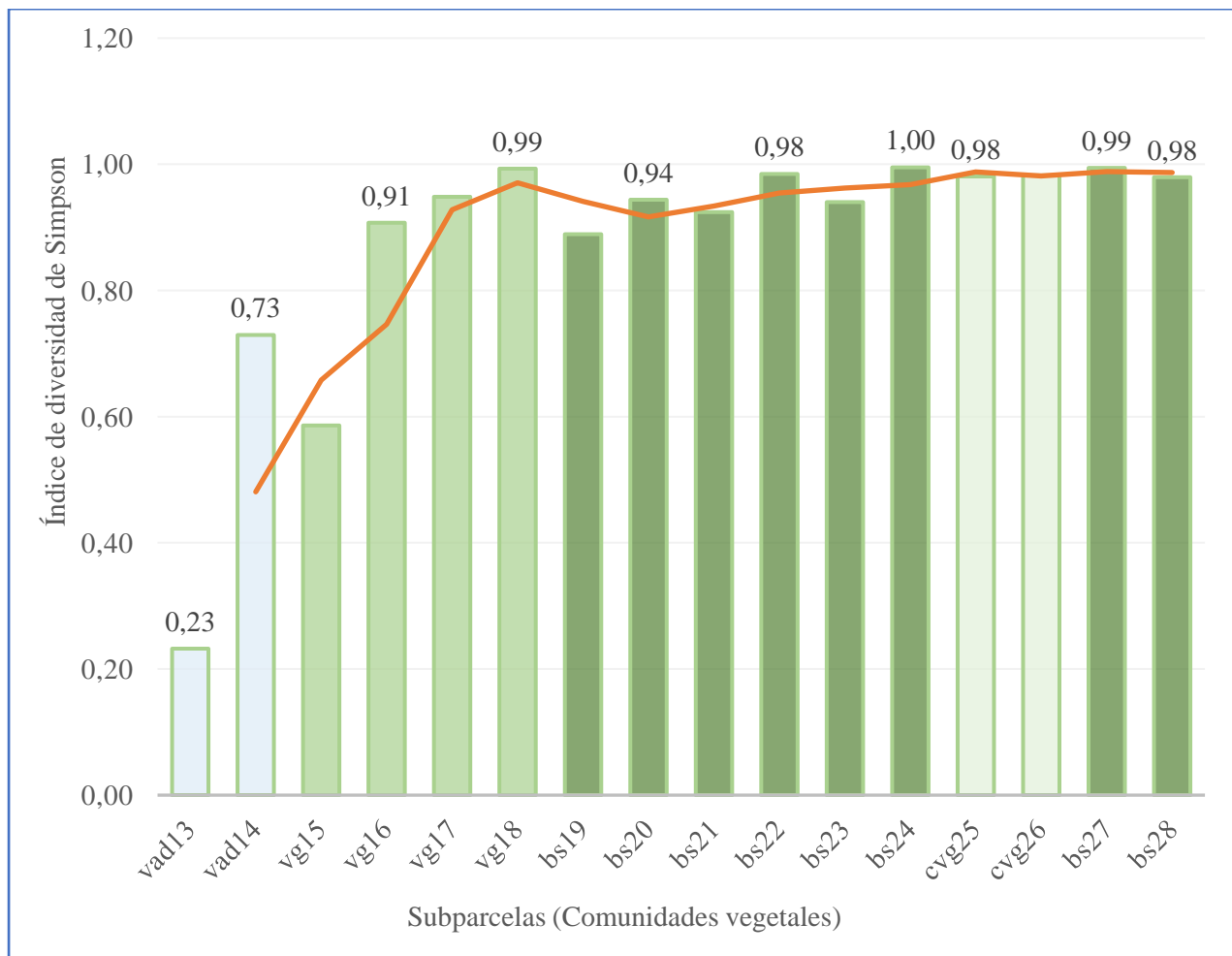
Cuadro 12. Datos obtenidos en los muestreos realizados en la zona altitudinal media.

Altitud (msnm)	Sitio	Comunidad vegetal	Subparcela	N° ind.	Riqueza
1300	7	Vegetación con árboles dispersos.	vad13	89	29
			vad14	104	30
1324	8	Vegetación de galería.	vg15	152	42
			vg16	164	41
1330	9	Vegetación de galería.	vg17	136	21
			vg18	147	25
1335	10	Bosque secundario.	bs19	116	26
			bs20	117	26
1341	11	Bosque secundario.	bs21	113	28
			bs22	117	30
1342	12	Bosque secundario.	bs23	142	17
			bs24	186	17
1346	13	Cafetal con vegetación de galería.	cvg25	416	42
			cvg26	420	44
1348	14	Bosque secundario.	bs27	177	24
			bs28	148	26

Nota: vad: Vegetación con árboles dispersos, vg: Vegetación de galería bs: Bosque secundario, cvg: Cafetal con vegetación de galería.

Los valores de diversidad obtenidos en la zona altitudinal media mostrados en la **figura 5**, registraron los sitios con mayor diversidad de Simpson. Esto para el total de muestreos realizados en la microcuenca del río Bermúdez desde los 1190 a 1630 m.s.n.m. Dichos valores altos de diversidad se muestran en comunidades vegetales, donde la vegetación ha tenido un proceso de desarrollo natural

en tiempo y la influencia de actividades humanas es baja. Lo anterior queda demostrado con la comunidad vegetal de Bosque secundario (bs24) con un valor de diversidad de 1, en el cual se registró como la comunidad más diversa. Además, se presentaron las subparcelas 18 distinguido como Vegetación de galería y la subparcela 27 muestreada en un Bosque Secundario. Donde las dos subparcelas presentaron el mismo valor de índice de diversidad de Simpson con 0,99. Por su parte el sitio distinguido como Bosque secundario, pero en las subparcelas 22 registro un índice menor a los anteriores con 0,98. De igual forma dicho valor también se presentó en el Cafetal aledaño a vegetación de galería en las subparcelas de muestreo 25 y 26 en el orden dado. Con los valores de diversidad expuestos se puede denotar un valor de diversidad homogéneo, principalmente visto en las subparcelas de Vegetación de galería (vg16), hasta la última subparcela registrada en el Bosque secundario (bs28). En comparación con la diversidad presentada en la zona altitudinal baja, se puede observar una menor fluctuación de los datos presentados en la zona altitudinal media.



Nota: vad: Vegetación con árboles dispersos, vg: Vegetación de galería bs: Bosque secundario, cvg: Cafetal con vegetación de galería.

Figura 6. Valores de índice de diversidad en la zona media.

En la zona altitudinal media mostrados en el **cuadro 12** se presentaron los mayores porcentajes de similitud de Sorensen para el total de las subparcelas muestreadas en el área de la microcuenca inventariada. Esto para las subparcelas de la misma comunidad vegetal y para las subparcelas de diferentes comunidades. Donde la comunidad vegetal identificada como Cafetal con vegetación de galería (cvg) en las subparcelas 24 y 25 la vegetación muestreada presentó un porcentaje de similitud del 100% entre las mismas comunidades vegetales. Este grado de semejanza también ocurrió con las comunidades de Vegetación de galería (vg) y Cafetal con vegetación de galería (cvg). Pero con comunidades vegetales diferentes, específicamente para las subparcelas 18vg-25cvg y 18vg-26cvg.

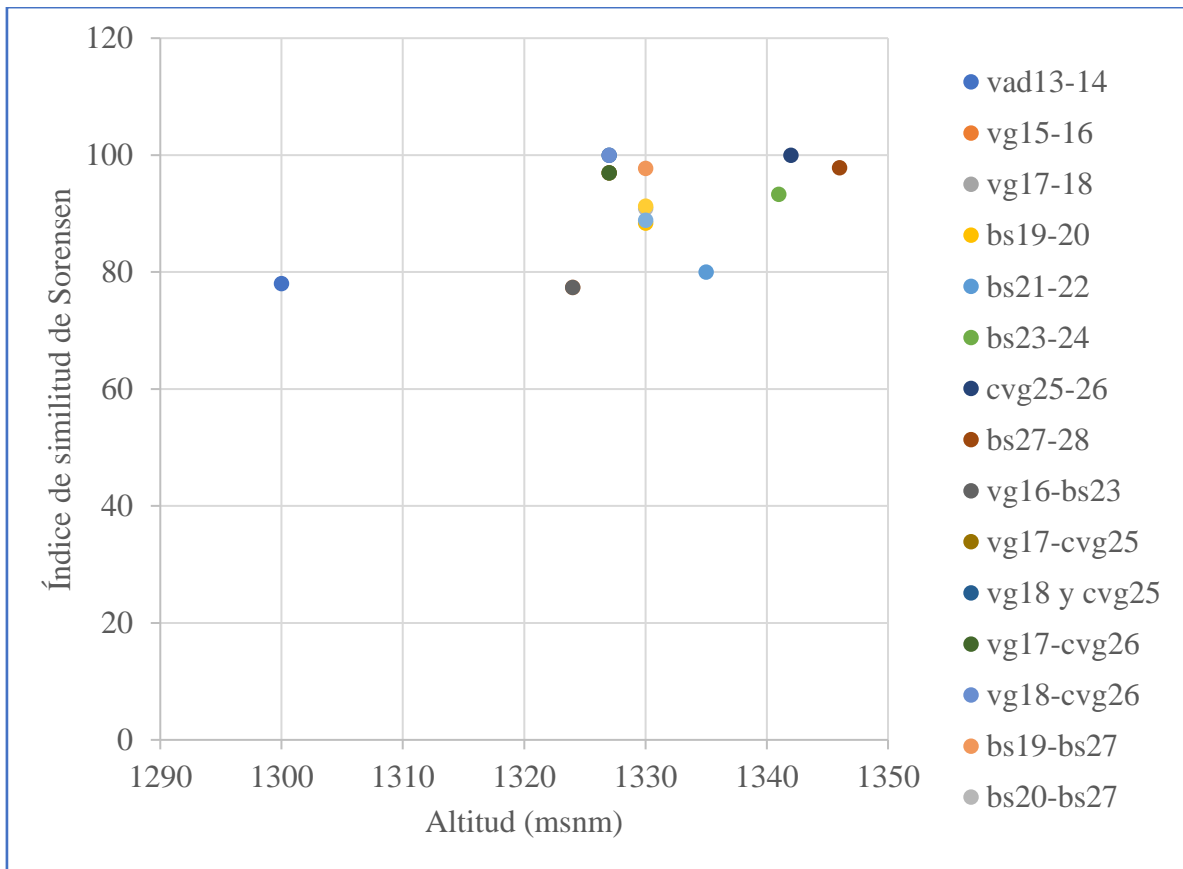
De modo similar la semejanza entre parcelas se evidenció para las subparcelas 27bs-19bs y 28bs-27bs, esta vez con un valor de 98%. Cabe destacar que las 4 subparcelas antes mencionadas son sitios con una formación de Bosque secundario. Esta semejanza entre las comunidades vegetales determinadas como Bosque secundario (bs), también se presencié en las subparcelas 20bs-27bs y 19bs-28bs, pero con un grado de similitud del 91%. Como se ha afirmado en la descripción de la zona altitudinal baja. La vegetación de galería (vg) representa un espacio con una menor alteración del ecosistema. Esto es relevante si las subparcelas presentan una similitud alta, tal es el caso de las subparcelas 17vg y 18vg con una semejanza del 97%.

Los mayores porcentajes de similitud se presentaron en las altitudes de 1330 y 1348 m.s.n.m. Dichos sitios de comunidad vegetal por su cercanía y un grado bajo de alteración del ecosistema se reflejan con la semejanza expuesta en el párrafo anterior con los datos. De primera instancia con la vegetación encontrada con los bosques de galería y el sitio de Cafetal aledaño a un bosque de galería. A su vez los bosques secundarios presentes en las altitudes de 1335, 1341, 1342 y 1348 demuestra una menor alteración de la vegetación nativa y el desarrollo en tiempo de los bosques secundarios.

Cuadro 13. Valores del índice de Sorensen para 16 subparcelas en la zona altitudinal media.

	vad13	vad14	vg15	vg16	vg17	vg18	bs19	bs20	bs21	bs22	bs23	bs24	cvg25	cvg26	bs27	bs28
vad13		78	35	43	28	27	48	49	20	14	29	28	27	27	47	45
vad14			51	47	38	37	47	48	19	13	23	16	37	37	45	44
vg15				77	29	29	71	71	29	14	0	14	29	29	71	26
vg16					12	12	26	26	11	5	77	6	12	12	25	24
vg17						97	37	38	49	40	33	44	97	97	31	35
vg18							36	37	47	44	32	42	100	100	35	34
bs19								88	33	26	33	37	31	36	98	91
bs20									33	27	40	43	37	37	91	89
bs21										80	23	27	42	47	32	31
bs22											21	25	44	44	26	25
bs23												93	32	19	32	32
bs24													42	42	36	35
cvg25														100	30	34
cvg26															35	34
bs27																98
bs28																

Nota: vad: Vegetación con árboles dispersos, vg: Vegetación de galería bs: Bosque secundario, cvg: Cafetal con vegetación de galería.



Nota: vad: Vegetación con árboles dispersos, vg: Vegetación de galería bs: Bosque secundario, cvg: Cafetal con vegetación de galería.

Figura 7 Mayores índices de similitud de Sorensen de acuerdo con la altitud en la zona mediana.

Las comunidades vegetales muestreadas en la zona altitudinal alta de igual manera que en la zona altitudinal baja se evidencia una alteración del ecosistema. Por consiguiente, un cambio en la vegetación nativa desarrollada en los sitios. Esto se puede ver reflejado en el **cuadro 13** al observar los nombres asignados de las comunidades vegetales, principalmente en el sitio 15 el cual es determinado como una Zona de cultivo (zc). Asimismo, se puede distinguir los sitios 16 y 17 los cuales son identificados como una comunidad vegetal de Café arbolado (ca). Algo a mencionar en esta zona altitudinal alta es la formación de vegetación mediante el uso de Cortinas rompevientos para disminuir el impacto del viento, este tipo de formación vegetal se presentó en los sitios 19 y 22. Algo por resaltar es la presencia de tres sitios determinados como Vegetación de galería, específicamente en las altitudes de 1512, 1592 y 1614. Con esto queda evidenciado la importancia ecológica que

representa la Vegetación de galería al estar presente en las tres zonas altitudinales (baja, mediana y alta) en la microcuenca del río Bermúdez

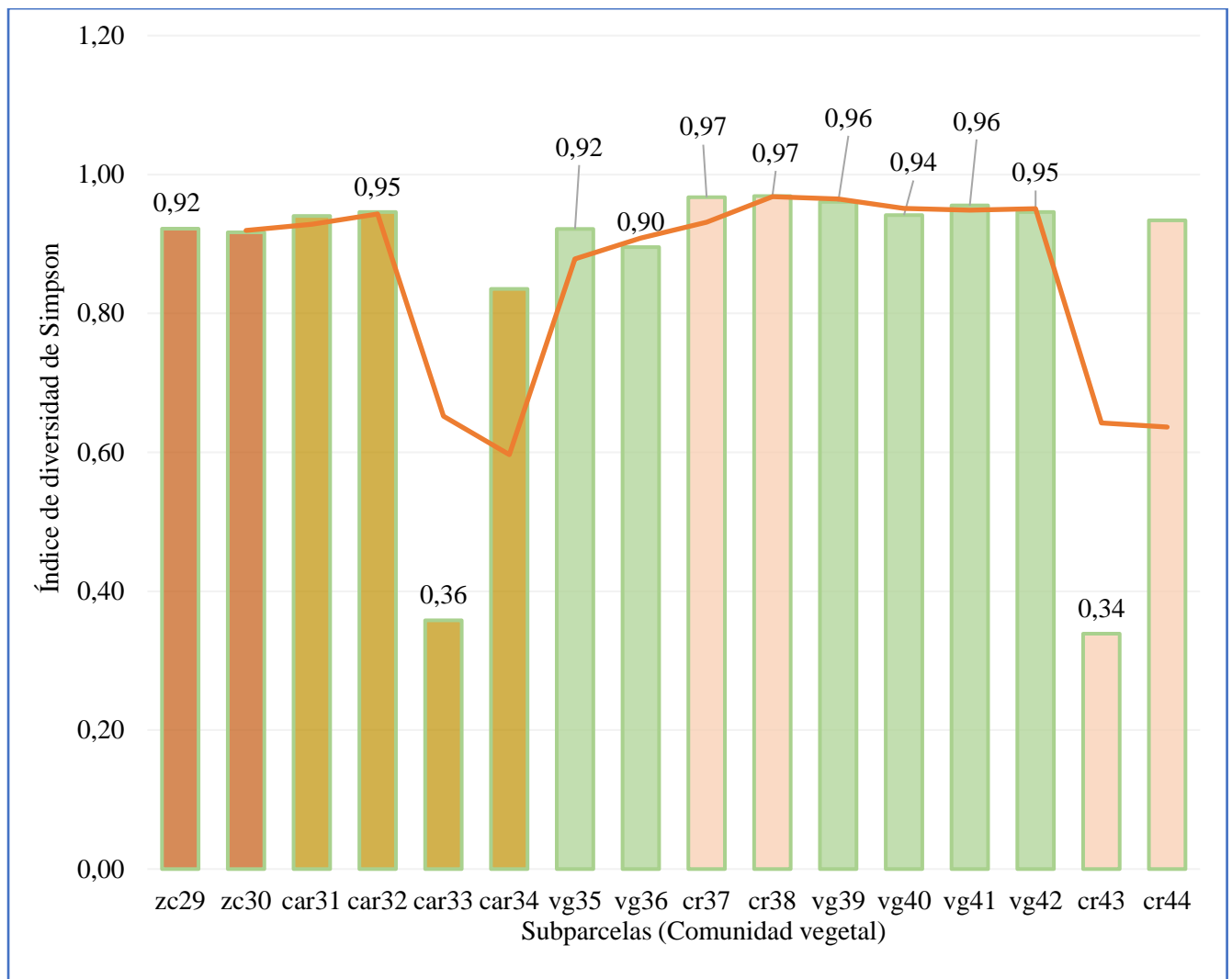
Para los valores de riqueza el sitio definido como Cortinas rompevientos de árboles dispersos (cr) presento el mayor número de riqueza. Por ende, la mayor cantidad de especies registradas en la zona altitudinal alta presentes en las subparcelas de cr37 y cr38. La comunidad vegetal de Cafetal arbolado (ca) en la subparcela car31 obtuvo un valor alto de riqueza. Por último, una tercera comunidad vegetal con valores altos de riqueza se presentó el Vegetación de galería, específicamente en la subparcela de car31.

Cuadro 14. Datos obtenidos en los muestreos realizados en la zona alta.

Altitud (msnm)	Sitio	Comunidad vegetal	Subparcela	N ° Ind.	Riqueza
1423	15	Zona de cultivo	zc29	209	22
			zc30	229	30
1427	16	Café arbolado	car31	100	31
			car32	90	24
1496	17	Café arbolado	car33	73	11
			car34	77	11
1512	18	Vegetación de galería	vg35	99	22
			vg36	88	22
1527	19	Cortinas rompevientos, árboles dispersos en cercas	cr37	211	48
			cr38	250	49
1592	20	Vegetación de galería	vg39	97	29
			vg40	76	27
1614	21	Vegetación de galería	vg41	100	28
			cg42	80	26
1630	22	Cortinas rompevientos, árboles dispersos en cercas	cr43	104	29
			cr44	106	31

Nota: zc: Zona de cultivo, car: Cafetal arbolado, vg: Vegetación de galería, cr: Cortina rompevientos, árboles dispersos en cercas.

Para los valores de diversidad registrados en la zona altitudinal alta y mostrados en la **figura 7**. El sitio 19 identificado como una comunidad vegetal de Cortina rompevientos, con árboles dispersos en cercas, presentaron los valores más altos de diversidad con 0,97, esto para las subparcelas cr37 y cr38. Como se ha descrito en la zona altitudinal baja y mediana los valores más altos de diversidad se han presentado en la Vegetación de galería. En el caso de la zona altitudinal alta, los valores estuvieron cercanos a los valores presentados en las subparcelas de cr37 y cr38; ya que la subparcela vg39 y vg41, presentaron una diversidad de 0,96, esto para la Vegetación de galería. Además, en la misma comunidad vegetal se puede observar una misma tendencia de los datos para las subparcelas mostradas en la vegetación de galería, especialmente en las subparcelas vg35, vg39, vg40, vg41 y vg42. Con la tendencia del total de los datos presentes en la zona altitudinal alta, se presenta una fluctuación para las comunidades vegetales en los cuales han estado influenciado por las actividades humanas representados en el Cafetal arbolado (car33) y Cortina rompevientos, árboles dispersos en cercas. Dicha tendencia se presentó de forma diferente para Vegetación de galería, ya que las subparcelas presentaron valores similares de diversidad.



Nota: zc: Zona de cultivo, car: Cafetal arbolado, vg: Vegetación de galería, cr: Cortina rompevientos, árboles dispersos en cercas,

Figura 8. Índice de diversidad de Simpson en las comunidades vegetales para la zona alta, ordenadas de menor a mayor altitud.

En el caso de los porcentajes de similitud de Sorensen expuestos en el **cuadro 14** las semejanzas se presentaron entre las mismas comunidades vegetales. Las comunidades vegetales con un porcentaje alto, la comunidad vegetal de Cafetal arbolado (car) presentó una semejanza del 100%, esto para las subparcelas car33 y car34. De igual forma la comunidad vegetal de Vegetación de galería, obtuvo una semejanza del 100% en las subparcelas vg35 y vg36. Otra comunidad vegetal con un grado de

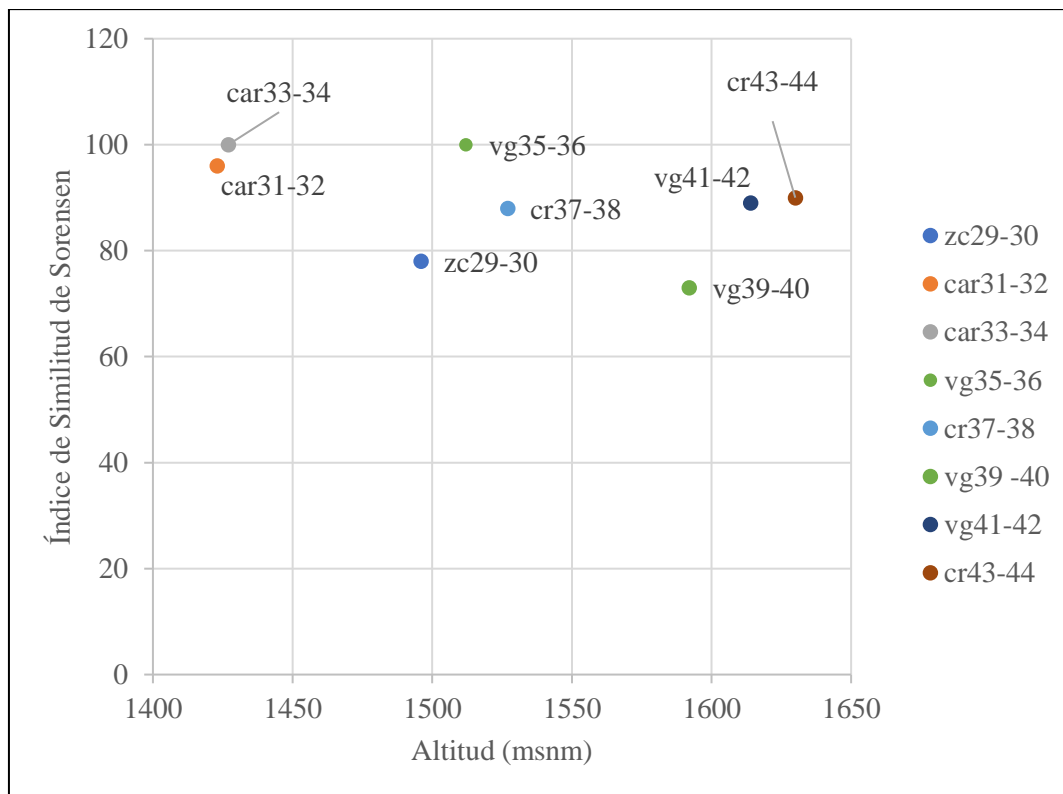
parentesco se presentó en el sitio de Cortina rompevientos de árboles dispersos en cercas, el cual presentó una similitud del 90%.

Los porcentajes mayores de similitud de Sorensen vistos en la **figura 6** y obtenidos con los muestreos en las subparcelas de la zona altitudinal alta. Se puede distinguir la Vegetación de galería como la comunidad vegetal, con los mayores valores de semejanza.

Cuadro 15. Valores del índice de Sorensen para 16 subparcelas en la zona alta.

	zc29	zc30	car31	car32	car33	car34	vg35	vg36	cr37	cr38	vg39	vg40	vg41	vg42	cr43	cr44	
zc29		78	9	9	6	6	5	5	0	3	8	12	0	0	12	11	
zc30			4	4	6	6	4	4	0	3	8	12	0	0	11	11	
car31				96	23	23	13	13	8	8	15	16	27	27	23	18	
car32					23	23	13	13	8	8	15	16	27	24	19	22	
car33						100	12	12	0	0	0	5	5	5	0	0	
car34							12	12	0	0	0	5	5	5	0	0	
vg35								100	9	9	8	12	8	13	20	19	
vg36									9	9	8	12	12	13	20	19	
cr37										88	16	16	24	19	16	20	
cr38											21	19	24	22	21	23	
vg39												73	39	37	25	20	
vg40														47	49	32	28
vg41															89	21	20
vg42																18	21
cr43																	90

Nota: zc: Zona de cultivo, car: Cafetal arbolado, vg: Vegetación de galería, cr: Cortina rompevientos de árboles dispersos en cercas.



Nota: zc: Zona de cultivo, car: Cafetal arbolado, vg: Vegetación de galería, cr: Cortina rompevientos, árboles dispersos en cercas.

Figura 9. Mayores índices de similitud de Sorensen de acuerdo con la altitud en la zona alta.

4.3 Diseño de enriquecimiento forestal para la rehabilitación con especies idóneas.

Los Ortomosaicos mostrados indican cambios en la cobertura de la vegetación (**figura 9, 10 y 11**). Estos cambios están influenciados por las decisiones de la sociedad y los modelos de desarrollo en un cantón o ciudad. Por esto el monitoreo del VANT es fundamental para demostrar la existencia de comunidades vegetales nativas y la importancia de buscar un manejo de desarrollo adaptativo que vincule a la sociedad mediante prácticas de conservación en las áreas verdes de importancia ecológica como los Bosques secundarios y Bosques de galería encontrados que el desarrollo de la biodiversidad principalmente para las áreas verdes de importancia ecológica como Bosques secundarios y Bosques de galería.

Es relevante indicar que las vegetaciones circundantes en las áreas de muestreo presentan una mayor interacción ambiental si se mantienen las vegetaciones con diversas funciones sociales y aumentar así

la biodiversidad en el entorno. Por ejemplo, en el muestreo realizado al Bosque Secundario (figura 3) en el Centro Educativo para Niños y Adolescentes se mantiene conexas a áreas de Café con sombra y a Bosque de galería. De ello la importancia de darle relevancia y uso a las formaciones vegetales en las ciudades y su papel predominante en el desarrollo económico de una sociedad.



Figura 10. Ortomosaico # 1 de las áreas de muestreo en el Palmar las Gravileas en zona urbana San Rafael, Heredia.

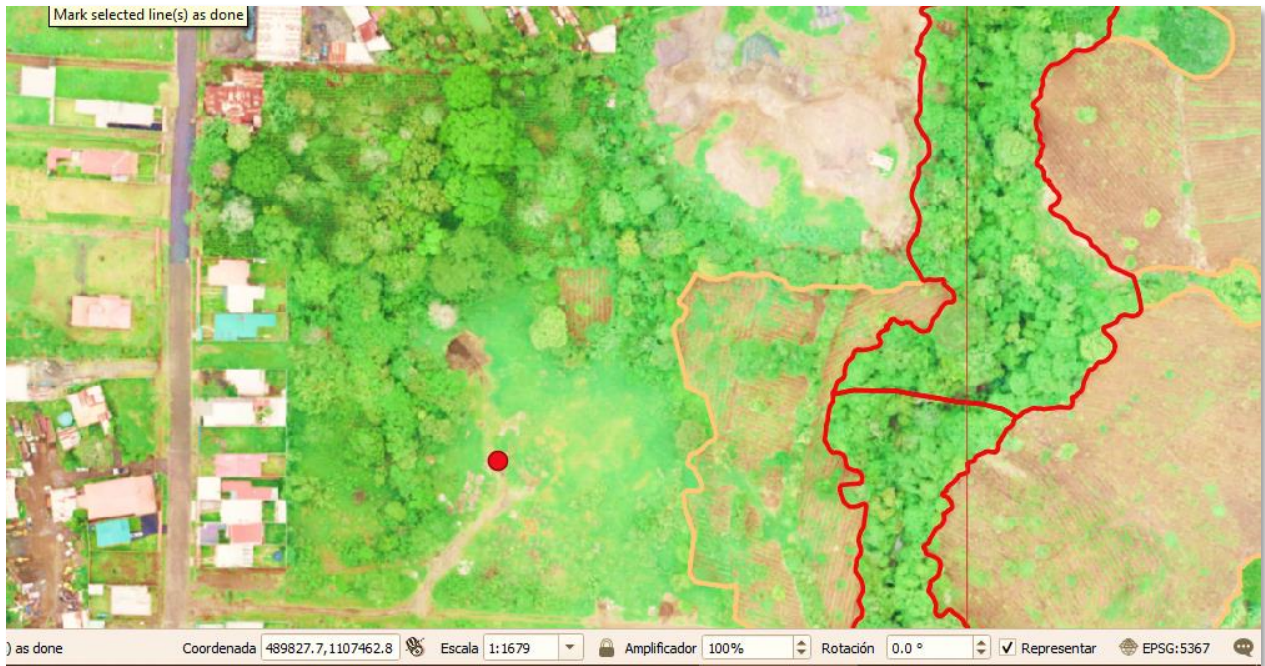


Figura 11. Ortomosaico # 2 de las áreas de muestreo en calle manzanos San Rafael, Heredia.



Figura 12. Ortomosaico # 3 de las áreas de muestreo para los sitios 7 y 8 en el Centro Educativo Universitario (CEUNA) San Rafael, Heredia.

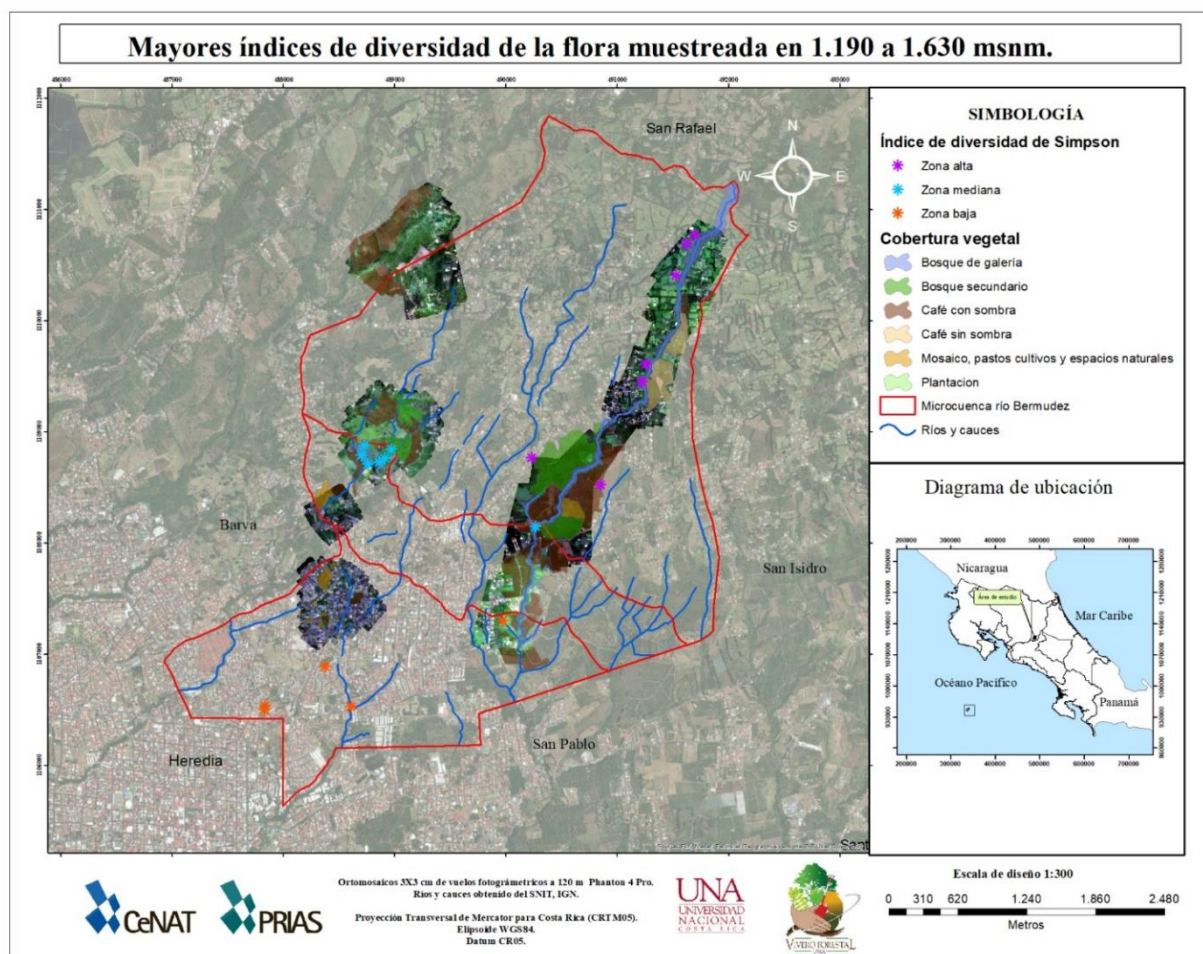
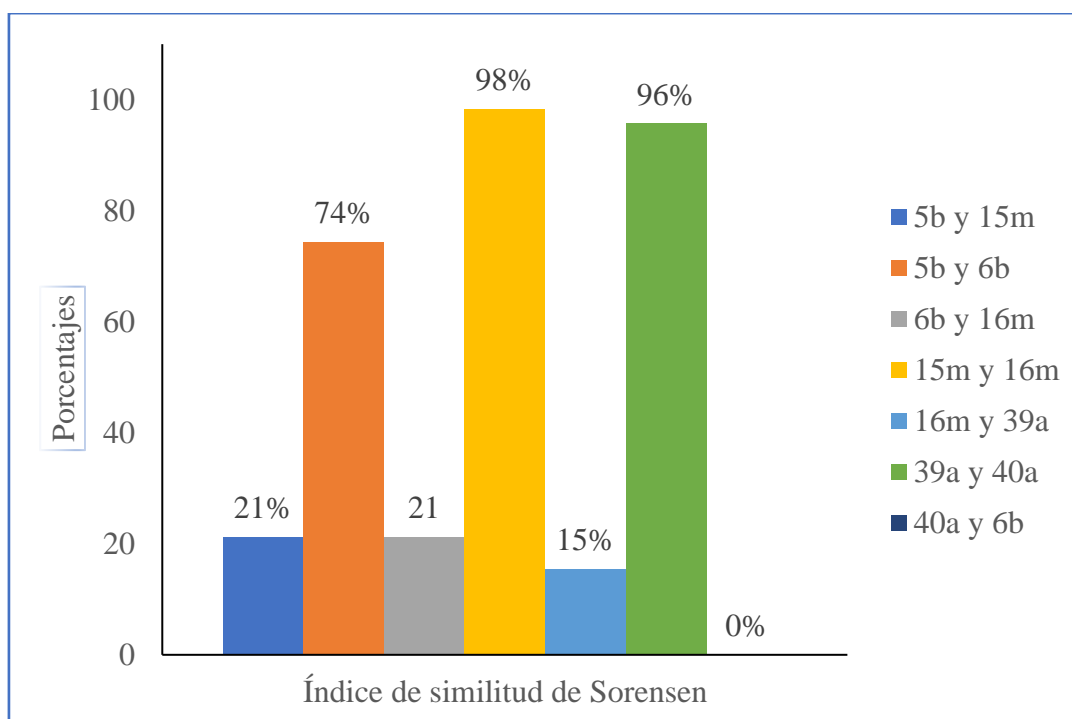


Figura 13. Comunidades vegetales muestreadas en la microcuenca del río Bermúdez, en las altitudes de 1190 a 1630 msnm.



Nota: 5b: subparcela 5 de la zona baja, 6b: subparcela 6 de la zona baja, 15m: subparcela 15 de la zona media, 16m: subparcela 16 de la zona media, 39m: subparcela 39 de la zona alta, 40a: subparcela 40 de la zona alta.

Figura 14. Subparcelas muestreadas en la Vegetación de galería para la zona baja, mediana y alta.

Cuadro 16. Especies de árboles encontradas en la zona altitudinal baja con variables ecológicas, cualidades potenciales de la especie y su valoración total.

Nombre científico	Nombre común	D	Fr	Pi	O	A	L	Cr	Cv	Cs	Ma	Me	Ama	Av	Total
<i>Robinsonella lindeniana</i>	Jocorró	3	3	3	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	15
<i>Croton niveus</i>	Colpachí	2	2	2	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	13
<i>Trichilia havanensis</i>	Uruca	2	2	2	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	13
<i>Aiouea montana</i>	Aguacatillo	1	2	2	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	12
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	12

<i>Inga edulis</i>	Guaba chilillo	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	12
<i>Inga vera</i>	Guaba	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	12
<i>Mauria heterophylla</i>	Cirrí colorado	1	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	12
<i>Persea americana</i>	Aguacate	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	12
<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	1	2	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	12
<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	1	2	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	12
<i>Bunchosia macrophylla</i>	Cereza	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	11
<i>Mangifera indica</i>	Mango	1	2	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	11
<i>Persea caerulea</i>	Aguacatillo	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	11
<i>Sapium glandulosum</i>	Yos	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	11
<i>Sapium macrocarpum</i>	Palo de leche	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	11
<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	10
<i>Ficus costaricana</i>	Higuerón colorado	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	10
<i>Ficus jimenezii</i>	Higuerón	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	10
<i>Malpighia glabra</i>	Acerola	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	10
<i>Tabebuia rosea</i>	Roble sabana	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	10
<i>Casearia corymbosa</i>	Cerito	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	9
<i>Cupressus lucitanica</i>	Ciprés	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	9
<i>Diphysa americana</i>	Madero negro	1	2	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	9
<i>Eriobotria japonica</i>	Nispero	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	9
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Poró gigante	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	9
<i>Calliandra calothyrsus</i>	Cabello de ángel	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	8
<i>Carica papaya</i>	Papaya	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	8
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro dulce	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	8
<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	8

<i>Albizia adinocephala</i>	Gavilán	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	7
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	7
<i>Critoniopsis triflosculosa</i>	-	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	7
<i>Eucalyptus cinerea</i>	Eucalipto plateado	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	7
<i>Spathodea campanulata</i>	Llama del bosque	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	6

Cuadro 17. Especies de arbustos encontrados en la zona altitudinal baja con variables ecológicas, cualidades potenciales de la especie y su valoración total.

Nombre científico	Nombre común	Origen	D	Fr	Pi	O	A	L	S	Cv	Me	Ama	Av	Total
<i>Acnistus arborescens</i>	Guitite	Nativo	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
<i>Rivina humilis</i>	-	Nativo	3	3	3	1	0	0	0	0	1	1	1	13
<i>Hamelia patens</i>	Coralillo	Nativo	1	3	1	1	0	0	1	1	1	1	1	11
<i>Capsicum annum</i>	Ají	Nativo	1	2	1	1	1	0	1	0	1	1	1	10
<i>Piper umbellatum</i>	Anis	Nativo	1	2	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
<i>Cestrum lanatum</i>	Zorrillo	Nativo	1	2	1	1	0	0	1	0	1	1	1	9
<i>Cestrum megalophyllum</i>	Huele noche	Nativo	1	2	1	1	0	0	1	0	1	1	1	9
<i>Dracaena fragrans</i>	-	Nativo	1	3	1	1	0	0	0	1	1	0	1	9
<i>Lippia graveolens</i>	-	Nativo	1	2	1	1	1	1	1	0	1	0	0	9
<i>Piper imperiale</i>	-	Nativo	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	9
<i>Vernonia patens</i>	Tuete	Nativo	1	3	1	1	0	0	1	1	1	0	0	9
<i>Cestrum macrophyllum</i>	Huele noche	Nativo	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	8
<i>Critonia morifolia</i>	-	Nativo	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	8
<i>Mirabilis jalapa</i>	Jalapa	Nativo	1	2	1	1	0	0	1	0	1	0	1	8
<i>Montanoa hibiscifolia</i>	Tora	Nativo	1	3	1	1	0	0	1	0	1	0	0	8
<i>Solanum torvum</i>	-	Nativo	1	2	1	1	0	0	0	0	1	1	1	8
<i>Yucca guatemalensis</i>	Itabo	Nativo	1	2	1	1	1	0	0	0	1	0	0	7
<i>Cordyline fruticosa</i>	-	Nativo	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	6
<i>Neurolaena lobata</i>	Gavilana	Nativo	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	6
<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	Nativo	1	2	1	1	0	0	0	0	1	0	0	6
<i>Urera caracasana</i>	Ortiga	Nativo	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	6
<i>Podachaenium eminens</i>	-	Nativo	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	5
<i>Telanthophora grandifolia</i>	-	Nativo	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	5

Cuadro 18. Especies de árboles encontrados en la zona altitudinal media con variables ecológicas, cualidades potenciales y su valoración total.

Nombre científico	Nombre común	D	Fr.	Pi	O	A	L	Cr	Cv	Cs	Ma	Me	Ama	Av	Total
<i>Ocotea praetermissa</i>	Aguacatillo	3	3	3	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	18
<i>Ocotea atirrensis</i>	Quizarrá canela	3	2	3	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	17
<i>Tabernaemontana donnell-smithii</i>	Bijarro	3	3	2	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	16
<i>Mauria heterophylla</i>	Cirrí colorado	2	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	13
<i>Ocotea mollicella</i>	Quizarrá	1	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	13
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ojoche	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	12
<i>Conostegia xalapensis</i>	Lengua de vaca	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	12
<i>Inga punctata</i>	-	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	12
<i>Inga vera</i>	Guaba	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	12
<i>Ocotea sinuata</i>	Quizarrá	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	12
<i>Sapium glandulosum</i>	Yos	1	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	12
<i>Syzygium jambos</i>	Manzana de agua	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	12
<i>Bunchosia costaricensis</i>	Cereza	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	11
<i>Citharexylum donnell-smithii</i>	Dama	1	2	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	11
<i>Ehretia latifolia</i>	Raspaguacal	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	11
<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	11
<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	11
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Cortez negro	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	11
<i>Myrcia chytraculia</i>	Murta	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	11
<i>Senna papillosa</i>	Candelillo	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	11
<i>Senna septemtrionalis</i>	Candelillo	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	11
<i>Sizigium paniculatum</i>	Manzanita	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	11
<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	11
<i>Trichilia havanensis</i>	Uruca	1	2	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	11
<i>Viburnum costaricanum</i>	Curá	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	11
<i>Citharexylum caudatum</i>	Dama	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	10
<i>Croton draco</i>	Targua	1	3	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	10
<i>Eriobotria japonica</i>	Nispero	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	10
<i>Erythrina fusca</i>	Poró extranjero	1	2	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	10
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Poró grande	1	2	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	10
<i>Ficus crassiuscula</i>	-	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	10
<i>Ficus insipida</i>	-	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	10
<i>Ficus jimenezii</i>	Higuerón	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	10
<i>Juglans olanchana</i>	Nogal	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	10
<i>Leucaena leucocephala</i>	Ipil ipil	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	10
<i>Malpighia glabra</i>	Acerola	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	10
<i>Pleurothyrium palmanum</i>	-	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	10
<i>Robinsonella lindeniana</i>	Jocorró	1	2	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	10
<i>Turpinia occidentalis</i>	Falso cristobal	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	10
<i>Vernonanthura patens</i>	Tuete	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	10

<i>Annona cherimola</i>	Anona	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	9
<i>Erythrina berteroana</i>		1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	9
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro amargo	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	8
<i>Citrus sinensis</i>	Naranja	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	8
<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	8
<i>Cupania glabra</i>	Cascua	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	8
<i>Diphysa americana</i>	Madero negro	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	8
<i>Indigofera suffruticosa</i>	-	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	8
<i>Tecoma stans</i>	Vainillo	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	8
<i>Cecropia obtusifolia</i>	Guatumo	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7
<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7
<i>Spathodea campanulata</i>	Llama del bosque	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	6

Cuadro 19. Especies de arbustos encontrados en la zona altitudinal media con variables ecológicas, cualidades potenciales de la especie y su valoración total.

Especie	Nombre común	D	Fr	Pi	O	A	L	S	Cv	Me	Ama	Av	Total
<i>Acnistus arborescens</i>	Guitite	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
<i>Hamelia patens</i>	Coralillo	1	3	1	1	1	0	1	1	1	1	1	12
<i>Piper amalago</i>	Anis	1	3	1	1	0	0	1	1	1	1	1	11
<i>Picramnia teapensis</i>	-	1	2	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
<i>Rivina humilis</i>	Carmín	2	2	2	1	0	0	0	0	1	1	1	10
<i>Ardisia compressa</i>	Tucuico	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	9
<i>Parathesis glabra</i>	-	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	9
<i>Piper aduncum</i>	-	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	9
<i>Piper umbellatum</i>	-	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	9
<i>Psychotria sylvivaga</i>	-	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	9
<i>Critonia morifolia</i>	-	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	8
<i>Megaskepasma erythrochlamys</i>	Pavón rojo	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	8
<i>Miconia prasina</i>	-	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	8
<i>Odontonema tubaeforme</i>	-	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	8
<i>Saurauia montana</i>	-	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8
<i>Solanum incomptum</i>	-	1	2	1	1	0	0	0	0	1	1	1	8
<i>Dracaena fragrans</i>	-	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	7
<i>Malvaviscus arboreus</i>	Amapola	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	7
<i>Psidium guineense</i>	Guizaro	1	2	1	0	0	0	0	0	1	1	1	7
<i>Solanum torvum</i>	-	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	7
<i>Varronia spinescens</i>	-	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	7
<i>Vernonia patens</i>	Tuete	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	7
<i>Verbesina montanoifolia</i>	Tora	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	6
<i>Yucca guatemalensis</i>	Itabo	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	6
<i>Acalypha ferdinandii</i>		1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	5

<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	5
-------------------------	------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Cuadro 20. Especies de árboles encontrados en la zona altitudinal alta con variables ecológicas, cualidades potenciales de la especie y su valoración total.

Nombre científico	Nombre común	D	Fr	Pi	O	A	L	Cr	Cv	Cs	Ma	Me	Ama	Av	Total
<i>Ocotea atirrensis</i>	Quizarrá canela	3	3	3	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	18
<i>Viburnum costaricanum</i>	Curá	3	2	3	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	16
<i>Conostegia xalapensis</i>	Lengua de vaca	2	3	2	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	15
<i>Croton niveus</i>	Colpachí	3	2	3	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	15
<i>Inga oerstediana</i>	-	2	2	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	15
<i>Myrcia pittieri</i>	Murta	2	2	2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	15
<i>Bunchosia costaricensis</i>	Cereza	2	2	2	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	14
<i>Ficus pertusa</i>	-	2	3	2	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	14
<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	2	2	2	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	14
<i>Mauria heterophylla</i>	Cirrí colorado	2	2	2	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	14
<i>Myrcianthes fragans</i>	Murta	2	2	2	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	14
<i>Myrsine coriacea</i>	Ratoncillo	2	2	2	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	14
<i>Ocotea mollicella</i>	Quizarrá	2	1	2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	14
<i>Ocotea praetermissa</i>	Aguacatillo	2	1	2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	14
<i>Trichilia havanensis</i>	Uruca	2	3	2	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	14
<i>Eugenia costaricensis</i>	Guayabillo	2	1	2	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	13
<i>Inga punctata</i>	-	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	13
<i>Prunus annularis</i>	-	2	1	2	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	13
<i>Sorocea trophoides</i>	Ojochillo	1	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	13
<i>Staphylea occidentalis</i>	Falso cristobal	2	2	2	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	13
<i>Syzygium malaccense</i>	Manzana de agua	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
<i>Cupressus lusitanica</i>	Ciprés	2	2	2	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	12
<i>Inga longispica</i>	-	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	12
<i>Myrcia chytraculia</i>	Murta	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	12
<i>Ocotea sinuata</i>	Quizarrá	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	12
<i>Oreopanax xalapensis</i>	Cacho de venado	1	2	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	12
<i>Persea americana</i>	Aguacate	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	12
<i>Persea caerulea</i>	Aguacatillo	1	2	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	12
<i>Robinsonella lindeniana</i>	Jocorro	2	2	2	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	12
<i>Tabernaemontana donnell-smithii</i>	Bijarro	1	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	12
<i>Tapirira brenesii</i>	Cirrí	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	12
<i>Blakea gracilis</i>	Catarina	2	2	2	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	11

<i>Citharexylum donnel-smithii</i>	Dama	1	2	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	11
<i>Ehretia latifolia</i>	Raspaguacal	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	11
<i>Eugenia austin-smithii</i>		1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	11
<i>Eugenia cartagensis</i>		1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	11
<i>Heliocarpus americanus</i>	Burío	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	11
<i>Lonchocarpus oliganthus</i>	Chaperno	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	11
<i>Oreopanax capitatus</i>	Cacho de venado	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	11
<i>Oreopanax pycnocarpus</i>	Cacho de venado	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	11
<i>Quercus seemannii</i>	Roble	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	11
<i>Roupala montana</i>	Danto	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	11
<i>Sapium macrocarpum</i>	Palo de leche	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	11
<i>Sapium pachystachys</i>		1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	11
<i>Styrax argenteus</i>	Asca	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	11
<i>Trema micrantha</i>	Jucó	1	2	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	11
<i>Aiouea montana</i>	Aguacatillo	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	10
<i>Annona cherimola</i>	Anona	1	2	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	10
<i>Ficus tuerckheimii</i>		1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	10
<i>Freziera candicans</i>	Coral	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	10
<i>Mangifera indica</i>	Mango	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	10
<i>Pouteria fossicola</i>	-	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	10
<i>Trichilia glabra</i>	-	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	10
<i>Turpinia occidentalis</i>	Falso cristobal	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	10
<i>Vernonanthura patens</i>		1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	10
<i>Wercklea lutea</i>	Clavelón de montaña	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	10
<i>Xylosma velutina</i>	Peiput	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	10
<i>Croton draco</i>	Targuá	1	2	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	9
<i>Eriobotria japonica</i>	Nispero	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	9
<i>Erythrina berteroaana</i>		1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	9
<i>Erythrina fusca</i>	Poró	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	9
<i>Cedrela tonduzii</i>	Cedro dulce	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	8
<i>Cnidoscolus aconitifolius</i>	Chicasquil	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	8
<i>Cyphomandra betacea</i>	Tomate de árbol	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	8
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	7
<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7

Cuadro 21. Especies de arbustos encontrados en la zona altitudinal alta con variables ecológicas, cualidades potenciales de la especie y su valoración total.

Nombre científico	Nombre común	D	Fr	Pi	O	A	L	S	Cv	Me	Ama	Av	Total
<i>Acnistus arborescens</i>	Guitite	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
<i>Hamelia patens</i>	Coralillo	1	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	11
<i>Palicourea padifolia</i>	Cafecillo	2	2	2	1	0	0	1	1	1	0	1	11
<i>Amyris brenesii</i>	-	1	2	1	1	0	1	1	1	1	0	0	9
<i>Cestrum irazuense</i>	-	1	2	1	1	0	0	1	0	1	1	1	9
<i>Fuchsia paniculata</i>	Achiotillo	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	9
<i>Gonzalagunia rosea</i>	-	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	9
<i>Malvaviscus arboreus</i>	Amapola	1	2	1	1	0	0	1	1	1	0	1	9
<i>Piper auritum</i>	Hoja de estrella	1	2	1	1	0	0	1	1	1	1	0	9
<i>Clidemia hirta</i>	-	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	8
<i>Dracaena fragrans</i>	-	1	2	1	1	0	0	0	1	1	0	1	8
<i>Frangula oreodendron</i>	-	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	8
<i>Picramnia teapensis</i>	-	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	8
<i>Piper aduncum</i>	Anis	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	8
<i>Piper umbellatum</i>	Anis	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	8
<i>Rondeletia amoena</i>	Anis	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	8
<i>Solanum lycopersicum</i>	-	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	8
<i>Solanum lanceolatum</i>	Zorrillo	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	7
<i>Berberis hemsleyi</i>	-	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	7
<i>Cornutia pyramidata</i>	-	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	7
<i>Mirabilis jalapa</i>	Jalapa	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	7
<i>Psidium guineense</i>	Guizaro	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	7
<i>Saurauia montana</i>	-	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	7
<i>Solanum torvum</i>	-	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	7
<i>Clusia salvinii</i>	-	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	6
<i>Cordyline fruticosa</i>	-	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	6
<i>Hoffmannia psychotriifolia</i>	-	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	6
<i>Montanoa hibiscifolia</i>	Tora	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	6
<i>Rivina humilis</i>	Carmín	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	6
<i>Solanum nudum</i>		1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	6
<i>Verbesina montanoifolia</i>	Tuete	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	6
<i>Acalypha ferdinandii</i>	-	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	5
<i>Solanum incomptum</i>	-	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	5

4.4 Rehabilitación de comunidades vegetales.

La información obtenida de la flora a partir de los datos de campo permite distinguir especies de árboles y arbustos con características específicas, las cuales son el fundamento para definir la función

y papel en su entorno; así como la selección del espacio para ser plantada el árbol o arbusto. Y su posterior valorización con parámetros ecológicos como la densidad, frecuencia y proporción representada en los individuos presentes de las especies. A su vez de la valorización de las cualidades que el árbol y arbusto pueda presentar, como parte de los servicios ecosistémicos que pueden presentar las especies de árboles. Es una base para la propuesta de rehabilitación con especies propias en un rango altitudinal. De esta forma se puede disponer de una lista de especies de árboles y arbustos, categorizadas con un rango altitudinal, valorizadas con un peso ecológico y definido con cualidades propias de cada especie.

Teniendo en consideración los usos de suelo y las características presenciadas en el área de estudio de la microcuenca del río Bermúdez. Se dispondrá de 4 ambientes eco-urbanos como propuesta de rehabilitación ecológica, los cuales se definirán a continuación:

4.4.1 Parques y aceras

Para la conformación de un espacio en una acera el principal atributo de las especies a considerar para ser plantadas es que sean arbustivas. Ya que normalmente en las aceras se presentan espacios muy reducidos para el desarrollo de la especie. Continuando con el enfoque del escrito se presentarán especies que cumplan un valor al Servicio Ecosistémico al entorno y se pueda aumentar las interrelaciones entre la fauna y la flora. Es por ello se presentan especies con la función y cualidad de ser *ornamentales, melíferas, atracción de aves y mamíferos*; por último, las características de la especie por formar *setos* a través de las podas.

Cuadro 22. Condiciones físicas necesarias de espacio para el desarrollo de las especies en los parques y aceras, con características para el desarrollo óptimo del arbusto o árbol.

Descripción del espacio: Son suelos compactados, desprovistos de suelo.	
Enmiendas	Requerimientos de las especies.

<p>a) <i>Reconstrucción del suelo urbano</i>. Adición de chips o materia orgánica (humus). Adicionar al suelo trichoderma o fertilizantes para mejorar la disponibilidad de nutrientes para el árbol.</p>	<p>a) <i>Características de la especie</i>: Melíferas, atracción de aves y mamíferos.</p>
<p>b) <i>Tamaño del almacigo del árbol</i>. Diferentes procesos de crecimiento del árbol, hasta la obtención de un tamaño adecuado del árbol.</p>	<p>b) <i>Tamaño mínimo de la especie</i>: En caso de seleccionar árboles en las aceras es recomendable una altura máxima de 5m. En este caso es preferible usar arbustos, ya que mantienen una altura mínima de 5 m.</p>
<p>c) <i>Conflicto</i>: Tamaño del fruto, tamaño del árbol, acercamiento de la fauna.</p>	<p>c) <i>Resistente a podas</i>: Un árbol perennifolio.</p>

Fuente: Elaboración propia con fuentes bibliográficas.

Cuadro 23. Especies de árboles idóneos para parques en la zona altitudinal baja de 1190 a 1284 msnm.

Nombre científico	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Trichilia havanensis</i>	Uruca	Pequeño	Nativo	15
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance	Mediano	Nativo	13
<i>Mauria heterophylla</i>	Cirrí colorado	Mediano	Nativo	13
<i>Aiouea montana</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	12
<i>Bunchosia macrophylla</i>	Cereza	Pequeño	Nativo	12
<i>Croton niveus</i>	Colpachí	Pequeño	Nativo	12
<i>Ficus costaricana</i>	Higuerón colorado	Grande	Nativo	12
<i>Inga edulis</i>	Guaba chilillo	Mediano	Nativo	12
<i>Malpighia glabra</i>	Acerola	Pequeño	Nativo	12
<i>Robinsonella lindeniana</i>	Jocorro	Pequeño	Nativo	12
<i>Sapium glandulosum</i>	Yoss	Pequeño	Nativo	12
<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	Mediano	Nativo	11

<i>Inga vera</i>	Guaba	Pequeño	Nativo	11
<i>Persea caerulea</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	11
<i>Sapium macrocarpum</i>	Palo de leche	Pequeño	Nativo	11
<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	Mediano	Nativo	11
<i>Ficus jimenezii</i>	Higuerón blanco	Grande	Nativo	10
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Mediano	Exótico	10
<i>Persea americana</i>	Aguacate	Pequeño	Exótico	10
<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	Pequeño	Nativo	10
<i>Tabebuia rosea</i>	Roble sabana	Mediano	Nativo	10

Trichilia havenensis: Con sombra, Ornamental, Cortina rompevientos, Cerca vivas, Leña, Melíferas y Atracción de ves. De follaje denso perennifolio, con atracción de aves por las semillas llamativas.

Mauria heterophylla: Ornamental, con sombra, cortina rompeviento, cerca viva, Leña, melífera, atracción de aves. De follaje denso perennifolio, fruto apetecido por aves.

Aiouea montana: Ornamental, con sombra, cortina rompeviento De follaje denso perennifolio, arilo apetecido por aves.

Bunchosia macrophylla: Flores amarillas y frutos anaranjados; comestibles y de alimento para aves.

Malpighia glabra: Flores llamativas de color rosado y blanco. Sus frutos son apetecidos por las aves.

Cuadro 23. Especies de arbustos idóneos para parques y aceras en la zona altitudinal baja de 1190 a 1284.

Nombre científico	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Acnistus arborescens</i>	Guitite	Mediano	Nativo	13
<i>Rivina humilis</i>	Carmín	Pequeño	Nativo	13
<i>Hamelia patens</i>	Coralillo	Mediano	Nativo	11
<i>Capsicum annuum</i>	Ají	Pequeño	Nativo	10
<i>Piper umbellatum</i>	Anís	Mediano	Nativo	10

Acnistus arborescens: Fruto de color naranja, es bastante apetecido por las aves. Presenta una floración blanca llamativa.

Rivina humilis: Su fruto rojo es vistoso y apetecido por las aves. El rojo intenso en su fruto lo hace un arbusto ornamental.

Cuadro 24. Especies de árboles idóneos para parques en la zona altitudinal media de 1300 a 1346 msnm.

Nombre científico	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Ocotea praetermissa</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	18
<i>Ocotea atirrensis</i>	Quizarrá canela	Mediano	Nativo	17
<i>Tabernaemontana donnell-smithii</i>	Bijarro	Pequeño	Nativo	16
<i>Mauria heterophylla</i>	Cirrí colorado	Mediano	Nativo	13
<i>Ocotea mollicella</i>	Quizarrá	Pequeño	Nativo	13
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ojoche	Mediano	Nativo	12
<i>Conostegia xalapensis</i>	Lengua de vaca	Mediano	Nativo	12
<i>Inga punctata</i>	Cuajiniquil	Pequeño	Nativo	12
<i>Inga vera</i>	Guaba	Pequeño	Nativo	12
<i>Ocotea sinuata</i>	Quizarrá	Mediano	Nativo	12
<i>Sapium glandulosum</i>	Yos	Mediano	Nativo	12
<i>Syzygium jambos</i>	Manzana de agua	Mediano	Exótico	12
<i>Bunchosia costaricensis</i>	Cereza	Pequeño	Nativo	11
<i>Citharexylum donnel-smithii</i>	Dama	Pequeño	Nativo	11
<i>Ehretia latifolia</i>	Raspaguacal	Mediano	Nativo	11
<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	Pequeño	Exótico	11
<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	Mediano	Nativo	11
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Cortez negro	Mediano	Nativo	11
<i>Myrcia chytraculia</i>	Mediano	Mediano	Nativo	11
<i>Senna papillosa</i>	Candelillo	Pequeño	Nativo	11
<i>Senna septemtrionalis</i>	Candelillo	Pequeño	Nativo	11
<i>Sizigium paniculatum</i>	Manzanita	Mediano	Exótico	11
<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	Mediano	Nativo	11
<i>Trichilia havanensis</i>	Uruca	Pequeño	Nativo	11
<i>Viburnum costaricanum</i>	Curá	Pequeño	Nativo	11
<i>Citharexylum caudatum</i>	Dama	Mediano	Nativo	10
<i>Croton draco</i>	Targua	Mediano	Nativo	10
<i>Eriobotria japonica</i>	Nispero	Pequeño	Exótico	10
<i>Erythrina fusca</i>	Poró extranjero	Mediano	Exótico	10
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Poró gigante	Grande	Exótico	10
<i>Ficus crassiuscula</i>	Higuerón	Mediano	Nativo	10
<i>Ficus insipida</i>	Higuerón	Grande	Nativo	10
<i>Ficus jimenezii</i>	Higuerón	Grande	Nativo	10
<i>Juglans olanchana</i>	Nogal	Grande	Exótico	10
<i>Leucaena leucocephala</i>	Ipil ipil	Pequeño	Nativo	10

<i>Malpighia glabra</i>	Acerola	Pequeño	Nativo	10
<i>Pleurothyrium palmanum</i>	-	Grande	Nativo	10
<i>Robinsonella lindeniana</i>	Jocorró	Pequeño	Nativo	10
<i>Staphylea occidentalis</i>	Falso cristobal	Mediano	Nativo	10
<i>Vernonanthura patens</i>	Tuete	Pequeño	Nativo	10

Ocotea praetermissa: Presenta un fruto bastante apetecido por las aves.

Ocotea atirrensis: De importancia ecológica para las especies de aves.

Tabernaemontana donnell-smithii: Su floración amarilla con blanco lo hace ser un árbol.

Cuadro 25. Especies de arbustos idóneos para parques y aceras en la zona altitudinal media de 1300 a 1346 msnm.

Nombre científico	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Acnistus arborescens</i>	Guitite	Mediano	Nativo	12
<i>Hamelia patens</i>	Coralillo	Mediano	Nativo	12
<i>Piper amalago</i>	Anís	Mediano	Nativo	11
<i>Picramnia teapensis</i>	-	Pequeño	Nativo	10
<i>Rivina humilis</i>	Carmín	Pequeño	Nativo	10

Cuadro 26. Especies de árboles idóneos para parques en la zona altitudinal alta de 1423 a 1630 msnm.

Especie	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Ocotea atirrensis</i>	Quizarrá canela	Mediano	Nativo	18
<i>Viburnum costaricanum</i>	Curá	Pequeño	Nativo	16
<i>Conostegia xalapensis</i>	Lengua de vaca	Mediano	Nativo	15
<i>Croton niveus</i>	Colpachí	Pequeño	Nativo	15
<i>Inga oerstediana</i>	Cuajiniquil	Mediano	Nativo	15
<i>Myrcia pittieri</i>	Murta	Pequeño	Nativo	15
<i>Bunchosia costaricensis</i>	Cereza	Pequeño	Nativo	14
<i>Ficus pertusa</i>	Higo	Mediano	Nativo	14
<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	Mediano	Nativo	14
<i>Mauria heterophylla</i>	Cirrí colorado	Mediano	Nativo	14
<i>Myrcianthes fragans</i>	Murta	Mediano	Nativo	14
<i>Myrsine coriacea</i>	Ratoncillo	Pequeño	Nativo	14

<i>Ocotea mollicella</i>	Quizarrá	Pequeño	Nativo	14
<i>Ocotea praetermissa</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	14
<i>Trichilia havanensis</i>	Uruca	Pequeño	Nativo	14
<i>Eugenia costaricensis</i>	Murta	Mediano	Nativo	13
<i>Inga punctata</i>	Cuajiniquil	Mediano	Nativo	13
<i>Prunus annularis</i>	Duraznillo	Mediano	Nativo	13
<i>Sorocea trophoides</i>	Ojochillo	Pequeño	Nativo	13
<i>Staphylea occidentalis</i>	Falso cristobal	Mediano	Nativo	13
<i>Syzygium malaccense</i>	Manzana de agua	Mediano	Nativo	13
<i>Cupressus lusitanica</i>	Ciprés	Mediano	Exótico	12
<i>Inga longispica</i>	Guaba	Mediano	Nativo	12
<i>Myrcia chytraculia</i>	Murta	Pequeño	Nativo	12
<i>Ocotea sinuata</i>	Quizarrá	Mediano	Nativo	12
<i>Oreopanax xalapensis</i>	Cacho de venado	Pequeño	Nativo	12
<i>Persea americana</i>	Aguacate	Pequeño	Nativo	12
<i>Persea caerulea</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	12
<i>Robinsonella lindeniana</i>	Jocorró	Pequeño	Nativo	12
<i>Tabernaemontana donnell-smithii</i>	Bijarro	Pequeño	Nativo	12
<i>Tapirira brenesii</i>	Cirrí	Mediano	Nativo	12
<i>Blakea gracilis</i>	Catarina	Pequeño	Nativo	11
<i>Citharexylum donnel-smithii</i>	Dama	Pequeño	Nativo	11
<i>Ehretia latifolia</i>	Raspaguacal	Mediano	Nativo	11
<i>Eugenia austin-smithii</i>	Murta	Mediano	Nativo	11
<i>Eugenia cartagensis</i>		Mediano	Nativo	11
<i>Heliocarpus americanus</i>	Burío	Pequeño	Nativo	11
<i>Lonchocarpus oliganthus</i>	Chaperno	Mediano	Nativo	11
<i>Oreopanax capitatus</i>	Cacho de venado	Pequeño	Nativo	11
<i>Oreopanax pycnocarpus</i>	Cacho de venado	Pequeño	Nativo	11
<i>Quercus seemannii</i>	Roble	Grande	Nativo	11
<i>Roupala montana</i>	Dantisco de montaña	Mediano	Nativo	11
<i>Sapium macrocarpum</i>	Yos	Pequeño	Nativo	11
<i>Sapium pachystachys</i>	Yos	Pequeño	Nativo	11
<i>Styrax argenteus</i>	Quitirrí	Pequeño	Nativo	11
<i>Trema micrantha</i>	Capulín	Mediano	Nativo	11
<i>Aiouea montana</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	10
<i>Annona cherimola</i>	Anona	Pequeño	Nativo	10
<i>Ficus tuerckheimii</i>	Chilamate	Grande	Nativo	10
<i>Freziera candicans</i>	-	Mediano	Nativo	10
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Mediano	Nativo	10
<i>Pouteria fossicola</i>	Zapotillo	Grande	Nativo	10
<i>Trichilia glabra</i>	-	Pequeño	Nativo	10
<i>Vernonanthura patens</i>	Tuete	Pequeño	Nativo	10
<i>Wercklea lutea</i>	Clavelón de montaña	Pequeño	Nativo	10
<i>Xylosma velutina</i>	Peiput	Pequeño	Nativo	10

Viburnum costaricanum: Frutos de color morado oscuro, con floración blanca lo hace un árbol atractivo. Además, es de importancia ecológica, ya que es una especie frugívora.

Ehretia latifolia: Se recomienda plantarlo en sitios amplios debido a la extensión en su copa. Atrayente de polinizadores como abejas, mariposas debido a su hermosa floración de color blanca (Miller, 1988). (Miller, 1988).

Cuadro 26. Especies de arbustos idóneos para parques y aceras en la zona altitudinal alta de 1423 a 1630 msnm.

Nombre científico	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Solanum lanceolatum</i>		Pequeño	Nativo	16
<i>Acnistus arborescens</i>	Guitite	Mediano	Nativo	12
<i>Hamelia patens</i>	Coralillo	Mediano	Nativo	11
<i>Palicourea padifolia</i>	Cafesillo	Mediano	Nativo	11

4.4.2 Áreas de protección de ríos y quebradas.

Descripción del espacio: Son áreas en su mayoría con especies invasoras como gramíneas, que han colonizado el área. Por lo general, son espacios con un grado alto de contaminación, dado por el depósito de basura y de aguas residuales.

1. Limpieza del área por plantar.
2. Tamaño del almácigo del árbol. Diferentes procesos de crecimiento del árbol, hasta la obtención de un tamaño adecuado del árbol.

Especies. De rápido crecimiento. Facilidad de reproducción, tanto por su forma sexual y asexual.

Diseño de siembra: Tres bolillos, en los márgenes cercanos a los ríos recomendable usar especies de arbustos o árboles de porte mediano que permitan un desarrollo mínimo en copa.

Cuadro 27. Criterios físicos de espacio y características de la especie a considerar para rehabilitación ecológica en áreas de ríos y quebradas.

Descripción del espacio del río o quebrada: El espacio puede variar desde muy plano o quebrado con pendientes mayores al 40%. Además, las áreas en los márgenes de ríos pueden estar erosionados desprovistos de vegetación o por el contrario pueden estar colonizados por especies de gramíneas.	
Aspectos físicos por considerar.	Requerimientos de las especies.
<i>Suelo desnudos y erosionados:</i> Son suelos desprovistos de vegetación. Los cuales están constante erosión por factores físicos como el viento y el agua.	<i>Raíces fasciculadas:</i> Aquellos árboles y arbustos con mucha cantidad de raíces secundarias, las cuales crecen de forma lateral o radial.
<i>Espacios colonizados por gramíneas:</i> Sitios invadidos por gramíneas, los cuales mantienen un sistema radicular amplio.	<i>Especies de rápido crecimiento.</i> <i>Áreas reducidas:</i> Se recomienda especies de árboles o arbustos de porte mediano. <i>Áreas extensas:</i> Al plantar especies de árboles grandes, se disminuye la presencia de luz en las gramíneas. Por ende, su desarrollo disminuye en el área de río o quebrada.
<i>Terrenos quebrados con pendientes mayores a 40%:</i> Los espacios quebrados o de laderas, presentan gran inestabilidad en el terreno, ya	Reproducción asexual de estacas: Al reproducir especies de forma asexual, facilita el desarrollo de la especie en el sitio; por

que están expuestos a las condiciones del ambiente que los pueda modificar.	consiguiente, la mortalidad de la especie disminuye.
---	--

Fuente: Elaboración propia con fuentes bibliográficas.

Cuadro 28. Especies de árboles idóneos para áreas de protección de ríos y quebradas en la zona altitudinal baja de 1190 a 1284 msnm.

Nombre científico	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Trichilia havanensis</i>	Uruca	Pequeño	Nativo	15
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance	Mediano	Nativo	13
<i>Mauria heterophylla</i>	Cirrí colorado	Mediano	Nativo	13
<i>Aiouea montana</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	12
<i>Bunchosia macrophylla</i>	Cereza	Pequeño	Nativo	12
<i>Croton niveus</i>	Colpachí	Pequeño	Nativo	12
<i>Ficus costaricana</i>	Higuerón colorado	Grande	Nativo	12
<i>Inga edulis</i>	Guaba chilillo	Mediano	Nativo	12
<i>Malpighia glabra</i>	Acerola	Pequeño	Nativo	12
<i>Robinsonella lindeniana</i>	Jocorró	Pequeño	Nativo	12
<i>Sapium glandulosum</i>	Yos	Pequeño	Nativo	12
<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	Mediano	Nativo	11
<i>Inga vera</i>	Guaba	Pequeño	Nativo	11
<i>Persea caerulea</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	11
<i>Sapium macrocarpum</i>	Palo de leche	Pequeño	Nativo	11
<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	Mediano	Nativo	11
<i>Ficus jimenezii</i>	Higuerón	Grande	Nativo	10
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Mediano	Exótico	10
<i>Persea americana</i>	Aguacate	Pequeño	Exótico	10
<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	Pequeño	Nativo	10
<i>Tabebuia rosea</i>	Roble sabana	Mediano	Nativo	10

Trichilia havanensis: Es una especie que controla la erosión en suelos degradados. Por ello es fundamental para la protección de mantos acuíferos y en la estabilización de laderas de cursos fluviales.

Malpighia glabra: Es una alternativa ecológica en el manejo de cuencas hidrográficas. Puede estabilizar los cauces fluviales y proteger los mantos acuíferos. Ya que el sistema radicular es poco

profundo, por lo que puede arraigarse al suelo de forma leve; con esto controlar la erosión a nivel superficial del terreno (Alvarado y Zuñiga, 2018).

Cuadro 29. Especies de arbustos idóneos para áreas de protección de ríos y quebradas en la zona altitudinal baja de 1190 a 1284 msnm.

Nombre científico	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Acnistus arborescens</i>	Guitite	Mediano	Nativo	13
<i>Rivina humilis</i>	Carmín	Pequeño	Nativo	13
<i>Hamelia patens</i>	Coralillo	Mediano	Nativo	11
<i>Capsicum annum</i>	Ají	Pequeño	Nativo	10
<i>Piper umbellatum</i>	Anís	Mediano	Nativo	10

Acnistus arborescens: Crece de forma adecuada en suelos desprovistos de vegetación, altamente compactados y degradados. La gran cantidad de biomasa que se puede presentar con la caída de sus hojas permite la formación de mantillo en el suelo; protegiéndolo de la erosión causado por el impacto de las gotas de lluvia (Alvarado y Zuñiga, 2018).

Cuadro 30. Especies de árboles idóneos para áreas de protección de ríos y quebradas en la zona altitudinal media de 1300 a 1346 msnm.

Nombre científico	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Ocotea praetermissa</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	18
<i>Ocotea atirrensis</i>	Quizarrá canela	Mediano	Nativo	17
<i>Tabernaemontana donnell-smithii</i>	Bijarro	Pequeño	Nativo	16
<i>Mauria heterophylla</i>	Cirrí colorado	Mediano	Nativo	13
<i>Ocotea mollicella</i>	Quizarrá	Pequeño	Nativo	13
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ojoche	Mediano	Nativo	12
<i>Conostegia xalapensis</i>	Lengua de vaca	Mediano	Nativo	12
<i>Inga punctata</i>	Cuajiniquil	Pequeño	Nativo	12
<i>Inga vera</i>	Guaba	Pequeño	Nativo	12
<i>Ocotea sinuata</i>	Quizarrá	Mediano	Nativo	12
<i>Sapium glandulosum</i>	Yos	Mediano	Nativo	12
<i>Syzygium jambos</i>	Manzana de agua	Mediano	Exótico	12
<i>Bunchosia costaricensis</i>	Cereza	Pequeño	Nativo	11

<i>Citharexylum donnel-smithii</i>	Dama	Pequeño	Nativo	11
<i>Ehretia latifolia</i>	Raspaguacal	Grande	Nativo	11
<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	Pequeño	Exótico	11
<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	Mediano	Nativo	11
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Cortez negro	Mediano	Nativo	11
<i>Myrcia chytraculia</i>	Murta	Mediano	Nativo	11
<i>Senna papillosa</i>	Candelillo	Pequeño	Nativo	11
<i>Senna septemtrionalis</i>	Candelillo	Pequeño	Nativo	11
<i>Sizigium paniculatum</i>	Manzanita	Mediano	Exótico	11
<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	Mediano	Nativo	11
<i>Trichilia havanensis</i>	Uruca	Pequeño	Nativo	11
<i>Viburnum costaricanum</i>	Curá	Pequeño	Nativo	11
<i>Citharexylum caudatum</i>	Dama	Mediano	Nativo	10
<i>Croton draco</i>	Targua	Mediano	Nativo	10
<i>Eriobotria japonica</i>	Nispero	Pequeño	Exótico	10
<i>Erythrina fusca</i>	Poró extranjero	Mediano	Exótico	10
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Poró gigante	Grande	Exótico	10
<i>Ficus crassiuscula</i>	Higuerón	Mediano	Nativo	10
<i>Ficus insipida</i>	Higuerón	Grande	Nativo	10
<i>Ficus jimenezii</i>	Higuerón	Grande	Nativo	10
<i>Juglans olanchana</i>	Nogal	Grande	Exótico	10
<i>Leucaena leucocephala</i>	Ipil ipil	Pequeño	Nativo	10
<i>Malpighia glabra</i>	Acerola	Pequeño	Nativo	10
<i>Pleurothyrium palmanum</i>		Grande	Nativo	10
<i>Robinsonella lindeniana</i>	Jocorró	Pequeño	Nativo	10
<i>Staphylea occidentalis</i>	Falso cristobal	Mediano	Nativo	10
<i>Vernonanthura patens</i>	Tuete	Pequeño	Nativo	10

Conostegia xalapensis: Es fundamental para la recuperación de áreas degradadas o perturbadas y lavados, ya que presenta una gran tolerancia en estos espacios. Por ello es importante en la protección de mantos acuíferos, para la estabilización de laderas de cursos fluviales (Alvarado y Zuñiga, 2018).

Croton draco: Es una especie que se desarrolla bien en suelos desnudos, compactados y degradados. Es una alternativa ecológica en el manejo de cuencas hidrográficas, ya que estabiliza los cauces fluviales, disminuyendo el depósito de sedimentos en los mantos acuíferos (Alvarado y Zuñiga, 2018).

Cuadro 31. Especies de arbustos idóneos para ríos y quebradas en la zona altitudinal media de 1300 a 1346 msnm.

Nombre científico	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Acnistus arborescens</i>	Guitite	Mediano	Nativo	12
<i>Hamelia patens</i>	Coralillo	Mediano	Nativo	12
<i>Piper amalago</i>	Anís	Mediano	Nativo	11
<i>Picramnia teapensis</i>	-	Pequeño	Nativo	10
<i>Rivina humilis</i>	Carmín	Pequeño	Nativo	10

Cuadro 32. Especies de árboles idóneos para ríos y quebradas en la zona altitudinal alta de 1423 a 1630 msnm.

Nombre científico	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Ocotea atirrensis</i>	Quizarrá canela	Mediano	Nativo	18
<i>Viburnum costaricanum</i>	Curá	Pequeño	Nativo	16
<i>Conostegia xalapensis</i>	Lengua de vaca	Mediano	Nativo	15
<i>Croton niveus</i>	Colpachí	Pequeño	Nativo	15
<i>Inga oerstediana</i>	Cuajiniquil	Mediano	Nativo	15
<i>Myrcia pittieri</i>	Murta	Pequeño	Nativo	15
<i>Bunchosia costaricensis</i>	Cereza	Pequeño	Nativo	14
<i>Ficus pertusa</i>		Mediano	Nativo	14
<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	Mediano	Nativo	14
<i>Mauria heterophylla</i>	Cirrí colorado	Mediano	Nativo	14
<i>Myrcianthes fragans</i>	Murta	Mediano	Nativo	14
<i>Myrsine coriacea</i>	Ratoncillo	Pequeño	Nativo	14
<i>Ocotea mollicella</i>	Quizarrá	Pequeño	Nativo	14
<i>Ocotea praetermissa</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	14
<i>Trichilia havanensis</i>	Uruca	Pequeño	Nativo	14
<i>Eugenia costaricensis</i>	Murta	Mediano	Nativo	13
<i>Inga punctata</i>	Cuajiniquil	Mediano	Nativo	13
<i>Prunus annularis</i>		Mediano	Nativo	13
<i>Sorocea trophoides</i>	Ojochillo	Pequeño	Nativo	13
<i>Staphylea occidentalis</i>	Falso cristobal	Mediano	Nativo	13
<i>Syzygium malaccense</i>	Manzana de agua	Mediano	Nativo	13
<i>Cupressus lusitanica</i>	Ciprés	Mediano	Exótico	12
<i>Inga longispica</i>	Guaba	Mediano	Nativo	12
<i>Myrcia chytraculia</i>	Murta	Pequeño	Nativo	12
<i>Ocotea sinuata</i>	Quizarrá	Mediano	Nativo	12
<i>Oreopanax xalapensis</i>	Cacho de venado	Pequeño	Nativo	12

<i>Persea americana</i>	Aguacate	Pequeño	Nativo	12
<i>Persea caerulea</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	12
<i>Robinsonella lindeniana</i>	Jocorró	Pequeño	Nativo	12
<i>Tabernaemontana donnell-smithii</i>	Bijarro	Pequeño	Nativo	12
<i>Tapirira brenesii</i>		Mediano	Nativo	12
<i>Blakea gracilis</i>	Catarina	Pequeño	Nativo	11
<i>Citharexylum donnel-smithii</i>	Dama	Pequeño	Nativo	11
<i>Ehretia latifolia</i>	Raspaguacal	Mediano	Nativo	11
<i>Eugenia austin-smithii</i>	Murta	Mediano	Nativo	11
<i>Eugenia cartagensis</i>	Murta	Mediano	Nativo	11
<i>Heliocarpus americanus</i>	Burío	Pequeño	Nativo	11
<i>Lonchocarpus oliganthus</i>	Chaperno	Mediano	Nativo	11
<i>Oreopanax capitatus</i>	Cacho de venado	Pequeño	Nativo	11
<i>Oreopanax pycnocarpus</i>	Cacho de venado	Pequeño	Nativo	11
<i>Quercus seemannii</i>	Roble	Grande	Nativo	11
<i>Roupala montana</i>	Dantisco de montaña	Mediano	Nativo	11
<i>Sapium macrocarpum</i>	Palo de leche	Pequeño	Nativo	11
<i>Sapium pachystachys</i>	Palo de leche	Pequeño	Nativo	11
<i>Styrax argenteus</i>	Quitirrí	Pequeño	Nativo	11
<i>Trema micrantha</i>	Capulín	Mediano	Nativo	11
<i>Aiouea montana</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	10
<i>Annona cherimola</i>	Anona	Pequeño	Nativo	10
<i>Ficus tuerckheimii</i>	Higuerón	Grande	Nativo	10
<i>Freziera candicans</i>		Mediano	Nativo	10
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Mediano	Nativo	10
<i>Pouteria fossicola</i>	Zapotillo	Grande	Nativo	10
<i>Trichilia glabra</i>	-	Pequeño	Nativo	10
<i>Vernonanthura patens</i>	Tuete	Pequeño	Nativo	10
<i>Wercklea lutea</i>	Clavelón de montaña	Pequeño	Nativo	10
<i>Xylosma velutina</i>	Peiput	Pequeño	Nativo	10

Myrsine coriácea: Es una especie que tolera la radiación lumínica directa, ideal es sitios de charrales colonizados por gramíneas. Se puede ver creciendo de forma natural en bosques secundarios y en bordes de vegetación de galería. Por ello es ideal plantarla en etapas iniciales de recuperación de suelos y en espacios degradados de vegetación de crecimiento secundario.

Cuadro 33. Especies de arbustos idóneos para ríos y quebradas en la zona altitudinal alta de 1423 a 1630 msnm.

Nombre científico	Nombre común	Tamaño	Origen	Valor total
<i>Solanum lanceolatum</i>		Pequeño	Nativo	16
<i>Acnistus arborescens</i>	Guitite	Mediano	Nativo	12
<i>Hamelia patens</i>	Coralillo	Mediano	Nativo	11
<i>Palicourea padifolia</i>	Cafecillo	Mediano	Nativo	11

Palicourea padifolia: Esta especie posee un sistema radicular pivotante y profundo; que le permite un buen enraizamiento y amarre al suelo. Es un arbusto con un follaje denso que aporta sombra y amortigua el impacto de las lluvias al reducir la velocidad de las gotas. Por ser un arbusto que crece naturalmente en los cauces de los ríos, se puede utilizar para estabilizar laderas inestables y plantadas con plantas de porte más bajo para el control de la erosión.

4.4.3 Jardines privados

Cuadro 34. Características para tomar en cuenta para la rehabilitación ecológica en jardines privados.

Descripción del espacio: Espacios de abiertos, en los cuales se presentan distintas formas para plantar los árboles y arbustos.

Enmiendas	Requerimientos de las especies.
a) <i>Selección del espacio adecuado para el desarrollo de la especie a escoger:</i> Tener en consideración las infraestructuras cercanas que se puedan presentar, en el momento de plantar la especie.	a) <i>Ornamentales.</i> De importancia ecológica:
b) <i>Tamaño del almacigo del árbol.</i> Diferentes procesos de crecimiento del árbol, hasta la obtención de un tamaño adecuado del árbol.	b) <i>Tamaño mínimo de la especie:</i> Puede variar dependiendo del espacio que se disponga.

c) Objetivo claro de su uso.	c) <i>Resistente a podas</i> : Un árbol perennifolio.

Fuente: Elaboración propia con fuentes bibliográficas.

Cuadro 35. Especies de árboles idóneos para jardines privados en la zona altitudinal baja de 1190 a 1284 msnm.

Especie	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Trichilia havanensis</i>	Uruca	Pequeño	Nativa	15
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance	Mediano	Nativa	13
<i>Mauria heterophylla</i>	Cirrí colorado	Mediano	Nativa	13
<i>Aiouea montana</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativa	12
<i>Bunchosia macrophylla</i>	Cereza	Pequeño	Nativa	12
<i>Croton niveus</i>	Colpachí	Pequeño	Nativa	12
<i>Ficus costaricana</i>	Higuerón colorado	Grande	Nativa	12
<i>Inga edulis</i>	Guaba chilillo	Mediano	Nativa	12
<i>Malpighia glabra</i>	Acerola	Pequeño	Nativa	12
<i>Robinsonella lindeniana</i>	Jocorró	Pequeño	Nativa	12
<i>Sapium glandulosum</i>	Yos	Pequeño	Nativa	12
<i>Cecropia peltata</i>	Gurumo	Mediano	Nativa	11
<i>Inga vera</i>	Guaba	Pequeño	Nativa	11
<i>Persea caerulea</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativa	11
<i>Sapium macrocarpum</i>	Palo de leche	Pequeño	Nativa	11
<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	Mediano	Nativa	11
<i>Ficus jimenezii</i>	Higuerón	Grande	Nativa	10
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Mediano	Exótico	10
<i>Persea americana</i>	Aguacate	Pequeño	Exótico	10
<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	Pequeño	Nativa	10
<i>Tabebuia rosea</i>	Roble sabana	Mediano	Nativa	10

Cuadro 36. Especies de arbustos idóneos para jardines privados en la zona altitudinal baja de 1190 a 1284 msnm.

Especie	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Acnistus arborescens</i>	Guitite	Mediano	Nativo	13
<i>Rivina humilis</i>	Carmín	Pequeño	Nativo	13
<i>Hamelia patens</i>	Coralillo	Mediano	Nativo	11
<i>Capsicum annum</i>	Ají	Mediano	Nativo	10
<i>Piper umbellatum</i>	Anís	Mediano	Nativo	10

Cuadro 37. Especies de árboles idóneos para jardines privados en la zona altitudinal media de 1300 a 1346 msnm.

Nombre científico	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Ocotea praetermissa</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	18
<i>Ocotea atirrensis</i>	Quizarrá canela	Mediano	Nativo	17
<i>Tabernaemontana donnell-smithii</i>	Bijarro	Pequeño	Nativo	16
<i>Mauria heterophylla</i>	Cirrí colorado	Mediano	Nativo	13
<i>Ocotea mollicella</i>	Quizarrá	Pequeño	Nativo	13
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ojoche	Mediano	Nativo	12
<i>Conostegia xalapensis</i>	Lengua de vaca	Mediano	Nativo	12
<i>Inga punctata</i>	Cuaginiquil	Pequeño	Nativo	12
<i>Inga vera</i>	Guaba	Pequeño	Nativo	12
<i>Ocotea sinuata</i>	Quizarrá	Mediano	Nativo	12
<i>Sapium glandulosum</i>	Yos	Mediano	Nativo	12
<i>Syzygium jambos</i>	Manzana de agua	Mediano	Exótico	12
<i>Bunchosia costaricensis</i>	Cereza	Pequeño	Nativo	11
<i>Citharexylum donnel-smithii</i>	Dama	Pequeño	Nativo	11
<i>Ehretia latifolia</i>	Raspaguacal	Grande	Nativo	11
<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	Pequeño	Exótico	11
<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	Mediano	Nativo	11
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Cortez negro	Mediano	Nativo	11
<i>Myrcia chytraculia</i>	Murta	Mediano	Nativo	11
<i>Senna papillosa</i>	Candelillo	Pequeño	Nativo	11
<i>Senna septemtrionalis</i>	Candelillo	Pequeño	Nativo	11
<i>Sizigium paniculatum</i>	Manzanita	Mediano	Exótico	11
<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	Mediano	Nativo	11
<i>Trichilia havanensis</i>	Uruca	Pequeño	Nativo	11
<i>Viburnum costaricanum</i>	Curá	Pequeño	Nativo	11
<i>Citharexylum caudatum</i>	Dama	Mediano	Nativo	10
<i>Croton draco</i>	Targua	Mediano	Nativo	10

<i>Eriobotria japonica</i>	Nispero	Pequeño	Exótico	10
<i>Erythrina fusca</i>	Poró extranjero	Mediano	Exótico	10
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Poró gigante	Grande	Exótico	10
<i>Ficus crassiuscula</i>		Mediano	Nativo	10
<i>Ficus insipida</i>		Grande	Nativo	10
<i>Ficus jimenezii</i>		Grande	Nativo	10
<i>Juglans olanchana</i>	Nogal	Grande	Exótico	10
<i>Leucaena leucocephala</i>	Ipil ipil	Pequeño	Nativo	10
<i>Malpighia glabra</i>	Acerola	Pequeño	Nativo	10
<i>Pleurothyrium palmanum</i>		Grande	Nativo	10
<i>Robinsonella lindeniana</i>	Jocorró	Pequeño	Nativo	10
<i>Staphylea occidentalis</i>	Falso cristobal	Mediano	Nativo	10
<i>Vernonanthura patens</i>		Pequeño	Nativo	10

Cuadro 38. Especies de arbustos idóneos para jardines privados en la zona altitudinal alta de 1423 a 1630 msnm.

Nombre científico	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Acnistus arborescens</i>	Guitite	Mediano	Nativo	12
<i>Hamelia patens</i>	Coralillo	Mediano	Nativo	12
<i>Piper amalago</i>	Anís	Mediano	Nativo	11
<i>Picramnia teapensis</i>		Pequeño	Nativo	10
<i>Rivina humilis</i>	Carmín	Pequeño	Nativo	10

Cuadro 39. Especies de árboles idóneos para Jardines privados en la zona altitudinal alta de 1423 a 1630 msnm.

Nombre científico	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Ocotea atirrensensis</i>	Quizarrá canela	Mediano	Nativo	18
<i>Viburnum costaricanum</i>	Curá	Pequeño	Nativo	16
<i>Conostegia xalapensis</i>	Lengua de vaca	Mediano	Nativo	15
<i>Croton niveus</i>	Colpachí	Pequeño	Nativo	15
<i>Inga oerstediana</i>	Cuajiniquil	Mediano	Nativo	15
<i>Myrcia pittieri</i>	Murta	Pequeño	Nativo	15
<i>Bunchosia costaricensis</i>	Cereza	Pequeño	Nativo	14
<i>Ficus pertusa</i>	Higo	Mediano	Nativo	14
<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	Mediano	Nativo	14
<i>Mauria heterophylla</i>	Cirrí colorado	Mediano	Nativo	14
<i>Myrcianthes fragans</i>	Arrayán	Mediano	Nativo	14
<i>Myrsine coriacea</i>	Ratoncillo	Pequeño	Nativo	14
<i>Ocotea mollicella</i>	Quizarrá	Mediano	Nativo	14

<i>Ocotea praetermissa</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	14
<i>Trichilia havanensis</i>	Uruca	Pequeño	Nativo	14
<i>Eugenia costaricensis</i>	Murta	Pequeño	Nativo	13
<i>Inga punctata</i>	Cuajiniquil	Mediano	Nativo	13
<i>Prunus annularis</i>	Duraznillo	Mediano	Nativo	13
<i>Sorocea trophoides</i>	Ojochillo	Pequeño	Nativo	13
<i>Staphylea occidentalis</i>	Falso cristobal	Mediano	Nativo	13
<i>Syzygium malaccense</i>	Manzana de agua	Mediano	Exótico	13
<i>Cupressus lusitanica</i>	Ciprés	Mediano	Exótico	12
<i>Inga longispica</i>	Guaba	Mediano	Nativo	12
<i>Myrcia chytraculia</i>	Murta	Pequeño	Nativo	12
<i>Ocotea sinuata</i>	Quizarrá	Mediano	Nativo	12
<i>Oreopanax xalapensis</i>	Cacho de venado	Pequeño	Nativo	12
<i>Persea americana</i>	Aguacate	Pequeño	Nativo	12
<i>Persea caerulea</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	12
<i>Robinsonella lindeniana</i>	Jocorró	Pequeño	Nativo	12
<i>Tabernaemontana donnell-smithii</i>	Bijarro	Pequeño	Nativo	12
<i>Tapirira brenesii</i>	Cirrí	Mediano	Nativo	12
<i>Blakea gracilis</i>	Catarina	Pequeño	Nativo	11
<i>Citharexylum donnel-smithii</i>	Dama	Pequeño	Nativo	11
<i>Ehretia latifolia</i>	Raspaguacal	Grande	Nativo	11
<i>Eugenia austin-smithii</i>	Murta	Mediano	Nativo	11
<i>Eugenia cartagensis</i>	Murta	Pequeño	Nativo	11
<i>Heliocarpus americanus</i>	Burío	Pequeño	Nativo	11
<i>Lonchocarpus oliganthus</i>	Chaperno	Mediano	Nativo	11
<i>Oreopanax capitatus</i>	Cacho de venado	Pequeño	Nativo	11
<i>Oreopanax pycnocarpus</i>	Cacho de venado	Pequeño	Nativo	11
<i>Quercus seemannii</i>	Roble	Grande	Nativo	11
<i>Roupala montana</i>	Dantisco de montaña	Mediano	Nativo	11
<i>Sapium macrocarpum</i>	Yos	Pequeño	Nativo	11
<i>Sapium pachystachys</i>	Yos	Pequeño	Nativo	11
<i>Styrax argenteus</i>	Quitirrí	Pequeño	Nativo	11
<i>Trema micrantha</i>	Capulín	Mediano	Nativo	11
<i>Aiouea montana</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	10
<i>Annona cherimola</i>	Anona	Pequeño	Nativo	10
<i>Ficus tuerckheimii</i>	Chilamate	Grande	Nativo	10
<i>Freziera candicans</i>	-	Mediano	Nativo	10
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Mediano	Nativo	10
<i>Pouteria fossicola</i>	Zapotillo	Grande	Nativo	10
<i>Trichilia glabra</i>	-	Pequeño	Nativo	10
<i>Vernonanthura patens</i>	Tuete	Pequeño	Nativo	10
<i>Wercklea lutea</i>	Clavelón de montaña	Pequeño	Nativo	10
<i>Xylosma velutina</i>	Peiput	Pequeño	Nativo	10

Cuadro 40. Especies de arbustos idóneos para ríos y quebradas en la zona altitudinal alta de 1423 a 1630 msnm.

Nombre científico	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Solanum lanceolatum</i>		Pequeño		16
<i>Acnistus arborescens</i>	Guitite	Pequeño		12
<i>Hamelia patens</i>	Coralillo	Pequeño		11
<i>Palicourea padifolia</i>		Pequeño		11

4.4.4 Cafetales

Cuadro 41. Características de espacio a tomar en cuenta para la rehabilitación ecológica en cafetales.

Descripción del espacio: Se puede proponer plantar las especies de árboles y arbustos entre callejones de las plantas del café, en árboles dispersos (árboles copa amplia como las guabas), cercas vivas al delimitar un área.

Enmiendas	Requerimientos de las especies.
<p>a) <i>Selección del espacio adecuado para el desarrollo de la especie a escoger:</i> Plantar árboles en espacio con limitaciones de agua y nutrientes; ya que el aporte de los árboles es ventajoso.</p>	<p>a) <i>Maderables y fines ecológicos:</i></p> <p>Se requiere que los árboles tengan hojas pequeñas, esto permite la entrada gradual de luz y lluvia en los cafetales, sus hojas deben ser perennes principalmente al mantener las hojas en época seca.</p> <p>La forma de las raíces debe ser pivotantes y secundarias; para evitar la competencia con el café,</p>

	se debe seleccionar especies de rápido crecimiento.
b) Aspectos a considerar en la densidad de siembra: Mayor número de árboles requiere de un aumentando los costos de la actividad principalmente en los primeros años del establecimiento. Además, una alta densidad de árboles puede provocar mucha competencia por la obtención de nutrientes.	b) Densidad de siembra árboles maderables y fines ecológicos: Se recomienda una distancia de 20 x 20 m esto representa una cantidad de 25 árboles por hectárea.

Fuente: Elaboración propia con fuentes bibliográficas.

Cuadro 42. Especies de árboles idóneos para cafetales en la zona altitudinal baja de 1190 a 1284 msnm.

Nombre científico	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Trichilia havanensis</i>	Uruca	Pequeño	Nativo	15
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance	Mediano	Nativo	13
<i>Mauria heterophylla</i>	Cirrí colorado	Mediano	Nativo	13
<i>Aiouea montana</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	12
<i>Bunchosia macrophylla</i>	Cereza	Pequeño	Nativo	12
<i>Croton niveus</i>	Colpachí	Pequeño	Nativo	12
<i>Ficus costaricana</i>	Higuerón colorado	Grande	Nativo	12
<i>Inga edulis</i>	Guaba chilillo	Mediano	Nativo	12
<i>Malpighia glabra</i>	Acerola	Pequeño	Nativo	12
<i>Robinsonella lindeniana</i>	Jocorro	Pequeño	Nativo	12
<i>Sapium glandulosum</i>	Yos	Pequeño	Nativo	12
<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	Mediano	Nativo	11
<i>Inga vera</i>	Guaba	Pequeño	Nativo	11
<i>Persea caerulea</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	11
<i>Sapium macrocarpum</i>	Palo de leche	Pequeño	Nativo	11
<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	Mediano	Nativo	11
<i>Ficus jimenezii</i>	Higuerón	Grande	Nativo	10
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Mediano	Exótico	10
<i>Persea americana</i>	Aguacate	Pequeño	Exótico	10
<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	Pequeño	Nativo	10
<i>Tabebuia rosea</i>	Roble sabana	Mediano	Nativo	10

Byrsonima crassifolia: De uso comestible, y de importancia para la polinización de las flores del café.

Croton niveus: De uso para cerca viva.

Cuadro 43. Especies de árboles idóneos para cafetales en la zona altitudinal media de 1300 a 1346

msnm

Nombre científico	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Ocotea praetermissa</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	18
<i>Ocotea atirrensis</i>	Quizarrá canela	Mediano	Nativo	17
<i>Tabernaemontana donnell-smithii</i>	Bijarro	Pequeño	Nativo	16
<i>Mauria heterophylla</i>	Cirrí colorado	Mediano	Nativo	13
<i>Ocotea mollicella</i>	Quizarrá	Pequeño	Nativo	13
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ojoche	Mediano	Nativo	12
<i>Conostegia xalapensis</i>	Lengua de vaca	Mediano	Nativo	12
<i>Inga punctata</i>	Cuajiniquil	Pequeño	Nativo	12
<i>Inga vera</i>	Guaba	Pequeño	Nativo	12
<i>Ocotea sinuata</i>	Quizarrá	Mediano	Nativo	12
<i>Sapium glandulosum</i>	Yos	Mediano	Nativo	12
<i>Syzygium jambos</i>	Manzana de agua	Mediano	Exótico	12
<i>Bunchosia costaricensis</i>	Cereza	Pequeño	Nativo	11
<i>Citharexylum donnel-smithii</i>	Dama	Pequeño	Nativo	11
<i>Ehretia latifolia</i>	Raspaguacal	Grande	Nativo	11
<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	Pequeño	Nativo	11
<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	Mediano	Nativo	11
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Cortez negro	Mediano	Nativo	11
<i>Myrcia chytraculia</i>	Murta	Mediano	Nativo	11
<i>Senna papillosa</i>	Candelillo	Pequeño	Nativo	11
<i>Senna septemtrionalis</i>	Candelillo	Pequeño	Nativo	11
<i>Sizigium paniculatum</i>	Manzanita	Mediano	Nativo	11
<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	Mediano	Nativo	11
<i>Trichilia havanensis</i>	Uruca	Pequeño	Nativo	11
<i>Viburnum costaricanum</i>	Curá	Pequeño	Nativo	11
<i>Citharexylum caudatum</i>	Dama	Mediano	Nativo	10
<i>Croton draco</i>	Targua	Mediano	Nativo	10
<i>Eriobotria japonica</i>	Nispero	Pequeño	Exótico	10
<i>Erythrina fusca</i>	Poró extranjero	Mediano	Exótico	10
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Poró gigante	Grande	Exótico	10
<i>Ficus crassiuscula</i>	Higuerón	Mediano	Nativo	10
<i>Ficus insipida</i>	Higuerón	Grande	Nativo	10
<i>Ficus jimenezii</i>	Higuerón	Grande	Nativo	10
<i>Juglans olanchana</i>	Nogal	Grande	Exótico	10
<i>Leucaena leucocephala</i>	Ipil ipil	Pequeño	Nativo	10
<i>Malpighia glabra</i>	Acerola	Pequeño	Nativo	10

<i>Pleurothyrium palmanum</i>	-	Grande	Nativo	10
<i>Robinsonella lindeniana</i>	Jocorró	Pequeño	Nativo	10
<i>Staphylea occidentalis</i>	Falso cristobal	Mediano	Nativo	10
<i>Vernonanthura patens</i>	Tuete	Pequeño	Nativo	10

Cuadro 44. Especies de árboles idóneos para cafetales en la zona altitudinal alta de 1423 a 1630 msnm

Nombre científico	Nombre común	Tamaño	Origen	Total
<i>Ocotea atirrensis</i>	Quizarrá canela	Mediano	Nativo	18
<i>Viburnum costaricanum</i>	Curá	Pequeño	Nativo	16
<i>Conostegia xalapensis</i>	Lengua de vaca	Mediano	Nativo	15
<i>Croton niveus</i>	Colpachí	Pequeño	Nativo	15
<i>Inga oerstediana</i>	Cuajiniquil	Mediano	Nativo	15
<i>Myrcia pittieri</i>	Murta	Pequeño	Nativo	15
<i>Bunchosia costaricensis</i>	Cereza	Pequeño	Nativo	14
<i>Ficus pertusa</i>		Mediano	Nativo	14
<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	Mediano	Nativo	14
<i>Mauria heterophylla</i>	Cirrí colorado	Mediano	Nativo	14
<i>Myrcianthes fragans</i>	Murta	Mediano	Nativo	14
<i>Myrsine coriacea</i>	Ratoncillo	Pequeño	Nativo	14
<i>Ocotea mollicella</i>	Quizarrá	Pequeño	Nativo	14
<i>Ocotea praetermissa</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	14
<i>Trichilia havanensis</i>	Uruca	Pequeño	Nativo	14
<i>Eugenia costaricensis</i>	Murta	Mediano	Nativo	13
<i>Inga punctata</i>	Cuajiniquil	Mediano	Nativo	13
<i>Prunus annularis</i>	Duraznillo	Mediano	Nativo	13
<i>Sorocea trophoides</i>	Ojochillo	Pequeño	Nativo	13
<i>Staphylea occidentalis</i>	Falso cristobal	Mediano	Nativo	13
<i>Syzygium malaccense</i>	Manzana de agua	Mediano	Nativo	13
<i>Cupressus lusitanica</i>	Ciprés	Mediano	Nativo	12
<i>Inga longispica</i>	Guaba	Mediano	Nativo	12
<i>Myrcia chytraculia</i>	Murta	Pequeño	Nativo	12
<i>Ocotea sinuata</i>	Quizarrá	Mediano	Nativo	12
<i>Oreopanax xalapensis</i>	Cacho de venado	Pequeño	Nativo	12
<i>Persea americana</i>	Aguacate	Pequeño	Nativo	12
<i>Persea caerulea</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	12
<i>Robinsonella lindeniana</i>	Jocorró	Pequeño	Nativo	12
<i>Tabernaemontana donnell-smithii</i>	Bijarro	Pequeño	Nativo	12
<i>Tapirira brenesii</i>	Cirrí	Mediano	Nativo	12
<i>Blakea gracilis</i>	Catarina	Pequeño	Nativo	11
<i>Citharexylum donnel-smithii</i>	Dama	Pequeño	Nativo	11
<i>Ehretia latifolia</i>	Raspaguacal	Mediano	Nativo	11

<i>Eugenia austin-smithii</i>		Mediano	Nativo	11
<i>Eugenia cartagensis</i>		Mediano	Nativo	11
<i>Heliocarpus americanus</i>	Burío	Pequeño	Nativo	11
<i>Lonchocarpus oliganthus</i>	Chaperno	Mediano	Nativo	11
<i>Oreopanax capitatus</i>	Cacho de venado	Pequeño	Nativo	11
<i>Oreopanax pycnocarpus</i>	Cacho de venado	Pequeño	Nativo	11
<i>Quercus seemannii</i>	Roble	Grande	Nativo	11
<i>Roupala montana</i>	Dantisco de montaña	Mediano	Nativo	11
<i>Sapium macrocarpum</i>	Yos	Pequeño	Nativo	11
<i>Sapium pachystachys</i>	Yos	Pequeño	Nativo	11
<i>Styrax argenteus</i>		Mediano	Nativo	11
<i>Trema micrantha</i>		Mediano	Nativo	11
<i>Aiouea montana</i>	Aguacatillo	Mediano	Nativo	10
<i>Annona cherimola</i>	Anona	Mediano	Nativo	10
<i>Ficus tuerckheimii</i>		Mediano	Nativo	10
<i>Freziera candicans</i>		Pequeño	Nativo	10
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Mediano	Nativo	10
<i>Pouteria fossicola</i>		Mediano	Nativo	10
<i>Trichilia glabra</i>		Mediano	Nativo	10
<i>Vernonanthura patens</i>		Pequeño	Nativo	10
<i>Wercklea lutea</i>	Clavelón de montaña	Pequeño	Nativo	10
<i>Xylosma velutina</i>	Peiput	Mediano	Nativo	10
<i>Croton draco</i>	Targua	Mediano	Nativo	9
<i>Eriobotria japonica</i>	Nispero	Mediano	Exótico	9
<i>Erythrina berteroana</i>	Poró gigante	Grande	Nativo	9
<i>Erythrina fusca</i>	Poró	Mediano	Exótico	9
<i>Cedrela tonduzii</i>	Cedro	Grande	Nativo	8
<i>Cnidocolus aconitifolius</i>	Chicasquil	Mediano	Nativo	8
<i>Cyphomandra betacea</i>	Tomate de palo	Pequeño	Nativo	8
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	Grande	Exótico	7
<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	Mediano	Nativo	7

4.5 Reproducción de especies idóneas para la rehabilitación vegetal.

Parte fundamental de la propuesta de rehabilitación es la selección idónea de especies, sin embargo, conseguirlas resulta un problema muy común, ya que muchos de los viveros en el país manejan un número reducido de especies. Es por esta razón, que surge la necesidad de proponer o recomendar técnicamente la producción y desarrollo en vivero de árboles y arbustos nativos para la zona en estudio, así como su plantación para garantizar la supervivencia (Ordóñez, 2021).

4.5.1 Producción y manejo de árboles en vivero

a) Reproducción (sexual y asexual): La escogencia de estos métodos depende de la facilidad de producción de cada especie, puede ser sexual a través de semillas o asexual por medio de estacas o esquejes, acodos o injertos.

b) Reproducción asexual: Este método es muy común en especies como *Bursera simaruba* (indio desnudo) y *Gliricidia sepium* (madero negro). Para acelerar el proceso de enraizamiento de las estacas, se utiliza un estimulante o enraizador para plantas semileñosas, o bien, algún otro método más casero como dejar las estacas reposando en agua de pipa o lentejas.

c) Reproducción sexual: es el método más común (Rojas, 2006), es aquella que se utilizan las semillas como medio de propagación (Morales, Montero, Castillo y Rosas, 2012). Las semillas obtienen de dos formas, comprándolas en bancos de semillas que por lo general provienen de árboles plus utilizados como fuentes semilleras o mediante la recolección directa en árboles, procurando utilizar árboles o arbustos de características físicas deseables, buen estado fitosanitario y accesible.

d) Recolección de frutos y semillas:

Se realiza en el momento en que los frutos están maduros, se puede llevar un registro de la época de fructificación de las especies que se desean propagar (Morales et al., 2012). Se puede realizar mediante sistema de escalado con espolones (personal capacitado), podadoras de extensión y directamente del suelo (no es muy recomendado, los frutos o semillas pueden estar contaminados).

En esta actividad es fundamental conocer los tipos de frutos, así como sus mecanismos de dispersión y el de las semillas. Por ejemplo, existen frutos en drupa y baya (ejemplo guayaba), que su recolección es más fácil. Por otro lado, existen frutos secos dehiscentes (no abren al madurar) y frutos secos indehiscentes (abren al madurar) como por ejemplo el *Cedrela odorata* (cedro amargo) o *Tabebuia rosea* (roble sabana), que al madurar las semillas son dispersadas por el viento, por lo que su recolección se debe realizar antes que abran los frutos.

e) Procesamiento de frutos y semillas:

Al igual que la recolección de los frutos, el procesamiento para limpiar las semillas varía según los tipos de frutos. De manera general, lo que se busca es eliminar las impurezas como hojas, ramas y partes de frutos, insectos, frutos o semillas dañadas, entre otros; se requiere de abundante agua en muchas ocasiones, en caso de ser necesario se deben secar, pero no al sol directamente. Dentro de los materiales a utilizar están las zarandas, coladores, frascos, bandejas, pinzas, martillo, cuchillo, entre otros.

f) Selección de semillas y tratamientos pregerminativos:

Se deben seleccionar semillas sanas, libres de impurezas y por lo general de mayor tamaño. Posteriormente y en caso de ser necesario, se debe aplicar tratamientos pregerminativos (por lo general en semillas de testa o cubierta dura) para romper la latencia de las semillas y acelerar la germinación. Según Rojas (2006), dentro de los tratamientos pregerminativos más comunes se encuentran: mecánicos (lijado, golpe), uso de agua (a diferentes temperaturas y tiempo sumergidas), estratificación, humedecimiento y sumersión en químicos.

g) Siembra: Se recomienda utilizar camas de germinación tipo bandejas (8 cm de espesor, 36 cm de ancho, 94 cm de largo), en arena de río desinfectada y dentro de un invernadero. En caso de semillas de gran tamaño, se recomienda sembrar en bolsa directamente.

h) Viverización: Una vez germinadas se deben pasar a bolsas pequeñas de almácigo (repique) generalmente de 4*8 o 5*8, ahí pasaran hasta que alcancen alturas máximas de 50 cm, posteriormente, se deben pasar a bolsas medianas de 13*11 o 12*16, para desarrollar árboles entre 1 y 2 metros de altura, sin tener problemas con el sistema radicular, el tamaño del adobe debe ser proporcional al tamaño del árbol o arbusto (Ordóñez, 2021). En esta fase de vivero, se deben realizar podas constantes de formación, abonado, deshierbe, control de raíces y control y prevención de plagas y enfermedades.

i) Desarrollo de árboles y arbustos: El tiempo de permanencia que pueda tener un árbol o arbusto desde que inicia la germinación hasta que alcance el tamaño ideal para ser plantado en campo, depende mucho de la especie. A manera general, se recomienda planificar mínimo tres años, desde la escogencia de las especies, colecta de frutos y semillas, germinación y crecimiento en vivero.

4.5.2 Selección de especies en viveros

a) Tamaño de árboles y arbustos: Se debe llevar al campo árboles y arbustos entre 1 y 1,5 m de altura desde la base hasta el ápice de la copa.

b) Tamaño de bolsas: Para árboles y arbustos de 1 a 1,5 m de altura, lo deseable es que hayan permanecido en el vivero en bolsas de 13*11, 12*16 o alguna similar, para evitar daños en las raíces, ni retrasar el crecimiento.

c) Forma del fuste, copa y raíz: El fuste deber ser recto, si daños mecánicos y libre de bifurcaciones. La copa debe ser frondosa y bien definida, las raíces deben estar libres de nudos, vigorosas y abundantes. A la hora de la selección, las raíces no deben estar expuestas. Estas especificaciones pueden variar dependiendo de las especies.

d) Estado fitosanitario: Uno de los aspectos importantes es que la selección del material a plantar es que deben estar libres de plagas y enfermedades, sin deficiencias nutricionales.

4.5.3 Plantación en las áreas a rehabilitar

Época de plantación: se debe tener el material listo para plantar a inicios de la época lluviosa, mayo es el mejor momento para realizar esta actividad, donde recibirán más de seis meses de lluvia.

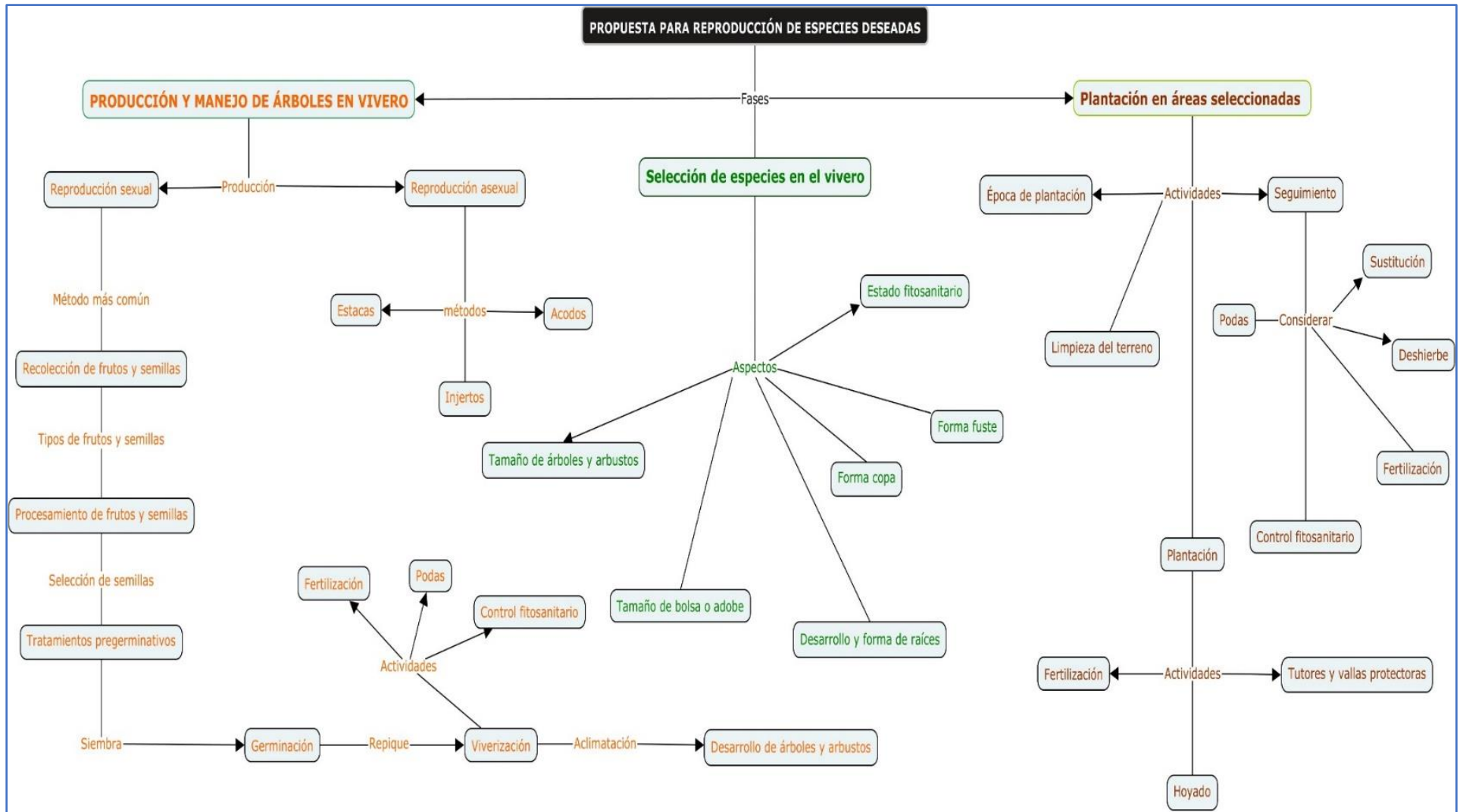
Limpieza inicial del terreno: consiste en la remoción de desechos (basura) y arvenses mediante chapeas, dependiendo del grado de arvenses, se puede utilizar control con herbicidas de bajo impacto. Esto evitará la competencia entre lo plantado y las arvenses,

Plantación: Se debe realizar el hoyado con una profundidad y diámetro, el doble o más que el tamaño de la bolsa o maceta (adobe) del árbol o arbusto, con el objetivo de aflojar el terreno y facilitar el

desarrollo de las raíces (Armién et al., 2015). Se recomienda antes se plantar, aplicar abono orgánico dentro del hueco o en caso de ser tierra de mala calidad, es necesario sustituirla. En caso de que lo amerite se debe colocar tutores y barreras (vallas protectoras) para proteger y mantener los árboles y arbustos fijos, hasta que las raíces logren anclarse al suelo.

Seguimiento: Es indispensable darle seguimiento a lo plantado, en caso de mortalidad se debe realizar sustitución. Además, es necesario deshierbe periódico o rodajeas de mínimo un m de ancho (Ordóñez, 2021), fertilización cada dos o tres meses, control de plagas y enfermedades, podas de formación o fitosanitarias, entre otros, esto durante los primeros dos años de plantados. En la figura X, se muestra un resumen de las fases a seguir para la reproducción de especies que se desean incluir en la propuesta de rehabilitación y que pueden ser difícil conseguir en viveros.

Figura 15. Propuesta alternativa para la reproducción de especies de interés.



V. DISCUSIÓN

5.1 Comunidades Vegetales

Según los **cuadros 7, 9 y 11**, la riqueza de especies fue en promedio mayor en la zona baja, disminuyendo paulatinamente hacia la zona media y alta. En la figura 1, donde se muestran los ortomosaicos de las 3 zonas, es evidente una mayor influencia humana sobre la vegetación de la zona baja, mostrando también mayor cantidad de estadios sucesionales. También es importante agregar que en la zona baja hay una mayor riqueza de especies exóticas o introducidas. El efecto de las diversas actividades humanas y sus presiones, incluso la siembra de especies exóticas parece ser un factor que afecta positivamente la riqueza de especies, no así, de la diversidad según las **figuras 3, 5 y 7**. De similar afectación, las plantaciones forestales han sido utilizadas en las últimas décadas como una solución para mitigar el problema de la deforestación, consideradas como una estrategia de conservación y recuperación de tierras degradadas en los trópicos y que pueden brindar una serie de beneficios económicos, sociales y ecológicos (F. Montagnini, M. Guariguata, A. Mariscal, N. Ribeiro y D. Shepherd. 1999.). Sin embargo, según M. Vilá (1998) y G. Vargas (2011), estos sistemas difícilmente podrán sustituir en su totalidad de funciones, beneficios y menos aún la biodiversidad que brindan los bosques naturales. Los mismos autores manifiestan que se requiere plantear un nuevo enfoque orientado a la restauración ecológica con especies nativas que reúnan las características apropiadas para acelerar la recuperación tanto de la estructura como de las funciones de los ecosistemas degradados como de la alta diversidad biológica que caracteriza a los trópicos.

Según las **figuras 3, 5 y 7**, el índice de diversidad es muy fluctuante en la zona baja, más alto en promedio y estable en la zona media y alta. Ambas zonas, media y alta, tienen mayor cobertura de vegetación y menos variabilidad de mosaicos paisajísticos. A pesar de no haber estudiado los suelos,

en Costa Rica, J. Eweld, M. J. Mazzarino y C. W. Berish (1991), compararon la concentración de nutrientes en el suelo de parcelas sin vegetación, monocultivos, parcelas de un estadio sucesional tardío (=100 spp) y parcelas enriquecidas con un 25% más de especies. Encontraron que, si bien no existían diferencias significativas entre parcelas de 100 o más especies, estas sí diferían notablemente de las otras. P. M. Vitousek y D. U. Hooper (1993), expusieron que la mayor parte de los agroecosistemas siguen ese mismo esquema y que el impacto sobre la diversidad biológica se saturaría entre 10 y 100 especies.

Según los **cuadros 8, 10 y 12**, los índices de similitud son bajos entre diferentes comunidades vegetales y altos en parcelas de las mismas comunidades vegetales, reforzando el establecimiento de parcelas en zonas discretas. Se hace relevante mencionar que la Vegetación de Galería, resulta ser en la zona media como alta, la que puede surtir de semillas para futuros proyectos que beneficien la rehabilitación de zonas degradadas. En la zona baja no hay sitios promisorios para lograr estos objetivos, por lo que se sugiere atender la recolección de semillas para esta zona, en cantones aledaños como Santo Domingo, Barva, Santa Bárbara y Heredia.

5.2 Enriquecimiento de especies.

Los **cuadros 13 al 18** reflejan las listas de especies de árboles y arbustos seleccionados y priorizados para este estudio, basados en criterios como densidad, frecuencia, proporcionalidad y usos. En este sentido, M. M. Delgado, A. Loureiro y F. A. Alcántara (2017), agrupan de igual modo ciertos criterios para establecer prioridades de reforestación. Los criterios se agrupan en potencial genético, amenazas, conservación, económicos y utilización. En otros estudios, J. Gálves (2002), menciona las especies sucedáneas en base a los criterios de valor de uso, conservación de otras especies y pérdida de especies en el periodo de estudio. Para este estudio, se establecen como prioritarias, las especies *Robinsonella lindeniana*, *Croton niveus* y *Trichilia havanensis* para las zonas bajas; *Ocotea praetermisa*, *Ocotea*

atirrensis y *Tabernaemontana donnel-smithii* para las zonas medias y *Viburnum costaricanum*, *Conostegia xalapensis* e *Inga oerstediana* para las zonas altas.

5.3 Problemas de Gestión en la Silvicultura Urbana

En Costa Rica existen varios problemas de gestión que aplazan los buenos intereses de la silvicultura urbana; según Q. Jiménez (2013); Q. Jiménez (2007) y Q. Jiménez, J. Baltodano, J. Lobo y N. Boeglin (2009), uno de los problemas esenciales es que en las instituciones se propician consecuencias negativas asociadas a la plantación de especies inadecuadas para el medio. Para F. Andersen, C. Konijnendijk y T. Randrup (2002); ASOPAICO (2010); G. Budowski (2006); M. Herrera (2010); Q. Jiménez (2007); D. Rivas (2011) y G. Vargas, J. Ugalde, M. J. Avellán & J. P. Villegas (2020), además de este primer problema que tiene que ver con una gestión más profesionalizada, también se pueden enumerar otros 6 problemas de grandes impactos negativos: 1. Falta de coordinación y contradicciones entre los objetivos de las instituciones. 2. Falta de gestión en educación, promoción, participación, adaptación y del adecuado conocimiento técnico del elemento forestal. 3. La planeación y dirección de nuestras interacciones con la naturaleza (fuera de las áreas protegidas) se ha entendido como un problema técnico y no como un asunto social, relacionado con actitudes, valores e instituciones sociales. 4. Formación especializada, no transdisciplinaria de los profesionales universitarios. 5. Pensamiento institucionalizado del valor monetario gratis o casi gratis de los árboles viverizados, propiciado por una mala gestión de distribución y adjudicación por parte de las instituciones públicas con viveros forestales. 6. Gastos presupuestarios dirigidos más hacia la publicidad de los eventos de siembra, propaganda institucional y gastos administrativos que hacia los gastos que propicien la consecución de especies idóneas, siembra adecuada y mantenimiento después de la siembra.

5.4 Importancia de los árboles en áreas urbanas

Según R. J. Olembó y P. De Rhan (1987), la falta de vegetación en zonas urbanas repercute en una degradación de los recursos fundamentales como el agua potable y la calidad de los suelos, además,

aumenta la vulnerabilidad a las sequías e inundaciones, a su vez, crea una desarmonía en el medio urbano, aumentando la tensión propia de las ciudades. Por su parte, Vargas R, G.; Ugalde G, J. A.; Avellán Z, M. J. & Villegas E, J. P. (2020), argumentan que, la siembra de árboles en zonas urbanas, tiene muchas funciones positivas para sus habitantes, entre otras, la captura y almacenamiento de carbono, la filtración del agua de lluvia, la reducción de la erosión del suelo, el aumento de la conectividad biológica, la atracción de polinizadores, la provisión de alimento, madera, leña y medicina, la reducción de ruidos y vientos fuertes, la proporción de aire limpio y fresco con su sombra y la generación de nuevas fuentes para la generación de ingresos.

5.5 Manejo Forestal para la rehabilitación vegetal en áreas degradadas en la microcuenca del Río Bermúdez.

Según Q. Jiménez (2007) y G. Vargas, J. Ugalde, M. J. Avellán & J. P. Villegas (2020), el enriquecimiento de las zonas degradadas, no deben afectar la lógica fitogeográfica y ecológica de las zonas a intervenir mediante la rehabilitación o restauración ecológica. Esto es, como se probó en los resultados de este estudio (**Figura 12**), al comparar la similitud específica entre parcelas dentro de una misma comunidad vegetal, en este caso la Vegetación de Galería, de una misma altitud y entre parcelas de diferentes altitudes. A la misma altitud, el índice de similitud de Sørensen es mayor, mientras que, a diferentes altitudes el índice es menor, lo que muestra diferencias altitudinales que se traducen en diferencias climáticas y que se convierten en diferencias de vegetación. Lo anterior justifica mantener los tres ámbitos de altitud establecidos en este estudio.

En diferentes estudios publicados (Aguilar M. & Hernández, W. (2016); Avellán Z, M. J. (2020); Di Marco, E. (2014); Vargas R, G. (2011).; Vargas R, G.; Ugalde G, J. A.; Avellán Z, M. J. & Villegas E, J. P. (2020)), se mencionan de manera separada, los diferentes componentes para un adecuado manejo forestal; al resumir y enlistar estos componentes o actividades, se sintetiza en lo siguiente:

Pasos (antes, durante y después del diseño paisajístico) para la ejecución de un diseño de Manejo Forestal

5.5.1 Enriquecimiento de Especies

1. Conocer la composición específica de plantas (árboles, arbustos, hierbas, bejucos y enredaderas) de las zonas de influencia directa e indirecta, en otras palabras, una lista de especies de cada zona de interés.
2. Establecer los puntos de muestreo en sitios donde se revele una vegetación discreta (estos pueden ser en diferentes estadios de sucesión vegetal).
3. Realizar una lista priorizada de las especies que serán utilizadas, basado en variables como densidad, frecuencia, proporcionalidad, usos de las especies, velocidad de crecimiento, fenología, entre otras.
4. Describir las cualidades de las especies priorizadas.

5.5.2 Manejo de Semillas

5. Definir los sitios de recolección de semillas.
6. Georreferenciar los individuos que se utilizarán como fuentes semilleras.
7. Investigar sobre las fenofases de fructificación de las especies priorizadas en localidades cercanas a las áreas de siembra.
8. Recolectar semillas y frutos sanos.

5.5.3 Viverización

9. Tratar las semillas según sus requerimientos físicos, químicos o fisiológicos, para obtener una germinación exitosa.
10. Germinar y obtener plántulas sanas, en una infraestructura adecuada para mantener una sobrevivencia alta.

11. Mantener en estado de crecimiento las plantas seleccionadas hasta un tamaño adecuado para su siembra.
12. Transportar las plantas viverizadas hasta el sitio de siembra, asegurando su integridad.

5.5.4 Siembra y Mantenimiento

13. Siembra de las plantas de acuerdo con el diseño paisajístico y al cumplimiento del Manejo Forestal diseñado.
14. Mantenimiento durante el primer año de establecida la siembra de plantas.
15. Inventarios forestales anuales para diagnosticar la salud de los árboles o plantas sembradas.
16. Mantener un programa de reposición de árboles basado en los inventarios anuales.

El presente trabajo incluyó por completo para el cantón de San Rafael, de los pasos anteriores, los puntos 1 al 4, del aspecto denominado Enriquecimiento de Especies. Los otros aspectos, del 5 al 8 denominado Manejo de Semillas; del 9 al 12 denominado Viverización y del 13 al 16 denominado Siembra y Mantenimiento, se ofrecen lineamientos prácticos generales que pueden reducirse de acuerdo con convenios con otras instituciones, a la capacidad financiera o presupuesto destinado para lograr los objetivos de arborización urbana, protección de ríos y quebradas, sistemas agroforestales y paisaje urbano y periurbano.

Para las instituciones, comunidades y personas responsables de la arborización urbana y su silvicultura, los aspectos incluidos en el Manejo de Semillas y Viverización, se pueden resolver con presupuestos reales más baratos que instalando toda la infraestructura, con la compra de las especies recomendadas y priorizadas, mediante acuerdos y convenios con viveros forestales que surtan las especies según las especificaciones fitogeográficas de cada Plan de Manejo Forestal (M. J. Avellán; S. Núñez; J. P. Villegas; G. Vargas; comunicación personal 2022.).

5.5.5 Ejecución de proyecto que busque la gestión del recurso arbóreo.

El aspecto de siembra y mantenimiento mezcla responsabilidades organizativas que pueden en mucho ser solventadas con contrataciones profesionales y técnicas de bajo costo, inclusión de estudiantes universitarios, voluntarios y fuerzas vivas de las comunidades. Articular distintos actores con las Municipalidades, las cuales es la organización gubernamental indicada para la ejecución de programas para iniciar proyectos en busca de gestionar los recursos de bosque para la obtención de fuentes semilleras para la reproducción de especies idóneas para la rehabilitación de comunidades vegetales.

VI. CONCLUSIONES

- Las especies de árboles y arbustos presentan características particulares las cuales son aprovechadas para distintos fines para el uso de las personas. Estas características de las especies necesitan darse a conocer para que se pueda aprovechar por la sociedad.
- En el muestreo de la flora se evidenció que las comunidades vegetales, pueden cambiar su formación natural, por actividades naturales. Esto queda evidenciado, en las distintas asignaciones de nombres para las comunidades vegetales.
- La vegetación de galería y el bosque secundario es un espacio ecológico en el cual la vegetación nativa se ha mantenido. Por ello que es necesario realizar proyectos ambientales que busquen la producción de árboles y plantas nativas.
- Se verifica que las especies idóneas para la rehabilitación de comunidades vegetales son propias de los ecosistemas naturales encontrados. A pesar de la influencia de las actividades humanas se identificaron especies nativas como *Robinsonella lindeniana*, *Croton niveus* y *Trichilia havanensis* para las zonas bajas; *Ocotea praetermissa*, *Ocotea atirrensis* y *Tabernaemontana donnel-smithii* para las zonas medias y *Viburnum costaricanum*, *Conostegia xalapensis* e *Inga oerstediana* para las zonas altas.

VII.RECOMENDACIONES

- En la recolección de semillas, se sugiere que, para las zonas bajas, se realice en los cantones aledaños con las mismas altitudes, como los son Santa Bárbara, Heredia, Santo Domingo y Barva principalmente; mientras que, para las zonas intermedias y altas, se realice en la Vegetación de Galería.
- Invitar a las municipalidades de los cantones de San Rafael y colindantes, para enfrentar los 16 pasos del Manejo Forestal planteados y resumidos en la discusión del presente estudio y explicado en los resultados de este, a través de un seminario o reunión promovida por la Universidad Nacional.
- Crear una asociación de viveros del cantón de San Rafael, patrocinados inicialmente por la Universidad Nacional y la Municipalidad de San Rafael, para motivar la producción de las especies priorizadas en este estudio.
- Se insta a realizar proyectos de rehabilitación donde se incluya los distintos procesos del manejo forestal, desde la recolección de la semilla, los procesos de vivero como los tratamientos pregerminativos, la puesta en bolsa del árbol y su seguimiento en cuanto al tamaño idóneo para ser plantado. Además, dichos proyectos pueden estar vinculados con unidades educativas que se involucren en los procesos mencionados. De esta forma se valida la importancia de las áreas verdes en la ciudad, la cual son fuente semillera.

VIII. REFERENCIAS

- Agisoft LLC. 2019. Agisoft metashape user manual: Professional edition, version 1.5. Recuperado de:
https://www.agisoft.com/pdf/metashape_1_5_en.pdf.
- Aguilar-Garavito, M. y Hernández, W. 2016. Fundamentos y consideraciones generales sobre restauración ecológica para Colombia Resumen. Biodiversidad en la Práctica, 1(1), 147–176.
- Andersen, F.; C. Konijnendijk y T. Randrup. 2002. Higher education on urban forestry in Europe: an overview. Forestry 75(5): 501-511.
- Arriola, V. S., Ferencz, A. A. & Rimolo, D. R. 2018. Fotogrametría terrestre con sistemas aéreos autónomos no tripulados. Investiga TEC, 31(4), 9-18.
- ASOPAICO. 2010. Convenio con Municipalidad de Santa Ana.
<http://www.paisajistas.cr/restauracionsantana.html>. Recuperado: abril 2022.
- Avellán Z, M. J. 2020. Gestión del arbolado urbano en Costa Rica: desafíos y oportunidades. Ambientico 275. Artículo 5. Pp. 30-35.
- AyA, MINAE. y MS. 2016. Política Nacional de Saneamiento en Aguas Residuales.
<https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Politica%20Nacional%20de%20Saneamiento%20en%20Aguas%20Residuales%20marzo%202017.pdf>.

- Bekker, H. 1998. Habitat fragmentation and infrastructure in the Netherlands and Europe. 1998. In: International conference on wildlife ecology and transportation, 9-12 feb. 1998 (151–165). Tallahassee, Florida, Estados Unidos.
- Bolaños, R; Watson, V., y Tosi, K. 2005. Mapa ecológico de zonas de vida, según el sistema de clasificación del mundo de L.R. Holdridge, Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica. Escala 1:750000.
- Budowski, G. 2006. Árboles en ambientes urbanos de Costa Rica. Primer Congreso Nacional de Foresta Urbana. Junio 2005, San José, Costa Rica.
- Calvo, V. 2017. Propuesta para la restauración de la cobertura vegetal en la zona ribereña del río Tibás como insumo para el establecimiento de un corredor biológico interurbano. (Tesis de grado), Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Cámara, A.R. y Días del Olmo, F. 2013. Muestreo en transecto de formaciones vegetales de fanerófitos y caméfitos: fundamentos metodológicos. Estudios geográficos 74(274),67-88.
- Crojethovich, M. A. y Barsky, A. 2012. Ecología de los bordes humanos. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de General Sarmiento.
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias 2015. Política Nacional de Gestión del Riesgo 2016-2030., San José Costa Rica.

- Delgado, María Margarita; Loureiro, J. A. y Alcántara, F. A. 2017. Evaluación de diversidad arbórea para selección de especies de reforestación. Centro de Investigación y desarrollo, Universidad Regional Autónoma de los Andes. Ecuador. P. 123.
- Di Marco, E. 2014. Práctica Silvícola: Enriquecimiento del Bosque Nativo. Revista Producción Forestal, 11 (4), 37-37.
- Fournier, L. 1980. Esfuerzo fitogeográfico de Costa Rica. In: M. Montiel. 1991. Introducción a la Flora de Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica, San José. Paj. 19-36.
- Eweld, J. J.; Mazzarino, M. J. y Berish, C. W. 1991. Tropical soil fertility changes under monocultures and successional communities of different structure. *Ecological Applications* 1: 289-302.
- Gálvez, J. (Ed.) 2002. La restauración ecológica: Concepto y aplicaciones. Guatemala. Universidad Rafael Landívar.
- Gentry, A. H. 1982. Patterns of neotropical plant species diversity. *Evolutionary biology* 15(5-11).
- Giroto, P. & Delgado, I. 2018. Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático.
- Gómez, L. 1986. Vegetación de Costa Rica. San José, Costa Rica: EUNED.
- Hammel, E.; Grayum, H.; Herrera, C.; Zamora, N. (Eds.). 2004. Manual de Plantas de Costa Rica. U.S.A: Missouri Botanical Garden Press.

Herrera R., M. 2010. Ciencias Sociales y Gestión Ambiental. El caso del Desarrollo Forestal Urbano en Costa Rica. Rev. Reflexiones. 89 (2): 13-25.

Holdridge, L. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto interamericano de ciencias agrícolas. San José, Costa Rica.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. 2010. Programa Bandera Azul Ecológica (7° Edición). Recuperado de: <http://www.bvs.sa.cr/AMBIENTE/textos/ambiente41.pdf>

Instituto de Innovación y Transferencias de Tecnología Agropecuaria (2015). Manual de definición de clases y especificaciones cartográficas de la Leyenda CLC-CR, para la generación de mapas de uso y cobertura de la tierra. San José, C. R.

Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo. 2011. Plan de Ordenamiento Territorial de la Gran Área Metropolitana. Recuperado de: https://www.mivah.go.cr/Documentos/potgam/PROPUESTAS-3_21_AGOSTO_2012.pdf.

Jiménez, Q.; Estrada, A.; Rodríguez A.; Arrollo, P. 2001. Manual dendrológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. TEC.

Jiménez, Q. 2013. Arbolado Urbano: beneficios, desaciertos y realidad en la Gran Área Metropolitana. Ambientico. 232-233. Artículo1. Pp. 4-12.

Jiménez Q. 2007. Foresta Urbana. Periódico La Nación. 1° de marzo 2007. San José, Costa Rica.

Jiménez Q., J. Baltodano, J. Lobo y N. Boeglin. 2009. El doble discurso gubernamental. Periódico La Nación. 5 de febrero 2009. San José, Costa Rica.

Margalef, R. 1980. La biosfera entre la termodinámica y el juego. Barcelona, España: Omega.

MINAE, SINAC y CONAGEBIO. 2016. Estrategia nacional de biodiversidad 2016-2025. PNUD, San José, Costa Rica. P. 146

Missouri Botanical Garden. 2022. Trópicos Home. Recopilado de:
<http://www.tropicos.org/ReferenceSearch.aspx>.

Montagnini, F.; Guariguata, M.; Mariscal, A.; Ribeiro, N. y Shepherd, D. 1999. Reforestación con especies ativas para la recuperación de parcelas degradadas: experiencia en tres regiones de Latinoamérica. Primer Seminario Centroamericano. Siguatepeque, Honduras. 254 p.

Moreno, P. 1984. Glosario botánico ilustrativo. Xalapa: Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos.

Mostacedo, B. y Fredercksen, T.S. 2000. Manual de métodos básicos de muestro y análisis en ecología vegetal. Bolivia: El país.

- Murcia, C. y Guariguata, M. 2014. La restauración ecológica en Colombia: Tendencias, necesidades y oportunidades. Documentos 107. Bogor, Indonesia: CIFOR
- Olembó, R. J. y De Rhan, P. 1987. Silvicultura Urbana, en dos mundos diversos. *Unasyuva*, Roma 39(155): 26-32.
- Quesada, R. (2007, agosto 24-25). Los Bosques de Costa Rica. IX Congreso Nacional de Ciencias. Instituto Tecnológico de Costa Rica Cartago, Costa Rica.
- Quesada y Harb. 2013. Ríos: protagonistas en la humanización de espacios públicos de la ciudad de San José. *Ambientico* 232-233. Artículo 7. Pp 46-50.
- Rivas, D. 2011. Silvicultura Urbana y Arboricultura: discusión conceptual. Asociación Mexicana de Arboricultura. Pp. 1-9.
- Rojas, F; Canessa, R; Ramirez, J. 2020. Cafetales arbolados. Editorial Tecnológico de Costa Rica, EUNA, Costa Rica. 208 p.
- Smith. M y Smith, L. 2007. Ecología. Madrid, España: Pearson Education.
- Terradas J., Franquesa, T; Parés M., Chaparro. L. 2011. Ecología urbana. *Investigación y Ciencia*, noviembre.56-60.
- Vargas R, G. 2011. Botánica General: Desde los musgos hasta los árboles. Editorial Universidad Estatal a Distancia, EUNED. San José, Costa Rica. 470 p.

- Vargas, G. 2010. Guía para reconocer las plantas de Costa Rica. San José, Costa Rica: EUNED.
- Vargas R, G.; Ugalde G, J. A.; Avellán Z, M. J. & Villegas E, J. P. 2020. Viveros Forestales en la silvicultura urbana en Costa Rica. *Ambientico* 275. Artículo 3. Pp. 18-23.
- Vargas, S. Y. 2017. Determinación del índice de calidad riparia y propuesta para la restauración ecológica de la cuenca alta del río Reventazón. (Tesis grado). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, C.R.
- Vilá, Montserrat. 1998. Efectos de la diversidad de especies en el funcionamiento de los ecosistemas. *Orsis*. 13: 105-117.
- Villalobos, Ch. 2013. Rehabilitación forestal de la zona de protección de la microcuenca del río Pirro, Heredia, Costa Rica. (tesis de pregrado). Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Vitousek, P. M. y Hooper, D. U. 1993. Biological diversity and terrestrial ecosystem biogeochemistry. In: E. D. Schulze y H. A. Mooney. *Biodiversity and ecosystem function*. Springer-Verlag. Berlín.
- Vozzo J. A. (ed.). 2010. Manual de Semillas de árboles tropicales. Departamento de agricultura de los Estados Unidos Servicio Forestal.

IX. APÉNDICES

Apéndice 1. Ubicación, altitud y coordenadas geográficas para las comunidades vegetales encontradas en las zonas altitudinales.

Zona altitudinal	Sitios	Ubicación	Comunidad vegetal	Altitud msnm	Longitud	Latitud
Baja 1190-1284	p1	Jardines de roma.	Pastizal.	1190	-84.107956	10.000857
	ch2	Corazón de Jesús	Charral.	1.205	-84.111037	10.006863
	vg3	Santiago, río Pirro	Vegetación de galería.	1.215	-84.103922	10.007085
	vad4	San Josecito	Vegetación con árboles dispersos.	1.235	-84.106051	10.010338
	ca5	El palmar	Cafetal abandonado.	1.265	-84.106076	10.017196
	ch6	Calle manzano	Charral.	1.284	-84.091469	10.014076
Media 1300-1348	vad7	Puente la viga	Vegetación con árboles dispersos.	1.300	-84.106290	10.023797
	vg8	Inicio del Bosque Monte Cantor	Vegetación de galería.	1.324	-84.102518	10.026692
	vg9	CEUNA, mariposario	Vegetación de galería.	1.330	-84.103002	10.027532
	bs10	Finca Mata de Plátano, toma de agua.	Bosque secundario.	1.335	-84.101646	10.026958
	bs11	Finca Mata de Plátano	Bosque secundario.	1.341	-84.101097	10.027269
	bs12	Final del Bosque Monte Cantor	Bosque secundario.	1.342	-84.102846	10.028348
	cvg13	Calle Concepción	Cafetal con vegetación de galería.	1.346	-84.088772	10.022225
	bs14	Finca Mata de plátano	Bosque secundario.	1.348	-84.100614	10.027994
	zc15	Calle Concepción	Zona cultivada.	1.423	-84.083447	10.025188
	car16	Finca Los Cerezos	Café arbolado.	1.427	-84.089163	10.027387
	car17	Aves del paraíso	Café arbolado.	1.496	-84.101970	10.044378

Alta 1.423- 1.630	vg18	Iglesia Calle Hernández	Vegetación de galería.	1.512	-84.080084	10.033467
	cr19	Calle Hernández	Cortinas rompevientos con árboles dispersos.	1.527	-84.079833	10.035017
	vg20	Calle El bosque	Vegetación de galería	1.592	-84.077046	10.042140
	vg21	Calle El bosque	Vegetación de galería	1.614	-84.076672	10.044922
	cr22	Calle Ciénega	Cortinas rompevientos con árboles dispersos.	1.630	-84.075520	10.045455

Apéndice 2. Edificaciones alrededor del área de estudio sitio 2, en el barrio Corazón de Jesús.



Apéndice 3. Charral, área de desuso ubicada en el sitio 2.



Apéndice 4 Vegetación de charral en el sitio 2.



Apéndice 5. Desarrollo en copa de *Erythrina poeppigiana*



Apéndice 6. Copa de *Ficus jimenezii*.



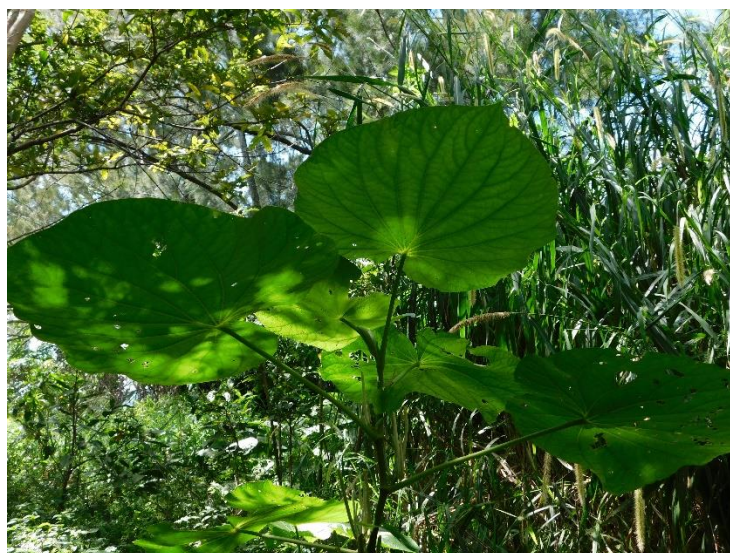
Apéndice 7. Flores de *Lantana camara*.



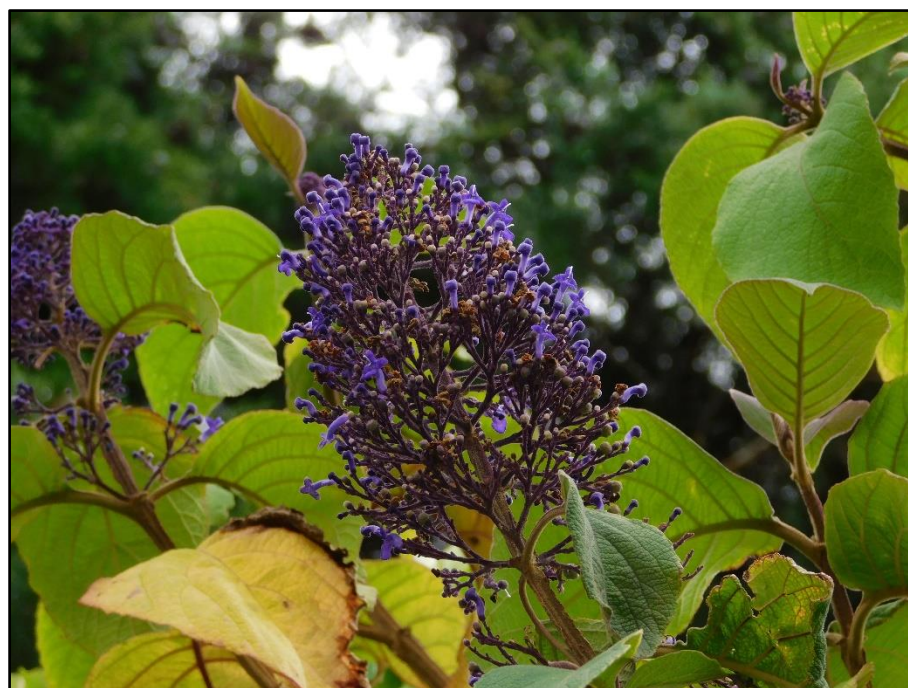
Apéndice 8. *Cecropia peltata* en un cafetal abandonado.



Apéndice 9. *Piper umbellatum*, creciendo bajo sombra en un dosel.



Apéndice 10. Arbusto de *Cornutia pyramidata* con flores en setiembre del 2019.



Apéndice 11. Árbol de *Oreopanax xalapensis*, con frutos en setiembre ,2019.

