



De semillas a bosques

Experiencias de viverismo
con especies andinas

Compensaciones ambientales del Proyecto de
Transmisión de Energía Eléctrica Nueva Esperanza

epm[®]



Fundación
Natura
COLOMBIA



De semillas a bosques



Fundación
Natura
COLOMBIA



De semillas a bosques

EXPERIENCIAS DE VIVERISMO CON ESPECIES ANDINAS

Compensaciones ambientales del Proyecto de Transmisión de Energía Eléctrica Nueva Esperanza



Fundación
Natura
COLOMBIA

© Fundación Natura

Carrera 21 # 39-43
Bogotá, Colombia
Tel. (57-1) 245 5700
<https://natura.org.co/>
fundacionnatura@natura.org.co

© EPM

Carrera 58 # 42-125
Medellín, Colombia
Tel. (57-4) 380 8080
<https://www.epm.com.co>
epm@epm.com.co

Primera edición: Bogotá D. C., 2021
ISBN impreso: 978-958-8753-74-4
ISBN digital: 978-958-8753-75-1

Coordinación editorial

ES la Edición

Edición y corrección de estilo

Ella Suárez

Diseño y diagramación

Andrea Julieth Castellanos

Impresión

La Imprenta Editores S. A.

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización de los titulares de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción de este documento para fines comerciales.

Citación sugerida (formato APA)

Cañón, J., Ávila-R., L., Herrera, E. & Serrano, O. (2021). *De semillas a bosques: Experiencias de viverismo con especies andinas. Compensaciones ambientales del Proyecto de Transmisión de Energía Eléctrica Nueva Esperanza*. EPM-Fundación Natura.



Luis Eduardo Valencia M.

Jefe de la Unidad de Gestión Ambiental y Social T&D Energía

Sandra Yannette Vélez A.

Jefe de la Unidad de Desarrollo Ambiental y Social PYE ING

Gloria Alexandra Arango R.

Profesional ambiental y social

Luisa Fernanda Cuartas P.

Profesional ambiental y social

Diana Victoria Ramírez C.

Profesional ambiental y social

Carlos Andrés Gutiérrez G.

Profesional ambiental y social

Daniel Useche O.

Profesional forestal de la Fundación EPM

Eduardo Rendón Posada

Profesional de Comunicación Corporativa

William Cossio Q.

Profesional ambiental y social/gestor técnico del convenio

Clara Ligia Solano

Directora Ejecutiva

Claudia Lorena Franco

Subdirectora Técnica

Nancy Vargas Tovar

Subdirectora Técnica

Sandra Galán

Oficial de Proyectos

Mauricio Rosas

Jefe financiero y contable

Andrea Gutiérrez de Piñeres

Jefe administrativa y de gestión humana

Eliana Garzón

Jefa de Comunicaciones

Oriana Serrano Rojas

Jefa del proyecto Convenio Fundación Natura-EPM Línea Nueva Esperanza

Equipo del Convenio EPM-Fundación Natura

**Equipo del Convenio
EPM-Fundación Natura**

Óscar Silva Forero

Martha Isabel Patarroyo Gómez

Brayan Snader Salazar Hernández

Johana Rodríguez Cabeza

Sergio Romero Peña

Wilmer Emilio Gutiérrez Morales

Felipe Vásquez Tavera

Néstor A. Peralta Zapata

Julián Esteban Díaz Triana

Colaboradores

Diana Isabel Jiménez Restrepo

Selene Torres

Armando Villota

Fotografías

Jessica Cañón Páez

Liz Ávila Rodríguez

Óscar Javier Silva Forero

Martha Isabel Patarroyo Gómez

Wilmer Emilio Gutiérrez Morales

Lectores

Nancy Vargas Tovar

Néstor Peralta Zapata

Julián Díaz Triana



Autoras

Jessica Cañón Páez

Ecóloga. Especialista en Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales. Residente de Vivero
jcanon@natura.org.co

Liz Ávila Rodríguez

Bióloga. M.Sc. en Ciencias-Biología. Investigadora Botánica
liz.avila33@gmail.com

Edna Viviana Herrera Rodríguez

Ingeniera forestal. Profesional en Sistemas de Información Geográfica. Residente de Siembras.
eherrera@natura.org.co

Oriana Serrano Rojas

Ecóloga. M.Sc. en Estudios Interdisciplinarios para el Desarrollo. Jefe del proyecto. Profesional socioambiental
oserrano@natura.org.co

| Agradecimientos |



► *Espeletia grandiflora*

A todos quienes hacen parte del equipo del convenio EPM-Fundación Natura y a todos quienes han participado de este proceso.

A nuestros compañeros de EPM, por su interés y gran disposición para formalizar esta alianza y procurar con responsabilidad el buen desarrollo de las acciones del Convenio: Gloria Alexandra Arango, Luisa Cuartas, Luis Eduardo Valencia, William Cossio, Carlos Gutiérrez, Daniel Useche y Diana Victoria Ramírez.

A nuestro equipo de la Fundación Natura, por su empeño en hacer de este proceso una realidad, por sus orientaciones y recomendaciones y por siempre estar atentos a las necesidades de los procesos que se llevan a cabo en el marco del convenio: Elsa Matilde Escobar, Clara Solano, Nancy Vargas, Carlos Castillo y Néstor Urrego.

A Armando Villota, Trino Triviño Díaz y Fernando Giraldo, por las distintas asesorías, acompañamiento y consejos para que este proceso pudiera desarrollarse.

A nuestro equipo de lectores: Nancy Vargas, Néstor Peralta y Julián Díaz, por tomarse el tiempo de revisar este manuscrito y darle claridad, coherencia y rigor técnico a las experiencias y trabajo realizado.

Al equipo local del convenio: Óscar Silva, Johanna Rodríguez, Sergio Romero, Martha Patarroyo, Bryan Salazar, Wilmer Gutiérrez y Felipe Vásquez, por su apoyo en las distintas fases del proceso.

A quienes admiran la belleza de los ecosistemas andinos, trabajan para su conservación y entienden su importancia para el bienestar de las comunidades.

| Contenido |



► *Puya santosii*

| | |
|---|-----------|
| Presentación de EPM | 23 |
| Presentación de Fundación Natura | 25 |
| Introducción | 27 |
| Capítulo 1. Conceptos y técnicas para la consecución de material vegetal | 39 |
| 1.1. Propagación sexual por medio de semillas | 42 |
| 1.1.1. Fuentes semilleras y semillas | 43 |
| 1.1.2. Recolección de frutos y semillas | 43 |
| 1.1.3. Obtención de la semilla a partir del fruto | 44 |
| 1.1.4. Almacenamiento efectivo de las semillas | 44 |
| 1.1.5. Propagación y análisis de calidad de semillas nativas | 44 |
| 1.1.6. Trasplante de las plántulas germinadas: periodo de rápido crecimiento | 46 |
| 1.2. Propagación sexual por medio de esporas | 46 |
| 1.3. Propagación asexual o vegetativa | 47 |
| 1.4. Métodos alternativos para obtener material vegetal | 48 |
| 1.4.1. Rescate y reubicación de plántulas y juveniles | 49 |
| 1.4.2. Expresión del banco de semillas germinable | 49 |

| | |
|--|-----------|
| 1.5. Mantenimiento del material vegetal | 50 |
| 1.5.1. Riego | 50 |
| 1.5.2. Fertilización | 51 |
| 1.5.3. Atención fitosanitaria | 51 |
| 1.5.4. Endurecimiento o rustificación del material propagado | 51 |

Capítulo 2. Selección de especies por ecosistema de referencia 53

| | |
|---|-----------|
| 2.1. Ecosistema de páramo | 55 |
| 2.2. Franja de transición páramo-bosque altoandino | 62 |
| 2.3. Ecosistema de bosque altoandino | 66 |
| 2.4. Ecosistema de bosque andino | 70 |

Capítulo 3. Obtención de material vegetal 79

| | |
|---|------------|
| 3.1. Propagación sexual de especies nativas: semillas y esporas | 81 |
| 3.1.1. Métodos para el seguimiento a fuentes semilleras | 82 |
| 3.1.2. Resultados de la evaluación de las fuentes semilleras | 84 |
| 3.1.3. Pasos para la propagación a partir de semillas | 104 |
| 3.1.4. Resultados de la propagación a partir de la semilla | 118 |
| 3.1.5. Métodos de propagación a partir de esporas | 181 |
| 3.1.6. Resultados de la propagación a partir de esporas: <i>Cyathea</i> sp. | 187 |
| 3.2. Propagación vegetativa | 190 |
| 3.2.1. Métodos para la obtención de material a partir de esquejes y rizomas | 190 |
| 3.2.2. Resultados de la propagación vegetativa: uva de anís (<i>Cavendishia bracteata</i>) y chusque (<i>Chusquea tessellata</i>) | 192 |
| 3.3. Otras alternativas para la obtención de material: rescate y reubicación | 196 |
| 3.3.1. Métodos para el rescate y reubicación de plántulas y juveniles | 197 |
| 3.3.2. Resultados de los ensayos de rescate y reubicación | 202 |

| | |
|--|------------|
| 3.4. Otras alternativas para obtención de material: banco de semillas germinables | 204 |
| 3.4.1. Métodos para la expresión del banco de semillas germinable | 205 |
| 3.4.2. Resultados de la expresión del banco de semillas germinable | 207 |
| 3.5. Mantenimiento del material vegetal | 209 |
| 3.5.1. Riego | 209 |
| 3.5.2. Fertilización | 210 |
| 3.5.3. Atención fitosanitaria | 211 |
| 3.5.4. Endurecimiento o rustificación del material vegetal | 213 |

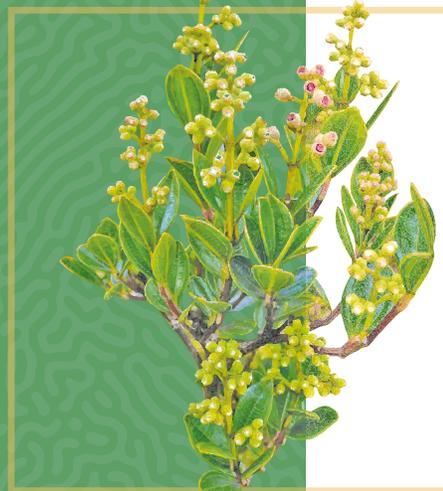
Capítulo 4. Lecciones aprendidas y recomendaciones **215**

| | |
|---|------------|
| 4.1. Sobre aspectos generales de la obtención del material vegetal en el marco de las compensaciones ambientales | 217 |
| 4.2. Sobre la selección de especies para la obtención del material vegetal | 218 |
| 4.3. Sobre el proceso de obtención del material vegetal | 219 |
| 4.3.1. Propagación sexual y vegetativa | 220 |
| 4.3.2. Métodos alternativos: rescate o reubicación de plántulas y juveniles y expresión del banco de semillas germinables | 223 |
| 4.3.3. Participación de la comunidad en los procesos de obtención del material vegetal | 223 |

Capítulo 5. Fichas de especies **225**

| | |
|---------------------|------------|
| Glosario | 277 |
| Siglas | 283 |
| Anexos | 284 |
| Bibliografía | 291 |

| Índice de tablas |



► *Miconia summa*

| | | |
|-------------------|--|----|
| Tabla 0.1. | Tipos de compensaciones ambientales | 36 |
| Tabla 2.1. | Especies seleccionadas en la estrategia de restauración del escenario de pastos limpios (predio Santa Rosa, Sibaté) | 56 |
| Tabla 2.2. | Especies seleccionadas de la estrategia de restauración del escenario de pajonal-frailejonal (predio Santa Rosa, Sibaté) | 60 |
| Tabla 2.3. | Especies seleccionadas para la estrategia de restauración del escenario zona de recarga hídrica (predio Santa Rosa, Sibaté) | 62 |
| Tabla 2.4. | Especies seleccionadas para la estrategia de restauración en el escenario arbustal de retamo espinoso (<i>Ulex europaeus</i>) en el predio El Banqueo (Guasca) | 63 |
| Tabla 2.5. | Especies seleccionadas para la estrategia de restauración en escenarios de vegetación secundaria y bosque fragmentado en el predio El Banqueo (Guasca) | 64 |
| Tabla 2.6. | Especies seleccionadas para escenarios de pastos limpios en la Reserva Biológica Encenillo (Guasca) | 66 |
| Tabla 2.7. | Especies seleccionadas para el escenario de pastos limpios en los predios Peñas Blancas y La Esmeralda | 70 |
| Tabla 2.8. | Especies seleccionadas para escenarios de bosque fragmentado y vegetación secundaria en los predios Peñas Blancas y La Esmeralda | 74 |
| Tabla 2.9. | Especies seleccionadas para el escenario áreas invadidas por <i>Pteridium aquilinum</i> en el predio Peñas Blancas | 78 |

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Tabla 3.1. | Predio Santa Rosa (Sibaté): promedios mensuales de precipitación histórica y floración estimada como el porcentaje de copa con flores o botones entre marzo de 2017 y diciembre de 2018 | 85 |
| Tabla 3.2. | Predio Santa Rosa (Sibaté): promedios mensuales de precipitación histórica y fructificación estimada como el porcentaje de copa con frutos maduros o inmaduros entre marzo de 2017 y diciembre de 2018 | 86 |
| Tabla 3.3. | Predio El Palmar (Guatavita): promedios mensuales de precipitación histórica y floración estimada como el porcentaje de copa con flores o botones entre abril de 2017 y diciembre de 2018 en el predio | 88 |
| Tabla 3.4. | Predio El Palmar (Guatavita): promedios mensuales de precipitación histórica y fructificación estimada como el porcentaje de copa con frutos maduros o inmaduros entre abril de 2017 y diciembre de 2018 | 90 |
| Tabla 3.5. | Predio El Banqueo (Guasca): promedios mensuales de precipitación histórica y floración estimada como el porcentaje de copa con flores o botones entre mayo de 2017 y noviembre de 2018 | 92 |
| Tabla 3.6. | Predio El Banqueo (Guasca): promedios mensuales de precipitación histórica y fructificación estimada como el porcentaje de copa con frutos maduros o inmaduros entre mayo de 2017 y noviembre de 2018 | 94 |
| Tabla 3.7. | Reserva Biológica Encenillo (Guasca): promedios mensuales de precipitación histórica y floración estimada como el porcentaje de copa con flores o botones entre mayo de 2017 y noviembre de 2018 | 96 |
| Tabla 3.8. | Reserva Biológica Encenillo (Guasca): promedios mensuales de precipitación histórica y fructificación estimada como el porcentaje de copa con frutos maduros o inmaduros entre mayo de 2017 y noviembre de 2018 | 97 |
| Tabla 3.9. | Predio La Esmeralda (Bojacá): promedios mensuales de precipitación histórica y floración estimada como el porcentaje de copa con flores o botones entre abril de 2017 y diciembre de 2018 | 99 |
| Tabla 3.10. | Predio La Esmeralda (Bojacá): promedios mensuales de precipitación histórica y fructificación estimada como el porcentaje de copa con frutos maduros o inmaduros durante los meses evaluados entre abril de 2017 y diciembre de 2018 | 100 |
| Tabla 3.11. | Predio Peñas Blancas (Bojacá): promedios mensuales de precipitación histórica y floración estimada como el porcentaje de copa con flores o botones entre abril de 2017 y diciembre de 2018 | 102 |

| | | |
|--------------------|---|-----|
| Tabla 3.12. | Predio Peñas Blancas (Bojacá): promedios mensuales de precipitación histórica y fructificación estimada como el porcentaje de copa con frutos maduros o inmaduros entre abril de 2017 y diciembre de 2018 | 103 |
| Tabla 3.13. | Germinación para especies del grupo uno del ecosistema de páramo | 125 |
| Tabla 3.14. | Información de germinación para especies del grupo uno de la zona de transición páramo-bosque altoandino | 136 |
| Tabla 3.15. | Información de germinación para especies del grupo uno del ecosistema de bosque altoandino | 146 |
| Tabla 3.16. | Germinación para especies del grupo uno de los ecosistemas de bosque altoandino y bosque andino | 157 |
| Tabla 3.17. | Germinación para especies del grupo uno del ecosistema de bosque andino | 171 |
| Tabla 3.18. | Procedimiento para la recolección y propagación vegetativa | 191 |
| Tabla 3.19. | Especies de interés y cantidades trasplantadas de las muestras de suelo y germinador | 208 |

| Índice de figuras |



► *Clusia multiflora*

| | | |
|--------------------|--|----|
| Figura 0.1. | Municipios con presencia de las líneas de transmisión eléctricas del Proyecto Nueva Esperanza | 34 |
| Figura 1.1. | Orientaciones para obtener material vegetal nativo para la restauración de ecosistemas andinos | 41 |
| Figura 1.2. | Pruebas y análisis de la calidad de semillas nativas | 45 |
| Figura 3.1. | Actividades secuenciales para la obtención de material vegetal por medio de propagación sexual | 81 |
| Figura 3.2. | Predio Santa Rosa (Sibaté): respuesta mensual en la fructificación estimada como el porcentaje de copa con presencia de botones, flores y frutos maduros e inmaduros | 84 |
| Figura 3.3. | Predio El Palmar (Guatavita): respuesta mensual en la fructificación estimada como el porcentaje de copa con presencia de botones, flores y frutos maduros e inmaduros | 87 |
| Figura 3.4. | Predio El Banqueo (Guasca): respuesta mensual en la fructificación estimada como el porcentaje de copa con presencia de botones, flores y frutos maduros e inmaduros | 92 |
| Figura 3.5. | Reserva Biológica Encenillo (Guasca): respuesta mensual en la fructificación estimada como el porcentaje de copa con presencia de botones, flores y frutos maduros e inmaduros | 95 |
| Figura 3.6. | Predio La Esmeralda (Bojacá): respuesta mensual en la fructificación estimada como el porcentaje de copa con presencia de botones, flores y frutos maduros e inmaduros | 99 |

| | | |
|---------------------|--|-----|
| Figura 3.7. | Predio Peñas Blancas (Bojacá): respuesta mensual en la fructificación estimada como el porcentaje de copa con presencia de botones, flores y frutos maduros e inmaduros | 101 |
| Figura 3.8. | Métodos de recolección de frutos y semillas | 105 |
| Figura 3.9. | Recolección de frutos en bolsa tipo Ziploc y rótulo de información | 106 |
| Figura 3.10. | Tipos de fruto y descripción del método de beneficio | 108 |
| Figura 3.11. | Larva en una semilla de lote de amarillo (<i>Aniba panurensis</i>) | 110 |
| Figura 3.12. | Almacenamiento de semillas en el vivero de la Reserva Biológica Encenillo | 111 |
| Figura 3.13. | Metodología de análisis de calidad de semillas nativas | 112 |
| Figura 3.14. | Tipos de siembra utilizados en los viveros del Proyecto Nueva Esperanza | 114 |
| Figura 3.15. | Condiciones ambientales para la propagación de especies nativas. a) Condición tipo uno; b) condición tipo dos | 115 |
| Figura 3.16. | Procedimiento para un buen trasplante | 116 |
| Figura 3.17. | Toma de datos en la zona: a) germinación, b) crecimiento y c) rustificación | 117 |
| Figura 3.18. | Distribución de especies nativas propagadas en vivero por zona para el Proyecto Nueva Esperanza | 119 |
| Figura 3.19. | Cantidad de recolecciones por tipo de fruto en el ecosistema de páramo | 120 |
| Figura 3.20. | Relación de peso de fruto-peso semillas de especies del ecosistema de páramo | 121 |
| Figura 3.21. | Datos de frutos y semillas por especie del ecosistema de páramo | 122 |
| Figura 3.22. | Curvas de germinación para el grupo dos de especies del ecosistema de páramo: a) <i>Oreopanax mutisianus</i> y b) tres especies del género <i>Espeletia</i> y <i>Espeletiopsis corymbosa</i> | 126 |
| Figura 3.23. | Curvas de crecimiento en germinador para las especies del ecosistema de páramo por etapa sucesional. a) Especies de etapa pionera, b) especies de etapa intermedia, c) especies de etapa avanzada y d) <i>Miconia summa</i> a alta y baja densidad | 129 |
| Figura 3.24. | Curvas de crecimiento en bolsa para las especies del ecosistema de páramo por etapa sucesional: a) especies de etapa pionera, b) especies de etapa intermedia y c) especies de etapa avanzada | 131 |
| Figura 3.25. | Cantidad de recolecciones por tipo de fruto en la zona de transición páramo-bosque altoandino | 132 |
| Figura 3.26. | Relación de peso de fruto-peso semillas de especies de la zona de transición páramo-bosque altoandino | 133 |

| | | |
|---------------------|--|-----|
| Figura 3.27. | Datos de frutos y semillas por especie de la zona de transición páramo-bosque altoandino | 134 |
| Figura 3.28. | Curvas de germinación para el grupo dos de especies de la zona de transición páramo-bosque altoandino: a) <i>Berberis goudotii</i> , b) <i>Gaiadendron punctatum</i> , c) <i>Hesperomeles goudotiana</i> y d) <i>Myrcianthes rhopaloides</i> | 139 |
| Figura 3.29. | Curvas de crecimiento en germinador para las especies de la zona de transición páramo-bosque altoandino por etapa sucesional. a) Especies de etapa pionera, b) especies de etapa intermedia y c) especies de etapa avanzada | 140 |
| Figura 3.30. | Curvas de crecimiento en bolsa para las especies de la zona de transición páramo-bosque altoandino por etapa sucesional. a) Especies de etapa pionera y b) especies de etapa avanzada | 142 |
| Figura 3.31. | Cantidad de recolecciones por tipo de fruto en el ecosistema de bosque altoandino | 143 |
| Figura 3.32. | Relación de peso de fruto-peso semillas de especies de la zona de transición páramo-bosque altoandino | 144 |
| Figura 3.33. | Datos de frutos y semillas por especie del ecosistema de bosque altoandino | 145 |
| Figura 3.34. | Curvas de germinación para el grupo dos de especies del ecosistema altoandino. a) <i>Aniba</i> sp., b) <i>Drimys granadensis</i> , c) <i>Geissanthus andinus</i> , d) <i>Lupinus interruptus</i> y e) <i>Vallea stipularis</i> | 149 |
| Figura 3.35. | Curvas de crecimiento en germinador para las especies del ecosistema de bosque altoandino. a) Especies de etapa pionera, b) especies de etapa intermedia y c) <i>Vallea stipularis</i> | 151 |
| Figura 3.36. | Curvas de crecimiento en bolsa para el amarillo (<i>Aniba</i> sp.) y el lupino (<i>Lupinus interruptus</i>) | 152 |
| Figura 3.37. | Curvas de crecimiento en bolsa para las especies del ecosistema de bosque altoandino. a) Especies de etapa pionera, b) <i>Brunellia propinqua</i> y c) <i>Vallea stipularis</i> | 154 |
| Figura 3.38. | Cantidad de recolecciones por tipo de fruto en los ecosistemas de bosque altoandino y bosque andino | 155 |
| Figura 3.39. | Relación de peso de fruto-peso semillas de especies de los ecosistemas de bosque altoandino y bosque andino | 156 |

| | | |
|---------------------|--|-----|
| Figura 3.40. | Datos de frutos y semillas por especie de los ecosistemas de bosque altoandino y bosque andino | 158 |
| Figura 3.41. | Curvas de germinación para el grupo dos de los ecosistemas de bosque altoandino y bosque andino: a) <i>Cestrum mutisii</i> , b) <i>Juglans neotropica</i> , d) <i>Rhamnus goudotiana</i> y e) <i>Solanum oblongifolium</i> bajo condición climática tipo dos; c) <i>Quercus humboldtii</i> y f) <i>Viburnum tinoides</i> bajo condición climática tipo uno | 163 |
| Figura 3.42. | Curvas de crecimiento en germinador para las especies de los ecosistemas de bosque altoandino y bosque andino. a) Especies bajo condición climática tipo dos, b) especies de etapa pionera, c) especies de etapa intermedia y d) <i>Quercus humboldtii</i> bajo condición climática tipo uno | 166 |
| Figura 3.43. | Curvas de crecimiento en bolsa para las especies de los ecosistemas de bosque altoandino y bosque andino. a) Especies bajo condición climática tipo dos; b) especies de etapa pionera, c) especies de etapa intermedia bajo condición climática tipo uno y d) <i>Quercus humboldtii</i> bajo condición climática tipo uno | 168 |
| Figura 3.44. | Cantidad de recolecciones por tipo de fruto para el ecosistema de bosque andino | 169 |
| Figura 3.45. | Relación de peso de fruto-peso semillas de especies del ecosistema de bosque andino | 170 |
| Figura 3.46. | Datos de frutos y semillas por especie del ecosistema de bosque andino | 172 |
| Figura 3.47. | Curvas de germinación para el grupo dos del ecosistema de bosque andino bajo condición climática tipo dos: a) <i>Aniba panurensis</i> , b) <i>Bocconia frutescens</i> , c) <i>Cordia cylindrostachya</i> , d) <i>Croton magdalenensis</i> , y e) <i>Guarea kunthiana</i> bajo condición climática tipo uno, f) <i>Palicourea angustifolia</i> , g) <i>Palicourea demissa</i> | 176 |
| Figura 3.48. | Curvas de crecimiento en germinador para las especies del ecosistema de bosque andino. a) Especies bajo condiciones tipo dos, b) especies bajo condiciones tipo uno, c) especies bajo condiciones tipo uno y d) especies de etapa avanzada en condiciones tipo uno | 179 |
| Figura 3.49. | Curvas de crecimiento en bolsa para las especies del ecosistema de bosque andino. a) Especies bajo condiciones tipo dos, b) especies de etapa pionera bajo condiciones tipo uno y c) especies de etapa intermedia bajo condiciones tipo uno | 180 |
| Figura 3.50. | Frondas en etapa reproductiva | 181 |
| Figura 3.51. | <i>Izquierda:</i> esporas en cajas para almacenar. <i>Derecha:</i> almacenamiento en bolsas de papel | 182 |

| | | |
|---------------------|--|-----|
| Figura 3.52. | Experimento A: cama de germinación para la propagación de esporas | 183 |
| Figura 3.53. | Experimento B: canastillas para propagación de esporas en el vivero de Bojacá | 184 |
| Figura 3.54. | Experimento C: propagación de esporas en cajas de Petri. a) Bolsas de esporas y sustratos, b) medida de esporas, c) espolvorear esporas sobre el sustrato, d) esporas en el sustrato, e) rociar las esporas, f) enrollando en Vinipel la caja de Petri y g) experimentos finalizados | 185 |
| Figura 3.55. | Experimento D: microinvernaderos para propagación de esporas. <i>Izquierda:</i> tapa con sustrato y esporas. <i>Derecha:</i> 15 microinvernaderos realizados | 186 |
| Figura 3.56. | Experimento E: propagación de esporas en cajas plásticas | 186 |
| Figura 3.57. | Prótalos germinados. <i>Izquierda:</i> experimento A. <i>Derecha:</i> experimento B | 187 |
| Figura 3.58. | Helecho arborescente (<i>Cyathea</i> sp.) del experimento B | 189 |
| Figura 3.59. | Recolección de estacas y propagación de uva de anís (<i>Cavendishia bracteata</i>) | 192 |
| Figura 3.60. | Esquejes de uva de anís (<i>Cavendishia bracteata</i>) y rizomas de chusque (<i>Chusquea tessellata</i>) | 193 |
| Figura 3.61. | Esquejes de uva de anís (<i>Cavendishia bracteata</i>). A la izquierda, individuo que se tomó de la fuente en estado de floración, y a la derecha individuo, con buen desarrollo | 194 |
| Figura 3.62. | Rizoma desarrollado de chusque (<i>Chusquea tessellata</i>) | 195 |
| Figura 3.63. | Recomendaciones para el rescate de formas de vida de la franja de vida de páramo | 198 |
| Figura 3.64. | Recomendaciones para el rescate de formas de vida del bosque altoandino | 199 |
| Figura 3.65. | Recomendaciones para el rescate de formas de vida del bosque altoandino | 200 |
| Figura 3.66. | Proceso de rescate de plántula a raíz desnuda | 201 |
| Figura 3.67. | Estado de las especies reubicadas en 2020, tres años después del rescate: a) guardarroció o chite (<i>Hypericum juniperinum</i>); b) frailejón (<i>Espeletia grandiflora</i>), y c) paja (<i>Calamagrostis effusa</i>). | 202 |
| Figura 3.68. | a) Individuos de nogal (<i>Juglans neotropica</i>) y b) sangregado (<i>Croton magdalenensis</i>) en proceso de adaptación en vivero | 204 |
| Figura 3.69. | Exterior (izquierda) e interior (derecha) de un borde de avance en el predio El Banqueo apto para realizar la toma de muestras | 206 |
| Figura 3.70. | Ejemplo de las canastillas que se usan para la expresión del banco de semillas | 207 |

| | | |
|---------------------|---|-----|
| Figura 3.71. | Individuos en bandejas de capote (a y b) e individuos trasplantados a bolsa (c y d) | 209 |
| Figura 3.72. | Riego: a) nebulización en la zona de germinación, b) refuerzo manual en la zona de germinación, c) goteo en la zona de crecimiento y d) riego por manguera en rustificación | 210 |
| Figura 3.73. | Proceso de fertilización del material vegetal del Proyecto Nueva Esperanza | 211 |
| Figura 3.74. | Afectaciones fitosanitarias identificadas. a) Mal de tallo-hongo, b) herbivoría, c) clorosis y d) afectación por heladas | 212 |
| Figura 3.75. | Zona de rustificación en el predio Santa Rosa (Sibaté). Proceso de adaptación de las especies a fuertes vientos y alta radiación | 213 |

| Presentación de EPM |



► *Juglans neotropica*

De semillas a bosques. Experiencias de viverismo con especies andinas es un libro que nació a raíz de la implementación de las compensaciones ambientales del proyecto de transmisión eléctrica Nueva Esperanza, liderado por EPM y la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), con el propósito de aportar al desarrollo energético y el suministro oportuno de energía a la sabana de Bogotá y al área centrooriental del país.

EPM, como grupo empresarial, ambiental y socialmente responsable, lleva a cabo una gestión integral en las áreas de influencia de las líneas y redes de transmisión y distribución eléctrica, con el cumplimiento oportuno de la normatividad ambiental. De igual manera, EPM asume el compromiso de usar de modo sostenible los recursos naturales y de cumplir con los mejores estándares de desempeño y de calidad ambiental.

Este libro también es el resultado del compromiso de la Vicepresidencia de Transmisión y Distribución de Energía de EPM: dar a conocer a las comunidades, a los entes territoriales, a la academia y a otras empresas que se encuentren desarrollando acciones de compensación la experiencia y los aprendizajes en la obtención de especies nativas de ecosistemas andinos y altoandinos para procesos de restauración ecológica.

La información fue recopilada y obtenida a través de una alianza entre EPM y la Fundación Natura. Esta última ejecutó la implementación técnica del proyecto, en cumplimiento de los compromisos ambientales asignados a EPM por el

aprovechamiento forestal, la sustracción de áreas protegidas y el levantamiento de especies en veda.

Así, este libro responde a un trabajo disciplinado que aporta al conocimiento sobre especies nativas de alta montaña y cuya valiosa información, esperamos, fomente la conservación de la biodiversidad en los ecosistemas de páramo y bosques andinos.

Inés Helena Vélez Pérez
Vicepresidencia Transmisión y Distribución Energía
EPM

| Presentación de Fundación Natura |



► *Quercus humboldtii*

La disciplina de la restauración ha evolucionado rápidamente desde 1987, año en el que apareció por primera vez como concepto y como acción. Desde entonces, su práctica ha avanzado hacia la comprensión integral del territorio, articulando dinámicas sociales y escalando desde contextos locales a otros de nivel paisajístico. Estos desafíos se aplican también en el contexto de las compensaciones ambientales, como un proceso interdisciplinar que busca recuperar ecosistemas degradados por causa de actividades antrópicas.

El proceso de restauración, obtener material vegetal nativo, constituye el principal reto, debido a la escasa información sobre propagación de material con la que se cuenta, por ejemplo, para alinear propágulos y semillas de las especies apropiadas, en cada etapa o de acuerdo con los ensambles de especies requeridas. Además de las razones ecológicas, los proyectos de restauración deben incorporar modelos de colecta y siembra de semillas nativas en las primeras fases para, de esta forma, asegurar la cadena de producción de material vegetal, en cumplimiento de las metas y objetivos propuestos en dichos procesos.

Es importante mencionar que para la Fundación Natura, esta etapa se ha convertido en una oportunidad para gestionar conocimiento de las especies nativas, sistematizar información, construir redes de trabajo y colaboración, involucrar conocimientos locales, incentivar a las comunidades a desarrollar nuevas prácticas de trabajo y crear escenarios laborales con las mejores condiciones.

De semillas a bosques es un trabajo divulgativo, cuyo fin es compartir los resultados obtenidos en el proceso de propagación, rescate y reubicación de plantas nativas de páramo, bosque alto andino y bosque andino, en el departamento de Cundinamarca, llevado a cabo durante cinco años en el Centro de Investigación y Fomento en Domesticación, Propagación y Viverismo de Plantas Nativas de Alta Montaña-Elsa Matilde Escobar, localizado en la Reserva Biológica Encenillo.

Este libro es el producto de un esfuerzo de investigación, principalmente entre EPM y la Fundación Natura, con ayuda de otros aliados y programas como Carrera Verde, que busca ser compartido con otros actores institucionales, académicos y locales, en el marco de la década de la restauración 2021-2030, declarada por las Naciones Unidas, pues vemos en la propagación una herramienta para enfrentar los efectos del cambio climático, la pérdida de la biodiversidad y la degradación de los múltiples ecosistemas del mundo; avanzar en la generación de bienestar para las personas, y mejorar la salud de la naturaleza.

Clara Ligia Solano Gutiérrez
Directora ejecutiva
Fundación Natura

| Introducción |



► *Oreopanax mutisianus*

En el proceso de restauración ecológica, la obtención de especies vegetales nativas comprende todo el conjunto de técnicas y procedimientos desarrollados para recolectar o adquirir semillas (propágulos), hacerlas germinar, cuidarlas y manejarlas para su posterior siembra en terreno. Específicamente, cuando se habla de obtención o consecución de especies nativas, se habla de especies propias de un ámbito geográfico local o regional, por lo que sus requerimientos de producción están relacionados con las características ambientales de sus ecosistemas de procedencia.

De esta manera, la obtención de especies se ha convertido en un componente importante de la restauración ecológica que, a su vez, debe superar obstáculos relacionados con la escasa producción de especies nativas en viveros comerciales, la ausencia o poca oferta de frutos y semillas en las fuentes semilleras identificadas y la limitada viabilidad de las semillas o material genético, dañado por agentes fitopatógenos. Estos aspectos influyen significativamente en la producción final del material vegetal que conformará los diseños florísticos que se van a sembrar en las áreas identificadas (por ejemplo, los escenarios para la recuperación de coberturas vegetales). Por otra parte, la obtención del material da lugar a relaciones de confianza y permite el desarrollo de capacidades con las comunidades locales, porque la vinculación de la población como técnicos de vivero y guardabosques propicia oportunidades para el mejoramiento de las técnicas de consecución del material vegetal. Durante más de doce años, la Fundación Natura ha desarrollado diferentes acciones para obtener especies nativas para la restauración ecológica en diferentes ecosistemas de Colombia. En el siguiente esquema se resaltan algunas de las experiencias más importantes con el apoyo de importantes cooperantes.

Nombre del proyecto

Cachalú



Año de inicio
1990

Año de finalización
2020

Municipio

Encino, Santander



Objeto

Propagación de especies nativas de bosque andino, para la realización de siembras de restauración en la reserva.

Ecosistemas objetivos



Bosque andino

Especies propagadas



13

Individuos propagados



16.000
aproximadamente

Áreas intervenidas en acciones de restauración

0,5 ha
aproximadamente

Personas locales vinculadas al convenio



4

Acciones de fortalecimiento a la comunidad

Las 4 escuelas que se encuentran en la zona han visitado el vivero para apoyar los procesos de educación ambiental que desarrollan. Así mismo, el vivero de Cachalú ha sido escenario de 5 tesis de investigación en propagación de las universidades Javeriana, Distrital y UIS.

Nombre del proyecto

El Silencio



Año de inicio
2013

Año de finalización
2014

Municipio

El Retiro, Antioquia



Objeto

Cuidado y mantenimiento de árboles para apoyar los procesos de restauración en las zonas altas de la reserva.

Ecosistemas objetivos



Bosque andino húmedo

Especies propagadas



1

Individuos propagados



200
aproximadamente

Áreas intervenidas en acciones de restauración

5 ha
aproximadamente

Personas locales vinculadas al convenio



2

Acciones de fortalecimiento a la comunidad

Ninguna.

Nombre del proyecto

Reserva Biológica Encenillo

Cooperantes:
Choucair Testing

Municipio



Guasca, Cundinamarca



Objeto

Propagación de especies nativas de alta montaña, para los procesos de restauración en los predios El Tíbar y el Mirador en la Reserva Biológica Encenillo.

Año de inicio → Año de finalización
2013 → **2017**



Ecosistemas objetivos



Bosque andino húmedo

Especies propagadas



9

Individuos propagados



3500

Cantidad que corresponde al 30 % de las necesidades de siembra de la reserva en este periodo

Áreas intervenidas en acciones de restauración

Siembra: 8 ha aproximadamente

Personas locales vinculadas al convenio



3

Acciones de fortalecimiento a la comunidad

Visitas de educación ambiental de instituciones educativas locales y consolidación de este espacio para que bachilleres rurales desarrolle el servicio social obligatorio.

Nombre del proyecto

Plan de Restauración de Bosque Seco Tropical

Cooperantes:
Enel-Emgesa

Municipio



Tesalia, Paicol, Garzón, Gigante y El Agrado



Objeto

Desarrollar al plan de restauración ecológica en el área de compensación ambiental de 11.079 ha de la Central Hidroeléctrica El Quimbo, Huila.

Año de inicio → Año de finalización
2014 → **2021**



Ecosistemas objetivos



Bosque seco tropical

Especies propagadas



62

Individuos propagados



420.592

Áreas intervenidas en acciones de restauración

11.079 ha aproximadamente

Personas locales vinculadas al convenio



Además, se tiene capacitados y vinculados en actividades de vivero a 20 pobladores locales

Acciones de fortalecimiento a la comunidad

Capacitación y entrenamiento en diferentes actividades relacionadas con el proceso de restauración, apoyo en trabajos académicos para dar respuesta acertada a las necesidades de restauración de uno de los ecosistemas más amenazados de Colombia. Se ha promovido el montaje y acompañamiento técnico de 3 pequeños viveros locales en los municipios de El Agrado, Garzón y Gigante, para suministrar 90.000 plantas y empezar a consolidar un mercado de material vegetal de calidad que sirva al proyecto.

Nombre del proyecto

REDD + en el corredor de Robles, Santander

| | | |
|--|---|--|
| <p>Cooperantes Ecopetrol</p> | <p>Municipio  Encino, Coromoro, Cincelada, Charalá, Duitama</p> | <p> Objeto Conservar los últimos relictos de roble en la Cordillera Oriental de los Andes y reducir las tasas de deforestación en el Corredor de Conservación Guantiva-La Rusia-Iguaque (Corredor de Robles) mediante diversas actividades productivas sostenibles y manejo forestal sostenible.</p> |
| <p> Año de inicio → Año de finalización 2014 → 2016</p> | | |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| <p>Ecosistemas objetivos</p> <p> Bosques de roble andinos</p> | <p>Especies propagadas</p> <p> 24 especies forestales</p> | <p>Individuos propagados</p> <p> 121.000 individuos</p> | <p>Áreas intervenidas en acciones de restauración</p> <p>614 ha directas y 1200 ha indirectas</p> | <p>Personas locales vinculadas al convenio</p> <p> 141 acuerdos firmados 564 beneficiarios directos 2600 beneficiarios indirectos</p> |
|---|--|--|--|--|

Acciones de fortalecimiento a la comunidad

Capacitaciones sobre plateos, fertilización y siembra; seguimiento al material vegetal sembrado durante los años 2015 y 2016 (adaptación de los árboles, manejo de fertilización y podas); acompañamiento para monitorear el comportamiento del sistema silvopastoril propuesto e implementado en cada predio; implementación de nuevas tecnologías limpias (paneles solares para cercas eléctricas); diseño y establecimiento de cercas vivas, ubicación y establecimiento de bosques dendroenergéticos, establecimiento y manejo de bancos de forraje, aislamiento de bosques y de nacimientos; actividades de mejoramiento de las praderas y suelos; capacitación en el uso seguro de agroquímicos que serán utilizados para el plateo de las zonas de siembra; seguimiento a los compromisos adquiridos en los acuerdos de conservación-producción.

Nombre del proyecto

Adaptación al cambio climático con productores ganaderos de las cuencas Ariporo y Guachiría

| | | |
|--|--|---|
| <p>Cooperantes Ecopetrol</p> | <p>Municipio  Paz de Ariporo</p> | <p> Objeto Implementar estrategias de adaptación al cambio climático con pequeños productores ganaderos</p> |
| <p> Año de inicio → Año de finalización 2015 → 2018</p> | | |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| <p>Ecosistemas objetivos</p> <p> Bosque húmedo Bosque seco tropical</p> | <p>Especies propagadas</p> <p> 40</p> | <p>Individuos propagados</p> <p> 18.883 individuos propagados</p> | <p>Áreas intervenidas en acciones de restauración</p> <p>Siembra: 131 ha</p> | <p>Personas locales vinculadas al convenio</p> <p> Se estableció el material vegetal en 25 fincas con las cuales se tenían acuerdos de conservación, producción, el establecimiento de vivero y propagación de material vegetal se trabajó con una ONG Local</p> |
|---|--|--|--|--|

Acciones de fortalecimiento a la comunidad

Giras de formación y acompañamiento para el montaje de viveros a ONG local y producción de material vegetal para procesos de restauración ecológica.

Nombre del proyecto

Restauración ecológica de la zona norte del Parque Nacional Natural Serranía de los Yariquíes

Cooperantes
Fundación Guaya canal, Corporación de Paz del Magdalena Medio, Parques Nacionales Naturales e ISAGEN S. A. ESP

Municipio



PNN Serranía de los Yariquíes, sector norte



Objeto

Contribuir al proceso de mantenimiento de la integridad ecológica y la oferta de servicios ecosistémicos del Parque Nacional Natural Serranía de los Yariquíes, sector norte, mediante asistencia técnica para la implementación de acciones de restauración ecológica enmarcadas en una estrategia de educación ambiental y de comunicación local y regional.



Año de inicio → Año de finalización
2015 → **2018**

Ecosistemas objetivos



Bosque andino
Bosque alto andino

Especies propagadas



86

Individuos propagados



183.073

Áreas intervenidas en acciones de restauración

641,7 ha
aproximadamente

Personas locales vinculadas al convenio



140

Acciones de fortalecimiento a la comunidad

Se vincularon y capacitaron personas de la comunidad para asegurar el funcionamiento del proyecto y su sostenibilidad.

Nombre del proyecto

Mitigación de emisiones de dióxido de carbono en estrategias agroforestales, alrededor de la implementación del Corredor Ecológico vial Bogotá-Villavicencio

Cooperantes
Ecopetrol

Municipios



Chipaque, Cáqueza, Quetame, Guayabetal, Fosca y Une



Objeto

Mejorar la conectividad entre los ecosistemas por los cuales atraviesa la vía Bogotá-Villavicencio, mediante proyectos ambientales acordes con las características de la zona, que promuevan el desarrollo integral de las microcuencas y mejoren las condiciones socioeconómicas de los habitantes del sector.



Año de inicio → Año de finalización
2015 → **2018**

Ecosistemas objetivos



Bosque andino y alto andino

Especies propagadas



7

Individuos propagados



60.800

Áreas intervenidas en acciones de restauración

72,76 ha

Personas locales vinculadas al convenio



681
entre pobladores de los 5 municipios objetivo, vinculados en las acciones de propagación y siembras de restauración. También se incluyen los propietarios con los que se firmaron los acuerdos de conservación-producción.

Acciones de fortalecimiento a la comunidad

Se construyeron dos viveros con fines productivos en Fosca y Cáqueza, y un tercer vivero transitorio en Quetame. Dichos viveros se construyeron de común acuerdo con las acaldías, que disponían el terreno y el equipo del trabajo. FN orientó el proceso y capacitó al personal, dejando el capital social en la zona para futuros procesos.

Nombre del proyecto

Conservación de la biodiversidad y fortalecimiento de la gobernanza de la Reserva de Biósfera El Tuparro

Cooperantes

Acuerdo para la Conservación de Bosques Tropicales de Colombia TFCA
Fondo para la Acción Ambiental y la Niñez

Municipio



Puerto Carreño,
Cumaribo, Vichada



Objeto

Aportar a la consolidación de la Reserva de Biósfera El Tuparro, a través de acciones de los ámbitos local, regional y nacional, que promuevan la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, su restauración y la reducción de las presiones generadas por sistemas de producción no sostenibles.



Año de inicio
2018

Año de finalización
2020

Ecosistemas objetivos



Ecosistema de altillanura: Morichales y bosques de galería

Especies propagadas



10

Individuos propagados



Más de **6000** plantas de moriche propagadas en los viveros locales de tres reguardos indígenas

Áreas intervenidas en acciones de restauración

90,4 ha incluye los bosques y morichales donde se realizaron las siembras

Personas locales vinculadas al convenio



30 personas involucradas directamente con las actividades de restauración.

Acciones de fortalecimiento a la comunidad

Capacitaciones con el acompañamiento profesional y técnico de la Gobernación del Vichada y Fundación Natura en propagación en viveros locales, siembra y monitoreo y mantenimiento de la siembra.

Este esfuerzo refleja el trabajo conjunto entre organizaciones públicas y privadas que decididamente han aunado esfuerzos por la recuperación de los ecosistemas del país. Algunos de esos procesos se han dado en el marco del cumplimiento de las compensaciones ambientales, las cuales buscan, mediante un conjunto de acciones, resarcir y retribuir a las regiones y a las comunidades locales los efectos negativos generados por un proyecto en el entorno natural (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

En 2015 se estableció un convenio entre la Fundación Natura y EPM con el propósito de sumar esfuerzos para diseñar e implementar los planes de compensación asignados a la empresa por el Proyecto de Transmisión de Energía Eléctrica Nueva Esperanza (Proyecto Nueva Esperanza) en 26 municipios de Cundinamarca y, así, garantizar la conservación de la biodiversidad y la reducción de los impactos residuales en los ecosistemas de páramo, bosque altoandino y bosques andinos, en los cuales se llevan a cabo las compensaciones.

De las experiencias adquiridas en la ejecución de este convenio —y particularmente en el tema de obtención de especies nativas— nace este libro, que busca aportar al conocimiento de los procesos de obtención de especies nativas

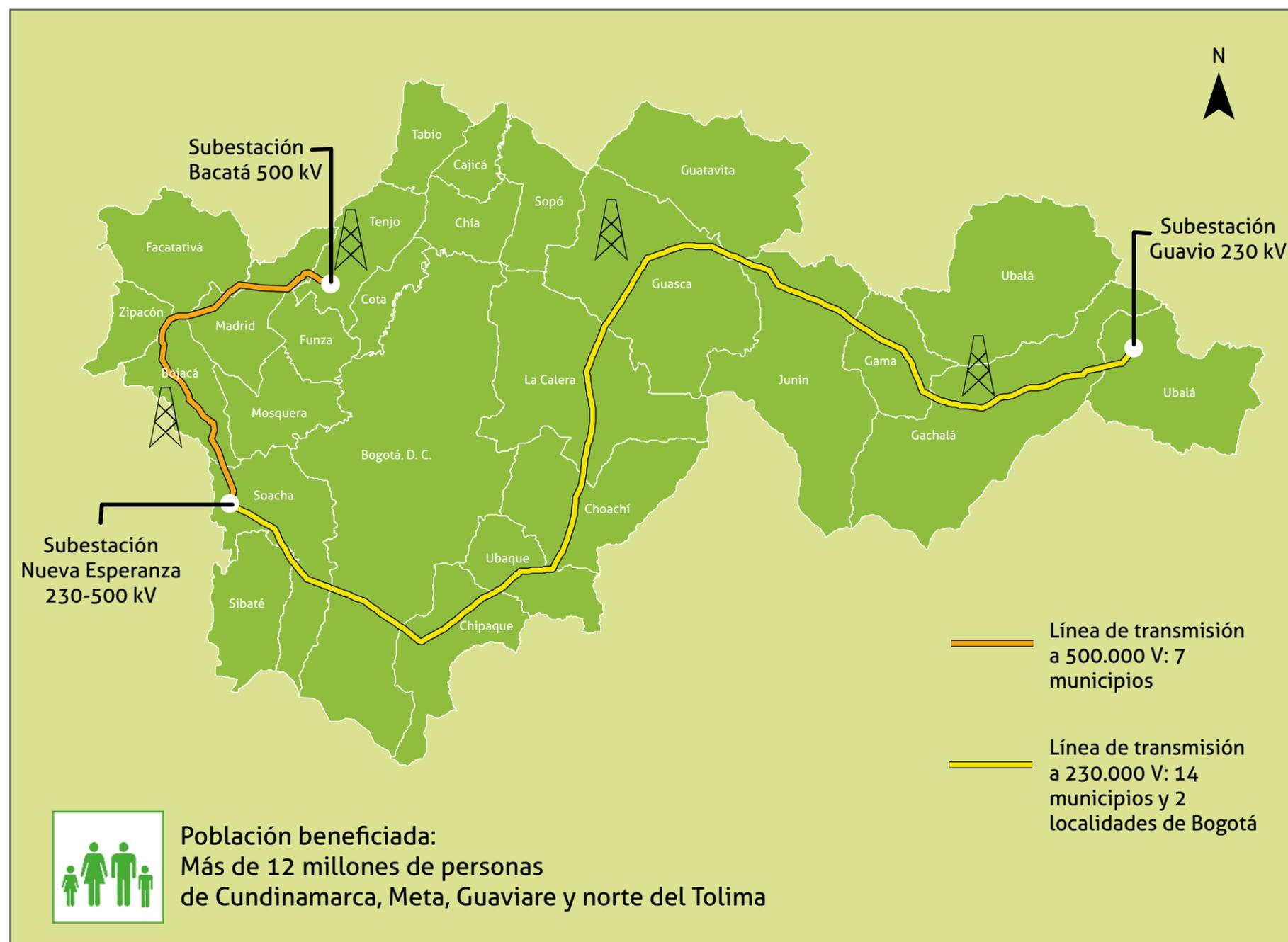
andinas para la restauración ecológica, profundizando en la propagación como principal mecanismo de acceso a material vegetal. Asimismo, se espera que sea un referente para aquellos proyectos de compensación ambiental que ven en la restauración ecológica y la propagación de especies nativas una alternativa para cumplir con sus obligaciones ambientales.

El libro se encuentra organizado en cuatro capítulos. En el primero se abordan las bases conceptuales de la propagación de especies nativas, así como los métodos alternativos de obtención de material vegetal: rescate y reubicación de plántulas y juveniles y expresión del banco de semillas germinable. En el segundo se exponen los criterios y la selección de especies nativas por ecosistema de referencia y predio que se iba a compensar. En el tercero se presentan las acciones llevadas a cabo para la obtención de especies nativas requeridas en el plan de restauración como medida de compensación del Proyecto Nueva Esperanza. Y en el cuarto se exponen las principales lecciones aprendidas y reflexiones que pueden orientar la gestión y ejecución de procesos similares de compensación. Lo anterior se complementa en el capítulo quinto, con 23 fichas técnicas que contienen información sobre la ecología, la biología y los índices de germinación y crecimiento in vitro de algunas de las especies seleccionadas para el proceso de restauración que demandan las compensaciones por el Proyecto Nueva Esperanza.

Con esta publicación, queremos compartir la experiencia del convenio EPM-Fundación Natura para la obtención del material vegetal nativo para la restauración ecológica. De esta forma, pretendemos seguir aportando a la conservación de los ecosistemas andinos del país.

El Proyecto Nueva Esperanza

El Proyecto de Transmisión de Energía Nueva Esperanza permite aumentar la capacidad de transporte de energía, la confiabilidad del sistema eléctrico y la atención de la creciente demanda en la zona centrorientada del país, específicamente en Bogotá y en los departamentos de Cundinamarca, Meta, Guaviare y norte del Tolima. Para este proyecto, la Unidad de Planeación Minero-Energética del Ministerio de Minas y Energía, en el marco del Plan de Expansión de Referencia 2008-2022, le adjudicó a EPM su diseño, construcción, montaje, pruebas, puesta en servicio, operación y mantenimiento de la infraestructura eléctrica que hace parte del Sistema de Transmisión Nacional.



La construcción de la infraestructura de Nueva Esperanza incluyó: una subestación de energía 500.000 /230.000 voltios en el municipio de Soacha (Cundinamarca), interconectada mediante una línea a 230 kilovoltios con la subestación Guavio (situada en el municipio de Ubalá, propiedad de la Empresa de Energía de Bogotá), y mediante una línea a 500 kilovoltios, con la subestación Bacatá (ubicada en el municipio de Tenjo, propiedad de Intercolombia). Además, este proyecto incluyó la reconfiguración de la línea de transmisión existente de doble circuito a 230.000 voltios, propiedad de la Empresa de Energía de Bogotá, que interconecta las subestaciones Paraíso-San Mateo y Paraíso-Circo y la ampliación de las subestaciones Guavio y Bacatá (figura 0.1).

Este proyecto se ejecutó en 21 municipios de Cundinamarca, incluidas dos localidades del Distrito Capital de Bogotá: Usme y Ciudad Bolívar. Con el Proyecto Nueva Esperanza, EPM aportó a Colombia una nueva infraestructura que fortalece el Sistema de Transmisión Nacional y les permite a más de doce millones de personas contar con la energía que necesitan para su desarrollo y bienestar.

Durante la puesta en marcha del Proyecto Nueva Esperanza varias acciones se constituyeron en objeto de compensación ambiental: la alteración del paisaje, la pérdida de cobertura vegetal, la afectación de la fauna silvestre y la afectación de especies endémicas (EPM, 2012). Por esto, las autoridades ambientales asignaron a EPM cinco tipos de compensaciones ambientales diferentes, cuyas condiciones particulares se resumen en la tabla 0.1. Por lo anterior, el libro se enfoca, principalmente, en dar a conocer los resultados del proceso de obtención de 104 especies nativas andinas, seleccionadas para los procesos de restauración en el marco de las obligaciones ambientales del proyecto.

Figura 0.1. Municipios con presencia de las líneas de transmisión eléctricas del Proyecto Nueva Esperanza

Fuente: elaboración propia.

Tabla 1. Tipos de compensaciones ambientales

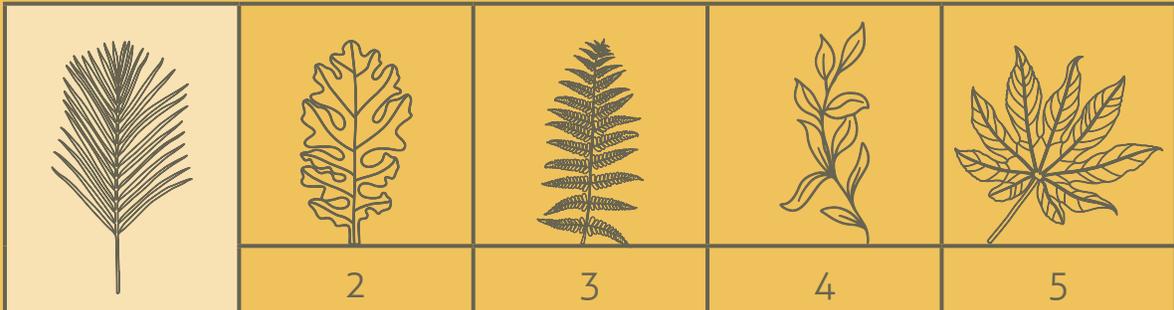
| Tipo de compensación | Normatividad | Lugar de implementación | Hectáreas | Acciones de compensación | Duración |
|--|---|--|---|---|----------|
| Pérdida de biodiversidad, ecosistemas naturales línea eléctrica de 230 kV | Resolución 1313 de 2013 | Predio La Esperanza (Guasca) | 103,78 | Conservación y restauración | 25 años |
| Pérdida biodiversidad, ecosistemas no naturales, línea eléctrica de 230 kV | Autoridad Ambiental de Licencias Ambientales | Predio Mortiños de Siecha (PNN Chingaza) | 9,43 | | |
| Pérdida de biodiversidad, línea eléctrica de 500 kV | Resolución 519 de 2014 | Reserva Biológica Encenillo (Guasca) | 18,57 para ecosistemas naturales y 9,01 ha (no naturales, sitios por torres y cambio uso del suelo) | Conservación y restauración | 25 años |
| Levantamiento temporal y parcial de veda. Línea eléctrica de 500 kV | "Variantes La Pereza, El Colegio, Bobacé". Resolución 675 de 2016 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | Predio Peñas Blancas (Vereda Roble Hueco, Bojacá) | No aplica. Responde a número de individuos | Restauración ecológica (estrategia de enriquecimiento) | 3 años |
| | "Variantes La Pereza, El Colegio, Bobacé". Resolución 766 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | Predio Peñas Blancas (Vereda Roble Hueco, Bojacá) | | | |
| Levantamiento temporal y parcial de veda. Línea eléctrica de 230 kV | Resolución 2135 del 24 de diciembre de 2014, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | Predio La Esmeralda (vereda Roble Hueco, Bojacá) | No aplica. Responde a número de individuos | Restauración ecológica (estrategia de enriquecimiento) | 3 años |
| Sustracción de áreas protegidas regionales, líneas eléctricas de 230 kV y 500 kV | Acuerdo 017 de 2013 de la CAR | Predios Santa Rosa (Sibaté), La Esmeralda y Peñas Blancas (Bojacá) y El Palmar (Guatavita) | 365,99 | Compra de predios y desarrollo de acciones de conservación y restauración | 3 años |
| Sustracción de áreas protegidas nacionales, líneas eléctricas de 230 kV y 500 kV | Auto 640 del 29 de diciembre de 2018 y Resolución 0762 del 21 de mayo de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | El Banqueo (vereda Pastor Ospina, Guasca) | 5,76 | Compra de predios y desarrollo de un plan de restauración | 5 años |
| | Auto 640 del 29 diciembre de 2018 y Resolución 1166 del 17 de septiembre de 2013 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | | 3,76 | | |
| Aprovechamiento forestal, línea eléctrica de 500 kV | "Variantes La Pereza, El Colegio, Bobacé". Reserva Biológica Encenillo. Resolución 01113 de 2016 de la Autoridad Ambiental de Licencias Ambientales | Reserva Biológica Encenillo (Guasca) | No aplica. Responde a número de individuos | Restauración | 3 años |

Fuente: elaboración propia.



CAPÍTULO 1

**Conceptos y técnicas para la
consecución de material vegetal**



Algunas de las fases primordiales para la restauración de ecosistemas se evidencian en la figura 1.1. Dentro de estas se encuentran acciones, como la identificación del ecosistema de referencia, los escenarios de restauración, los diseños de siembra, la selección de especies que poseen las mejores características para el proceso de restauración y la consecución de material vegetal (Vargas, 2007). Algunas de las estrategias más utilizadas con este fin incluyen la verificación de viveros locales que cuenten con las especies y cantidad de individuos que se necesitan, una etapa de construcción de viveros para la propagación de propágulos (semillas, esquejes o esporas), el rescate y reubicación de plántulas y juveniles y la expresión del banco de semillas germinable (Córdoba et al., 2010). Por lo anterior, este capítulo recoge algunos conceptos teóricos importantes para la obtención de material vegetal de especies nativas.



Figura 1.1. Orientaciones para obtener material vegetal nativo para la restauración de ecosistemas andinos

Fuente: adaptado de Vargas (2007).

1.1. Propagación sexual por medio de semillas

Antes de llegar a la formación de una semilla, deben ocurrir varias etapas que permitan la formación del fruto. Las plantas, como todos los seres vivos, tienen ciclos, y la fenología es la manera en la que se organizan. Específicamente, la fenología reproductiva se refiere al ciclo de producción de flores y frutos de una especie dentro de una región geográfica durante un año climático. Estos ciclos son el resultado de procesos regulados por agentes del medio físico (agua, viento y gravedad) y agentes animales que interactúan con las plantas. El conocimiento de la fenología reproductiva y los factores que la afectan es importante, porque con ello se conocen los periodos de producción de frutos y semillas y los factores limitantes para su obtención. Además, esta información es necesaria para lograr la propagación de especies clave para la restauración en los tiempos requeridos.

A continuación, se describe cómo las interacciones ecológicas con animales, las interacciones con el medio físico, las condiciones internas de la planta y la interacción con el ser humano afectan la producción de frutos y semillas:

- *Interacciones ecológicas:* la polinización y la dispersión son interacciones indispensables para la formación de los frutos y las semillas que luego se dispersarán en el ecosistema. Las especies que dependen de animales para su polinización o dispersión son especialmente sensibles, ya que la desaparición del animal puede llegar a causar la extinción local de la planta.
- *Efecto del medio ambiente:* dentro de los factores abióticos que regulan la fenología reproductiva se resalta la estacionalidad en recursos como el agua o condiciones físicas del ambiente como la luz y la temperatura. Las plantas cuentan con sensores que detectan cambios ambientales y disparan una respuesta fisiológica. Por ejemplo, la floración puede darse en respuesta al cambio de temperatura asociado con la variación anual del clima en una región. En ecosistemas andinos, la producción de flores y frutos se relaciona con la estacionalidad hídrica, de manera tal que la maduración de los frutos se produce, en general, durante la temporada de lluvias; la floración, al comienzo de la temporada seca, y gran parte de la dispersión de frutos, al final de la temporada seca (Smith & Young, 1987; Bonilla, 2005). Esto se relaciona con que las plantas, regularmente, necesitan agua para florecer y fructificar; mientras que los polinizadores y dispersores necesitan condiciones climáticas favorables para desplazarse entre las flores y los frutos.



- *Factores internos de la planta y características de las especies:* la respuesta interna de cada individuo también es importante. En las selvas tropicales, la floración de los árboles depende de la acumulación de reservas nutricionales y del balance entre hormonas reguladoras del crecimiento (Borchert, 1980). También hay que tener en cuenta que existen ciclos fenológicos en los cuales las especies solo se reproducen una vez en su vida en grandes eventos de floración y fructificación, por ejemplo, las puyas (*Puya* spp.) y los chusques (*Chusquea* spp.), cuyos individuos se marchitan después de entregar la semilla. Estos ciclos pueden durar años, por lo que la disponibilidad de semilla se convierte en una limitante en el momento de propagar estas especies. Un factor menos común en plantas tropicales es la presencia de árboles machos y árboles hembra; a este tipo de especies se les conoce como *plantas dioicas*, y un ejemplo es el pino colombiano (*Podocarpus oleifolius*).
- *Interacciones con el ser humano:* las actividades humanas pueden alterar el equilibrio del ecosistema, al modificar la cantidad de dispersores, polinizadores y plantas en las áreas que interviene, por lo que con el tiempo se crean barreras a la restauración ecológica. En los procesos de restauración ecológica, el ser humano que causó el desequilibrio se compromete con su recuperación al propagar las especies que están ausentes debido a su intervención.

1.1.1. Fuentes semilleras y semillas

La fuente semillera se define como el conjunto de individuos de una especie que proveerá el material reproductivo (semillas) para el plan de propagación. Incluir un buen número de individuos por especie y un área extensa de colecta aumenta el potencial de adaptación de la descendencia a las condiciones ambientales (Gold et al., 2004; Ensconet, 2009). La selección de buenas fuentes semilleras y la recolección de semillas con un esquema adecuado de colecta permiten mejores resultados en las estrategias de conservación y restauración ecológica que involucren la propagación de especies nativas.

1.1.2. Recolección de frutos y semillas

Para la restauración ecológica, la recolección de frutos o semillas es un paso fundamental que debe asegurar la selección de rasgos funcionales específicos y la variación genética de las poblaciones naturales como el medio principal para asegurar su potencial evolutivo y adaptativo (Pedrini et al., 2020). En casos de

recolección de frutos en poblaciones naturales, es recomendable utilizar una técnica de bajo impacto que asegure la recolección acertada, pero también el menor riesgo para esa población, lo cual puede ser llevado a cabo mediante la selección cuidadosa de las fuentes semilleras o de los individuos fuente en el ecosistema de referencia (Pedrini et al., 2020; Pedrini & Dixon, 2020). También pueden recolectarse en áreas en proceso de restauración o, se recomienda, producirlos en entornos cultivados (Pedrini et al., 2020).

1.1.3. Obtención de la semilla a partir del fruto

En viveros, generalmente, a este proceso se le denomina *beneficio de semillas*; pero también se le puede asociar con el proceso de limpieza para la aplicación de pruebas de pureza en el análisis de calidad de semillas nativas (Frischie et al., 2020). En esta etapa de limpieza se pretende extraer o remover la semilla de las estructuras a las que está adherida o al fruto, lo que permite conocer la diversidad de rasgos con los que se está trabajando (p. ej., tamaño, forma, textura o estructuras) y las unidades de dispersión (p. ej., frutos dehiscentes o indehiscentes), para seleccionar la mejor herramienta de extracción y optimizar la capacidad de almacenamiento y duración (Frischie et al., 2020). Las técnicas varían dependiendo del tipo de fruto.

1.1.4. Almacenamiento efectivo de las semillas

El potencial de almacenamiento de las semillas se traduce en la capacidad inherente o heredada de las especies para mantener su viabilidad durante cierto periodo en condiciones ideales, como bajas temperaturas y contenido de humedad. La pérdida de viabilidad se da progresivamente por eventos internos de deterioro o envejecimiento, los cuales en semillas ortodoxas logran disminuirse con desecación y enfriamiento; mientras que en recalcitrantes puede causar un daño irreparable (Schmidt, 2018).

1.1.5. Propagación y análisis de calidad de semillas nativas

En viveros forestales y agrícolas, la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA, por sus siglas en inglés) ha establecido que las semillas de alta calidad están caracterizadas por una elevada pureza genética; alto porcentaje de germinación; presencia mínima de materia inerte, malezas y semillas de otros cultivos; ausencia de enfermedades, y una producción uniforme y de alto rendimiento

(FAO, 2019; ISTA, 2019). Entre tanto, a efectos de la restauración ecológica, Pedrini y Dixon (2020) mencionan que si bien los protocolos de la ISTA pueden aplicarse para semillas de especies nativas, estos deben tomarse únicamente como referente y deben modificarse para abordar los rasgos biológicos y fisiológicos asociados con las semillas de especies nativas. Las pruebas y análisis de calidad de semillas nativas se resumen en la figura 1.2.

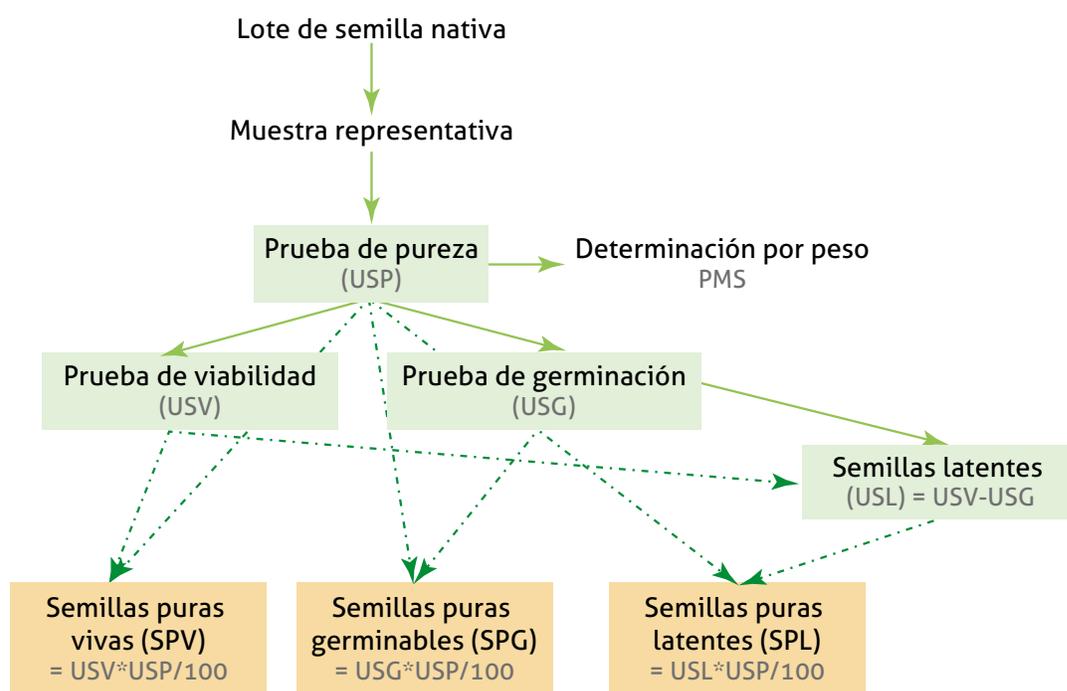


Figura 1.2. Pruebas y análisis de la calidad de semillas nativas

Fuente: adaptado de Pedrini y Dixon (2020).

Respecto a los tratamientos pregerminativos, se aplican para revertir la latencia de las semillas, con el propósito de conocer cuál es el mejor tratamiento para una determinada especie, un tiempo medio de germinación menor y un mayor porcentaje de germinación (Schmidt, 2018; Vargas et al., 2014). Es importante tener en cuenta que todas las semillas deben pasar por un proceso previo de imbibición y se debe conocer su morfología para no dañarla. Dos de estos tratamientos son la escarificación y la estratificación (Schmidt, 2018; Vargas et al., 2014; Wilkinson et al., 2014).

1.1.6. Trasplante de las plántulas germinadas: periodo de rápido crecimiento

Una vez las plántulas desarrollen las hojas verdaderas, vigor y un sistema radicular en buenas condiciones, deben ser trasplantadas a un contenedor adecuado para la fase de crecimiento rápido, hasta que se encuentran listas para el endurecimiento. Respecto a la altura de trasplante, se ha establecido un promedio general de 5 a 7 cm; pero, en realidad, esto depende de la especie. Es importante revisar si la plántula llega a una altura y allí detiene su crecimiento, pues es indicador de “estancamiento” y puede afectar el desarrollo vegetativo en la fase de rápido crecimiento (Triviño & Torres, 2009).

1.2. Propagación sexual por medio de esporas

Los helechos arborescentes son característicos de los bosques lluviosos tropicales y subtropicales. En Colombia se distribuyen entre los 0 y los 4000 m.s.n.m.; pero su mayor extensión está representada entre los 1500 y los 2500 m.s.n.m., siendo más diversos en la región andina (Cárdenas, s.f.; Narváez et al., 2013). El grupo taxonómico principal corresponde a la familia Cyatheaceae, con cerca de 500 especies en el mundo, y en Colombia con 55 especies y 5 variedades registradas, principalmente a 2500 m.s.n.m. (Narváez et al., 2013). También se reportan especies de la familia Dicksoniaceae, helecho nativo de Suramérica, que se extiende desde los bosques montanos hasta el ecosistema de páramo; pertenece al orden Cyatheales junto con la familia Cyatheaceae (Ramírez et al., 2009).

Los helechos arborescentes crecen en dos fases: una gametofítica o sexual (haploide) y otra esporofítica o asexual (diploide). El esporofito maduro es el helecho verdadero o planta “parental”, el cual produce esporas en el envés de frondas fértiles, las cuales se encuentran dentro de estructuras llamadas *esporangios*. El conjunto de estos últimos se denomina *soros*, cápsulas de paredes delgadas con un anillo que rodea la circunferencia de la cápsula y en sus extremos se une a células de paredes delgadas y un pedicelo. Algunos soros presentan indusio (cubierta), que son útiles para la identificación taxonómica de especies (Giraldo & Mejía, 2002).

Para la propagación de esporas *ex vitro* bajo condiciones de invernadero, Giraldo y Mejía (2002) encontraron que:

- Tratamientos con desinfección y calor para la liberación de esporas del esporangio son ideales para asegurar el mayor porcentaje de germinación.
- Para la germinación óptima de las esporas y para obtener el mejor desempeño de las estructuras vegetales, es necesario asegurar largos periodos de luz, como mínimo fotoperiodos de 16 horas luz por 6 de oscuridad (normales en el trópico), y luminosidad de 3000-3500 pies candela (relacionada con las preferencias de hábitat de las especies en el proceso de adaptación y manejo en condiciones de vivero).
- La temperatura óptima de germinación debe estar alrededor de los 18-25 °C.
- La humedad relativa debe estar entre el 50% y el 60%. Una película de agua en el sustrato debe estar presente para permitir que los espermatozoides naden hasta el óvulo, lo que explica por qué los helechos son más abundantes en los hábitats húmedos.
- Debido a que las esporas no tienen reservas nutricionales, un sustrato enriquecido con elementos nutricionales es ideal para la germinación; además de una mezcla que permita una alta retención de humedad, mas no el encharcamiento.

1.3. Propagación asexual o vegetativa

La propagación vegetativa se convierte en una estrategia viable cuando la reproducción sexual es un reto, debido a la escasa oferta de semillas de algunas especies nativas; a la limitada viabilidad, longevidad o latencia complejas, y a altas exigencias ambientales para su germinación. Esta se define como la regeneración vegetativa de un individuo nuevo a partir de una parte de una planta sea célula, tejido u órgano, como raíces, tallos, ramas u hojas. Como resultado, se obtiene un individuo genéticamente idéntico, es decir, un clon (Mudge & Brennan, 1999; Rojas et al., 2007).

Los esquejes de enraizamiento y los brotes de rizomas son algunas de las estrategias de reproducción vegetativa. La primera de estas corresponde al corte de un fragmento de tallo con yemas y dos polos, por lo que se genera una herida de la cual se van a desarrollar raíces adventicias en uno de los polos, y en el otro, la estructura aérea (Rojas et al., 2007; Steffens & Rasmussen, 2016). Y en la segunda, que se da a partir de la ramificación de rizomas, se forman nuevos brotes, crecen y se convierten en ramas, como es el caso del chusque (*Chusquea tessellata*) (Insuasty et al., 2011).

Según Hartmann et al. (2014), las raíces adventicias son aquellas que se forman de partes aéreas de las plantas, tallos subterráneos o partes de raíces viejas. En las estacas, el primer paso de reconstrucción de una planta será el nacimiento de un sistema radicular o rizogénesis (fenómenos que conducen a la emisión de raíces) a partir del *cambium*; es el tejido de crecimiento vegetal entre la corteza y la madera que produce hacia el exterior el floema (vasos conductores de nutrientes), y hacia el interior, el xilema (parte joven de la madera o anillos de crecimiento) (Rojas et al., 2007).

El proceso ocurre una vez se realiza el corte, pues inmediatamente después se da un cambio celular en el que se activa la biosíntesis de ciertas moléculas en el *cambium* y vasos conductores de la rama. Luego, en la parte basal del corte, inicia un proceso de cicatrización en el que se produce "callo" o tejido cicatrizal que da paso a una etapa temprana de brotes de las raíces adventicias. Una vez formada la "callosidad" se empiezan a diferenciar las raíces adventicias que entrarán en crecimiento después de haber atravesado los tejidos del tallo haciéndose visible la nueva raíz (Hartmann et al., 2014; Rojas et al., 2007).

En la etapa de cicatrización actúan reguladores de crecimiento vegetal, como las auxinas (ácido indol acético, ácido índole butírico, ácido indol propiónico), que inducen la cicatrización, el desarrollo de los brotes de raíz, el inicio del sistema radicular, la elongación de la raíz y el endurecimiento de los tejidos (Stuepp et al., 2017). Las auxinas han sido utilizadas exitosamente para protocolos de propagación vegetativa en algunas especies de ecosistemas altoandinos, como uva de anís (*Cavendishia bracteata*) y uvo de monte (*Thibaudia floribunda*) (López et al., 2017) y uva camarona (*Macleania rupestris*) (Durán et al., 2013; Veloza et al., 2014).

1.4. Métodos alternativos para obtener material vegetal

En ocasiones, no se logran propagar algunas especies clave para el proceso de restauración, por una o varias de las siguientes razones: ausencia o escasez de semilla durante el tiempo de monitoreo de las fuentes semilleras, poco éxito durante la germinación y problemas en el establecimiento de las plántulas. En estas condiciones, se recurre a estrategias de rescate y reubicación de plántulas y juveniles y a la expresión del banco de semillas germinable.



1.4.1. Rescate y reubicación de plántulas y juveniles

La técnica de rescate y reubicación de plántulas y juveniles permite introducir individuos en los arreglos de siembra que están dentro del rango natural de distribución de la especie. Es un proceso complejo, ya que en el momento del rescate las plantas se someten a estrés y, además, pueden sufrir daños en sus raíces durante el trasplante (Allen, 1994). El uso de esta estrategia implica hacer lo posible para que los individuos rescatados sobrevivan y sean capaces de establecerse, sostenerse y reproducirse en las condiciones del sitio de reubicación. Adicionalmente, se debe evitar sobreexplotar los bancos de plántulas y juveniles, ya que esto pone en peligro las poblaciones de las especies y afecta la regeneración natural. Para minimizar los riesgos se deben tomar varias precauciones, que incluyen brindar un sitio adecuado de siembra, seleccionar especies adecuadas para la estrategia y llevar a cabo los rescates siguiendo protocolos sometidos a ensayos. Si no se toman estas precauciones, la mortalidad se incrementa hasta el punto de considerar inviable la estrategia.

Para empezar, los individuos no se deben reubicar en suelos de calidad inferior a la de su localización original (Milton et al., 1999). Además, se debe tener cuidado con el suelo parental de las raíces, ya que es posible que el crecimiento de la planta reubicada dependa de micorrizas que contribuyen a mejorar la captación de nutrientes y a prevenir enfermedades, pues sin ellas los individuos son más vulnerables (Bradshaw, 1997). Las características de las especies reubicadas también inciden en el resultado de la experiencia, ya que cada una responde de manera particular. Para reconocer las especies adecuadas y elaborar los protocolos de rescate y reubicación se necesitan ensayos piloto que permitan observar la respuesta de los individuos (Cabin et al. 2002). Adicionalmente, se deben conservar las características del hábitat de la planta, ya que de esto depende gran parte del éxito de la estrategia (Spasojevic et al., 2014). Esto implica, por ejemplo, que las plántulas y los juveniles del sotobosque —adaptadas a las condiciones de sombra— deben reubicarse bajo una cobertura natural (p. ej., un dosel arbustivo) o artificial (p. ej., polisombra) que facilite su establecimiento (Bader et al., 2006; Camelo-Mendoza, 2010).

1.4.2. Expresión del banco de semillas germinable

El banco de semillas germinable (BSG) de una localidad corresponde a la reserva de semillas viables que se encuentran bajo el suelo y que potencialmente pueden

germinar y establecerse (Cano-Salgado et al., 2012). En términos ecológicos, el BSG es un mecanismo de regeneración natural que contribuye a la recuperación de la vegetación después de una alteración (Dalling y Hubbell, 2002; Garwood, 1989). Junto con los bancos de plántulas, los bancos de retoños y la lluvia de semillas, los BSG constituyen las fuentes de propágulos (*i. e.* estructuras para dar origen a otros individuos) de la vegetación de una localidad (Bedoya-Patiño et al., 2010). El BSG varía con la profundidad: en bosques tropicales, mientras más profundo se tome la muestra, menor será la cantidad y diversidad de semillas, pues los mejores resultados se encuentran entre los 0 y los 10 cm (Bigwood & Inouye, 1988; Garwood, 1989; Thompson et al., 1993). Además, la densidad y la riqueza del BSG varían de manera inversamente proporcional al grado de alteración del área; por esta razón, un banco de semillas pequeño y poco diverso se asocia con una vegetación en pie simplificada, debido a la historia de uso del suelo (Holl, 1999).

La expresión del BSG consiste en tomar muestras del suelo del bosque para estimular la germinación de las semillas en condiciones de vivero. Normalmente, esto se hace con fines de investigación; sin embargo, en el contexto de este proyecto de restauración, la finalidad de la estrategia es incorporar las plántulas que germinen al proceso de propagación del vivero. Por lo general, se trata de especies pioneras y de sucesión intermedia cuyas semillas suelen estar dormidas en el suelo del bosque durante años. Cuando se les lleva al vivero, las semillas interpretan los cambios de luz y de temperatura como la apertura de un claro en el bosque, lo que estimula la germinación (Thompson et al., 1993).

1.5. Mantenimiento del material vegetal

Una vez las semillas germinen y las plántulas comiencen a crecer en los sustratos de germinación, son necesarias diferentes acciones para fomentar el crecimiento de las plantas y aumentar la probabilidad de supervivencia cuando sean llevadas al terreno. A continuación, se detallan algunas de las actividades que se refieren al mantenimiento de este material vegetal.

1.5.1. Riego

Es importante la cantidad de agua que se va a regar, pues en la fase de germinación se requiere un riego constante, ya que las semillas necesitan el agua para sus procesos fisiológicos (Landis, 1989a; Wilkinson et al., 2014). De igual forma, una vez



emerge la plántula, la cantidad de agua debe ser alta para evitar pérdidas por el inicio de su fase de evaporación por medio de las hojas (Quiroz et al., 2009). En cuanto a la fase de rápido crecimiento, la pérdida de agua es mayor, así que el riego debe ser el doble, siempre evitando que se sequen por completo para evitarles estrés en etapas tan tempranas y teniendo en cuenta el “efecto sombrilla”, pues la generación de follaje puede bloquear la entrada de agua al sustrato, por lo que debe procurarse regar directo al contenedor (Wilkinson et al., 2014).

1.5.2. Fertilización

Las plantas necesitan una cantidad adecuada de, al menos, trece elementos clasificados en macronutrientes (principales y secundarios) y micronutrientes, para el desarrollo de funciones fisiológicas (p. ej., la fotosíntesis), y para promover el rápido crecimiento (Dumroese et al., 2012; Landis, 1989b). Estas funciones se activan en mayor o menor proporción dependiendo de la etapa de crecimiento en la que se encuentren las plantas, por lo que el suministro de los micro y los macronutrientes en las cantidades y proporciones adecuadas contribuye a la obtención de material vegetal vigoroso y de calidad (Dumroese et al., 2009; Quiroz et al., 2009).

1.5.3. Atención fitosanitaria

La afectación por hongos, insectos, nematodos, caracoles y babosas son el principal problema fitosanitario en los viveros, acompañado de deficiencias nutricionales, afectaciones por calidad deficiente del agua de riego y temperaturas en exceso o limitadas (Mejía, 2015). Las afectaciones por hongos, insectos y nematodos se asocian, sobre todo, a viveros de alta montaña; mientras que estos últimos, sumados a la presencia de caracoles y babosas, pueden aparecer en zonas más cálidas, por lo que aplicar un plan preventivo de atención fitosanitaria es una estrategia adecuada para evitar y controlar el momento de su aparición (Quiroz et al., 2009). Otro factor de estrés biótico es la proliferación de hepáticas y briófitas (musgo) que, usualmente, llega a los viveros por medio del agua de riego y compiten con la plántula por espacio y recursos en el contenedor, que provocan clorosis, reducción en el crecimiento o incluso la muerte (Landis, 1989a).

1.5.4. Endurecimiento o rustificación del material propagado

Cuando las plantas tienen la altura deseada, es tiempo de rustificarlas, esto es, disminuir sus tasas de crecimiento y prepararlas para enfrentar las condiciones

del terreno en los predios de siembra (Dumroese et al., 2012). Los objetivos de esta fase son reducir el crecimiento aéreo, fomentar el crecimiento de raíz y el engrosamiento del diámetro del tallo, aclimatar para las condiciones físicas del lugar de siembra, preparar condiciones para soportar distintos tipos de estrés y fortalecer su capacidad para la supervivencia en campo (Wilkinson et al., 2014).





CAPÍTULO 2
**Selección de especies
por ecosistema de referencia**



CAPÍTULO 2



1



3



4



5

Una vez definidas las unidades de vegetación que se van a restaurar, los planes deben contener tratamientos específicos para cada uno de los escenarios que se van a intervenir. Sin embargo, antes de implementar acciones o estrategias de restauración para un área determinada, es indispensable analizar el conjunto de especies del ecosistema de referencia con base en sus rasgos funcionales; de este modo, se pueden seleccionar especies clave. Los factores que se tienen en cuenta durante esta selección dependen en gran parte de los objetivos y de las metas propuestas. Dentro de estos factores, se pueden mencionar la función ecológica (mejoramiento de suelos, protección y alimento para la fauna, árboles multipropósito), valor social (ingresos o beneficios para la comunidad), adaptabilidad a las condiciones del sitio (luminosidad, humedad, competencia con vegetación existente) y disponibilidad de semillas y plántulas que, en algunos casos, se considera el cuello de botella en este tipo de procesos.

Con la identificación de los ecosistemas de referencia, las unidades de vegetación presentes en ellos, los escenarios de restauración que se van a intervenir y los tensionantes y limitantes, se construyeron los listados de plantas necesarias.

2.1. Ecosistema de páramo

Se priorizaron 29 especies nativas presentes y características de los ecosistemas de referencia.

Las tablas 2.1 a 2.3 muestran las especies seleccionadas para cada escenario identificado. Su inclusión obedece a los siguientes criterios:

- Presencia en los ecosistemas de referencia.
- Dominantes o características en los ecosistemas de referencia.
- Amenazada local o regionalmente.
- Resistentes a las condiciones de degradación presentes en los escenarios de restauración y con potencial para promover la regeneración natural, controlar las gramíneas exóticas invasoras y generar estructura en los estratos herbáceo y arbustivo.

Tabla 2.1. Especies seleccionadas en la estrategia de restauración del escenario de pastos limpios (predio Santa Rosa, Sibaté)

| Especie | Grupo funcional | CG | CR | CD | Estructura-estrato herbáceo | Estructura-estrato arbustivo | Atracción fauna |
|--|---|----|----|----|-----------------------------|------------------------------|--|
| Amargoso (<i>Ageratina boyacensis</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | X | | | X | Néctar y polen (insectos) |
| Amargoso (<i>Ageratina glyptophlebia</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | X | | | X | Néctar y polen (insectos) |
| Cacique (<i>Arcytophyllum nitidum</i>) | Arbusto largo ciclo intermedia | X | | | X | | Néctar y polen (insectos) |
| Chilco negro (<i>Baccharis prunifolia</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | X | X | X | | Néctar y polen (insectos) |
| Uña de gato (<i>Berberis rigidifolia</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | | | X | | | Flores visitadas por insectos y frutos consumidos por aves |
| Paja (<i>Calamagrostis effusa</i>) | Gramínea pionera de largo ciclo | X | X | | X | | Semillas (aves semilleras), refugio para pequeños mamíferos |
| Tinto (<i>Cestrum buxifolium</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | | X | | | X | Frutos consumidos por aves |
| Hayuelo (<i>Dodonaea viscosa</i>) | Arbusto de largo ciclo | | X | | | | Néctar (aves, insectos) |
| Espino (<i>Duranta mutisii</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | | | | | Frutos para avifauna y miel para colibríes y entomofauna |
| Frailejón (<i>Espeletia grandiflora</i>) | Roseta con tallo de largo ciclo | X | | | | X | Néctar y polen (aves, insectos) |
| Tagua (<i>Gaiadendron punctatum</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | | X | | X | Flores, frutos (insectos, aves y pequeños mamíferos) |
| Reventadera (<i>Gaultheria myrsinoides</i>) | Arbusto pionero rasante de largo ciclo | X | | | | X | Néctar y polen (insectos), frutos (Aves) |
| Mortiño (<i>Hesperomeles goudotiana</i>) | Arbusto de sucesión intermedia de largo ciclo | | | X | | | Néctar y polen (insectos), frutos (Aves) |
| Pino de páramo (<i>Hypericum juniperinum</i>) | Arbusto rasante pionero de largo ciclo | X | X | X | X | | Néctar y polen (Insectos) |
| Lupino (<i>Lupinus interruptus</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | X | X | X | | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por pequeños mamíferos |

Continúa



| Especie | Grupo funcional | CG | CR | CD | Estructura- estrato herbáceo | Estructura- estrato arbustivo | Atracción fauna |
|--|--|----|----|----|---------------------------------|----------------------------------|--|
| Lupino (<i>Lupinus colombiensis</i>) | Herbáceo pionero de corto ciclo | X | X | X | | | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por pequeños mamíferos |
| Uva camarona (<i>Macleania rupestris</i>) | Arbusto de sucesión intermedia de largo ciclo | | X | X | | X | Flores, frutos (aves y pequeños mamíferos) |
| Tuno (<i>Miconia summa</i>) | Arbusto de sucesión intermedia de largo ciclo | X | X | X | | X | Flores, frutos (aves y pequeños mamíferos) |
| Laurel (<i>Morella parvifolia</i>) | Arbusto de sucesión intermedia de largo ciclo | X | | X | X | | Frutos consumidos por aves |
| Maíz tostado (<i>Myrsine dependens</i>) | Arbolito de sucesión tardía | | X | | | | Frutos consumidos por aves |
| Mano de oso (<i>Oreopanax bogotensis</i>) | Arbolito de sucesión tardía | | | X | | X | Flores, frutos (insectos, aves y pequeños mamíferos) |
| Mano de oso (<i>Oreopanax mutisianus</i>) | Arbolito de sucesión tardía | | | X | | X | Flores, frutos (insectos, aves y pequeños mamíferos) |
| Espadilla (<i>Orthrosanthus chimboracensis</i>) | Hierba pionera de largo ciclo | | | | X | | Sirve como alimento de vertebrados |
| Romerillo de páramo (<i>Pentacalia nítida</i>) | Arbusto de sucesión tardía | X | X | X | | X | Néctar y polen (insectos) |
| Romerillo (<i>Pentacalia pulchella</i>) | Arbusto de sucesión tardía | X | X | X | | X | Néctar y polen (insectos) |
| Colorado (<i>Polylepis quadrijuga</i>) | Arbolito de sucesión tardía | | | X | | X | Néctar, polen, refugio para fauna (insectos) |
| Puya (<i>Puya santosii</i>) | Roseta sin tallo de sucesión intermedia de largo ciclo | | | | X | | Fuente de alimento para colibríes |
| Té de Bogotá (<i>Symplocos theiformis</i>) | Arbusto de sucesión intermedia de largo ciclo | X | | | | | Frutos consumidos por pequeños mamíferos, especialmente roedores |
| Raque (<i>Vallea stipularis</i>) | Arbolito de sucesión tardía | | | X | | | Apetecido por la avifauna y por la producción de miel en sus flores, para colibríes y abejas |

CG: control de gramíneas; CR: crecimiento rápido; CD: creación de doseles.

Fuente: elaboración propia.

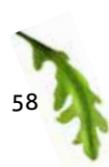


Tabla 2.2. Especies seleccionadas de la estrategia de restauración del escenario de pajonal-frailejónal (predio Santa Rosa, Sibaté)

| Especie | Grupo funcional | CG | CR | CD | Estructura-estrato herbáceo | Estructura-estrato arbustivo | Atracción fauna |
|---|--|----|----|----|-----------------------------|------------------------------|---|
| Huesito de páramo (<i>Arcytophyllum nitidum</i>) | Arbusto de sucesión intermedia de largo ciclo | X | | | X | | Flores visitadas por insectos |
| Uña de gato (<i>Berberis rigidifolia</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | | | X | | | Flores visitadas por insectos y frutos consumidos por aves |
| Paja (<i>Calamagrostis effusa</i>) | Herbácea pionera de largo ciclo | X | X | | X | | Semillas (aves semilleras), refugio para pequeños mamíferos |
| Chusque (<i>Chusquea tessellata</i>) | Bambú de largo ciclo | X | | X | | X | Follaje y refugio (todo tipo de fauna) |
| Frailejón (<i>Espeletia grandiflora</i>) | Roseta con tallo de largo ciclo | X | | | | X | Néctar y polen (aves, insectos) |
| Mortiño (<i>Hesperomeles goudotiana</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | | | | | X | Néctar y polen (insectos), frutos (aves) |
| Pino de páramo (<i>Hypericum juniperinum</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | X | | X | | Néctar y polen (insectos) |
| Lupino (<i>Lupinus colombiensis</i>) | Herbáceo pionero de ciclo corto | X | X | X | | | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por pequeños mamíferos |
| Maíz tostado (<i>Myrsine dependens</i>) | Arbolito de sucesión tardía | | | X | | X | Frutos consumidos por aves |
| Puya (<i>Puya santosii</i>) | Roseta sin tallo de sucesión intermedia de largo ciclo | X | X | | X | | Fuente de alimento para colibríes |
| Raque (<i>Vallea stipularis</i>) | Arbolito de sucesión tardía | | | X | | X | Apetecido por la avifauna, y por la producción de miel en sus flores, para colibríes y abejas |

CG: control de gramíneas; CR: crecimiento rápido; CD: creación de doseles.

Fuente: elaboración propia.

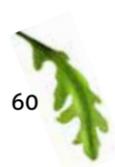


Tabla 2.3. Especies seleccionadas para la estrategia de restauración del escenario zona de recarga hídrica (predio Santa Rosa, Sibaté)

| Especie | Grupo funcional | CG | CR | CD | Estructura-estrato herbáceo | Estructura-estrato arbustivo | Atracción fauna |
|---|--|----|----|----|-----------------------------|------------------------------|--|
| Paja (<i>Calamagrostis effusa</i>) | Herbácea pionera de largo ciclo | X | X | | X | | Semillas (aves semilleras), refugio para pequeños mamíferos |
| Chusque (<i>Chusquea tessellata</i>) | Bambú de largo ciclo | X | | X | | X | Follaje y refugio (todo tipo de fauna) |
| Pino de páramo (<i>Hypericum juniperinum</i>) | Herbáceo pionero de ciclo corto | X | X | X | X | | Néctar y polen (insectos) |
| Lupino (<i>Lupinus colombiensis</i>) | Herbáceo pionero de ciclo corto | X | X | X | X | | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por pequeños mamíferos |
| Puya (<i>Puya santosii</i>) | Roseta sin tallo de sucesión intermedia de largo ciclo | | | | X | | Fuente de alimento para colibríes |

CG: control de gramíneas; CR: crecimiento rápido; CD: creación de doseles.

Fuente: elaboración propia.

2.2. Franja de transición páramo-bosque altoandino

Se seleccionaron 23 especies para los escenarios de restauración (bosques y vegetación secundaria) con las siguientes características: 1) presentes en los ecosistemas de referencia, 2) dominantes o características en los ecosistemas de referencia, 3) amenazada local o regionalmente y 4) aporte en complejidad estructural en los estratos arbustivo, arbolito y arbóreo (tablas 2.4 y 2.5). Para el área de invasión de retamo espinoso (*Ulex europaeus*) se seleccionaron 6 especies resistentes a las condiciones de degradación y con la capacidad de desarrollarse bien en estos ambientes y evitar una nueva invasión de *U. europaeus*.



Tabla 2.4. Especies seleccionadas para la estrategia de restauración en el escenario arbustal de retamo espinoso (*Ulex europaeus*) en el predio El Banqueo (Guasca)

| Especie | Grupo funcional | CG | CR | CD | Estructura- estrato arbóreo | Estructura- estrato arbustivo | Atracción fauna |
|--|------------------------------------|----|----|----|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| Amargoso (<i>Ageratina glyptophlebia</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | X | X | | X | Néctar y polen para insectos |
| Chilco (<i>Baccharis latifolia</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | X | X | | X | Néctar y polen para insectos |
| Paja (<i>Calamagrostis effusa</i>) | Gramínea pionera de largo ciclo | X | | | | | Semillas consumidas por aves, refugio para fauna |
| Mortiño (<i>Hesperomeles nítida</i>) | Arbusto de largo ciclo | | X | | | X | Néctar y polen para insectos, frutos para aves |
| Maíz tostado (<i>Myrsine dependens</i>) | Arbolito de sucesión tardía | | | | | X | Frutos consumidos por aves |
| Raque (<i>Vallea stipularis</i>) | Arbolito de sucesión tardía | X | | | X | | Néctar y polen para insectos, frutos para aves |

CG: control de gramíneas; CR: crecimiento rápido; CD: creación de doseles.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2.5. Especies seleccionadas para la estrategia de restauración en escenarios de vegetación secundaria y bosque fragmentado en el predio El Banqueo (Guasca)

| Especie | Grupo funcional | VS | BF | CG | CR | CD | Estructura-estrato arbóreo | Estructura-estrato arbustivo | Alimento para fauna |
|--|---|----|----|----|----|----|----------------------------|------------------------------|--|
| Amargoso (<i>Ageratina glyptophlebia</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | | X | X | X | | X | Néctar y polen para insectos |
| Espino (<i>Barnadesia spinosa</i>) | Arbusto pionera de largo ciclo | X | X | | | | | X | Néctar para aves |
| Uña de gato o tachuelo (<i>Berberis goudotii</i>) | Arbusto se sucesión intermedia de largo ciclo | X | X | | | | | X | Néctar y polen para insectos |
| Tinto (<i>Cestrum buxifolium</i>) | Arbusto se sucesión intermedia de largo ciclo | X | X | | X | | | X | Frutos consumidos por aves |
| Gaque (<i>Clusia multiflora</i>) | Árbol de sucesión intermedia | | X | | | | X | | Frutos consumidos por aves |
| Sansí, reventadera, tinta o barbasco (<i>Coriaria ruscifolia</i>) | Arbusto pionero de lago ciclo | X | X | | | | | X | Frutos consumidos por aves |
| Romero (<i>Diplostegium rosmarinifolium</i>) | Arbusto de sucesión intermedia | X | X | X | | | | X | Néctar y polen para insectos |
| Canelo (<i>Drimys granadensis</i>) | Árbol de sucesión intermedia | X | X | | | | X | | Néctar y polen para insectos, frutos para aves |
| Rodamonte (<i>Escallonia myrtilloides</i>) | Árbol de sucesión avanzada | X | X | | | | X | | Néctar y polen para insectos |
| Tibar (<i>Escallonia paniculata</i>) | Árbol de sucesión avanzada | X | X | | | X | X | | Néctar y polen para insectos |
| Mangle (<i>Escallonia pendula</i>) | Árbol de sucesión avanzada | X | X | | | | X | | Néctar y polen para insectos |
| Mortiño (<i>Hesperomeles nitida</i>) | Arbusto de sucesión intermedia | X | X | | | | | X | Néctar y polen para insectos, frutos para aves |
| Uva camarona (<i>Macleania rupestris</i>) | Arbusto de sucesión intermedia | | X | | | | | X | Frutos consumidos por aves |
| Laurel (<i>Morella parvifolia</i>) | Arbusto de sucesión intermedia | X | X | | X | | | X | Frutos consumidos por aves |
| Arrayán (<i>Myrcianthes leucoxylla</i>) | Árbol de sucesión avanzada | X | X | | | | X | | Frutos son consumidos por la avifauna y por pequeños mamíferos |
| Maíz tostado (<i>Myrsine dependens</i>) | Arbolito de sucesión tardía | X | X | | | | | X | Frutos consumidos por aves |
| Mano de oso (<i>Oreopanax bogotensis</i>) | Árbol de sucesión intermedia | | X | | | | X | | Frutos avifauna y mamíferos voladores |

Continúa



| Especie | Grupo funcional | VS | BF | CG | CR | CD | Estructura-estrato arbóreo | Estructura-estrato arbustivo | Alimento para fauna |
|--|--------------------------------|----|----|----|----|----|----------------------------|------------------------------|--|
| Romerillo de páramo (<i>Pentacalia nitida</i>) | Arbusto de sucesión intermedia | X | X | X | | X | | X | Néctar y polen para insectos |
| Raque (<i>Vallea stipularis</i>) | Arbolito de sucesión tardía | X | X | X | | | X | | Néctar y polen para insectos, frutos para aves |
| Cocua (<i>Verbesina crassiramea</i>) | Árbol pionero de largo ciclo | X | X | | X | | X | | Alimento por algunas aves y mamíferos |
| Garrocho (<i>Viburnum tinoides</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | X | | X | | | X | Alimento para las aves y los insectos (especialmente abejas) |
| Encenillo (<i>Weinmannia rollottii</i>) | Árbol de sucesión intermedia | X | | | | | X | | Néctar y polen para insectos |
| Encenillo (<i>Weinmannia tomentosa</i>) | Árbol de sucesión intermedia | X | | X | | X | X | | Néctar y polen para insectos |

VS: vegetación secundaria; BF: bosque fragmentado; CG: control de gramíneas; CR: crecimiento rápido; CD: creación de doseles.

Fuente: elaboración propia.

2.3. Ecosistema de bosque altoandino

Se incluyeron 24 especies que se seleccionaron a partir de levantamientos de vegetación y recorridos en el área que se iba a intervenir (tabla 2.6).

Tabla 2.6. Especies seleccionadas para escenarios de pastos limpios en la Reserva Biológica Encenillo (Guasca)

| Especie | Grupo funcional | CG | CR | CD | Atracción fauna | MS | AM |
|---|--|----|----|----|------------------------------|----|----|
| Blanquillo (<i>Ageratina asclepiadea</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | X | X | Néctar y polen para insectos | | |
| Amargoso (<i>Ageratina boyacensis</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | X | | Néctar y polen para insectos | | |
| Amargoso (<i>Ageratina glyptophlebia</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | | | Néctar y polen para insectos | | |
| Chilco (<i>Baccharis latifolia</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | | X | | Néctar y polen para insectos | | |
| Charne (<i>Bucquetia glutinosa</i>) | Arbolito de sucesión intermedia de largo ciclo | | | | Néctar y polen para insectos | | |
| Cedro (<i>Cedrela montana</i>) | Árbol de sucesión tardía | | | X | Néctar y polen para insectos | | NT |

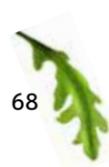
Continúa



| Especie | Grupo funcional | CG | CR | CD | Atracción fauna | MS | AM |
|--|---|----|----|----|---|----|----|
| Palma (<i>Ceroxylon alpinum</i>) | Árbol de sucesión tardía | | | | Alimento para fauna | | |
| Tinto (<i>Cestrum mutisii</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | | | | Colibríes, frutos comestibles (aves y pequeños mamíferos) | | |
| Gaque (<i>Clusia multiflora</i>) | Árbol de sucesión intermedia | | | X | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves | | |
| Tibar (<i>Escallonia paniculata</i>) | Árbol de sucesión intermedia | | | X | Néctar y polen para insectos | | |
| Mangle (<i>Escallonia pendula</i>) | Árbol de sucesión intermedia | | | | Néctar y polen para insectos | | |
| Mortiño (<i>Hesperomeles nitida</i>) | Arbusto de sucesión intermedia | | | X | Néctar, frutos comestibles | | |
| Nogal (<i>Juglans neotropica</i>) | Árbol de sucesión tardía | | | X | Alimento para la fauna, fruto comestible | | EN |
| Lupino o chocho (<i>Lupinus interruptus</i>) | Herbáceo pionero de Ciclo Corto | | X | | Néctar, semillas consumidas por pequeños mamíferos | | |
| Laurel (<i>Morella pubescens</i>) | Arbolito de sucesión intermedia | | | X | Frutos consumidos por aves | | |
| Arrayán (<i>Myrcianthes leucoxylla</i>) | Árbol de sucesión intermedia | | | X | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves | | |
| Maíz tostado (<i>Myrsine dependens</i>) | Arbolito de sucesión tardía | | | | Frutos consumidos por aves | | |
| Cordoncillo (<i>Piper nubigenum</i>) | Arbusto de sucesión intermedia de largo ciclo | | X | | Frutos consumidos por aves | | |
| Pino romerón (<i>Retrophyllum rospigliosii</i>) | Árbol sucesión tardía | | | X | Frutos consumidos por aves | | NT |
| Sietecueros (<i>Tibouchina lepidota</i>) | Arbusto de sucesión intermedia de largo ciclo | | | X | Polen para insectos | | |
| Raque (<i>Vallea stipularis</i>) | Arbolito de sucesión tardía | X | | | Apetecido por la avifauna, y por la producción de miel en sus flores, para colibríes y abejas | | |
| Cocua (<i>Verbesina crassiramea</i>) | Árbol pionero de largo ciclo | | X | | Néctar y polen para insectos | X | |
| Garroho (<i>Viburnum tinoides</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | X | | Alimento para las aves y los insectos (especialmente abejas) | | |
| Encenillo (<i>Weinmannia tomentosa</i>) | Árbol de sucesión intermedia | | | X | Néctar | | |

CG: control de gramíneas; CR: crecimiento rápido; CD: creación de doseles; MS: mejora de suelos; AM: amenazada de extinción; VU: vulnerable de extinción; NT: casi amenazada de extinción; EN: peligro de extinción.

Fuente: elaboración propia.



2.4. Ecosistema de bosque andino

Para el escenario de pastos limpios (tabla 2.7) se seleccionaron especies pioneras herbáceas, arbustivas y arbóreas resistentes a las condiciones de degradación propias de áreas de invasión de gramíneas exóticas, con la capacidad de desarrollarse bien en estos ambientes y mejorarlos para facilitar procesos para la regeneración natural y el posterior establecimiento espontáneo de especies arbóreas típicas de estados sucesionales avanzados.

Tabla 2.7. Especies seleccionadas para el escenario de pastos limpios en los predios Peñas Blancas y La Esmeralda

| Especie | Grupo funcional | CG | CR | CD | HER | ARB | Atracción fauna |
|---|---------------------------------|----|----|----|-----|-----|--|
| Pegamosco o jarilla (<i>Ageratina ampla</i>) | Arbusto pionero de corto ciclo | X | X | | | X | Néctar y polen para insectos |
| Amargoso (<i>Ageratina boyacensis</i>) | Arbusto pionero de corto ciclo | X | X | | | X | Néctar y polen para insectos |
| Tuno (<i>Axinaea sp.</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | X | | | X | Néctar y polen (Abejas) |
| Chilco (<i>Baccharis latifolia</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | | X | | | X | Polen para insectos |
| Trompeto (<i>Bocconia frutescens</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | X | X | | X | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves |
| Tinto (<i>Cestrum mutisii</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | | X | | | X | Frutos consumidos por aves |
| Palma chonta (<i>Chamaedorea linearis</i>) | Palmera de sucesión intermedia | | | | | X | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves |
| Salvio (<i>Cordia cylindrostachya</i>) | Arbolito pionero de largo ciclo | X | X | X | | X | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves |
| Sangregado (<i>Croton magdalenensis</i>) | Árbol pionero de largo ciclo | | X | X | | X | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves |
| Tibar (<i>Escallonia paniculata</i>) | Árbol de sucesión intermedio | | X | | | X | Néctar y polen para insectos |
| Granizo (<i>Hedyosmum crenatum</i>) | Árbol de sucesión intermedio | | | | | X | Alimento para aves, Néctar y polen para insectos |
| Nogal (<i>Juglans neotropica</i>) | Árbol de sucesión tardía | | | X | | X | Alimento para la fauna, fruto comestible |
| Salvio negro (<i>Lepechinia salviifolia</i>) | Arbusto pinero de largo ciclo | | X | | | X | Néctar y polen para insectos |

Continúa

Para los escenarios de bosque y vegetación secundaria, la selección de las especies incluyó: 1) especies típicas de bosques andinos conservados, 2) especies dominantes o características en los ecosistemas de referencia, 3) especies amenazadas local o regionalmente y 4) especies que aporten en complejidad estructural en los estratos arbustivo, arbolito y arbóreo. Además de los criterios anteriores, estas especies son claves para el aporte de néctar y polen y, en general, fuente de alimento para polinizadores y dispersores de semillas (tabla 2.8).



| Especie | Grupo funcional | CG | CR | CD | HER | ARB | Atracción fauna |
|--|---|----|----|----|-----|-----|---|
| Salvio blanco (<i>Lippia hirsuta</i>) | Arbolito pionero de largo ciclo | | | | | X | Néctar y polen para insectos |
| Lupino o chocho (<i>Lupinus interruptus</i>) | Arbusto pionero de corto ciclo | X | X | | X | | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por pequeños mamíferos |
| Laurel de cera (<i>Morella pubescens</i>) | Arbolito de sucesión intermedia | X | X | X | | | Frutos consumidos por aves |
| Mano de oso (<i>Oreopanax incisus</i>) | Árbol de sucesión intermedia | | | X | | | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves |
| Café de monte (<i>Palicourea angustifolia</i>) | Arbusto de sucesión intermedia de largo ciclo | | | X | | X | Néctar y polen para insectos, néctar para colibríes, frutos consumidos por aves |
| Cafeto (<i>Palicourea demissa</i>) | Arbusto de sucesión intermedia de largo ciclo | | | X | | X | Néctar y polen para insectos, néctar para colibríes, frutos consumidos por aves |
| Cordoncillo (<i>Piper nubigenum</i>) | Arbusto de sucesión intermedia de largo ciclo | X | | | | X | Alimentos para murciélagos |
| Roble (<i>Quercus humboldtii</i>) | Árbol de sucesión tardía | | | X | | X | Alimento para la fauna |
| Pino romerón (<i>Retrophyllum rospigliosii</i>) | Árbol de sucesión tardía | | | X | | X | Frutos alimento de mamíferos |
| Colorado (<i>Rhamnus goudotiana</i>) | Arbusto sucesión intermedia | | X | X | | X | Frutos consumidos por aves |
| Arboloco (<i>Smallanthus pyramidalis</i>) | Árbol pionero de ciclo intermedio | | | | | X | Frutos consumidos por aves |
| Tomatillo (<i>Solanum oblongifolium</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | X | X | | X | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves |
| Cocua (<i>Verbesina crassiramea</i>) | Árbol Pionero de ciclo largo | X | X | X | | X | Néctar y polen para insectos |
| Camargo (<i>Verbesina nudipes</i>) | Árbol Pionero de ciclo largo | | X | | | X | Néctar y polen para insectos |
| Garrocho (<i>Viburnum tinoides</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | | | | | X | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves |
| Encenillo (<i>Weinmannia cundinamaricensis</i>) | Árbol de sucesión intermedia | | | | | X | Néctar y polen para insectos |

CG: control de gramíneas; CR: crecimiento rápido; CD: creación de doseles; HER: estructura-estrato herbáceo; ARB: estructura-estrato arbustivo.

Fuente: elaboración propia.



Tabla 2.8. Especies seleccionadas para escenarios de bosque fragmentado y vegetación secundaria en los predios Peñas Blancas y La Esmeralda

| Especie | Grupo funcional | BF | VS | CG | CR | CD | Atracción fauna | MS | AM |
|---|---------------------------------|----|----|----|----|----|---|----|----|
| Amargoso (<i>Ageratina boyacensis</i>) | Arbusto pionero de ciclo corto | X | | X | X | | Néctar y polen para insectos | | |
| Amarillo (<i>Aniba panurensis</i>) | Árbol de sucesión tardía | X | | | | X | Frutos consumidos por aves y mamíferos | | |
| Cedrillo (<i>Brunellia comocladifolia</i>) | Árbol de sucesión intermedia | X | | | | | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves | | |
| Cedro (<i>Cedrela montana</i>) | Árbol de sucesión tardía | X | X | | | X | Néctar y polen para insectos | | NT |
| Palma (<i>Ceroxylon alpinum</i>) | Palmera de sucesión tardía | X | | | | | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves | | EN |
| Palma chonta (<i>Chamaedorea linearis</i>) | Palmera de sucesión intermedia | X | X | | | | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves | | |
| Gaque (<i>Clusia multiflora</i>) | Árbol de sucesión intermedia | X | | | | | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves | | |
| Maco (<i>Guarea kunthiana</i>) | Árbol de sucesión tardía | X | | | | X | Frutos consumidos por aves | | |
| Nogal (<i>Juglans neotropica</i>) | Árbol de sucesión tardía | X | X | | | X | | | EN |
| Salvio negro (<i>Lepechinia salviifolia</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | | | | | | | |
| Laurel de cera (<i>Morella pubescens</i>) | Arbolito de sucesión intermedia | X | X | | | | Frutos consumidos por aves | | |
| Arrayán (<i>Myrcianthes leucoxylla</i>) | Árbol de sucesión intermedia | X | X | X | | X | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves | | |
| Cucharo (<i>Myrsine coriacea</i>) | Árbol de sucesión tardía | | X | | | | Frutos consumidos por aves | | |
| Mano de oso (<i>Oreopanax incisus</i>) | Árbol de sucesión intermedia | X | X | | | X | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves | | |
| Café de monte (<i>Palicourea angustifolia</i>) | Arbusto de sucesión intermedia | X | X | | | X | Néctar y polen para insectos, néctar para colibríes, frutos consumidos por aves | | |

Continúa



| Especie | Grupo funcional | BF | VS | CG | CR | CD | Atracción fauna | MS | AM |
|--|---|----|----|----|----|----|---|----|----|
| Cafeto (<i>Palicourea demissa</i>) | Arbusto de sucesión intermedia | X | X | | | X | Néctar y polen para insectos, néctar para colibríes, frutos consumidos por aves | | |
| Cordoncillo (<i>Piper nubigenum</i>) | Arbusto de sucesión intermedia de largo ciclo | X | X | | X | | Frutos consumidos por aves | | |
| Roble (<i>Quercus humboldtii</i>) | Árbol de sucesión tardía | X | | | | X | Frutos consumidos por pequeños mamíferos | | VU |
| Pino romerón (<i>Retrophyllum rospigliosii</i>) | Árbol de sucesión tardía | X | | | | | Frutos consumidos por aves | | NT |
| Colorado (<i>Rhamnus goudotiana</i>) | Arbusto de sucesión intermedia | X | X | | X | X | Frutos consumidos por aves | | |
| Arboloco (<i>Smalanthus pyramidalis</i>) | Árbol pionero de largo ciclo | X | | | | | Frutos consumidos por aves | | |
| Tomatillo (<i>Solanum oblongifolium</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | X | X | | X | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves | | |
| Cocua (<i>Verbesina crassiramea</i>) | Árbol pionero de largo ciclo | X | X | X | X | X | Néctar y polen para insectos | X | |
| Camargo (<i>Verbesina nudipes</i>) | Árbol pionero de largo ciclo | | X | | | X | Néctar y polen para insectos | | |
| Encenillo (<i>Weinmannia cundinamarcensis</i>) | Árbol de sucesión intermedia | X | | | | | Néctar y polen para insectos | | |

CG: control de gramíneas; CR: crecimiento rápido; CD: creación de doseles; MS: mejora de suelos; AM: amenazada de extinción; VU: vulnerable de extinción; NT: casi amenazada de extinción; EN: peligro de extinción.

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, para el área de invasión del helecho marranero (*Pteridium aquilinum*), en el predio Peñas Blancas, no solo se seleccionaron especies herbáceas, arbustivas y arbóreas pioneras, sino también especies de estados sucesionales intermedios, dado que la cobertura presente en estos ambientes puede ser favorable para el desarrollo de estas especies, al protegerlas de la desecación y las heladas (tabla 2.9).



Tabla 2.9. Especies seleccionadas para el escenario áreas invadidas por *Pteridium aquilinum* en el predio Peñas Blancas

| Especie | Grupo funcional | CG | CR | CD | HER | ARB | Atracción fauna |
|---|---------------------------------|----|----|----|-----|-----|--|
| Pegamosco o jarilla (<i>Ageratina ampla</i>) | Arbusto pionero de corto ciclo | X | X | | | X | Néctar y polen para insectos |
| Tuno (<i>Axinaea</i> sp.) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | X | | | X | Néctar y polen (abejas) |
| Chilco (<i>Baccharis latifolia</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | | X | | | X | Polen para insectos |
| Trompeto (<i>Bocconia frutescens</i>) | Arbusto pionero de largo ciclo | X | X | X | | X | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves |
| Palma chonta (<i>Chamaedorea linearis</i>) | Palmera de sucesión intermedia | | | | | X | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves |
| Salvio (<i>Cordia cylindrostachya</i>) | Arbolito pionero de largo ciclo | X | X | X | | X | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por aves |
| Nogal (<i>Juglans neotropica</i>) | Árbol de sucesión tardía | | | X | | X | Alimento para la fauna, fruto comestible |
| Salvio negro (<i>Lepechinia salviifolia</i>) | Arbusto pinero de largo ciclo | | X | | | X | Néctar y polen para insectos |
| Lupino o chocho (<i>Lupinus interruptus</i>) | Arbusto pionero de corto ciclo | X | X | | X | | Néctar y polen para insectos, frutos consumidos por pequeños mamíferos |
| Roble (<i>Quercus humboldtii</i>) | Árbol de sucesión tardía | | | X | | X | Alimento para la fauna |
| Cocua (<i>Verbesina crassiramea</i>) | Árbol pionero de ciclo largo | X | X | X | | X | Néctar y polen para insectos |
| Camargo (<i>Verbesina nudipes</i>) | Árbol pionero de ciclo largo | | X | | | X | Néctar y polen para insectos |

CG: control de gramíneas; CR: crecimiento rápido; CD: creación de doseles; HER: estructura-estrato herbáceo; ARB: estructura-estrato arbustivo.

Fuente: elaboración propia.





CAPÍTULO 3
Obtención de material vegetal



CAPÍTULO 3



En este capítulo se aborda el proceso de obtención de material vegetal y los resultados obtenidos de acuerdo con las siguientes técnicas o métodos:

1. Propagación sexual por medio de semilla de 68 especies nativas.
2. Propagación sexual por medio de esporas de una especie de helecho arborescente.
3. Propagación vegetativa de dos especies.
4. El rescate o reubicación de plántulas y juveniles de 33 especies, y ensayos de expresión del banco de semillas germinable.

3.1. Propagación sexual de especies nativas: semillas y esporas

La propagación de especies nativas sigue las bases técnicas planteadas en el capítulo 1 y conlleva toda una serie de aspectos y actividades secuenciales que inician con la identificación y selección de fuentes semilleras, recolección de frutos en campo, limpieza o beneficio, análisis de la calidad de la semilla y almacenamiento o propagación. Dicho proceso se ejemplifica en la figura 3.1 y se detalla en las siguientes secciones, a la luz de la experiencia llevada a cabo en los viveros establecidos para tal fin.

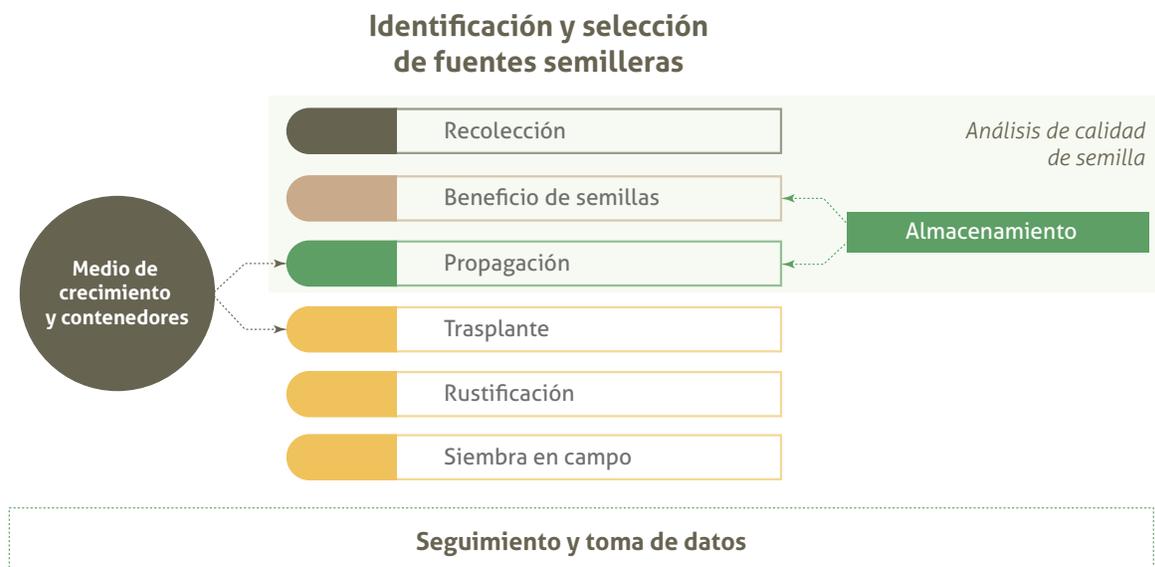


Figura 3.1. Actividades secuenciales para la obtención de material vegetal por medio de propagación sexual

Fuente: elaboración propia.

3.1.1. Métodos para el seguimiento a fuentes semilleras

Una vez se conocen las localidades que se van a intervenir y el listado de especies por propagar, se identifican y seleccionan las fuentes semilleras que proveerán el material para la propagación sexual en el vivero. El protocolo para los predios objeto de compensación se basa en el *Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para la conservación a largo plazo y restauración ecológica* (Gold et al., 2004) y el *Manual de colección de semillas de especies silvestres Ensconet* (Ensconet, 2009). La metodología se basa en cinco actividades:

Uno. Determinación del número de poblaciones: las poblaciones de las especies monitoreadas se ubican en seis localidades:

- a. Santa Rosa, municipio de Sibaté: especies del ecosistema de páramo.
- b. El Palmar, municipio de Guatavita: especies de páramo, bosque altoandino y franja de transición páramo-bosque altoandino.
- c. El Banqueo, municipio de Guasca: especies de páramo, bosque altoandino y franja de transición páramo-bosque altoandino.
- d. Reserva Biológica Encenillo, municipio de Guasca: especies del ecosistema bosque altoandino.
- e. La Esmeralda, municipio de Bojacá: especies del ecosistema de bosque andino.
- f. Peñas Blancas, municipio de Bojacá, especies del ecosistema bosque andino.

En lo posible, cada una de estas poblaciones debe estar compuesta por un mínimo de cinco individuos. En caso de no completar esta cuota mínima, es posible evaluar la fenología reproductiva; no obstante, si la muestra es muy pequeña, los resultados pueden no ser concluyentes y la descendencia generada puede tener poca variabilidad genética.

Este fue el caso de las fuentes semilleras evaluadas en el Parque Nacional Natural Chingaza, donde se desarrolló el protocolo mediante un trabajo conjunto con parte de su personal solo en algunos individuos; razón por la cual los resultados no fueron concluyentes. Derivado de esta actividad, los funcionarios del parque conocieron los estándares del protocolo de fuentes semilleras, para su correcta identificación y la consiguiente obtención de los propágulos que se iban a usar en sus procesos de propagación. Además, como parte de los acuerdos de este convenio —del cual el Parque Nacional Natural Chingaza hizo parte hasta el 2019— se



aportó material vegetal proveniente de poblaciones de especies nativas presentes en el área protegida para aportar a las compensaciones del Proyecto Nueva Esperanza.

Dos. Preparación y selección de las rutas semilleras: antes de iniciar formalmente el monitoreo, se visitan cada una de las localidades para familiarizarse con las especies, reconocer el terreno y planificar los recorridos para la recolección de semillas, los cuales se señalan con banderines.

Tres. Selección de individuos: para disminuir la posibilidad de que haya endogamia en la semilla recolectada, se deben seleccionar los individuos estableciendo la distancia mínima entre sujetos de la misma especie, de acuerdo con la siguiente orientación:

- a. 100 m para árboles.
- b. 50 m para arbustos.
- c. 10 m para plantas del herbazal.

No se deben seleccionar plantas viejas, enfermas o demasiado jóvenes para entrar en fase reproductiva.

Cuatro. Marcaje y georreferenciación: se marca al individuo con etiquetas de aluminio repujadas amarradas al tronco u otra estructura en el caso de plantas sin tronco. La etiqueta debe contener el código de campo de la especie, el número de individuo asignado y la fecha de marcaje. Cada sujeto se georreferencia y se registran los siguientes datos: identidad taxonómica, código de campo, número de individuo, altura total, cobertura de copa y circunferencia del tronco a la altura del pecho (1,3 m) o de la base (5 cm).

Cinco. Seguimiento y monitoreo: trimestralmente se evalúa el estado reproductivo de los individuos seleccionados. La información se almacena en una base de datos que registra la producción de frutos y semillas de los predios entre marzo del 2017 y diciembre del 2018. Además de lo correspondiente al muestreo, también se asocia la información relacionada con los métodos de dispersión de la especie y el tipo de fruto.

3.1.2. Resultados de la evaluación de las fuentes semilleras

A continuación, se describen los principales resultados alcanzados durante el periodo de evaluación de las fuentes semilleras (abril del 2017-noviembre del 2018) en los distintos ecosistemas que se iban a compensar. Los datos están contrastados con la precipitación media mensual histórica considerando un rango de análisis de 19 años (1981-2000). La información climática fue suministrada por las estaciones meteorológicas del Ideam cercanas a la zona de estudio.

3.1.2.1. Ecosistema de páramo del predio Santa Rosa

Se hizo seguimiento a 20 especies presentes en el páramo, durante el tiempo de monitoreo. Este conjunto de especies presentó un pico de floración en junio, el cual fue precedido por el comienzo de la temporada de lluvias (figura 3.2). Por otro lado, la fructificación se mantiene casi constante de marzo a diciembre, aunque se presentaron picos de frutos maduros en junio y diciembre, lo cual coincidió con temporadas climáticas menos lluviosas (figura 3.2).

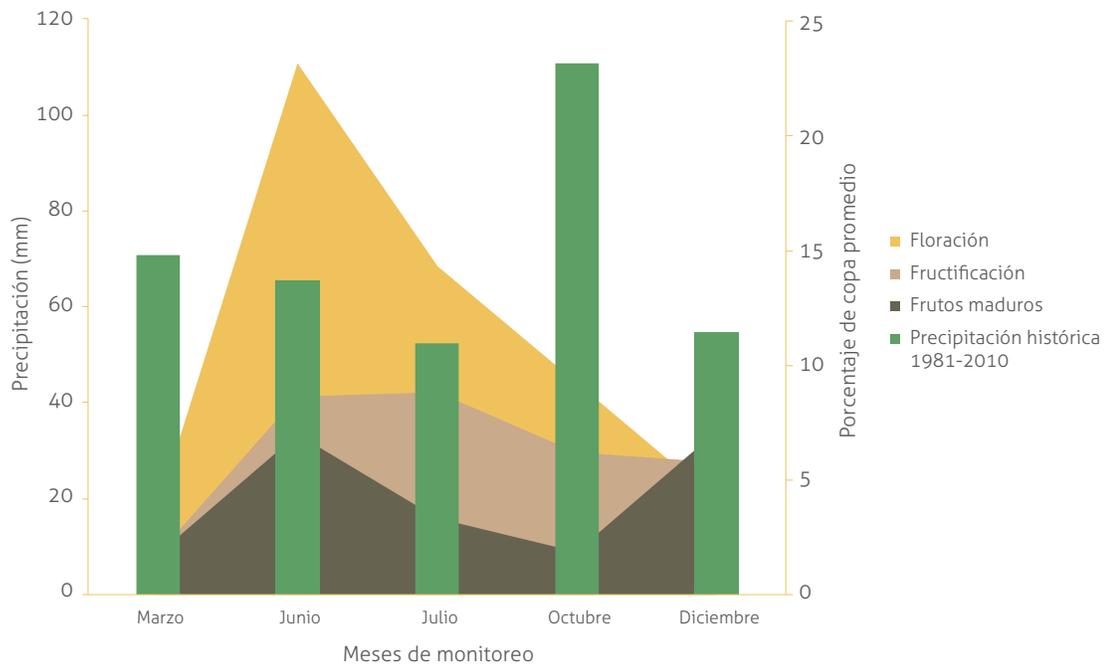


Figura 3.2. Predio Santa Rosa (Sibaté): respuesta mensual en la fructificación estimada como el porcentaje de copa con presencia de botones, flores y frutos maduros e inmaduros

Fuente: elaboración propia.

El inicio de la temporada anual de lluvias, en el mes de marzo, también marca el inicio de la producción de botones y la apertura de las flores, que suelen permanecer hasta el fin de la segunda temporada de lluvias, en octubre (tabla 3.1). En ese momento, la mayoría de las plantas del predio entran en fase de dispersión (tabla 3.2) y empieza el ciclo de fructificación. El mayor aporte a la diversidad y abundancia de semillas se da a través frutos tipo baya y drupa, los cuales son consumidos por animales y están disponibles en abundancia entre mayo y octubre. Gran parte de las especies dispersadas por el viento, alcanzan la madurez de sus semillas en las temporadas secas de julio y diciembre, lo que resulta muy conveniente para facilitar los procesos de dispersión.

Tabla 3.1. Predio Santa Rosa (Sibaté): promedios mensuales de precipitación histórica y floración estimada como el porcentaje de copa con flores o botones entre marzo de 2017 y diciembre de 2018

| Tipo de fruto: dispersión | Especie | Precipitación | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------|------|------|------|------|---|
| | | Mar. | May. | Jun. | Jul. | Oct. | Dic. | |
| | | 61,1 | 87,0 | 56,7 | 45,2 | 95,7 | 47,3 | |
| Aquenio: viento y animales | <i>Rhynchospora ruiziana</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Berberis rigidifolia</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| Bayas y drupas: animales | <i>Gaiadendron punctatum</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Gaultheria anastomosans</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Gaultheria hapalotrichya</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Miconia elaeoides</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Miconia summa</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Myrsine dependens</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Oreopanax mutisianus</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Vaccinium floribundum</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | Cápsula: gravedad, agua, viento | <i>Arcytophyllum nitidum</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | | <i>Brachyotum strigosum</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| <i>Hypericum juniperinum</i> | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| <i>Hypericum strictum</i> | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| <i>Monochaetum myrtoideum</i> | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| Cariópside: viento y animales | <i>Calamagrostis effusa</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |

Continúa

| | | Precipitación | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Mar. | May. | Jun. | Jul. | Oct. | Dic. |
| Tipo de fruto: dispersión | Especie | 61,1 | 87,0 | 56,7 | 45,2 | 95,7 | 47,3 |
| Cipsela: viento | <i>Diplostephium phyllicoides</i> | Sin producción | Medio: 11-30 | Medio: 11-30 | Medio: 11-30 | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 |
| | <i>Espeletia grandiflora</i> | Bajo: 1-10 | Medio: 11-30 | Alto: más de 30 |
| | <i>Espeletia summapacis</i> | Alto: más de 30 | Medio: 11-30 | Alto: más de 30 | Medio: 11-30 | Bajo: 1-10 | Alto: más de 30 |
| | <i>Pentacalia summapacis</i> | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 |



Fuente: elaboración propia a partir de Murcia y Franco (2020); Ideam (2020) y CAR (2020).

Tabla 3.2. Predio Santa Rosa (Sibaté): promedios mensuales de precipitación histórica y fructificación estimada como el porcentaje de copa con frutos maduros o inmaduros entre marzo de 2017 y diciembre de 2018

| | | Precipitación | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Mar. | May. | Jun. | Jul. | Oct. | Dic. |
| Tipo de fruto: dispersión | Especie | 61,1 | 87,0 | 56,7 | 45,2 | 95,7 | 47,3 |
| Aquenio: viento y animales | <i>Rhynchospora ruiziana</i> | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 |
| | <i>Berberis rigidifolia</i> | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 | Medio: 11-30 | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 |
| | <i>Gaidendron punctatum</i> | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 | Medio: 11-30 | Medio: 11-30 | Bajo: 1-10 |
| | <i>Gaultheria anastomosans</i> | Bajo: 1-10 |
| Bayas y drupas: animales | <i>Gaultheria hapalotrichya</i> | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 | Medio: 11-30 | Medio: 11-30 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 |
| | <i>Miconia elaeoides</i> | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 | Medio: 11-30 | Medio: 11-30 | Alto: más de 30 |
| | <i>Miconia summa</i> | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 | Alto: más de 30 | Medio: 11-30 | Medio: 11-30 |
| | <i>Myrsine dependens</i> | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 | Medio: 11-30 | Medio: 11-30 | Medio: 11-30 |
| | <i>Oreopanax mutisianus</i> | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 | Medio: 11-30 | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 |
| | <i>Vaccinium floribundum</i> | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 | Alto: más de 30 |
| Cápsula: gravedad, agua, viento | <i>Arcytophyllum nitidum</i> | Alto: más de 30 | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 | Medio: 11-30 | Alto: más de 30 | Medio: 11-30 |
| | <i>Brachyotum strigosum</i> | Bajo: 1-10 | Alto: más de 30 | Alto: más de 30 | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 |
| | <i>Hypericum juniperinum</i> | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 | Alto: más de 30 | Alto: más de 30 |
| | <i>Hypericum strictum</i> | Bajo: 1-10 | Alto: más de 30 |
| | <i>Monochaetum myrtoideum</i> | Bajo: 1-10 | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 |
| Cariópside: viento y animales | <i>Calamagrostis effusa</i> | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 | Medio: 11-30 | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 | Alto: más de 30 |



| | | Precipitación | | | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------|----------------|--------------|------------|-----------------|----------------|
| | | Mar. | May. | Jun. | Jul. | Oct. | Dic. |
| Tipo de fruto: dispersión | Especie | 61,1 | 87,0 | 56,7 | 45,2 | 95,7 | 47,3 |
| Cipsela: viento | <i>Diplostephium phylcooides</i> | Sin producción | | Bajo: 1-10 | | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 |
| | <i>Espeletia grandiflora</i> | Bajo: 1-10 | Sin producción | | | Bajo: 1-10 | Bajo: 1-10 |
| | <i>Espeletia summapacis</i> | Sin producción | | | Bajo: 1-10 | Medio: 11-30 | Medio: 11-30 |
| | <i>Pentacalia summapacis</i> | Sin producción | Bajo: 1-10 | Medio: 11-30 | Bajo: 1-10 | Sin producción | Sin producción |

Fuente: elaboración propia a partir de Murcia y Franco (2020); Ideam (2020) y CAR (2020).

3.1.2.2. Zona de transición páramo-bosque altoandino del predio El Palmar

Se evaluaron 35 especies que están distribuidas en coberturas de bosque altoandino y páramo. Por el lado de la floración, se observaron dos picos que suceden en agosto y en noviembre, justamente después de los meses más lluviosos del año (mayo y octubre); mientras que por el lado de la fructificación, de abril a diciembre, se observa un incremento constante en el número de frutos que culmina con un pico de frutos maduros (figura 3.3).

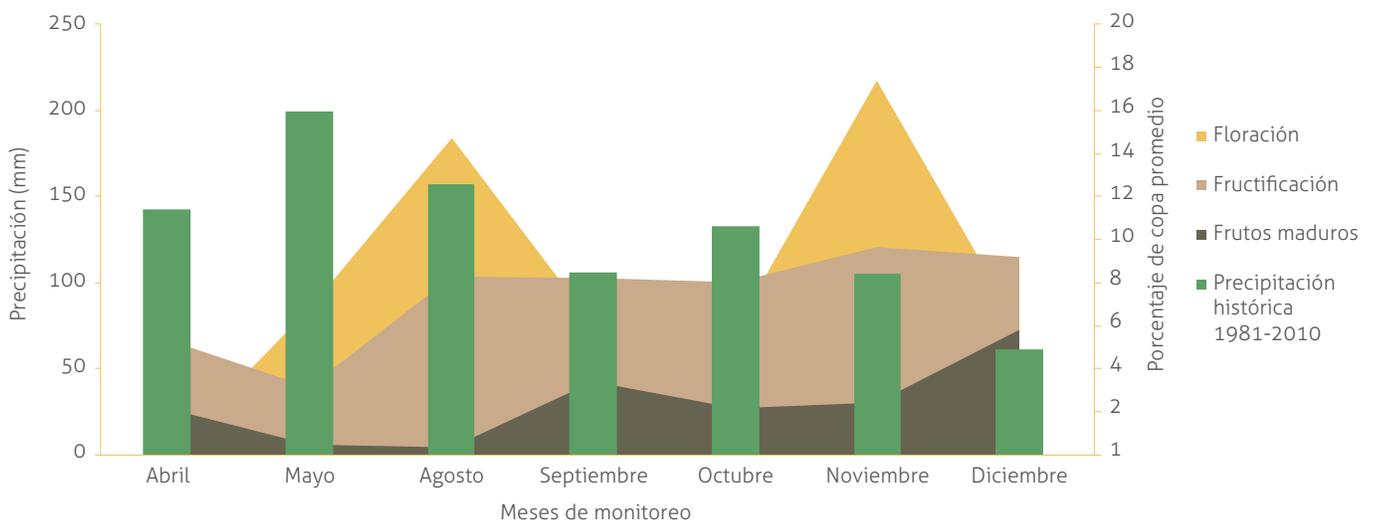


Figura 3.3. Predio El Palmar (Guatavita): respuesta mensual en la fructificación estimada como el porcentaje de copa con presencia de botones, flores y frutos maduros e inmaduros

Fuente: elaboración propia.

Más del 70% de las plantas florecen en dos picos, uno en agosto y otro en noviembre; mientras que cerca del 80% de las especies fructifican entre octubre y diciembre (tablas 3.3 y 3.4). En el sitio se presenta una interacción muy notoria con el oso andino (*Tremarctos ornatus*), que parece visitarlo en busca de los recursos alimenticios y el refugio que le brindan las coberturas de arbustal, que son ricas en bayas y drupas, en especial en el último trimestre del año, cuando confluye el punto máximo de la cosecha de muchas Ericáceas (la familia del agraz y otras uvas de monte) y Melastomatáceas (la familia de los tunos). Entre las Asteráceas, que son las plantas que tienen frutos en “cipsela”, como los del romero, los frailejones o el diente de león, se presenta una floración secuencial en la que el traslape entre los ciclos de floración de las especies se superponen al mínimo. Esto reduce la competencia por polinizadores (tabla 3.3).

Tabla 3.3. Predio El Palmar (Guatavita): promedios mensuales de precipitación histórica y floración estimada como el porcentaje de copa con flores o botones entre abril de 2017 y diciembre de 2018 en el predio

| | | Precipitación | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|---|
| | | Abr. | May. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | |
| Tipo de fruto: dispersión | Especie | 165,6 | 232,5 | 173,7 | 118,0 | 145,7 | 117,3 | 65,5 | |
| | <i>Ageratina glyptophlebia</i> | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Diplostephium floribundum</i> | ■ | | ■ | ■ | | ■ | ■ | |
| | <i>Diplostephium phyllicoides</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | |
| | <i>Diplostephium tenuifolium</i> | ■ | ■ | | | | | | |
| Cipselas: viento | <i>Espeletia argentea</i> | ■ | | ■ | ■ | | ■ | ■ | |
| | <i>Espeletia grandiflora</i> | ■ | ■ | ■ | | ■ | | | |
| | <i>Espeletiopsis corymbosa</i> | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| | <i>Pentacalia ledifolia</i> | ■ | | ■ | | | ■ | ■ | |
| | <i>Pentacalia pulchella</i> | ■ | | | | | | | ■ |
| | <i>Brunellia propinqua</i> | ■ | | ■ | | | | | |
| Cápsulas: viento y gravedad | <i>Bucquetia glutinosa</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | |
| | <i>Clethra fimbriata</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | <i>Clusia multiflora</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | ■ |

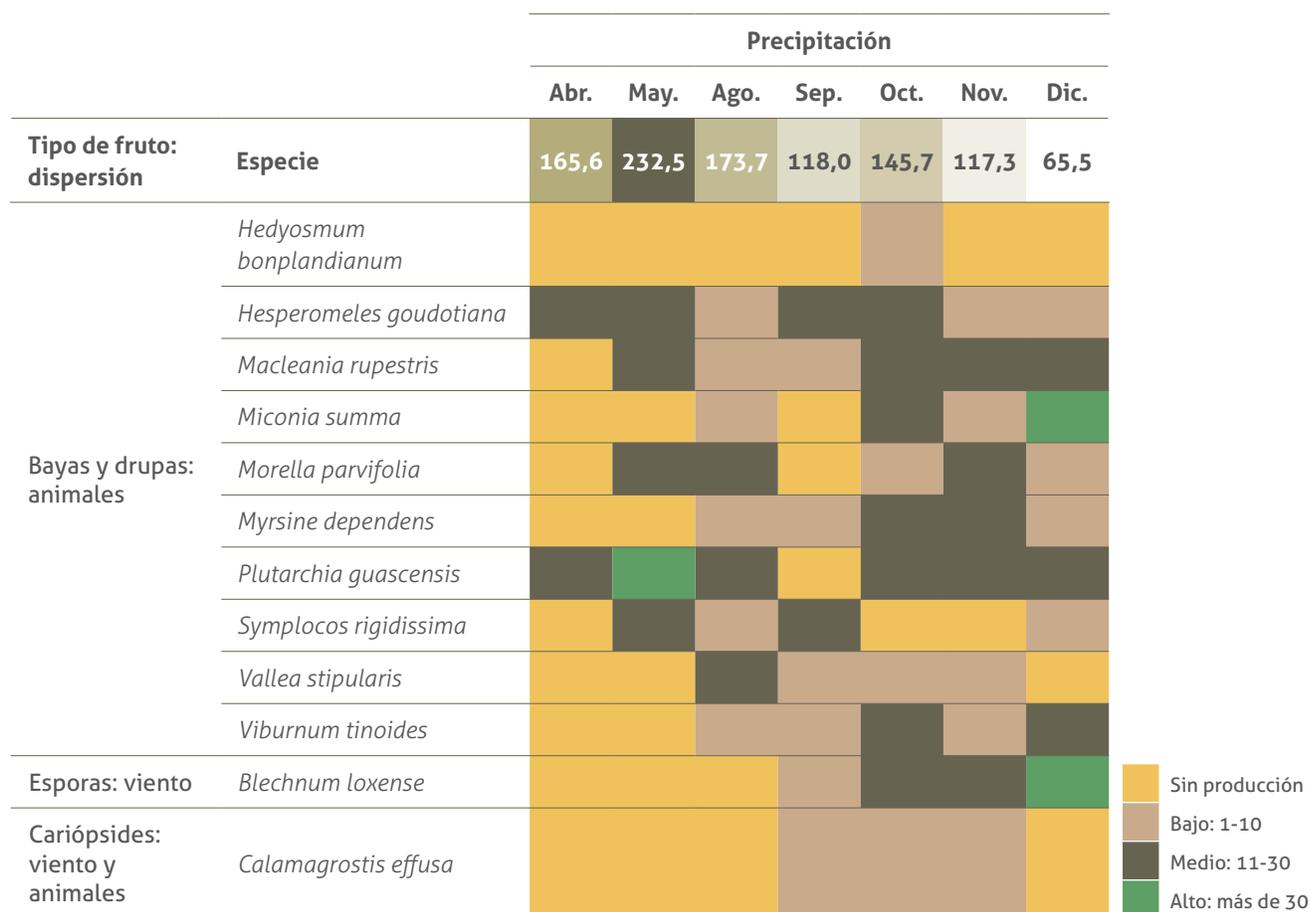


Fuente: elaboración propia a partir de Murcia y Franco (2020); Ideam (2020) y CAR (2020).

Tabla 3.4. Predio El Palmar (Guatavita): promedios mensuales de precipitación histórica y fructificación estimada como el porcentaje de copa con frutos maduros o inmaduros entre abril de 2017 y diciembre de 2018

| | | Precipitación | | | | | | |
|------------------------------|---|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| | | Abr. | May. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
| Tipo de fruto: | Especie | 165,6 | 232,5 | 173,7 | 118,0 | 145,7 | 117,3 | 65,5 |
| dispersión | | | | | | | | |
| Cipselas: viento | <i>Ageratina glyptophlebia</i> | | | | | | | |
| | <i>Diplostephium floribundum</i> | | | | | | | |
| | <i>Diplostephium phyllicoides</i> | | | | | | | |
| | <i>Diplostephium tenuifolium</i> | | | | | | | |
| | <i>Espeletia argentea</i> | | | | | | | |
| | <i>Espeletia grandiflora</i> | | | | | | | |
| | <i>Espeletiopsis corymbosa</i> | | | | | | | |
| | <i>Pentacalia ledifolia</i> | | | | | | | |
| | <i>Pentacalia pulchella</i> | | | | | | | |
| | Cápsulas: viento, agua, gravedad y animales | <i>Brunellia propinqua</i> | | | | | | |
| <i>Bucquetia glutinosa</i> | | | | | | | | |
| <i>Clethra fimbriata</i> | | | | | | | | |
| <i>Clusia multiflora</i> | | | | | | | | |
| <i>Hypericum goyanesii</i> | | | | | | | | |
| <i>Hypericum juniperinum</i> | | | | | | | | |
| <i>Paepalanthus alpinus</i> | | | | | | | | |
| <i>Puya santosii</i> | | | | | | | | |
| <i>Weinmannia rollotii</i> | | | | | | | | |
| Bayas y drupas: animales | | <i>Bejaria resinosa</i> | | | | | | |
| | <i>Berberis rigidifolia</i> | | | | | | | |
| | <i>Drimys granadensis</i> | | | | | | | |
| | <i>Gaiadendron punctatum</i> | | | | | | | |
| | <i>Gaultheria anastomosans</i> | | | | | | | |





Fuente: elaboración propia a partir de Murcia y Franco (2020); Ideam (2020) y CAR (2020).

3.1.2.3. Franja de transición páramo-bosque altoandino del predio El Banqueo

Se evaluaron 27 especies que están distribuidas en coberturas de bosque altoandino y páramo azonal. En el periodo evaluado se observaron dos picos de floración: uno muy pequeño en junio, que es opacado por un gran pico de fructificación que sucede al mismo tiempo, y otro muy grande en octubre, que es seguido por otro pico de fructificación que se da al final del año (figura 3.4).

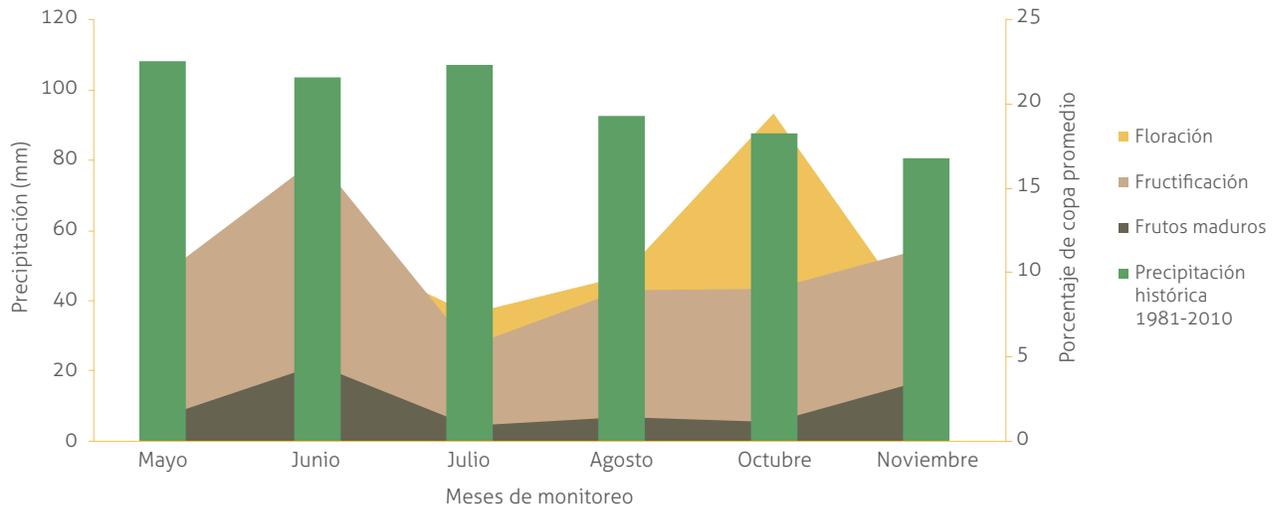


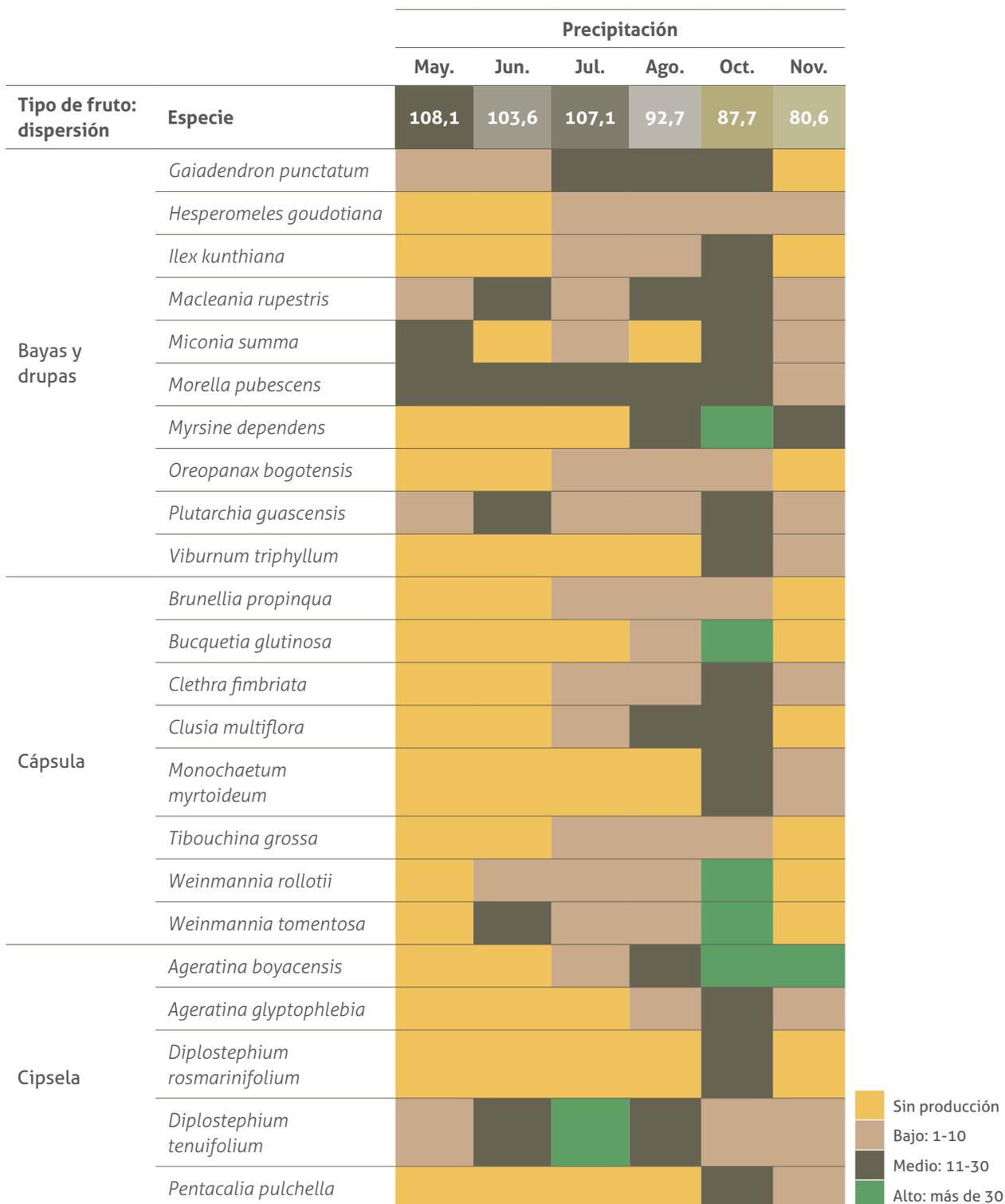
Figura 3.4. Predio El Banqueo (Guasca): respuesta mensual en la fructificación estimada como el porcentaje de copa con presencia de botones, flores y frutos maduros e inmaduros
Fuente: elaboración propia.

El 75% de las plantas en el sitio tienen su pico de floración en octubre; mientras que el 72% fructifica en la época de mayores precipitaciones, es decir, entre mayo y julio (tabla 3.5). La producción de frutos es abundante en casi todo el periodo de muestreo; sin embargo, las Ericáceas y las Melastomatáceas aportan muchas bayas y drupas a la cosecha de mediados de año. Adicionalmente, se observó el mismo patrón registrado en El Palmar, en el que las Asteráceas presentan una floración secuencial con poco traslape entre los ciclos de floración de las especies, pues casi todas ellas fructifican en el último tercio del año, que se caracteriza por ser el menos húmedo (tabla 3.6).

Tabla 3.5. Predio El Banqueo (Guasca): promedios mensuales de precipitación histórica y floración estimada como el porcentaje de copa con flores o botones entre mayo de 2017 y noviembre de 2018

| | | Precipitación | | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Oct. | Nov. |
| Tipo de fruto: | Especie | 108,1 | 103,6 | 107,1 | 92,7 | 87,7 | 80,6 |
| Bayas y drupas | <i>Bejaria resinosa</i> | | | | | | |
| | <i>Cavendishia cordifolia</i> | | | | | | |
| | <i>Disterigma alaternoides</i> | | | | | | |
| | <i>Drimys granadensis</i> | | | | | | |





Fuente: elaboración propia a partir de Murcia y Franco (2020); Ideam (2020) y CAR (2020).

Tabla 3.6. Predio El Banqueo (Guasca): promedios mensuales de precipitación histórica y fructificación estimada como el porcentaje de copa con frutos maduros o inmaduros entre mayo de 2017 y noviembre de 2018

| Tipo de fruto: dispersión | Especie | Precipitación | | | | | | |
|-------------------------------|--|----------------------------|-------|-------|------|------|------|---|
| | | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Oct. | Nov. | |
| | | 108,1 | 103,6 | 107,1 | 92,7 | 87,7 | 80,6 | |
| Bayas y drupas: animales | <i>Bejaria resinosa</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Cavendishia cordifolia</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Disterigma alaternoides</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Drimys granadensis</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Gaiadendron punctatum</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Hesperomeles goudotiana</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Ilex kunthiana</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Macleania rupestris</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Miconia summa</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Morella pubescens</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Myrsine dependens</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Oreopanax bogotensis</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Plutarchia guascensis</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | <i>Viburnum triphyllum</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | Cápsulas: viento, gravedad y animales | <i>Brunellia propinqua</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | | <i>Bucquetia glutinosa</i> | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| <i>Clethra fimbriata</i> | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| <i>Clusia multiflora</i> | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| <i>Monochaetum myrtoideum</i> | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| <i>Tibouchina grossa</i> | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| <i>Weinmannia rollotii</i> | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| <i>Weinmannia tomentosa</i> | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |



| | | Precipitación | | | | | |
|---------------------------|--------------------------------------|---------------|-------|-------|------|------|------|
| | | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Oct. | Nov. |
| Tipo de fruto: dispersión | Especie | 108,1 | 103,6 | 107,1 | 92,7 | 87,7 | 80,6 |
| Cipsela: viento | <i>Ageratina boyacensis</i> | | | | | | |
| | <i>Ageratina glyptophlebia</i> | | | | | | |
| Cipsela: viento | <i>Diplostephium rosmarinifolium</i> | | | | | | |
| | <i>Diplostephium tenuifolium</i> | | | | | | |
| | <i>Pentacalia pulchella</i> | | | | | | |

Fuente: elaboración propia a partir de Murcia y Franco (2020); Ideam (2020) y CAR (2020).

3.1.2.4. Ecosistema bosque altoandino de la reserva Encenillo

En el caso de la reserva Encenillo, se monitorearon 25 especies que están distribuidas en el bosque altoandino. Con los datos generados en los muestreos, se registró un pico de floración que coincide con la temporada de lluvias que se da entre marzo y mayo; los mayores eventos de fructificación también se dan entre mayo y julio (figura 3.5). La maduración de los frutos del bosque suele tomar todo el año y se presenta un pico de frutos maduros en mayo, el mes más lluvioso del año.

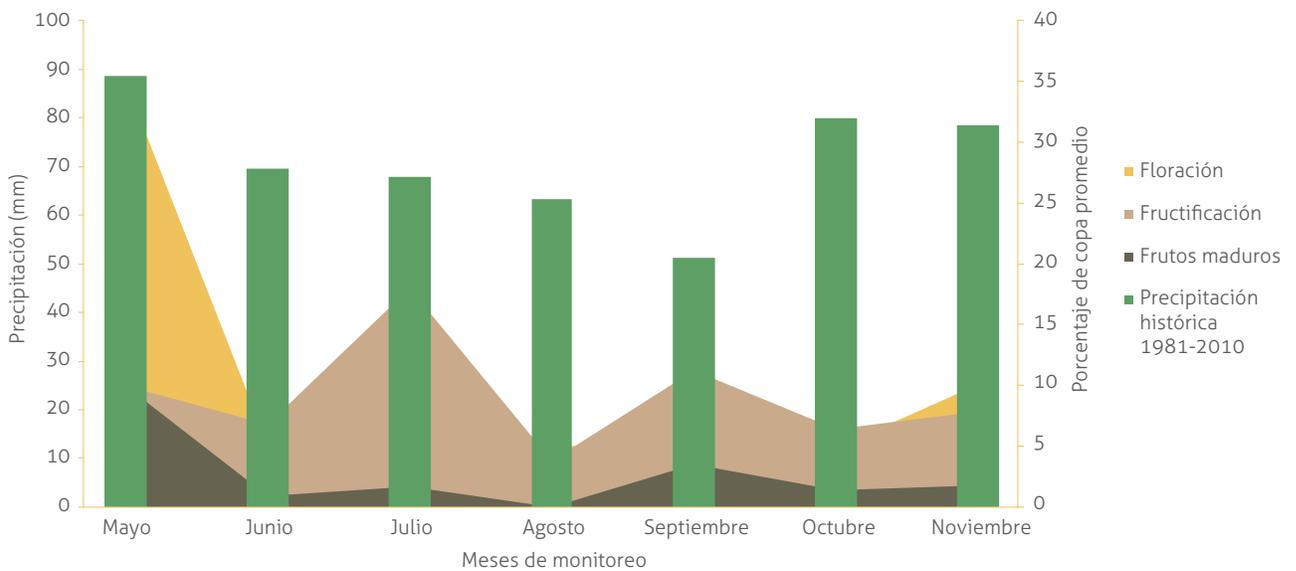


Figura 3.5. Reserva Biológica Encenillo (Guasca): respuesta mensual en la fructificación estimada como el porcentaje de copa con presencia de botones, flores y frutos maduros e inmaduros

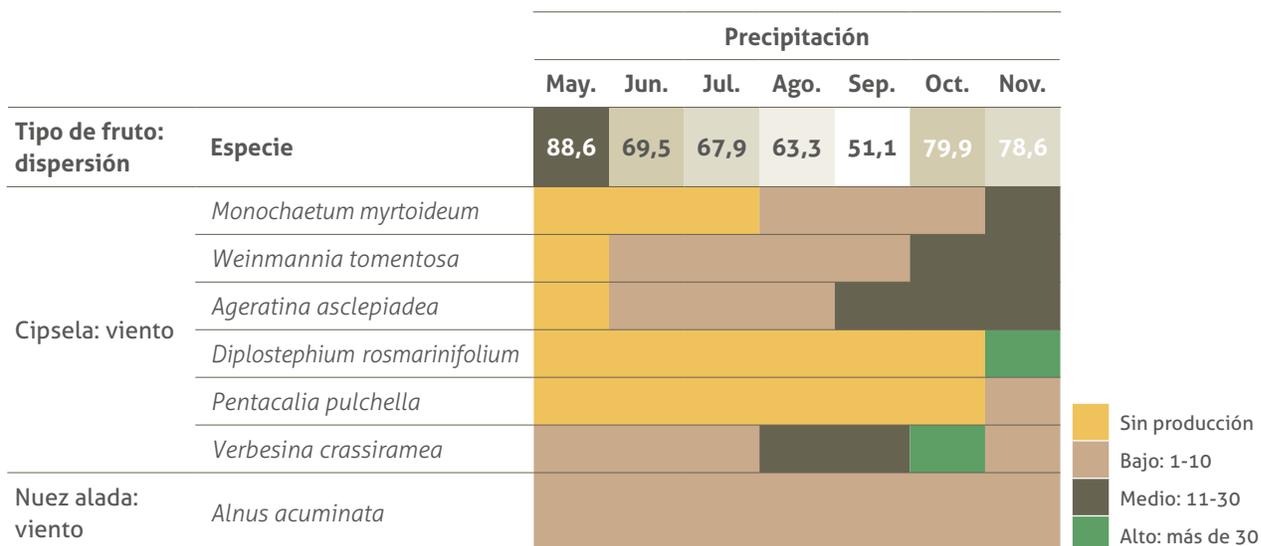
Fuente: elaboración propia.

El 80% de las plantas tiene su pico de floración en noviembre; mientras que el 75% de las especies tienen sus mayores puntos de fructificación entre mayo y julio. La mayor parte de estas plantas son bayas de la familia Ericaceae (tablas 3.7 y 3.8). Hacia el final del año, después de las últimas lluvias, empiezan a fructificar árboles y arbustos cuyas semillas son dispersadas por viento, como el encenillo (*Weinmannia tomentosa*), el amargoso (*Ageratina asclepiadea*), el romero (*Diplostegium rosmarinifolium*) y las cocuas (*Verbesina crassiramea*) (tabla 3.8).

Tabla 3.7. Reserva Biológica Encenillo (Guasca): promedios mensuales de precipitación histórica y floración estimada como el porcentaje de copa con flores o botones entre mayo de 2017 y noviembre de 2018

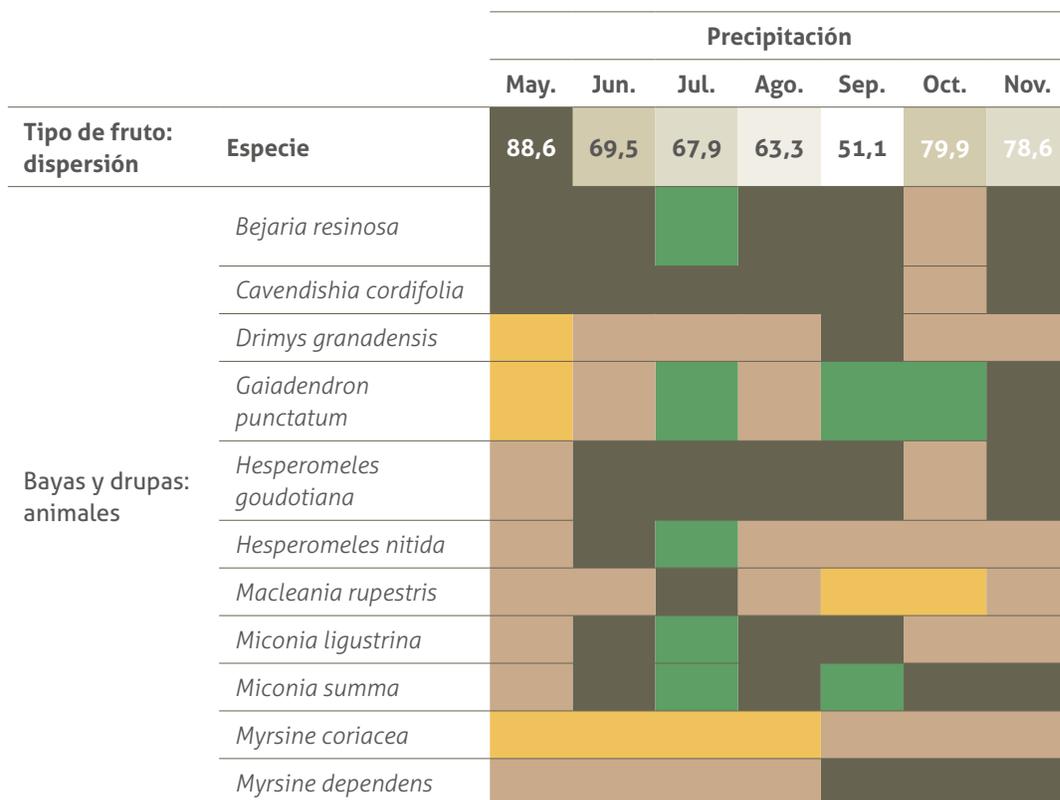
| Tipo de fruto: dispersión | Especie | Precipitación | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| | | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. |
| | | 88,6 | 69,5 | 67,9 | 63,3 | 51,1 | 79,9 | 78,6 |
| Bayas y drupas: animales | <i>Bejaria resinosa</i> | [Barra horizontal] | | | | | | [Barra vertical] |
| | <i>Cavendishia cordifolia</i> | [Barra vertical] | [Barra horizontal] | |
| | <i>Drimys granadensis</i> | [Barra horizontal] | |
| | <i>Gaiadendron punctatum</i> | [Barra horizontal] | |
| | <i>Hesperomeles goudotiana</i> | [Barra horizontal] | |
| | <i>Hesperomeles nitida</i> | [Barra horizontal] | |
| | <i>Macleania rupestris</i> | [Barra horizontal] | |
| | <i>Miconia ligustrina</i> | [Barra horizontal] | |
| Cápsulas: viento y gravedad | <i>Miconia summa</i> | [Barra horizontal] | |
| | <i>Myrsine coriacea</i> | [Barra horizontal] | |
| | <i>Myrsine dependens</i> | [Barra horizontal] | |
| | <i>Oreopanax floribundus</i> | [Barra horizontal] | |
| | <i>Palicourea lineariflora</i> | [Barra horizontal] | |
| | <i>Piper barbatum</i> | [Barra horizontal] | |
| | <i>Piper nubigenum</i> | [Barra horizontal] | |
| | <i>Vallea stipularis</i> | [Barra horizontal] | |
| <i>Viburnum triphyllum</i> | [Barra horizontal] | [Barra horizontal] | [Barra horizontal] | [Barra horizontal] | [Barra horizontal] | [Barra horizontal] | | |
| | <i>Macrocarpaea glabra</i> | [Barra horizontal] | |



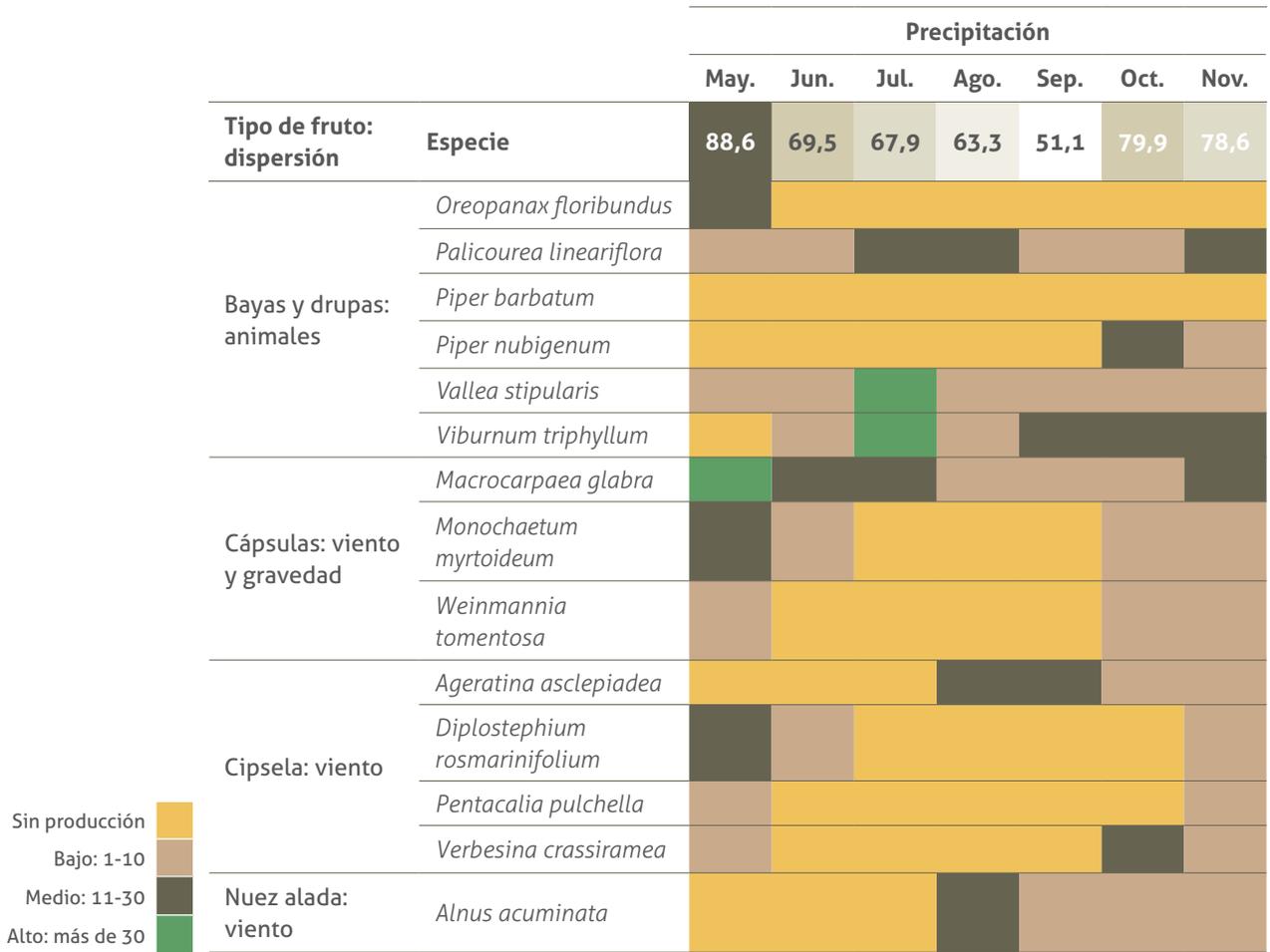


Fuente: elaboración propia a partir de Murcia y Franco (2020); Ideam (2020) y CAR (2020).

Tabla 3.8. Reserva Biológica Encenillo (Guasca): promedios mensuales de precipitación histórica y fructificación estimada como el porcentaje de copa con frutos maduros o inmaduros entre mayo de 2017 y noviembre de 2018



Continúa



Fuente: elaboración propia a partir de Murcia y Franco (2020); Ideam (2020) y CAR (2020).

3.1.2.5. Ecosistema bosque andino de los predios La Esmeralda y Peñas Blancas

Este ecosistema se evaluó en dos sitios ubicados en el municipio de Bojacá, conocidos como La Esmeralda y Peñas Blancas. Se presentan los resultados para cada uno de los sitios, dadas las diferencias que se encontraron a pesar de ser predios colindantes.

En el predio La Esmeralda se evaluaron 12 especies de árboles y arbustos de bosque y vegetación secundaria. Se presentan picos de floración y fructificación en mayo y diciembre justo después de los meses más lluviosos del año (abril y octubre) (figura 3.6). Esto indica que, en esta zona, los ciclos reproductivos de las especies respondieron de forma sincrónica a las lluvias.

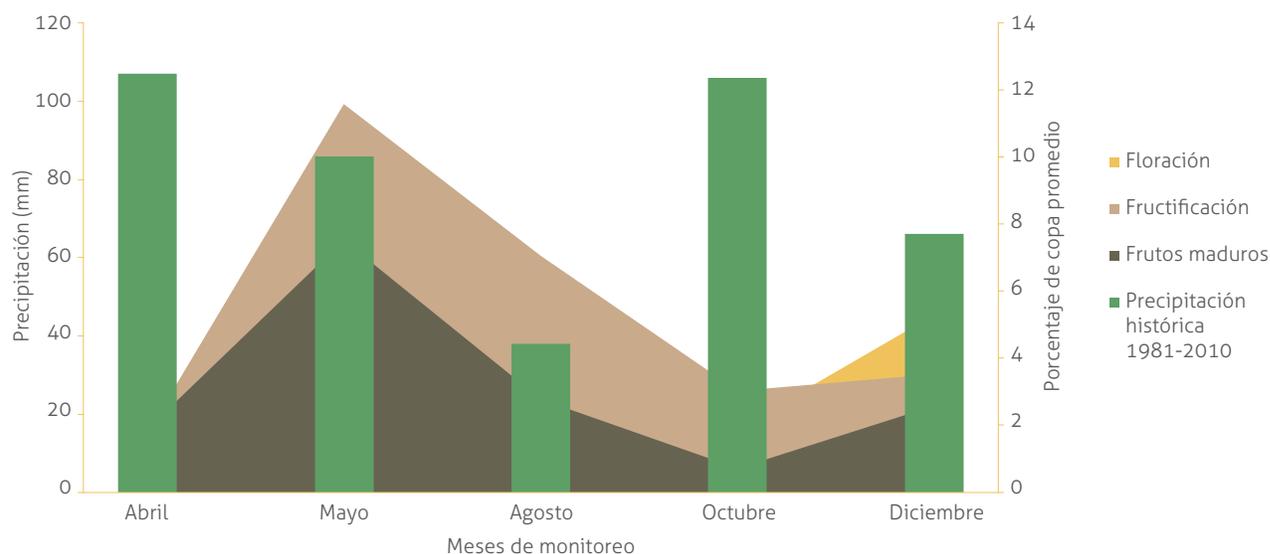


Figura 3.6. Predio La Esmeralda (Bojacá): respuesta mensual en la fructificación estimada como el porcentaje de copa con presencia de botones, flores y frutos maduros e inmaduros

Fuente: elaboración propia.

El 75 % de las especies florecen entre mayo y agosto, durante la transición entre la temporada de lluvias del comienzo del año y la temporada seca de mediados de año, la mayor parte de las especies fructifican también en ese periodo (tablas 3.9 y 3.10).

Tabla 3.9. Predio La Esmeralda (Bojacá): promedios mensuales de precipitación histórica y floración estimada como el porcentaje de copa con flores o botones entre abril de 2017 y diciembre de 2018

| Tipo de fruto: dispersión | Especie | Precipitación | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|---------------|------|------|-------|------|
| | | Abr. | May. | Ago. | Oct. | Dic. |
| | | 107,0 | 85,9 | 38,0 | 106,1 | 66,0 |
| Bayas y drupas: animales | <i>Cordia cylindrostachya</i> | | | | | |
| | <i>Palicourea angustifolia</i> | | | | | |
| | <i>Rhamnus goudotiana</i> | | | | | |
| | <i>Schefflera fontiana</i> | | | | | |

Continúa

| | | Precipitación | | | | |
|---|-----------------------------|---------------------------|----------------|-----------------|------------|--------------|
| | | Abr. | May. | Ago. | Oct. | Dic. |
| Tipo de fruto: dispersión | Especie | 107,0 | 85,9 | 38,0 | 106,1 | 66,0 |
| Cápsula: gravedad, viento, animales | <i>Billia rosea</i> | Sin producción | | | Bajo: 1-10 | |
| | <i>Bocconia frutescens</i> | Bajo: 1-10 | | Alto: más de 30 | Bajo: 1-10 | |
| | <i>Cinchona pubescens</i> | Sin producción | Bajo: 1-10 | Medio: 11-30 | Bajo: 1-10 | |
| | <i>Clethra fagifolia</i> | Sin producción | Medio: 11-30 | Medio: 11-30 | Bajo: 1-10 | |
| | <i>Clusia multiflora</i> | Sin producción | Bajo: 1-10 | | | |
| | <i>Weinmannia tomentosa</i> | Sin producción | | | | Bajo: 1-10 |
| | Esporas | <i>Cyathea meridensis</i> | Sin producción | | | |
| Nuez | <i>Quercus humboldtii</i> | Sin producción | | | Bajo: 1-10 | Medio: 11-30 |



Fuente: elaboración propia a partir de Murcia y Franco (2020); Ideam (2020) y CAR (2020).

Tabla 3.10. Predio La Esmeralda (Bojacá): promedios mensuales de precipitación histórica y fructificación estimada como el porcentaje de copa con frutos maduros o inmaduros durante los meses evaluados entre abril de 2017 y diciembre de 2018

| | | Precipitación | | | | |
|---|--------------------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|----------------|
| | | Abr. | May. | Ago. | Oct. | Dic. |
| Tipo de fruto: dispersión | Especie | 107,0 | 85,9 | 38,0 | 106,1 | 66,0 |
| Bayas y drupas: animales | <i>Cordia cylindrostachya</i> | Alto: más de 30 | | Medio: 11-30 | Sin producción | |
| | <i>Palicourea angustifolia</i> | Sin producción | Medio: 11-30 | Bajo: 1-10 | | Sin producción |
| | <i>Rhamnus goudotiana</i> | Medio: 11-30 | Alto: más de 30 | | Bajo: 1-10 | |
| | <i>Schefflera fontiana</i> | Sin producción | | | | |
| | <i>Billia rosea</i> | Sin producción | | Bajo: 1-10 | | |
| Cápsula: gravedad, viento, animales | <i>Bocconia frutescens</i> | Alto: más de 30 | | | | |
| | <i>Cinchona pubescens</i> | Sin producción | Bajo: 1-10 | | | |
| | <i>Clethra fagifolia</i> | Sin producción | | | | Bajo: 1-10 |



| | | Precipitación | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|------------------|------|------|-------|------|
| | | Abr. | May. | Ago. | Oct. | Dic. |
| Tipo de fruto: dispersión | Especie | 107,0 | 85,9 | 38,0 | 106,1 | 66,0 |
| Cápsula: gravedad, viento, animales | <i>Clusia multiflora</i> | [Sin producción] | | | | |
| | <i>Weinmannia tomentosa</i> | | | | | |
| Esporas | <i>Cyathea meridensis</i> | [Sin producción] | | | | |
| Nuez | <i>Quercus humboldtii</i> | [Sin producción] | | | | |

Fuente: elaboración propia a partir de Murcia y Franco (2020); Ideam (2020) y CAR (2020).

En el predio Peñas Blancas se hizo seguimiento a 18 especies de árboles y arbustos de bosque y vegetación secundaria. No obstante, pese a que es vecino con el predio La Esmeralda, son diferentes las condiciones de humedad y topográficas, porque se encuentran en flancos contrarios de la misma cadena montañosa, y esto hace que la vegetación se exprese de forma diferencial con especies y en abundancias distintas. Sin embargo, en cuanto a los patrones de floración y fructificación de las especies, se observaron los mismos, es decir, se presentan picos de floración y fructificación en mayo y diciembre, justo después de los meses más lluviosos del año (abril y octubre) (figura 3.7).

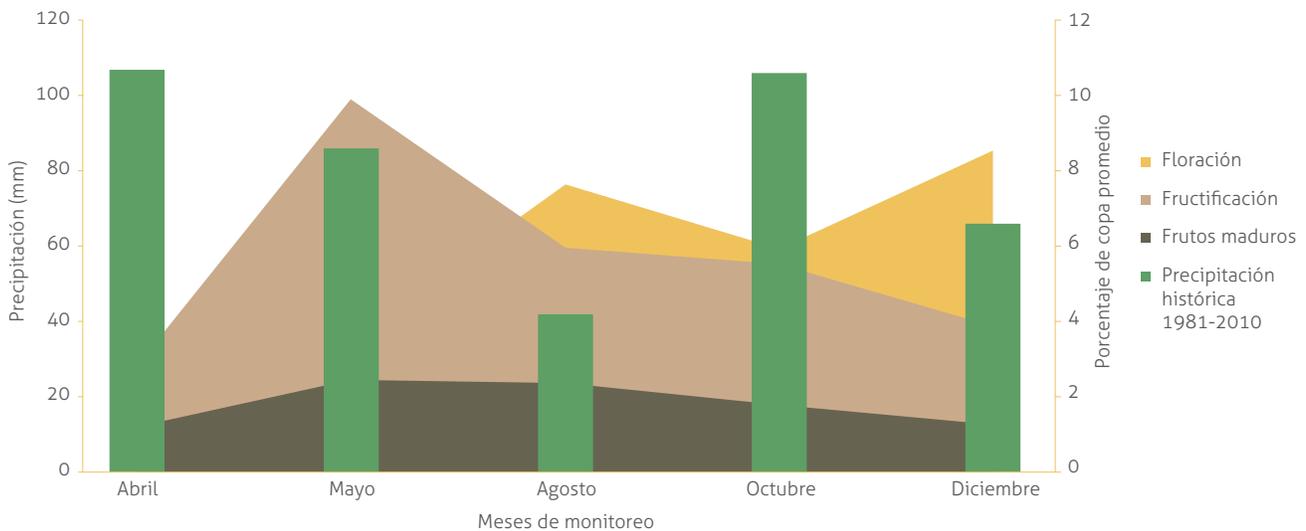


Figura 3.7. Predio Peñas Blancas (Bojacá): respuesta mensual en la fructificación estimada como el porcentaje de copa con presencia de botones, flores y frutos maduros e inmaduros

Fuente: elaboración propia.

El 30% de las especies florecen entre mayo y agosto; mientras que las restantes se distribuyen entre la temporada seca de julio a agosto, y otras al final del año, después de la segunda temporada anual de lluvias. La fructificación, por su parte, se concentra en el periodo de mayo a octubre (tablas 3.11 y 3.12).

Tabla 3.11. Predio Peñas Blancas (Bojacá): promedios mensuales de precipitación histórica y floración estimada como el porcentaje de copa con flores o botones entre abril de 2017 y diciembre de 2018

| | | Precipitación | | | | |
|--|---------------------------------|---------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| | | Abr. | May. | Jul. | Oct. | Dic. |
| Tipo de fruto: dispersión | Especie | 107,0 | 85,9 | 41,9 | 106,1 | 66,0 |
| Aquenio: gravedad | <i>Cecropia telenitida</i> | | | | | |
| | <i>Aniba panurensis</i> | | | | | |
| | <i>Chamaedorea linearis</i> | | | | | |
| Bayas y drupas: animales | <i>Miconia floribunda</i> | | | | | |
| | <i>Miconia theaezans</i> | | | | | |
| | <i>Morella pubescens</i> | | | | | |
| | <i>Myrcianthes rhopaloides</i> | | | | | |
| | <i>palicourea demissa</i> | | | | | |
| | <i>Saurauia scabra</i> | | | | | |
| | <i>Brunellia comocladifolia</i> | | | | | |
| | <i>Cedrella montana</i> | | | | | |
| Cápsula: gravedad, viento, animales | <i>Cinchona pubescens</i> | | | | | |
| | <i>Croton magdalenensis</i> | | | | | |
| | <i>Guarea kunthiana</i> | | | | | |
| | <i>Meriania peltata</i> | | | | | |
| | <i>Verbesina quetamensis</i> | | | | | |
| Cipsela: viento | <i>Verbesina quetamensis</i> | | | | | |
| Esporas: viento | <i>Cyathea catacampta</i> | | | | | |
| Nuez: gravedad y animales | <i>Quercus humboldtii</i> | | | | | |



Fuente: elaboración propia a partir de Murcia y Franco (2020); Ideam (2020) y CAR (2020).



Tabla 3.12. Predio Peñas Blancas (Bojacá): promedios mensuales de precipitación histórica y fructificación estimada como el porcentaje de copa con frutos maduros o inmaduros entre abril de 2017 y diciembre de 2018

| | | Precipitación | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------|---------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| | | Abr. | May. | Jul. | Oct. | Dic. |
| Tipo de fruto: dispersión | Especie | 107,0 | 85,9 | 41,9 | 106,1 | 66,0 |
| Aquenio: gravedad | <i>Cecropia telenitida</i> | | | | | |
| | <i>Aniba panurensis</i> | | | | | |
| | <i>Chamaedorea linearis</i> | | | | | |
| | <i>Miconia floribunda</i> | | | | | |
| Bayas y drupas: animales | <i>Miconia theaezans</i> | | | | | |
| | <i>Morella pubescens</i> | | | | | |
| | <i>Myrcianthes rhopaloides</i> | | | | | |
| | <i>Palicourea demissa</i> | | | | | |
| | <i>Saurauia scabra</i> | | | | | |
| Cápsula: gravedad y viento | <i>Brunellia comocladifolia</i> | | | | | |
| | <i>Cedrella montana</i> | | | | | |
| | <i>Cinchona pubescens</i> | | | | | |
| Cipsela: viento | <i>Croton magdalenensis</i> | | | | | |
| | <i>Guarea kunthiana</i> | | | | | |
| | <i>Meriania peltata</i> | | | | | |
| | <i>Verbesina quetamensis</i> | | | | | |
| Esporas: viento | <i>Cyathea catacampta</i> | | | | | |
| Nuez: gravedad y animales | <i>Quercus humboldtii</i> | | | | | |

Sin producción
 Bajo: 1-10
 Medio: 11-30
 Alto: más de 30

Fuente: elaboración propia a partir de Murcia y Franco (2020); Ideam (2020) y CAR (2020).

3.1.3. Pasos para la propagación a partir de semillas

Una vez identificadas y seleccionadas las fuentes semilleras, se recolectan los frutos o las semillas que ingresarán a los viveros para dar paso a las actividades relacionadas con la propagación sexual mediante semillas, como se ejemplifica en la figura 3.1. A continuación, se detallan los métodos que parten de un ejercicio experimental, de observación y de manejo adaptativo y técnico, utilizados además para el análisis de la calidad de la semilla, el trasplante, el registro y el análisis de datos.

3.1.3.1. Recolección de frutos y semillas

Las técnicas utilizadas para recolectar semillas dependen de la especie, particularmente de la unidad de dispersión (p. ej., frutos carnosos, frutos secos indehiscentes, semillas individuales) y del tipo de dispersión (Schmidt, 2018). En la figura 3.8 se detallan los métodos de recolección utilizados para las especies de los ecosistemas de bosque andino, altoandino y páramo húmedo.

Una vez se colecten las semillas en campo, estas se deben guardar en una bolsa de papel o algodón, con tres propósitos: 1) evitar un alto contenido de humedad, 2) prevenir incrementos de temperatura y 3) mantener una buena aireación (Vargas et al., 2014). En el caso de las semillas de dispersión anemócora, se recomienda poner cuidadosamente la bolsa sobre los frutos y, posteriormente, realizar el corte, para evitar que se dispersen. En este caso, los frutos han sido almacenados en bolsas sellables y, a su llegada al vivero, se ponen a secar como lo establece el protocolo (figura 3.9).





Frutos caídos y selección en el suelo

Se recolectan cuando las semillas o frutos caen naturalmente. Esto se debe a que se encuentran en fase de dispersión y porque son lo suficientemente grandes como para encontrarlos en el suelo. Es importante revisar que no estén dañados, afectados por patógenos o haya infestación de insectos. Se deben considerar varias recolecciones en el caso de ser semillas recalcitrantes. Este método fue utilizado únicamente en el ecosistema de bosque húmedo andino debido a los métodos de dispersión (p. ej., barocoria) y tipo de fruto (p. ej., Glande o baya).



Recolección manual

Es el método más básico y muy flexible en el que la cosecha se hace a mano y directamente de la planta. Los frutos están en una ubicación accesible, lo que permite usar las dos manos para depositar las semillas en una bolsa u otro recipiente. Se ha complementado con el método de sacudir o golpear las ramas para desprender los frutos o semillas; es muy efectivo cuando se observan frutos con distintos grados de madurez en una planta. Al sacudir suavemente las ramas, los frutos o semillas que se encuentren en la fase de dispersión natural se desprenderán fácilmente. En cambio, los frutos o semillas menos maduras no caerán.



Corte de ramas con frutos

Consiste en el corte de las frutas o ramas frutales con tijeras o en algunos casos de árboles muy altos con bajarramas; para el bosque andino y, en ocasiones, bosque altoandino. Generalmente, el corte con tijeras es suficiente para alcanzar las ramas de las especies más altas, pero podría complementarse con cuerdas para intentar jalar hacia abajo las ramas y cortar; además, se utilizan binoculares para identificar acertadamente dónde se encuentran.

Figura 3.8. Métodos de recolección de frutos y semillas

Fuente: adaptado a partir de Schmidt (2018) y Vargas (2007).



Figura 3.9. Recolección de frutos en bolsa tipo Ziploc y rótulo de información

Foto: Jessica Cañón Páez.

Las bolsas deben rotularse con el nombre de la especie (científico o común), el lugar de colecta, la fecha de colecta, la técnica de recolección y, en el caso de haber recolectado el lote de un individuo previamente seleccionado como fuente semillera, el número de la fuente semillera (Pedrini et al., 2020; Wilkinson et al., 2014). En el transporte, los frutos o semillas deben mantenerse aireados y secos, pues su viabilidad y vigor pueden disminuir (Vargas et al., 2014). Si se colectan y deben permanecer en un lugar de paso, estas deben ponerse a secar sobre una superficie absorbente a temperatura ambiente y, luego, almacenarlas provisionalmente en un lugar fresco y bajo sombra (Inderena, 1980).



3.1.3.2. Beneficio o limpieza de frutos y semillas

Generalmente, para la extracción de las semillas de los frutos se utilizan trilladores para frutos secos y maceración para los frutos carnosos. El método más fácil es romper la estructura de dispersión y extraer de forma manual las semillas; pero herramientas como coladores, alicates, papel lija, rodillos, tamizadores, entre otros, facilitan y hacen eficiente el proceso, siempre y cuando se tenga precaución de no dañar la semilla (Frischie et al., 2020). Esta práctica es libre y cada viverista puede tener una técnica específica por especie; dependerá, entonces, de la experiencia y creatividad del encargado.

Existen algunas reglas generales por tipo de fruto. Por ejemplo, para los carnosos, el método es la maceración mecánica o por inmersión en agua y fermentación por un espacio de tiempo según el tamaño y las semillas (Frischie et al., 2020). Esta técnica permite tratar químicamente la testa y se obtiene una semilla sin latencia para lograr una adecuada y rápida germinación (Schmidt, 2018). Después de un tiempo pertinente de secado, la semilla está limpia y manejable para el almacenamiento o siembra.

El beneficio de los frutos secos se realiza secándolos al sol, mientras abren y sueltan las semillas para ser inmediatamente sembradas o almacenadas; sin dejarlas mucho tiempo al sol, a fin de evitar alta desecación y posterior pérdida de viabilidad (Schmidt, 2018). También se puede hacer una separación manual, como en el caso de los frailejones; sacudiendo las inflorescencias, como en el caso de las puyas, o pasando las semillas sobre un colador, como en el caso de los sietecueros. En la figura 3.10 se describen los métodos de beneficio utilizados para cada tipo de fruto. Una vez se obtiene la semilla, se hace una última revisión y limpieza, y se extienden sobre bandejas para secado por mínimo cuatro días a temperatura ambiente.

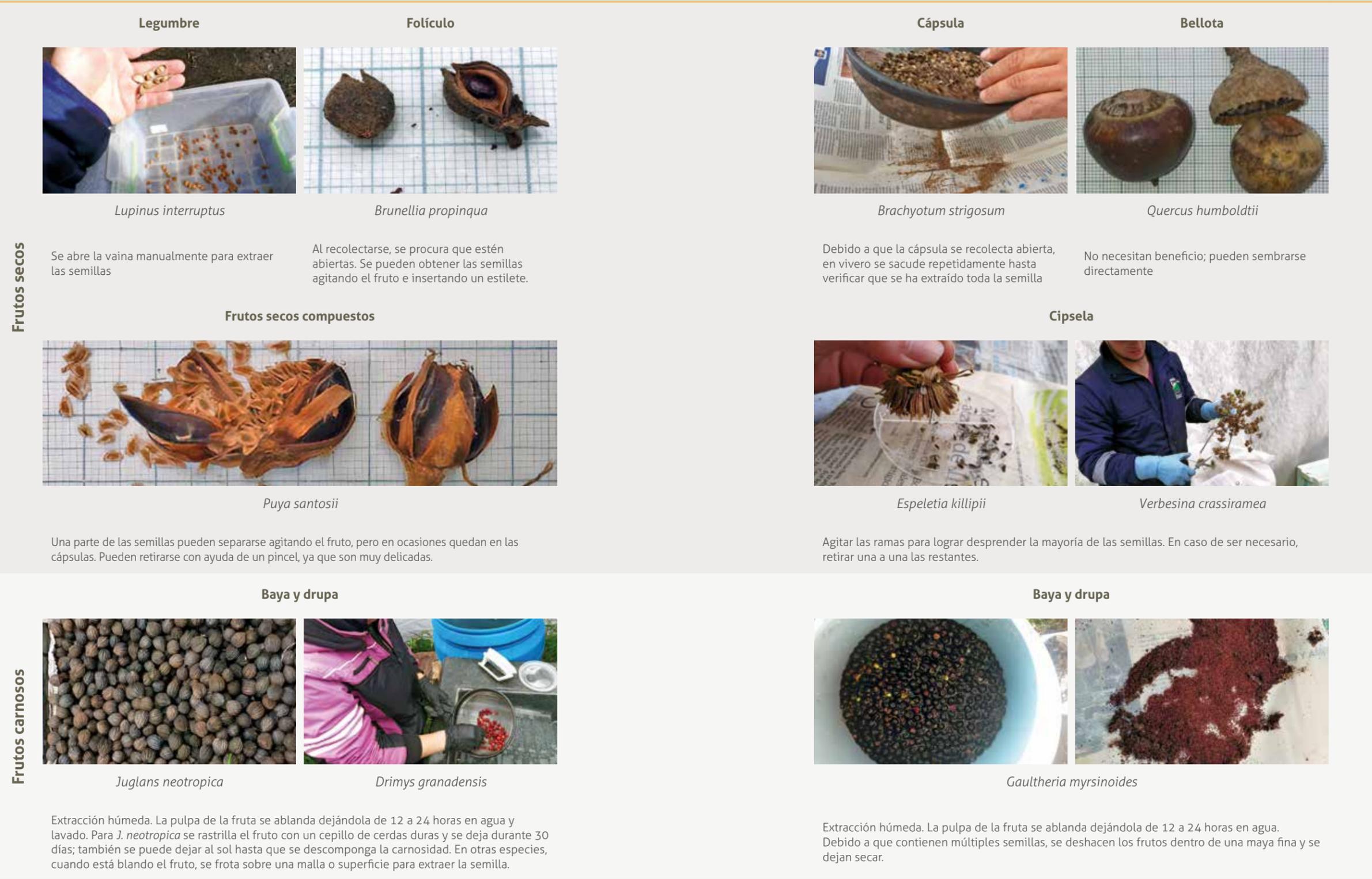


Figura 3.10. Tipos de fruto y descripción del método de beneficio
Fuente: adaptado de Schmidt (2018).

Una parte de gran importancia en la limpieza es revisar que no haya agentes dañinos en la semilla, los frutos o la bolsa del lote colectado —por ejemplo, larvas (figura 3.11), huevos, hongos y otros que pueden afectar la calidad de las plántulas—, por lo que es recomendable eliminar el lote completo de semillas. Así mismo, separar semillas puras de material inerte, otras semillas, restos de frutos, hojas o tallos, con el propósito de obtener un lote lo más limpio posible (Frischie et al., 2020).



Figura 3.11. Larva en una semilla de lote de amarillo (*Aniba panurensis*)

Foto: Óscar Silva Forero.

3.1.3.3. Almacenamiento

El proceso de almacenamiento de las semillas implica la disposición de un refrigerador con temperatura a 4 °C y una humedad al 20%, en el cual se deben almacenar lotes de semillas ortodoxas con un fungicida de contacto que las recubra y prevenga su afectación por hongos (Vitavax), utilizando bolsas sellables o caja de Petri como contenedor (figura 3.12). Los lotes de semillas ingresados a los viveros se propagaron inmediatamente, debido a la demanda del proyecto o se almacenaron en bolsas por un corto periodo.





Figura 3.12. Almacenamiento de semillas en el vivero de la Reserva Biológica Encenillo

Fotos: Jessica Cañón Páez.

3.1.3.4. Análisis de calidad de semillas nativas

Se adaptaron y aplicaron las pruebas de análisis de calidad de semilla nativa, como se describe en la figura 3.13 para la mayoría de especies con semillas medianas y grandes, pues no se contaba con los equipos necesarios para analizar semillas diminutas ni de dispersión anemócora; pero se presenta información de cantidad de plántulas germinadas, días de inicio del proceso germinativo y duración del proceso germinativo, al igual que para las especies que se propagaron antes de establecer el protocolo. Por ende, la información de germinación se divide en dos grupos:

- Especies propagadas al voleo de semilla, diminuta o propagadas antes de la aplicación de pruebas: sin tratamiento pregerminativo.
- Especies a las que se les aplicó prueba de calidad: información completa.

1



Lote de semilla nativa beneficiada

Selección al azar y pesaje de los ocho grupos de 100 semillas. En el caso de recibir menos de 800 semillas, utilizar 50 semillas por ocho submuestras.
Unidad de medida: gramos de cada grupo
Resultado: estadística descriptiva y regla de tres para obtener el valor por 1000 semillas

2



Muestra representativa **Determinación por peso (PMS)**

1. Mezcla manual y separación, en tres repeticiones para obtener finalmente un kilo de semillas. Generalmente, ingresa menos de un kilo al vivero, por lo que se analiza el lote completo.
 2. Tomar al azar 8 grupos de 100 semillas = 800 semillas
Unidad de medida: gramos de la muestra/lote

3



Prueba de pureza (USP)

1. Las semillas se revisan sobre una superficie limpia y se separa por semilla pura; otras semillas y material inerte (trozos de semilla, partículas de roca, suelo, arena, tallos, hojas entre otros que no sean la semilla).
 2. Se conservan las semillas puras y se eliminan los otros componentes
Unidad de medida: gramos de cada grupo
Resultado: regla de tres para obtener el porcentaje por puras, inertes y otras

4



Prueba de viabilidad (USV)

1. Escoger un mínimo de 25 semillas (a 100) y realizar prueba de corte (corte longitudinal en la semilla), punción (suave presión con pinzas) o flotación (recipiente con agua y esperar a que floten las vacías).
 2. Contar semillas viables (con embrión), vacías o inviables (si se evidencian patógenos).
 También se utiliza prueba con tetrazolio pero no se aplicó
Unidad de medida: gramos de cada grupo y cantidad
Resultado: regla de tres para obtener el porcentaje por puras, inertes y otras. También calcular = (n.º semillas puras / n.º semillas total) × 100

5



Semillas latentes (tratamientos)

* Tipo II de la prueba: se aplican tratamientos antes de la prueba de germinación, según el tipo de testa, información de la especie e información secundaria*

1. Limpiar las semillas con agua en chorro y realizar imbibición de 24-48 horas
 2. Tratamientos pregerminativos:

| Testa dura → latencia exógena | Testa blanda → latencia endógena |
|--|--|
| Escarificación mecánica: - Corte de la semilla por el lado que opuesto al embrión (corta uñas o navaja) - Lijado de la testa (papel de lija) - Punzado de la semilla | Ácido giberelínico: Diluir en agua y revolver hasta conseguir una mezcla homogénea. Concentración utilizada 500 ppm. Imbibición de las semillas |
| Estratificación: - Agua a 70 °C, imbibición por 5 a 10 s y se transfieren inmediatamente a un recipiente de agua fría para evitar el daño del embrión - Congelamiento-descongelamiento o en húmedo | Estratificación: - Refrigeración en 1 a 3 °C por 4 a 20 semanas - En húmedo: poner las semillas (pequeñas) en toallas desechables mojadas y refrigerar |

6



Prueba de germinación (USG)

1. Seleccionar un medio de germinación y contenedor donde se quiere llevar a cabo la prueba: cama, caja de Petri, Yiffy, etc.
 2. Tomar al azar 400 semillas para cuatro réplicas de 100 semillas. Si hay menos semillas disponibles, utilizar 100 semillas para 4 réplicas de 25. Destinar la misma cantidad por tipo de tratamiento germinativo. Para semillas diminutas se sembró un gramo.
 3. Sembrar en filas sobre el medio de crecimiento las semillas, quedarían por ejemplo, 4 filas de 25 semillas cada una por tratamiento.
 4. Registrar germinación cuando la radícula sea visible.
 * Las condiciones ambientales dadas por la infraestructura del vivero son similares para todas las pruebas*
Unidad de medida: cantidad de semillas germinadas
Resultado:

- Porcentaje de germinación =

$$\frac{\text{Núm. semillas germinadas}}{\text{Núm. semillas sembradas}} \times 100$$

- Tiempo medio de germinación =

$$\frac{\sum n_i \times t_i}{\text{Total germinadas}} \times 100$$

- Curva de germinación

Semillas puras vivas (SPV)

$$SPV = \frac{\text{Prueba de viabilidad (\%USV)} \times \text{Prueba de pureza (\%USP)}}{100}$$

Semillas puras germinables (SPG)

$$SPG = \frac{\text{Prueba de germinación (\%USG)} \times \text{Prueba de pureza (\%USP)}}{100}$$

Se aplica cada prueba con tratamiento pregerminativo

Figura 3.13. Metodología de análisis de calidad de semillas nativas

Fuente: Bosques & Semillas et al. (2019); FAO (2019); González y Orozco (2017); Inderena (1980); ISTA (2019); Pedrini y Dixon (2020); Schmidt (2018); Vargas et al. (2014).



3.1.3.5. Propagación

En la figura 3.14 se detallan los métodos utilizados; de estos, la siembra al voleo podría presentar un problema de densidad que puede evitarse sembrando la semilla mezclada con arena o una a una en la cama de germinación, pues de esta forma se obtiene una mejor germinación. Es importante siempre marcar (p. ej., con una paleta) cada lote sembrado para facilitar el seguimiento, ya que se podría olvidar con facilidad qué especie está sembrada en las camas de germinación.

| | | |
|---|---|--|
| <p>Surcos para semillas medianas</p> |  | <p>Surcos o líneas trazadas a 5 cm de distancia, distribuyendo las semillas a una cantidad conocida (2,5 cm de distancia y la mitad del tamaño de la semilla de profundidad). Se cierran los surcos con el sustrato levantado</p> |
| <p>Al voleo para semillas pequeñas o de dispersión anemócora</p> |  | <p>Se esparce la semilla por toda la superficie de la cama de germinación. Se tapa con una capa fina de sustrato fino.</p> |
| <p>Directa para semillas grandes y de rápido crecimiento</p> |  | <p>Para las semillas grandes, se entierra el micrópilo en el sustrato por completo, dejando visible solo la parte superior. La fotografía de la izquierda es una cama especial construida para la propagación de roble y nogal. Para las de rápido crecimiento, se introduce en el hueco a 0,5 cm de profundidad y cubrir (p. e., <i>Lupinus interruptus</i>).</p> |
| <p>Cama poco profunda</p> |  | <p>En líneas, distribuyendo las semillas en una cantidad conocida. Se ha utilizado para aplicar tratamientos pregerminativos a especies de frailejón (<i>Espeletia</i> spp.).</p> |

Figura 3.14. Tipos de siembra utilizados en los viveros del Proyecto Nueva Esperanza

Fuente: adaptado de Triviño y Torres (2009); Wilkinson et al. (2014).

Las condiciones ambientales en las que fueron propagadas las semillas nativas se resumen en la figura 3.15. El invernadero ubicado en Guasca, a una altura de 2988 ms.n.m., es de tipo permanente con cubierta de plástico transparente con filtro UV, reforzado en su interior con geotextil y alas de ventilación en la parte superior de la estructura (condición climática tipo uno). Por su parte, el invernadero ubicado en Bojacá, a una altura de 2179 ms.n.m., es de tipo temporal y

cuenta únicamente con la cubierta de plástico y alas de ventilación (condición climática tipo dos).

| | a. Vivero en la Reserva Biológica Encenillo (Guasca) | |
|--|--|-------------------|
| | Municipio | Guasca |
| | Vereda | La Trinidad |
| | Altitud | 2988 m s. n. m. |
| | Temperatura | Media anual 12 °C |
| | Precipitación | 1300 mm/añual |
| | Humedad relativa | Añual 84 % |
| | b. Vivero en la vereda Roble Hueco (Bojacá) | |
| | Municipio | Bojacá |
| | Vereda | Roble Hueco |
| | Altitud | 2179 m s. n. m. |
| | Temperatura | Media anual 14 °C |
| | Precipitación | 823,9 mm/añual |
| | Humedad relativa | Añual 91 % |

Figura 3.15. Condiciones ambientales para la propagación de especies nativas. a) Condición tipo uno; b) condición tipo dos

Fuente: elaboración propia.

El 79% de las especies se propagaron bajo las condiciones climáticas tipo uno; el 17%, en las condiciones tipo dos, y el 4%, en ambas condiciones. En la sección 3.1.4 se detallan los resultados obtenidos por especie con el propósito de dar a conocer que algunas registran mejor desempeño bajo determinada condición climática.

3.1.3.6. *Trasplante*

Preferiblemente, esta actividad debe realizarse en un día fresco, nublado o lluvioso, temprano en la mañana o al finalizar la tarde, y evitando tocar la raíz de las plántulas con las manos, ya que el calor corporal podría generar daños en el sistema radicular (Triviño, 2019). Por otro lado, al extraer las plántulas del germinador, se debe revisar su estado fitosanitario, ya que si presentan torcedura de tallo, sistema radicular deficiente, tallo delgado o afectación por hongo, deben desecharse, pues el estado deficiente de la plántula desde el trasplante incide

en la baja sobrevivencia del material llevado al campo (Triviño, 2019). La técnica de trasplante utilizada se explica en la figura 3.16.



Paso uno

- Embolsado listo, húmedo y ahogado dentro de la zona de crecimiento.



Paso dos

- Extraer cuidadosamente la plántula de la cama de germinación para evitar el daño de raíces.
- Transportar en un recipiente con agua fría (puede aplicarse alguna hormona).
- Si la plántula presenta torcedura de tallo o raíz, debe ser eliminada, al igual que si está afectada por algún patógeno.



Paso tres

- Ya que la raíz está húmeda, introducirla en el sustrato lo más recto posible. Se puede utilizar un palo de madera o cualquier instrumento recto que ayude a acomodar la raíz.
- Cerrar el hueco con ayuda de este mismo instrumento evitando cámaras de aire dentro del sustrato.

Figura 3.16. Procedimiento para un buen trasplante

Fuente: elaboración propia.

3.1.3.7. Seguimiento a la germinación y el crecimiento

El seguimiento se entiende como la evaluación de un proceso por medio de la recolección y análisis de información obtenida a lo largo del tiempo (Aguilar Garavito & Ramírez Hernández, 2016). Por lo anterior en los viveros del convenio se realizó seguimiento a los procesos de germinación, mortalidad y crecimiento de las plántulas en la zona de germinación y toma de datos de mortalidad y crecimiento en las zonas de crecimiento y rustificación. La toma de datos se puede realizar mensualmente en los ecosistemas de páramo a bosque altoandino, y cada quince días en el ecosistema de bosque andino.



3.1.3.7.1. Toma de datos

En la *zona de germinación* se cuenta el número de plantas por lote germinado, lo que resulta fácil en semillas que se sembraron en bolsas o en surcos. Entre tanto, para las que se sembraron al voleo (alta densidad) se utilizan cuadrantes, con la finalidad de contar acertadamente la cantidad total (figura 3.17a). También se toman datos del promedio de altura y diámetro del tallo de una muestra representativa por grupo (figura 3.17b), y en la zona de crecimiento y rustificación se toman datos de cantidad de individuos vivos y muertos, promedio de altura y diámetro (figura 3.17c).



Figura 3.17. Toma de datos en la zona: a) germinación, b) crecimiento y c) rustificación

Fotos: Jessica Cañón Páez y Óscar Silva Forero.

Para medir la altura (máxima) se registra la longitud total del individuo desde la base del tallo hasta la yema apical; se toma con flexómetro y se registra en centímetros (Cornelissen et al., 2003). El diámetro del tallo se tomó con calibrador o pie de rey manual, el cual registra la variable en milímetros (Vargas & Jiménez, 2017).

3.1.3.7.2. Análisis de datos

Con la información recolectada se calcula el porcentaje de mortalidad, la curva de crecimiento y la tasa de crecimiento en altura/mes por especie (Hunt, 1990), así:

$$TCA = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1}$$

Donde: h = altura en el tiempo 2 y en el tiempo 1; t = tiempo 2 y 1.

3.1.4. Resultados de la propagación a partir de la semilla

Se propagaron un total de 68 especies nativas, de las cuales 18 son del ecosistema de páramo; 13, de la zona de transición bosque altoandino y páramo; 9, de bosque altoandino; 15, de bosque andino, y 13, de un amplio rango de distribución, por lo que se clasificaron entre el ecosistema de bosque altoandino y ecosistema de bosque andino (figura 3.18). Como resultado de esta experiencia de propagación, al final del libro se presentan 23 fichas de especies.



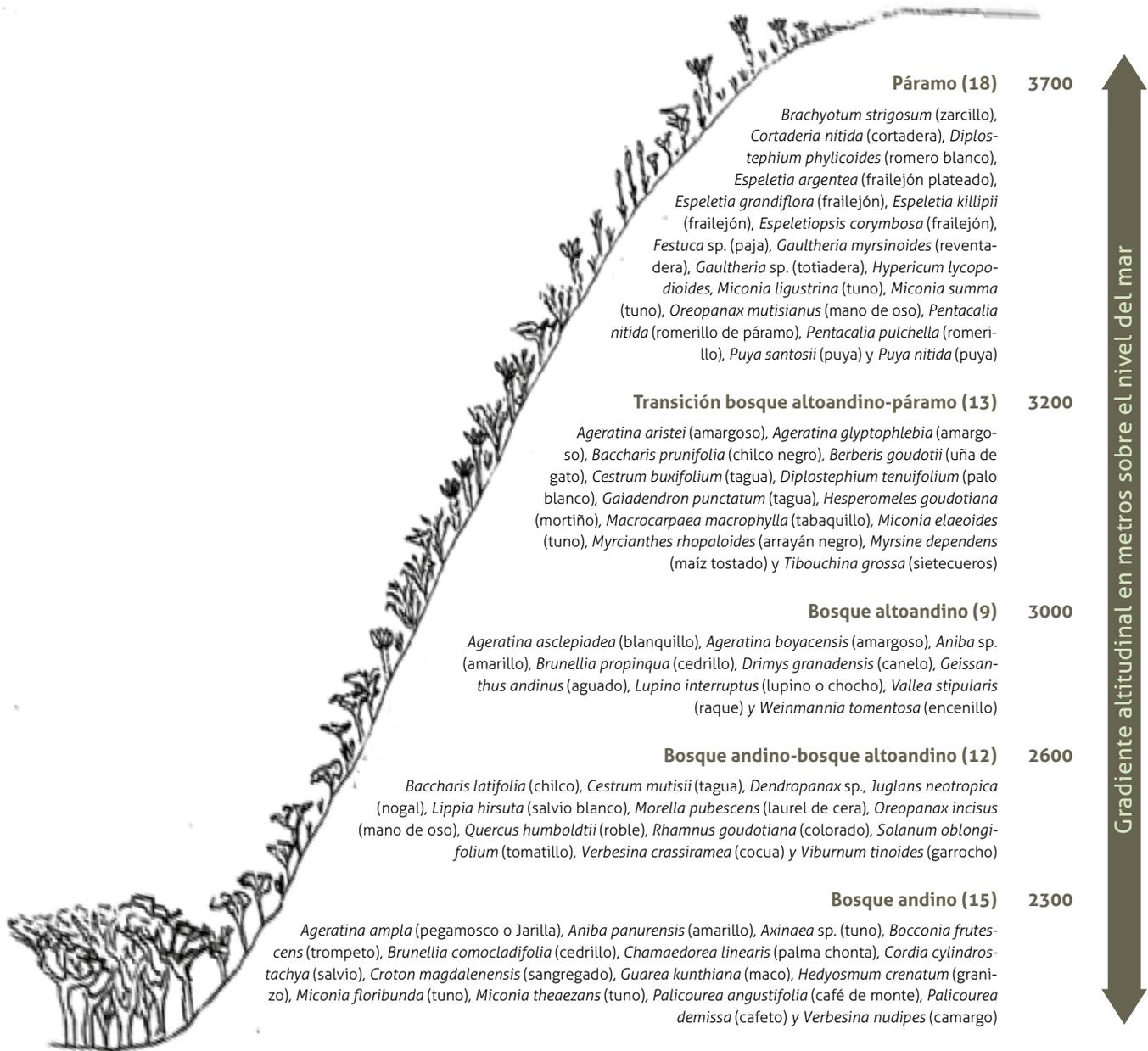


Figura 3.18. Distribución de especies nativas propagadas en vivero por zona para el proyecto Nueva Esperanza

Fuente: información recopilada en los planes de compensación construido por Fundación Natura para las respuesta a las obligaciones ambientales asignadas a EPM por la construcción y operatividad de la línea eléctrica Nueva Esperanza.

3.1.4.1. Ecosistema de páramo

Se recolectaron 32 lotes de semilla de las 18 especies de páramo listadas en la figura 3.18. Las técnicas de recolección fueron tijeras para las especies de dispersión anemócora y barócora con tipo de fruto cipsela, cápsula y cariopsis, y técnica manual en especies de fruto carnoso de hábito arbustivo o arbolito que, por su bajo porte, permite un acceso directo a los frutos (figura 3.19). Las diferencias en recolección corresponden a la oferta típica de frutos en este tipo de ecosistemas, donde predominan aquellos dispersados por el viento (Bonilla, 2005), el periodo de fructificación y a la demanda del proyecto.

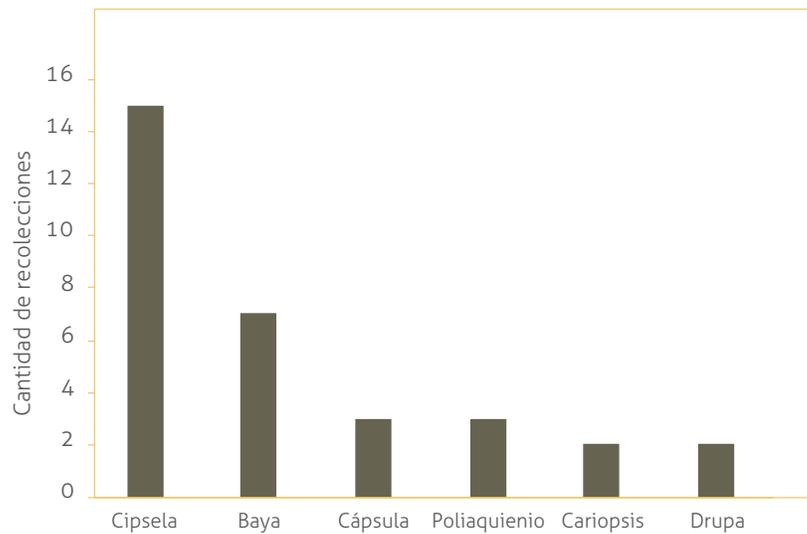


Figura 3.19. Cantidad de recolecciones por tipo de fruto en el ecosistema de páramo

Fuente: elaboración propia.

La relación peso fruto-peso semilla se observa en la figura 3.20, donde las especies con igual promedio de peso son los pastos (*Cortaderia nitida* y *Festuca* sp.), romero blanco (*Diplostephium phyllicoides*), romerillo de páramo (*Pentacalia nitida*) y romerillo (*Pentacalia pulchella*). Para las demás especies, la proporción fruto-semilla es



mayor, debido al tipo de fruto o la unidad que se colecta en campo; por ejemplo, de los frailejones (*Espeletia* spp.) se colectan los capítulos completos; de las puyas (*Puya* spp.), la infrutescencia, y en el caso de los frutos carnosos, como los tunos (*Miconia* spp.) y la reventadera (*Gaultheria myrsinoides*), la semilla diminuta representa menos de la mitad del peso recolectado. La menor diferencia en promedio es para los frutos de mano de oso (*Oreopanax mutisianus*), ya que la semilla es de un tamaño proporcional al fruto.

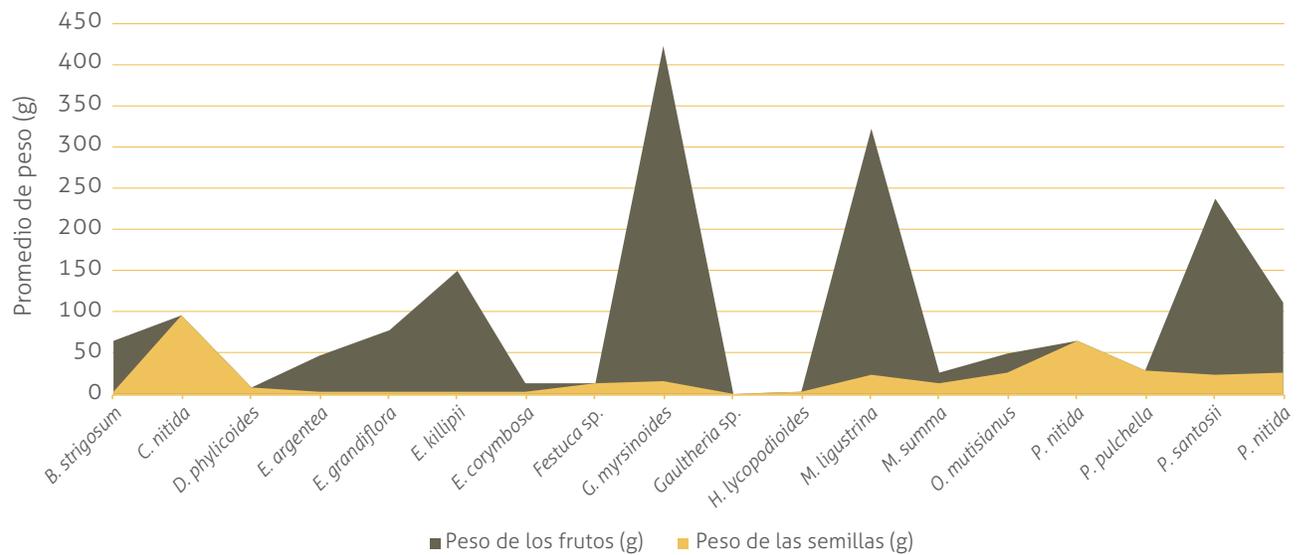


Figura 3.20. Relación de peso de fruto- peso semillas de especies del ecosistema de páramo
Fuente: elaboración propia.

En la figura 3.21 se resume la información de fruto y semilla por especie recolectada. Se puede observar una predominancia de frutos secos indehiscentes y dehiscentes, así como frutos carnosos tipo baya y drupa. Se menciona la coloración que deben tener los frutos en la maduración; por ejemplo, para los de dispersión anemócora es recomendable que estén secos y que las flores/inflorescencias estén totalmente abiertas. También, como resultado de la observación y tacto del grosor de la testa, se establece que la mayoría de las semillas poseen testa blanda y solo una dura (mano de oso [*O. mutisianus*]), lo que está relacionado con el tipo de latencia identificado por Vargas et al. (2014): endógena, foto y termodormancia.



D/I: Dehiscente
Textura: Seco
Tipo: Cápsula
Tamaño fruto (cm): 0,66 × 0,65
Color M: Café opaco
n.º semillas en fruto: Múltiples
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): Diminuta

Brachyotum strigosum



D/I: Dehiscente
Textura: Seco
Tipo: Cipsela
Tamaño fruto (cm): 0,21 × 0,1
Color M: Negro
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): 0,21 × 0,10

Espeletia argentea



D/I: Dehiscente
Textura: Seco
Tipo: Cipsela
Tamaño fruto (cm): 0,18 × 0,02
Color M: Negro
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): 0,18 × 0,02

Espeletopsis corymbosa



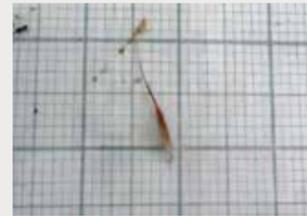
D/I: Dehiscente
Textura: Seco
Tipo: Cápsula
Tamaño fruto (cm): 0,36 × 0,39
Color M: Café-Beige
n.º semillas en fruto: Múltiples
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): Diminuta

Gaultheria sp.



D/I: Indehiscente
Textura: Carnoso
Tipo: Drupa
Tamaño fruto (cm): 0,62 × 0,54
Color M: Morado oscuro
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Dura
Tamaño semilla (cm): 0,6 × 0,52

Oreopanax mutisianus



Cortaderia nitida



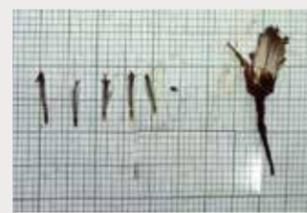
Espeletia grandiflora



Gaultheria myrsinoides



Hypericum lycopodioides



Pentacalia pulchella

D/I: Dehiscente
Textura: Seco
Tipo: Cariópside
Tamaño fruto (cm): 0,66 × 0,65
Color M: Café opaco
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): Diminuta



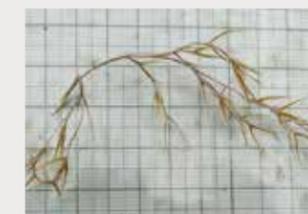
Diplostegium phyllicoides

D/I: Dehiscente
Textura: Seco
Tipo: Cipsela
Tamaño fruto (cm): 0,31 × 0,11
Color M: Negro
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): 0,31 × 0,11



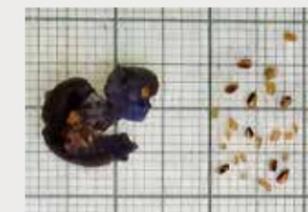
Espeletia killipii

D/I: Indehiscente
Textura: Carnoso
Tipo: Baya
Tamaño fruto (cm): 1,07 × 1,18
Color M: Rojo oscuro
n.º semillas en fruto: Múltiples
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): Diminuta



Festuca sp.

D/I: Dehiscente
Textura: Seco
Tipo: Cápsula
Tamaño fruto (cm): 0,28 × 0,29
Color M: Rojo oscuro
n.º semillas en fruto: Múltiples
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): Diminuta



Miconia summa

D/I: Indehiscente
Textura: Seco
Tipo: Cipsela
Tamaño fruto (cm): 0,48 × 0,22
Color M: Beige
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): 0,11 × 0,03



Puya santosii

D/I: Indehiscente
Textura: Seco
Tipo: Cipsela
Tamaño fruto (cm): 0,66 × 0,27
Color M: Beige
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): 0,18 × 0,06

D/I: Dehiscente
Textura: Seco
Tipo: Cipsela
Tamaño fruto (cm): 0,53 × 0,24
Color M: Negro
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): 0,53 × 0,24

D/I: Indehiscente
Textura: Seco
Tipo: Cariopsis
Tamaño fruto (cm): 1,83 × 0,03
Color M: Beige
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): 0,44 × 0,12

D/I: Indehiscente
Textura: Carnoso
Tipo: Baya
Tamaño fruto (cm): 0,80 × 0,93
Color M: Morado oscuro
n.º semillas en fruto: Múltiples
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): Diminuta

D/I: Dehiscente
Textura: Seco
Tipo: Poliaquenio
Tamaño fruto (cm): 1,55 × 1,40
Color M: Café-Beige
n.º semillas en fruto: Múltiples
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): 0,03 × 0,01

Figura 3.21. Datos de frutos y semillas por especie del ecosistema de páramo

D/I: dehiscente o indehiscente; color M: color del fruto maduro.
 Fuente: elaboración propia.

Las especies de este ecosistema fueron propagadas bajo las condiciones ambientales tipo uno: en cama de germinación, bandeja o canastilla al voleo para todas las especies, a excepción de los frailejones (*Espeletia argentea*, *Espeletia grandiflora*, *Espeletia killipii* y *Espeletiopsis corymbosa*), y por surco (únicamente para mano de oso [*O. mutisianus*]). También en caja de Petri o caja plástica con tapa por hileras, y en Jiffy, como una prueba de germinación aplicada a los frailejones (*E. argentea*, *E. grandiflora*, *E. killipii* y *E. corymbosa*). Los frailejones no deben permanecer en cajas más de un mes y medio o dos meses, ya que por el alto contenido de humedad se pudre el sistema radicular y se pierde el material. Para las demás especies, las recomendaciones generales de propagación son asegurar un buen contenido de humedad en la cama de germinación y ubicarlas en una zona de luminosidad media-baja, a excepción del mano de oso (*O. mutisianus*), que germina bien bajo una luminosidad media-alta.

En cuanto a la germinación, las especies romero blanco (*D. phylloides*) y pino de páramo (*Hypericum lycopodioides*) no germinaron tras cinco meses de estar en la cama germinación; se desconoce la causa. Aunque Vargas et al. (2014) mencionan que la viabilidad de las Asteraceas recolectadas para sus experimentos de propagación mostraron una baja viabilidad y que el romero blanco (*D. phylloides*) registró un 100% de semillas sin embrión, podría atribuirse la misma causa, pero no se realizaron los estudios necesarios para corroborar esta afirmación.

En la tabla 3.13 se resumen los resultados de germinación para las 11 especies del grupo uno, y la especie que más rápido germinó fue romerillo (*P. pulchella*). De los resultados obtenidos, la puya (*Puya nitida*) fue la especie que registró el mayor tiempo de inicio (67 días), con un tiempo similar de proceso activo de germinación, para un total de 702 individuos en canastilla. En una prueba de germinación aplicada por Mancipe et al. (2018), esta especie tuvo un porcentaje de germinación de casi el 100% en una muestra de 200 semillas propagadas para determinar su viabilidad. Por su parte, el tuno (*Miconia ligustrina*) registra en la literatura un porcentaje de germinación de aproximadamente 50% bajo la técnica tradicional y un tiempo de inicio de germinación de 46 a 63 días (Fernández et al., 2020), lo que concuerda con los resultados obtenidos.



Tabla 3.13. Germinación para especies del grupo uno del ecosistema de páramo

| Especie | Cantidad propagada (g) | Días de inicio | Duración del proceso | Cantidad germinada |
|-------------------------------|------------------------|----------------|----------------------|--------------------|
| <i>Brachyotum strigosum</i> | 1 | 19 | 45 | 882 |
| <i>Cortaderia nitida</i> | 94,2 | 34 | 74 | 66 |
| <i>Festuca</i> sp. | 13 | 34 | 74 | 113 |
| <i>Gaultheria myrsinoides</i> | 28,1* | 55 | 83 | 45.320 |
| <i>Gaultheria</i> sp. | 0,5 | 53 | 37 | 1305 |
| <i>Miconia ligustrina</i> | 9* | 41 | 51 | 4640 |
| <i>Miconia summa</i> | 14* | 22 | 74 | 7950 |
| <i>Pentacalia nitida</i> | 65,5 | 29 | 59 | 1956 |
| <i>Pentacalia pulchella</i> | 10,4 | 11 | 18 | 426 |
| <i>Puya santosii</i> | 10,4 | 38 | 111 | 5280 |
| <i>Puya nitida</i> | 27,2 | 67 | 60 | 702 |

* Aproximadamente la mitad de este peso corresponde a restos de fruto como resultado de la técnica de beneficio.

Fuente: elaboración propia.

Al contrastar los resultados obtenidos de la reventadera (*G. myrsinoides*) con lo reportado por Vargas et al. (2014), se concluye que el proceso fue deficiente, ya que se asegura un porcentaje del 82 % en condiciones no controladas de laboratorio y un tiempo de 23 días de germinación, teniendo como base que 100 semillas de esta especie equivalen a un peso de 0,01 g, lo que correspondería a aproximadamente un 32 % de germinación obtenido en estos experimentos. Una causa probable de la baja germinación es la alta densidad a la que se sembraron las semillas en cama de germinación y a que no se aplicó ningún tratamiento pregerminativo para romper la latencia, como estratificación (Vargas et al., 2014).

Respecto al grupo dos, para mano de oso (*O. mutisianus*) no se aplicó ningún tratamiento pregerminativo, por lo que arrojó un porcentaje de germinación del 43,04 % (USG). Se recomienda romper la posible latencia física que presentan estas semillas y no almacenarlas, pues aparentemente son recalcitrantes (Bosques & Semillas et al., 2019; Vargas et al., 2014) (figura 3.22a). Las especies de frailejón (*Espeletia* spp. y *E. corymbosa*) se sometieron a diferentes medios y contenedores de germinación, pero la mayoría arrojaron porcentajes muy bajos (<1 %), por lo que en la figura 3.22b se exponen las pruebas con los mejores resultados. La especie *E. argentea* se propagó en caja plástica con giberelinas para

romper la latencia fisiológica, y como resultado se obtuvo un 5,18% de semillas puras germinables (SPG). Caso similar a *E. corymbosa*, también propagada en caja, que presentó un 1,74% de SPG, lo que refleja, junto con los demás índices, que el lote de semillas era de baja calidad, baja pureza y viabilidad. En los anexos 1 y 2 se registran los resultados de los índices correspondientes al peso de mil semillas, la prueba de pureza, la prueba de viabilidad, la prueba de germinación, las semillas puras vivas y las semillas puras germinables, que acompañan la información de las figuras de las curvas de crecimiento y las curvas de germinación.

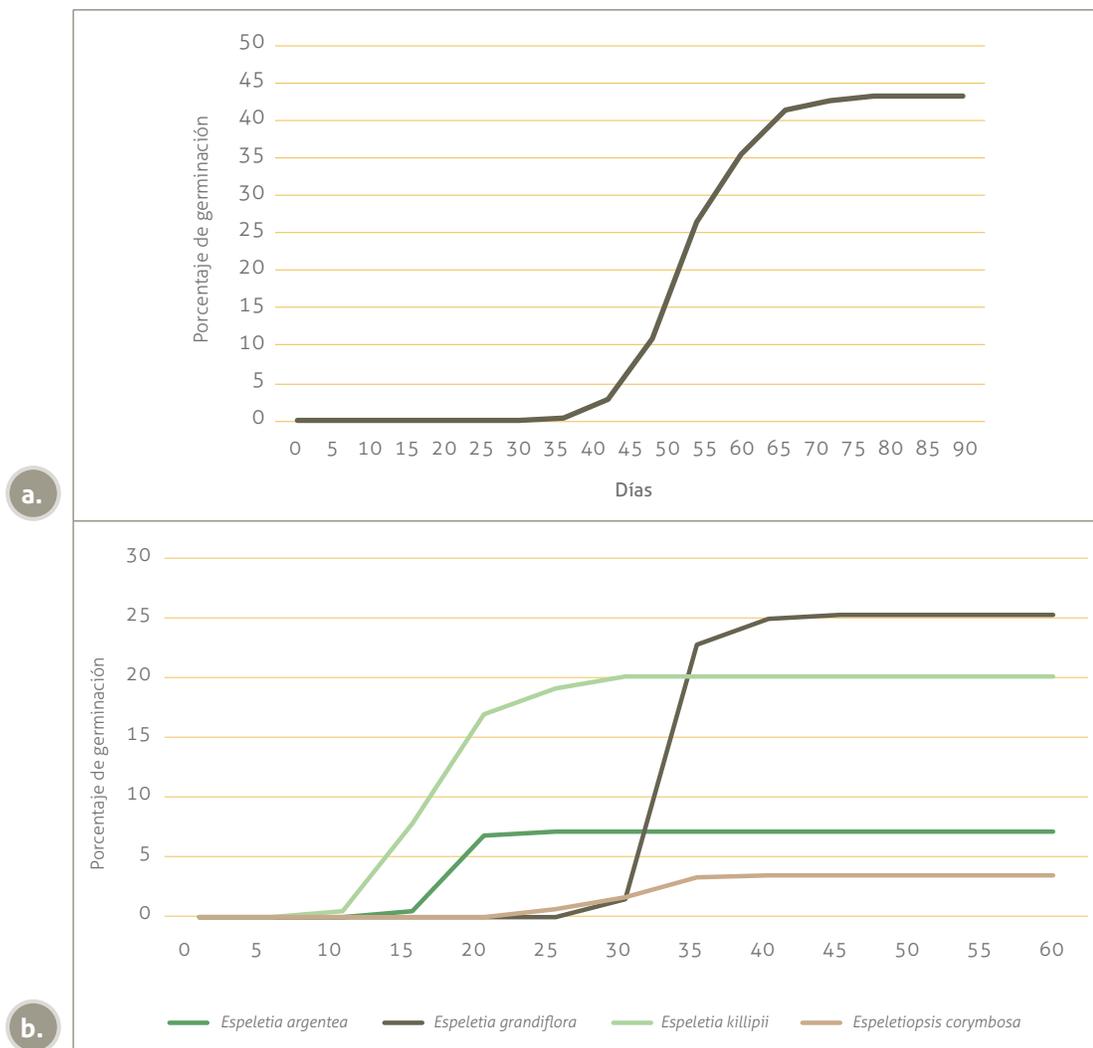


Figura 3.22. Curvas de germinación para el grupo dos de especies del ecosistema de páramo: a) *Oreopanax mutisianus* y b) tres especies del género *Espeletia* y *Espeletiopsis corymbosa*

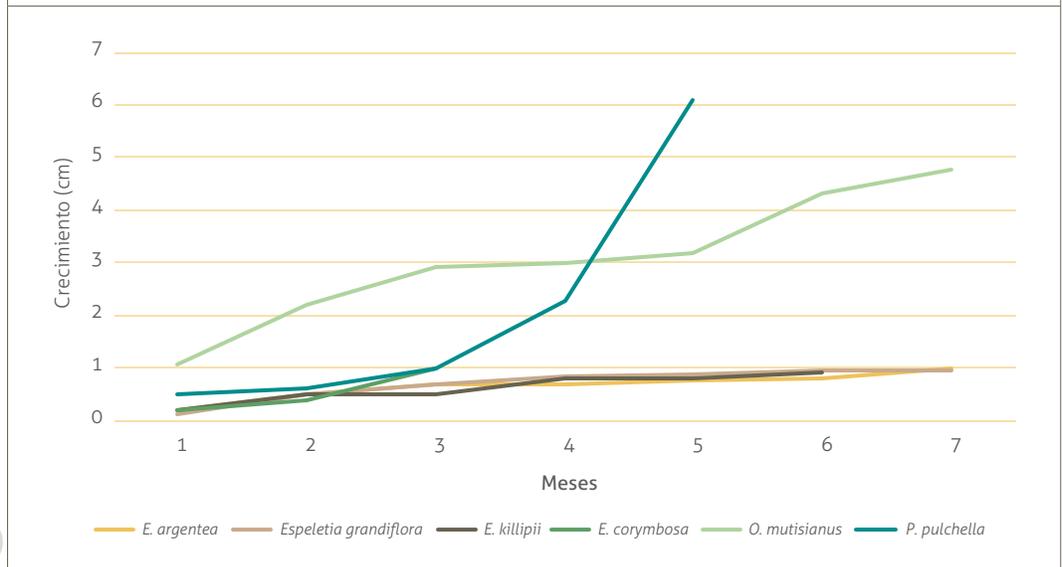
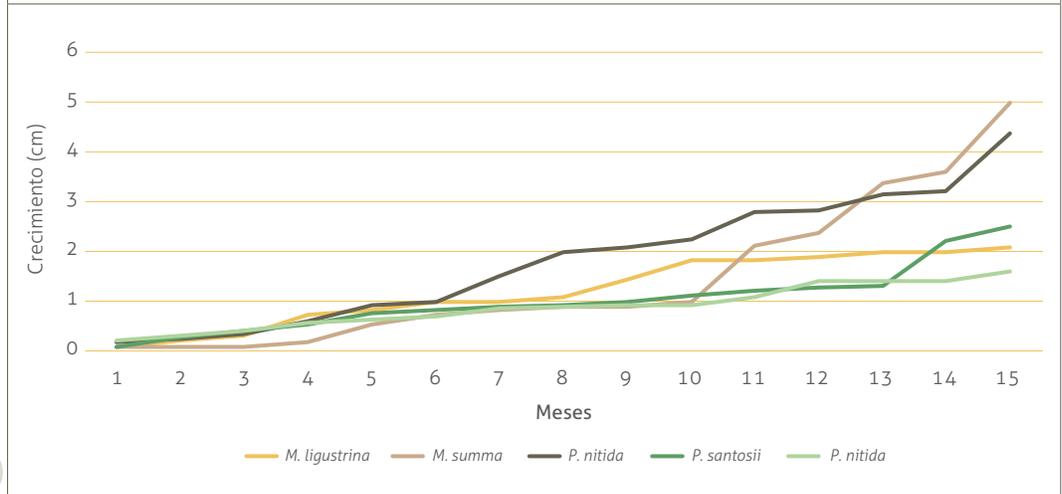
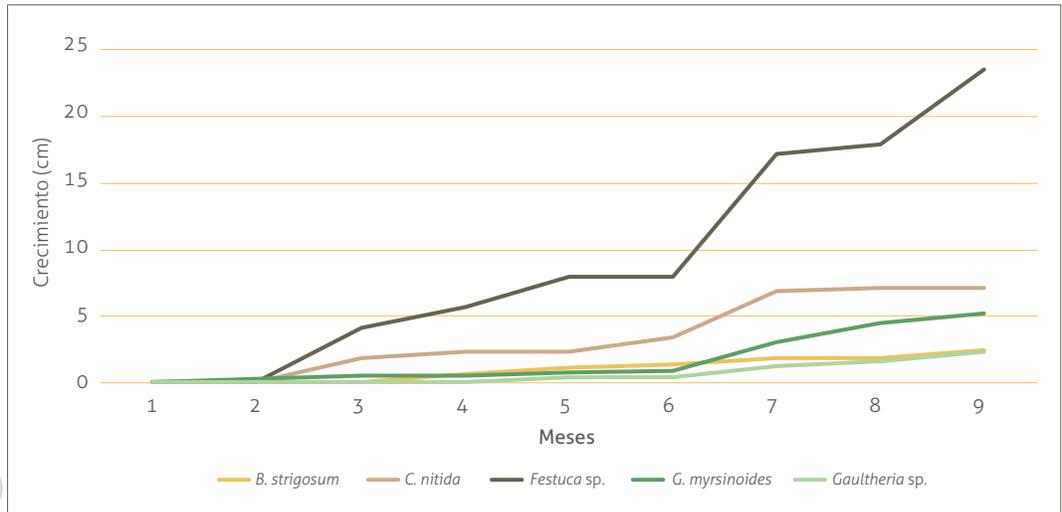
Fuente: elaboración propia.

Estas especies, bajo condiciones de laboratorio, han reportado un 20% y un 10% de germinación, respectivamente, y se han utilizado tratamientos de estratificación frío-húmedo para romper la latencia, así como giberelinas (Chaves, 2019; Vargas et al., 2014). Por ejemplo, Mancipe (2020) aplicó un tratamiento con giberelinas a semillas de *E. corymbosa* y obtuvo un porcentaje de germinación del 48%. En la experiencia del Proyecto Nueva Esperanza, se obtuvo como resultado una baja germinación, probablemente se deba a una recolección de las semillas en una estación desfavorable, por lo que una mayor proporción de las semillas estaría vacía (Mancipe, 2020).

Entre tanto, *E. grandiflora* y *E. killipii* arrojaron pruebas de germinación (USG) mayores al 20%, viabilidad y pureza altas. La especie que mejor respondió a las pruebas fue *E. grandiflora*, propagada en Jiffy sin giberelina (16,26%); mientras que en caja plástica llegaron al 11,48% de germinación (con giberelinas). Estos resultados son favorables, teniendo en cuenta que Mancipe et al. (2018) obtuvieron un 20% de germinación en condiciones de laboratorio para determinar la viabilidad de las semillas, y Lara y Cárdenas (2015), un 0% de germinación en condiciones de invernadero.

La mortalidad en la cama de germinación fue mayor para el zarcillo (*Brachyotum strigosum*; 69%), debido a que el sistema de riego no cubría completamente la superficie de germinación y, por ende, una parte de las plántulas germinadas no recibió la cantidad de agua necesaria para su desarrollo. Menor para el romerillo de páramo (*P. nitida*) con el 2,86% y nula para el frailejón (*E. corymbosa*) y las puyas (*P. santosii* y *P. nitida*). En general, la mortalidad de estas especies en fase de germinación y establecimiento es baja (<10%).

La especie con el menor crecimiento fue la puya (*P. nitida*) con un incremento del 0,094 cm al mes (figura 3.23b); seguida por el frailejón plateado (*E. argentea*), con un incremento mensual de 0,097 cm (figura 3.23c). En tanto que las especies de más rápido crecimiento fueron las gramíneas (*C. nitida* y *Festuca* sp.) y el romerillo (*P. pulchella*; figuras 3.23a y 3.23c). Los resultados obtenidos para *E. killipii* concuerdan con lo reportado por Mancipe (2020), pues al cabo de cuatro meses, los individuos alcanzaron un promedio de altura de 0,88 cm.



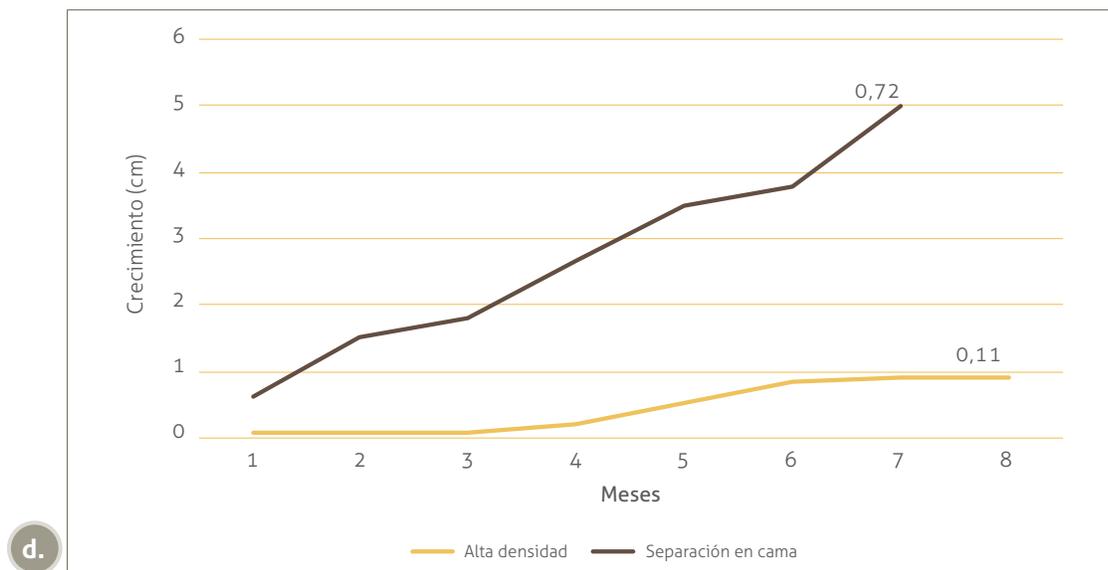


Figura 3.23. Curvas de crecimiento en germinador para las especies del ecosistema de páramo por etapa sucesional. a) Especies de etapa pionera, b) especies de etapa intermedia, c) especies de etapa avanzada y d) *Miconia summa* a alta y baja densidad

Fuente: elaboración propia.

El tuno (*Miconia summa*) registró un incremento mensual de 0,114 cm en condiciones de alta densidad, situación que fue corregida mediante la separación de individuos en cama de germinación, es decir, trasplante de cama de germinación a cama de germinación a una distancia de 5 cm. En la figura 3.23d se contrasta el crecimiento en alta densidad y el crecimiento después de la separación. Los resultados son contundentes, ya que se obtuvieron 0,72 cm por mes vs. 0,114 cm por mes a alta densidad. Se puede concluir que el bajo incremento mensual registrado en el primer caso se ve influenciado por la competencia por recursos en el proceso de emersión y crecimiento de la plántula (Wilkinson et al., 2014), caso que podría ser similar para las demás especies de tunos (*Miconia* spp.) y la reventadera (*G. myrsinoides*).

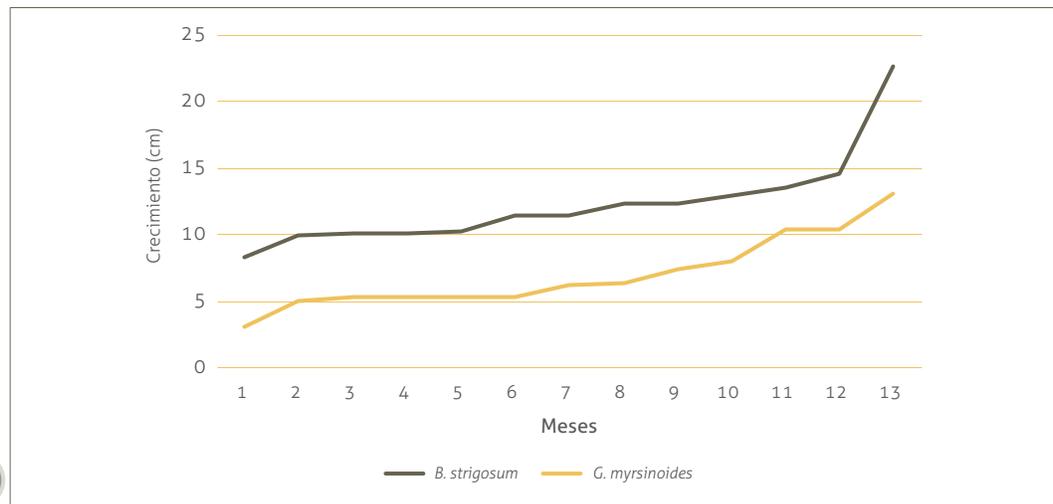
Para el trasplante de las especies de este ecosistema se recomienda una altura mínima de 10 a 12 cm, hacer poda de hojas —no aplica para los frailejones (*Espeletia* spp. o *E. corymbosa*) ni para las puyas (*Puya* spp.)—, mantener con buena humedad (no exceso para evitar pudrición) y estimular el sistema radicular con auxinas (hormona del crecimiento), en especial para el tuno (*M. summa*). Por otro lado, las especies de frailejón (*Espeletia* spp. y *E. corymbosa*) y puya (*Puya* spp.) deben permanecer bajo sombra aproximadamente tres meses, después pasar a

zona de crecimiento y, cuando alcancen 12-15 cm, llevarlas a una zona abierta para estimular el crecimiento.

Los frailejones (*Espeletia* spp. y *E. corymbosa*) fueron trasplantados a bolsa pequeña (8 × 10 cm) o Jiffy, y se organizaron en canastillas dentro de la zona de germinación; posteriormente, fueron llevados a una zona de crecimiento, y al cumplir la altura de 5 cm se trasplantaron a una bolsa convencional. Se observó mejor desempeño en la bolsa pequeña, ya que al ser tan lento el crecimiento de estas especies y requerir alta humedad, se pudrió el Jiffy y, por ende, moría el individuo.

Respecto a la mortalidad en el trasplante de las demás especies, la reventadera (*G. myrsinoides*) registró el mayor porcentaje (89,04%), debido a la alta densidad en el momento de la propagación, ya que la mayoría de los individuos extraídos de cama presentaban un sistema radicular pobre y un tallo largo y delgado. El pico de mortalidad se presentaba 5-8 días después del trasplante. La menor mortalidad fue registrada para las especies de puya (*Puya* spp.; <10%), las cuales tienen un excelente desempeño bajo condiciones de vivero.

Ahora bien, en la fase de crecimiento rápido, el romerillo de páramo (*P. nitida*) obtuvo la tasa de crecimiento más alta, con 5,17 cm por mes (figura 3.24b); seguida por el romerillo (*P. pulchella*: 2,52 cm por mes), mano de oso (*O. mutisianus*: 1,65 cm por mes) y el zarcillo (*B. strigosum*: 1,19 cm por mes). De las especies de frailejón, *E. killipii* registró la mayor tasa de crecimiento con 0,81 cm por mes, y la menor, *E. corymbosa*, con 0,26 cm por mes. En 12 meses estas especies alcanzaron una altura promedio de 6 cm.



a.



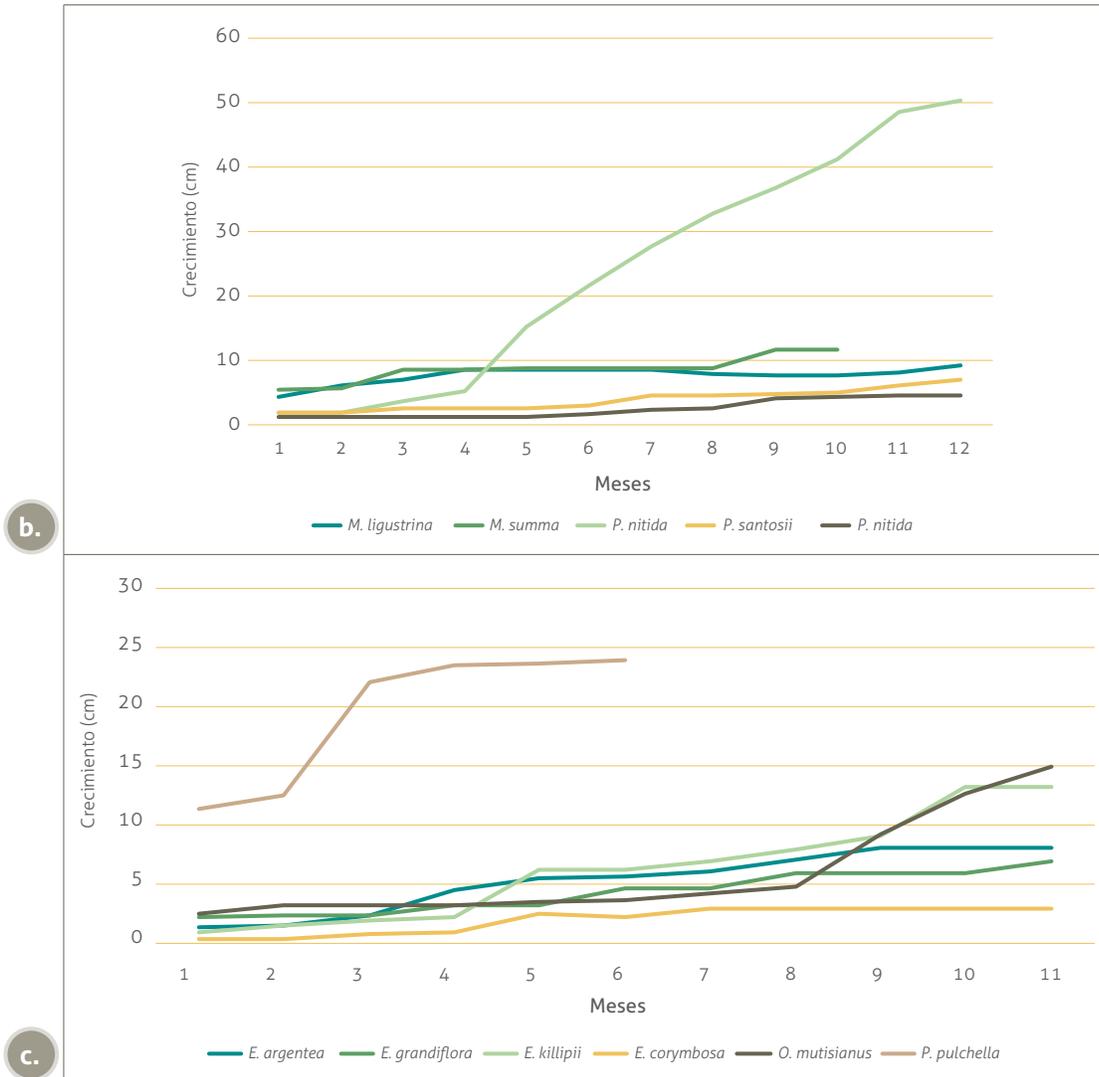


Figura 3.24. Curvas de crecimiento en bolsa para las especies del ecosistema de páramo por etapa sucesional: a) especies de etapa pionera, b) especies de etapa intermedia y c) especies de etapa avanzada.

Nota: No están todas las especies, ya que algunas no se han trasplantado o llevan muy poco tiempo en bolsa. Las líneas cortas corresponden al tiempo transcurrido del trasplante a la fecha de análisis de estos datos.

Fuente: elaboración propia.

En general, la producción de especies de páramo está lista para siembra, es decir, con alturas mayores a 15 cm, después de aproximadamente dos años de iniciada la recolección de semillas en campo. A excepción del romerillo de páramo (*P. nitida*) y el romerillo (*P. pulchella*), pues al cabo de un año alcanzaron los 30 cm de altura. Esto quiere decir que la propagación debe ser escalonada y progresiva, pues al propagar las especies en el mismo periodo, el material vegetal más rápido duraría

mucho tiempo en vivero, lo que afecta su desempeño en campo si no se utilizan las estrategias de mantenimiento adecuadas (véase apartado 3.1.5).

3.1.4.2. Zona de transición entre páramo y bosque altoandino

Se recolectaron 22 lotes de semillas de las 13 especies de la zona de transición listadas en la figura 3.18. Las técnicas de recolección utilizadas fueron tijeras para las especies del tipo de fruto cipsela y cápsula, y recolección manual, para los tipos de fruto baya y drupa. De estos lotes recolectados, solo uno, de uña de gato (*Berberis goudotii*), fue marcado con fuente semillera del predio El Palmar.

En la figura 3.25 se presenta la cantidad de recolecciones por tipo de fruto. En este punto es evidente la transición de ecosistemas, ya que hay una menor representación de especies de dispersión anemócora y mayor oferta de frutos carnosos, debido a la importante función de dispersión y consumo de estos frutos por parte de las aves que tiene lugar en la zona de transición hacia el ecosistema de bosque altoandino (Andrade, 1993).

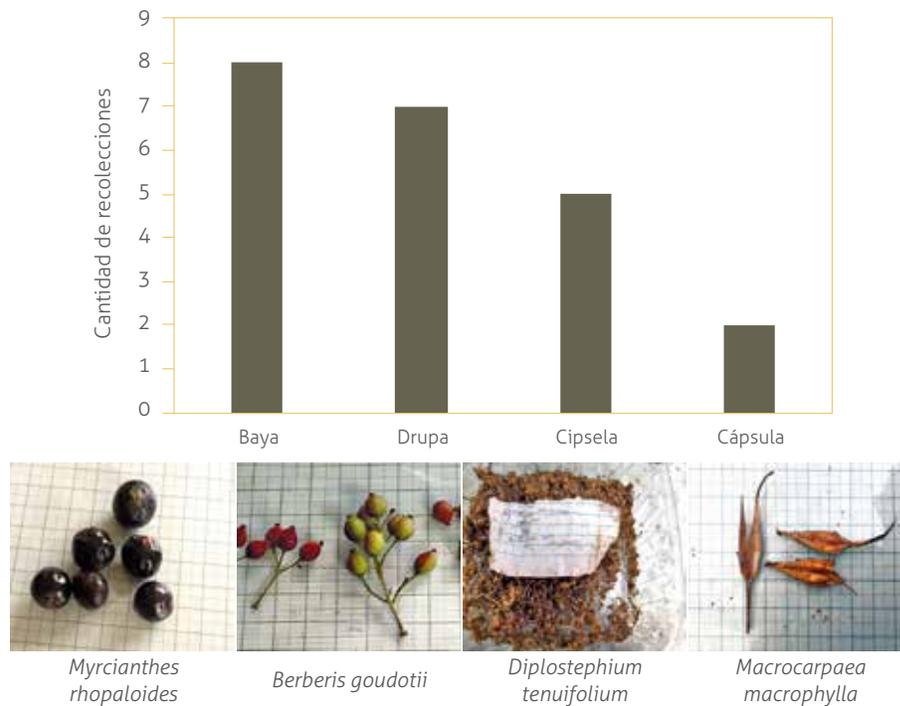


Figura 3.25. Cantidad de recolecciones por tipo de fruto en la zona de transición páramo-bosque altoandino

Fuente: elaboración propia.



En la figura 3.26 se observa el contraste entre el promedio del peso recolectado de los frutos y el peso de las semillas. Las especies con igual promedio de peso son las de fruto cipsela, amargosos (*Ageratina aristei* y *Ageratina glyptophlebia*), el chilco negro (*Baccharis prunifolia*) y el palo blanco (*Diplosteghium tenuifolium*). Las demás especies (la mayoría de las recolecciones) reflejan una proporción fruto-semilla mayor, debido al tipo de fruto carnoso que tiene un mayor peso; en contraste con el peso de los frutos, por ejemplo, especies como uña de gato (*B. goudotii*), tagua (*Gaiadendron punctatum*) y mortiño (*Hesperomeles goudotiana*). En general, el beneficio de los frutos carnosos es fácil, pues consta de la inmersión en agua y maceración para liberar las semillas; pero en el caso de la tagua (*G. punctatum*), la carnosidad desprende una sustancia pegajosa que es difícil de retirar de las manos y de los utensilios.

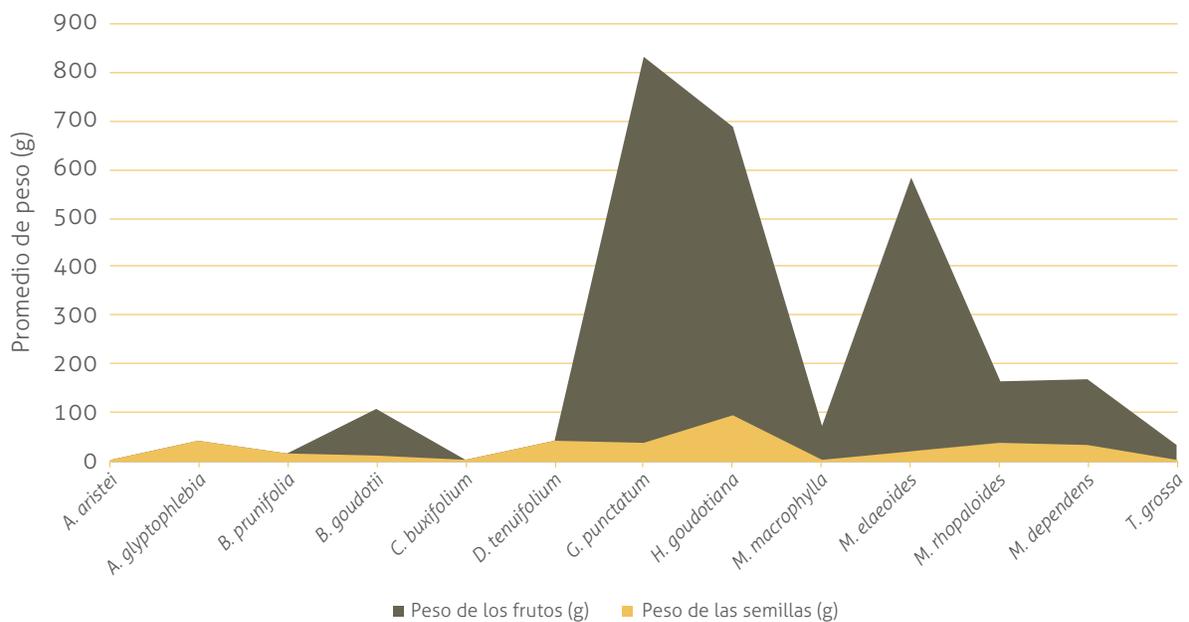


Figura 3.26. Relación de peso de fruto- peso semillas de especies de la zona de transición páramo-bosque altoandino

Fuente: elaboración propia.

En la figura 3.27 se resume la información del fruto y semilla por especie recolectada, a excepción de las especies de amargosos (*A. aristei* y *A. glyptophlebia*) y chilco negro (*B. prunifolia*). Se encontró una mayor cantidad de frutos carnosos, de variables tamaños y predominancia de coloraciones rojizas, morados y naranja, que al ser colores llamativos, atraen más a las aves para su consumo y dispersión (Manrique & Morales, 2016). En cuanto a las semillas, hubo una menor representación

de las múltiples y diminutas, pero una mayor proporción de semillas pequeñas en frutos carnosos y, por ende, semillas de testa dura que podrían presentar latencia exógena (Bosques & Semillas et al., 2019).

De las especies mencionadas, se realizaron 23 jornadas de propagación, bajo las condiciones climáticas tipo uno, al voleo en cama de germinación para las semillas diminutas y en surcos para las semillas pequeñas distanciadas a un centímetro

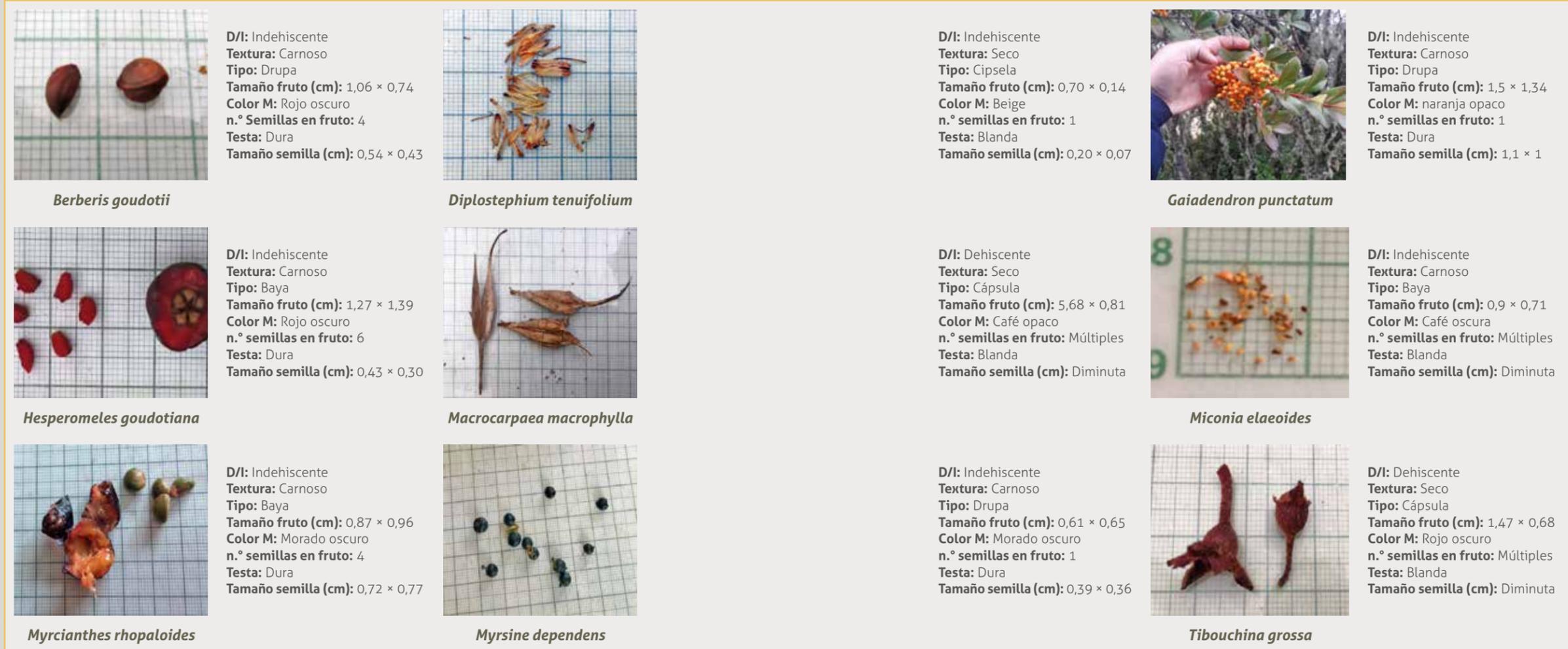


Figura 3.27. Datos de frutos y semillas por especie de la zona de transición páramo-bosque altoandino

D/I: dehiscente o indehiscente; color M: color del fruto maduro.
Fuente: elaboración propia.

entre ellas para evitar competencia y torcedura de tallo. Generalmente, requieren una luminosidad media, dada por polisombra en la zona de germinación del vivero y buena humedad en la germinación, sobre todo para el tinto (*Cestrum buxifolium*), el palo blanco (*D. tenuifolium*) y la tagua (*G. punctatum*).

El tabaquillo (*Macrocarpaea macrophylla*) no germinó; se desconoce la causa, pues no se encontró información de propagación de esta especie y solo se pudo hacer una recolección de frutos. Ahora bien, en la tabla 3.14 se destacan los resultados de germinación para las 8 especies del grupo uno. Se encontró que el amargoso (*A. aristei*) registró los valores extremos generales y que también se puede propagar mediante estacas con un porcentaje de supervivencia del 67%, utilizando una mezcla de sustrato entre suelo estéril, compostaje y suelo (Rivera & Rodríguez, 2010).

Tabla 3.14. Información de germinación para especies del grupo uno de la zona de transición páramo-bosque altoandino

| Especie | Cantidad propagada (g) | Días de inicio | Duración del proceso | Cantidad germinada |
|---------------------------------|------------------------|----------------|----------------------|--------------------|
| <i>Ageratina aristei</i> | 1,5 | 12 | 124 | 1055 |
| <i>Ageratina glyptophlebia</i> | 40,2 | 24 | 95 | 12.018 |
| <i>Baccharis prunifolia</i> | 12,1 | 63 | 88 | 35 |
| <i>Cestrum buxifolium</i> | 0,6 | 37 | 29 | 52 |
| <i>Diplostegium tenuifolium</i> | 40 | 42 | 109 | 943 |
| <i>Miconia elaeoides</i> | 2,4* | 82 | 30 | 118 |
| <i>Myrsine dependens</i> | 38,2 | 70 | 114 | 1051 |
| <i>Tibouchina grossa</i> | 2* | 27 | 33 | 387 |

* Aproximadamente, la mitad de este peso corresponde a restos de fruto como resultado de la técnica de beneficio.

Fuente: elaboración propia.

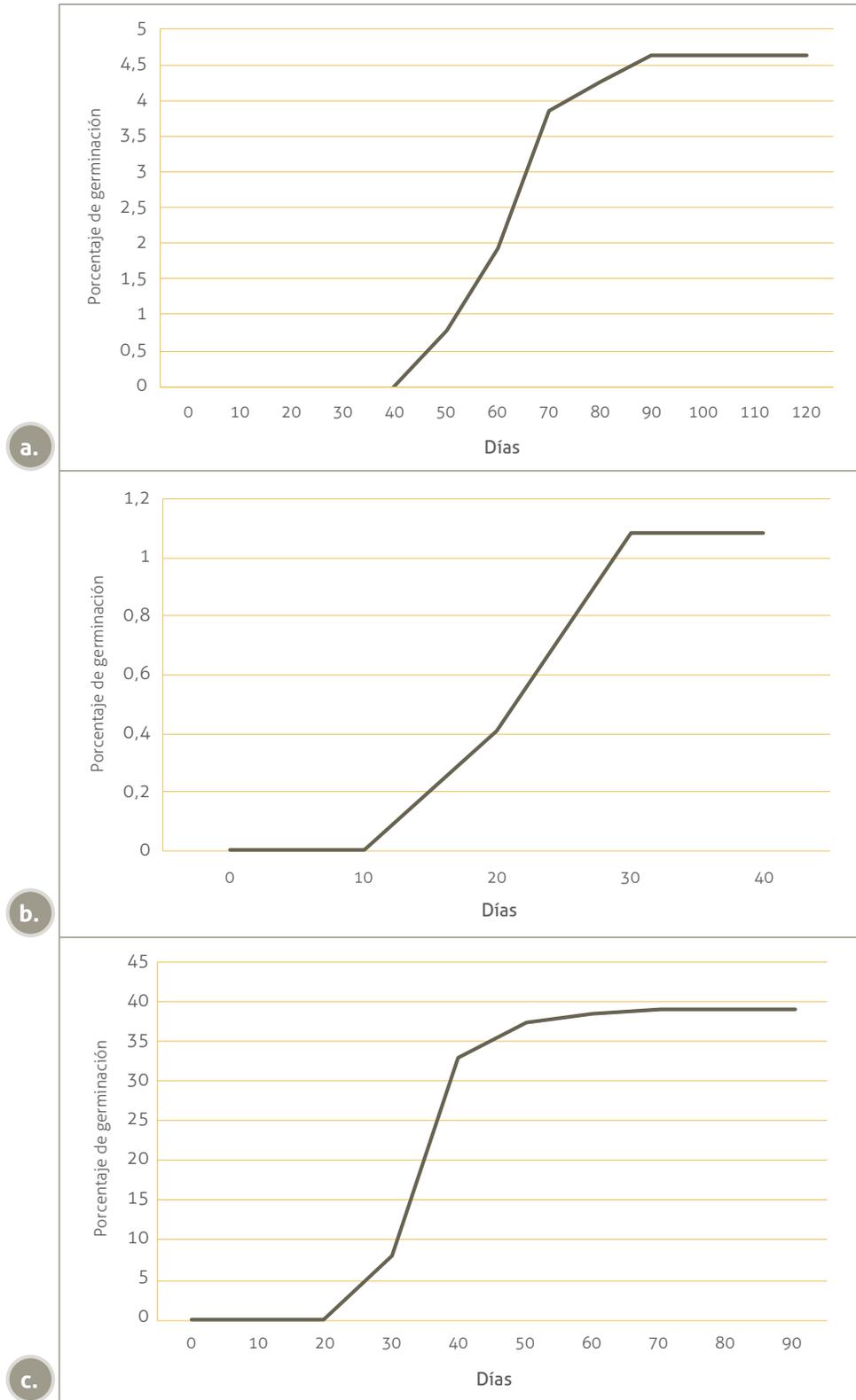
Los resultados obtenidos para el tinto (*C. buxifolium*) sugieren una germinación exitosa, teniendo en cuenta el peso sembrado y a lo reportado por Mancipe et al. (2018), quienes propagaron un total de 60 semillas para determinar su viabilidad y obtuvieron cerca del 100% de germinación. Tal resultado era el esperado, ya que esta especie es de rápido crecimiento, de alta tolerancia a los disturbios y es pionera en los estadios sucesionales.



El sietecueros (*Tibouchina grossa*) se propagó en una bandeja de germinación con un recubrimiento delgado de musgo sobre la superficie para asegurar que el sustrato permaneciera húmedo, aplicando riegos finos y abundantes, como lo recomendado por Rodríguez y Peña (1984). La germinación fue rápida, lo que concuerda con lo referido para especies de esta zona de transición (Mancipe et al., 2018), aun cuando Velandia y Fajardo (2004) reportaron 11 de días de inicio de germinación y 76 días de duración del proceso germinativo bajo condiciones de vivero sin tratamientos pregerminativos.

Respecto al grupo dos, la tagua (*G. punctatum*; figura 3.28b) registró el porcentaje de germinación más bajo (USG: 1,08%). Los índices de resumen indican que el lote de semillas tuvo una viabilidad baja (48%) y una pureza media (79,38%), por lo que su baja calidad influyó drásticamente en la germinación. Esta especie también demostró un comportamiento recalcitrante y una posible latencia física, por el recubrimiento viscoso mencionado, y que, tal vez, impermeabiliza la semilla, bloqueando la entrada de agua para la activación del proceso germinativo. En ese caso, podría aplicarse un tratamiento químico. No obstante, Velandia y Fajardo (2004) sometieron un lote de semillas a prueba con sustrato hidropónico y obtuvieron un porcentaje de germinación del 71,4%, en tiempos de inicio y duración del proceso de germinación muy similares.

La uña de gato (*B. goudotii*; figura 3.28a) arrojó un porcentaje de germinación del 4,65% (USG). Los índices de resumen indican que el lote de semillas propagado tuvo una viabilidad alta (SPV: 99%) y muy baja proporción de SPG (4,58%). Hay dos factores que pueden influir en la germinación de esta especie el tiempo de almacenamiento y altas temperaturas (30 °C), pues el porcentaje puede disminuir del 90% en condiciones ideales al 63,5% (Vargas et al., 2014). Las semillas propagadas fueron sembradas aproximadamente dos semanas después de su ingreso y en época seca, situación que posiblemente incrementó la temperatura media dentro del invernadero (de 23 a 28 °C), y pudo influir en su germinación.



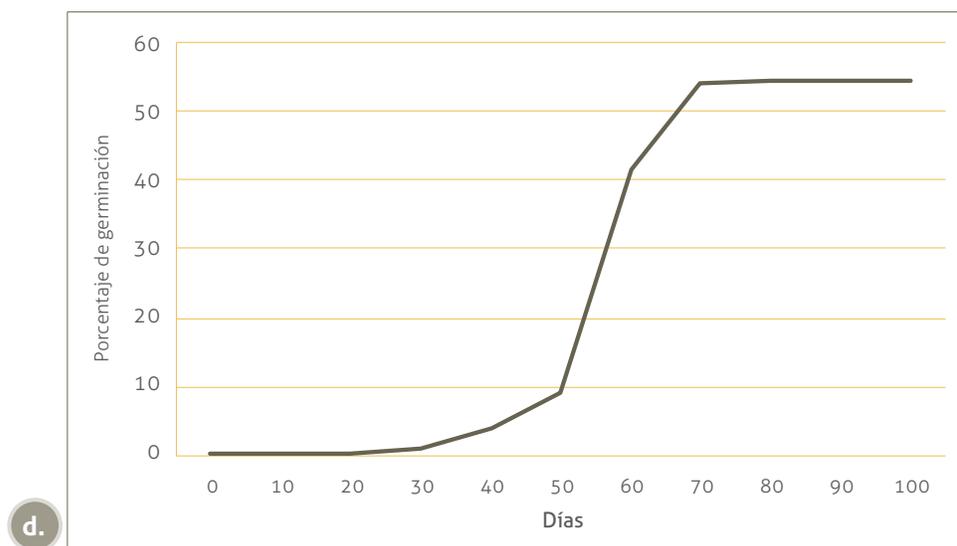


Figura 3.28. Curvas de germinación para el grupo dos de especies de la zona de transición páramo-bosque altoandino: a) *Berberis goudotii*, b) *Gaiadendron punctatum*, c) *Hesperomeles goudotiana* y d) *Myrcianthes rhopaloides*

Fuente: elaboración propia.

El mortiño (*H. goudotiana*) registró un porcentaje de germinación del 39% (USG), y los índices de resumen mostraron buenos resultados, similares a los obtenidos por Mancipe et al. (2018) en la prueba para determinar la viabilidad de las semillas, pues reportaron una germinación del 50%. Así como lo referenciado por Rodríguez y Peña (1984), quienes determinaron un porcentaje de germinación de entre el 40% y el 50%, con un tiempo de inicio a los 60 días, tiempo medio de 75 y un periodo total de 90 días.

Por último, el arrayán negro (*Myrcianthes rhopaloides*) fue la especie que arrojó el mejor porcentaje de germinación, con un 53,68% (USG), ya que todas las semillas estaban viables y el proceso de beneficio permitió determinar una pureza del 100%. Fue un proceso largo, pero se obtuvo una buena producción de material vegetal. Por último, se evidenció que si las semillas se van a utilizar unos días después de la recolección, es recomendable que el fruto permanezca entero y beneficiar justo antes de propagar.

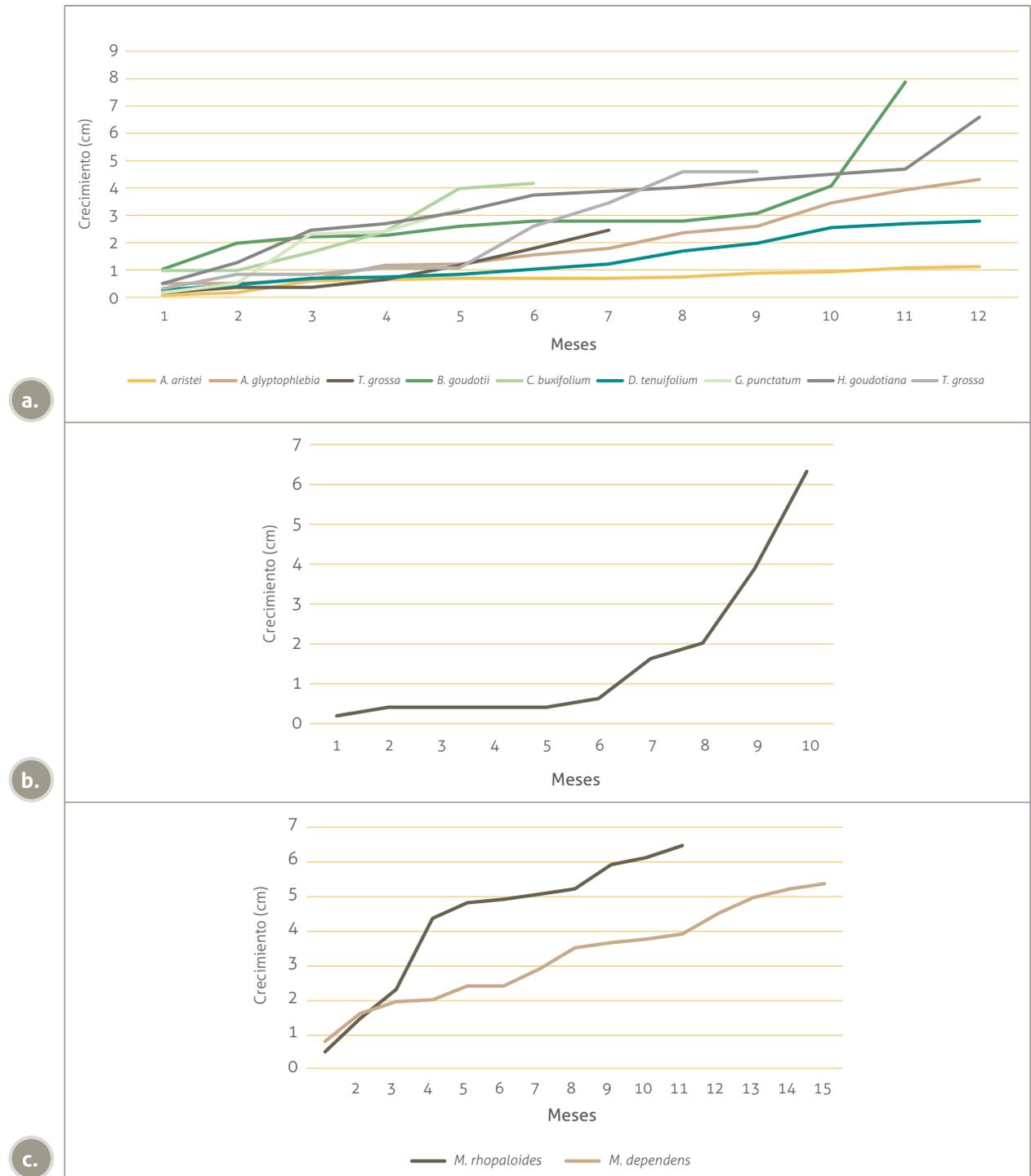


Figura 3.29. Curvas de crecimiento en germinador para las especies de la zona de transición páramo-bosque altoandino por etapa sucesional. a) Especies de etapa pionera, b) especies de etapa intermedia y c) especies de etapa avanzada

Nota. Las líneas cortas corresponden al tiempo que estuvieron en cama hasta el trasplante.

Fuente: elaboración propia.



La mortalidad en cama de germinación fue mayor para el chilco negro (*B. prunifolia*), con un 90,02 %, y para el tuno (*M. elaeoides*), con un 94,92 %; pero las causas podrían estar más relacionadas con el manejo de las especies en el vivero que con su ecología. Hubo también alta mortalidad (aproximadamente de un 60%) de los amargosos (*A. aristei* y *A. glyptophlebia*) por alta densidad de siembra, aunque estas especies son más resistentes a la competencia que los tunos (*M. ligustrina* y *M. summa*) y la reventadera (*G. myrsinoides*) mencionadas en el ecosistema de páramo. Las demás especies registraron una mortalidad menor al 15 %.

En cuanto al crecimiento en la zona de germinación, se puede observar que las especies presentaron un incremento mayor, en comparación con las especies del ecosistema de páramo, ya que no se hallaron tasas de crecimiento mensual de entre 0,01 y 0,09 cm, sino tasas un poco más aceleradas, pero que aun así no superan 1 cm al mes (figura 3.29). La especie que presentó el mayor incremento mensual fue la uña de gato (*B. goudotii*), con 0,69 cm en cama de germinación, y la menor, el maíz tostado (*Myrsine dependens*), con 0,16 cm de incremento al mes. El mortiño (*H. goudotiana*) tuvo un crecimiento mensual de 0,46 cm, lo que concuerda con lo reportado por Rodríguez y Peña (1984).

Para el trasplante de las especies de este ecosistema se recomienda una altura mínima de 8 a 10 cm, a excepción del arrayán negro (*M. rhopaloides*) y el mortiño (*H. goudotiana*), que pueden ser trasplantados a una altura mínima de 5-6 cm. Las condiciones de luz para estas especies son intermedias y dadas por la estructura de la zona de crecimiento, aunque se recomienda ubicar al maíz tostado (*M. dependens*) y el palo blanco (*D. tenuifolium*) en una zona a la que llegue la luz un poco más.

La mortalidad en trasplante fue alta para la especie de uña de gato (*B. goudotii*; 90%), debido probablemente a que los individuos duraron mucho tiempo en la cama de germinación y la persistencia de la testa promueve la contaminación por hongos (Vargas et al., 2014). Las demás especies presentaron mortalidad menor al 30 %, pero los mejores resultados en trasplante los registró el arrayán negro (*M. rhopaloides*) y el tinto (*C. buxifolium*).

Ahora bien, en la fase de crecimiento rápido, la uña de gato (*B. goudotii*) tuvo el mayor registro al mes, en contraste con las demás especies pioneras (figura 3.30a), pues fue de 4,51 cm. Esta especie, junto con el maíz tostado (*M. dependens*), la tagua (*G. punctatum*), el mortiño (*H. goudotiana*) y el chilco negro (*B. prunifolia*),

es catalogada como una especie de lento crecimiento (CAR, 2012; Cogollo et al., 2020). Caso contrario a lo reportado en este documento para el crecimiento, bajo las condiciones climáticas tipo uno, de ña de gato (*B. goudotii*) y chilco negro (*B. prunifolia*), aunque sí se evidencia un lento crecimiento para el maíz tostado (*M. dependens*), pues su incremento mensual es de 0,66 cm al mes. Por último, el mortiño (*H. goudotiana*) reportó un incremento de 1,88 cm por mes, similar a los establecido por Rodríguez y Peña (1984), de 2 cm por mes.

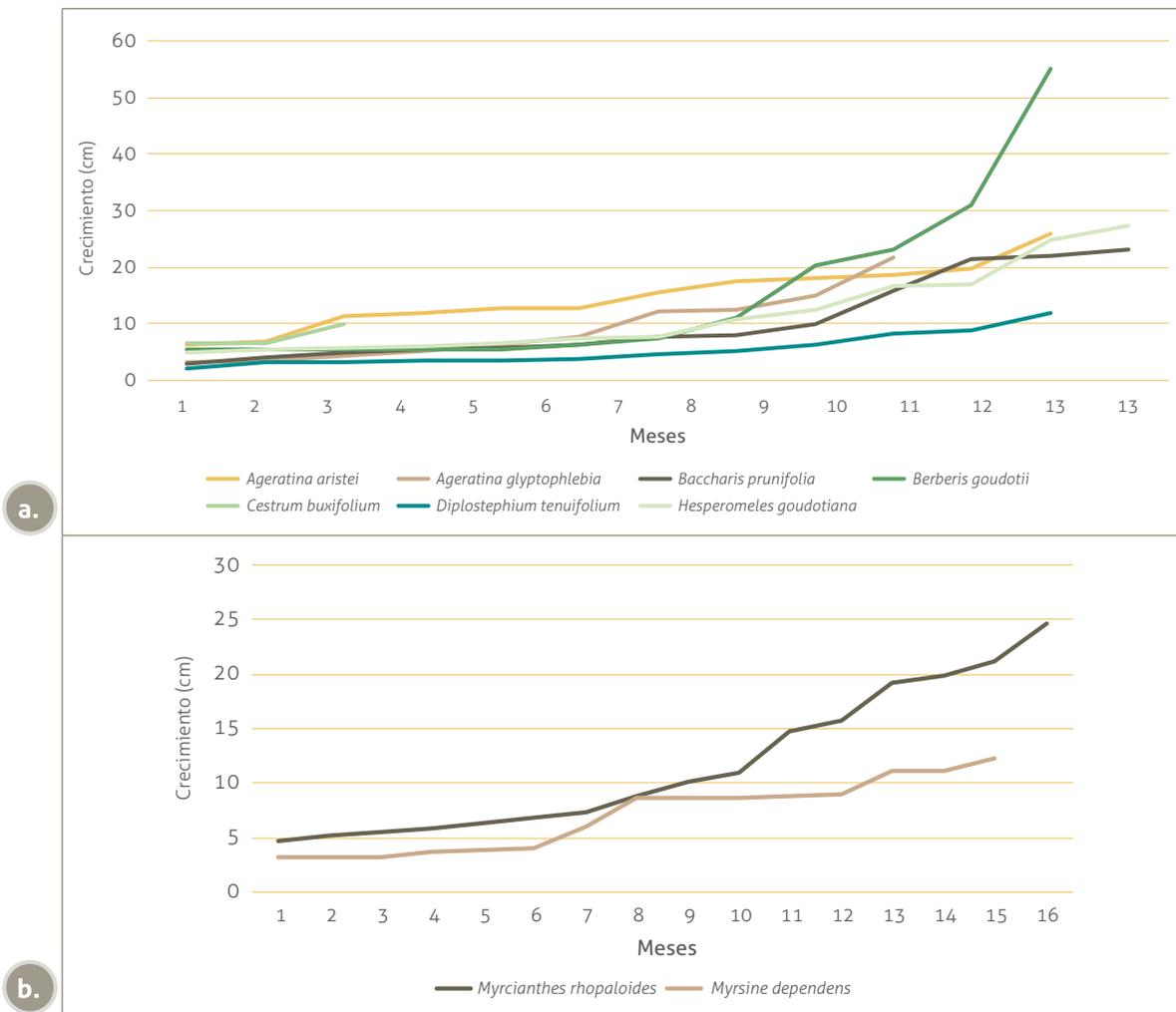


Figura 3.30. Curvas de crecimiento en bolsa para las especies de la zona de transición páramo-bosque altoandino por etapa sucesional. a) Especies de etapa pionera y b) especies de etapa avanzada

Nota. No están todas las especies, ya que algunas no se han trasplantado o llevan muy poco tiempo en bolsa. Las líneas cortas corresponden al tiempo transcurrido del trasplante, a la fecha de análisis de estos datos.

Fuente: elaboración propia.



En general, la producción de especies de la zona de transición páramo-bosque altoandino presenta alturas entre 30 y 50 cm, medida óptima para sembrarlas en terreno. Esta altura se alcanzó después de aproximadamente un año y medio de iniciada la recolección de semillas en campo. El crecimiento y la germinación son más homogéneos en comparación con las especies del ecosistema de páramo; lo clave aquí es la recolección de semillas y su calidad.

3.1.4.3. Ecosistema de bosque altoandino

Se recolectaron 21 lotes de semilla de las nueve especies del ecosistema de bosque altoandino listadas en la figura 3.18. Las técnicas de recolección fueron tijeras para las especies del tipo de fruto cápsula, cipsela y folículo, y recolección manual para los frutos carnosos y legumbre. De estos lotes recolectados, ninguno fue marcado con fuente semillera. La figura 3.31 representa la cantidad de recolecciones por tipo de fruto y se halló una mayor representación de legumbres, ya que el lupino (*Lupinus interruptus*) tiene a una alta demanda dentro del proyecto; al igual que el blanquillo (*Ageratina asclepiadea*) y el amargoso (*Ageratina boyacensis*).

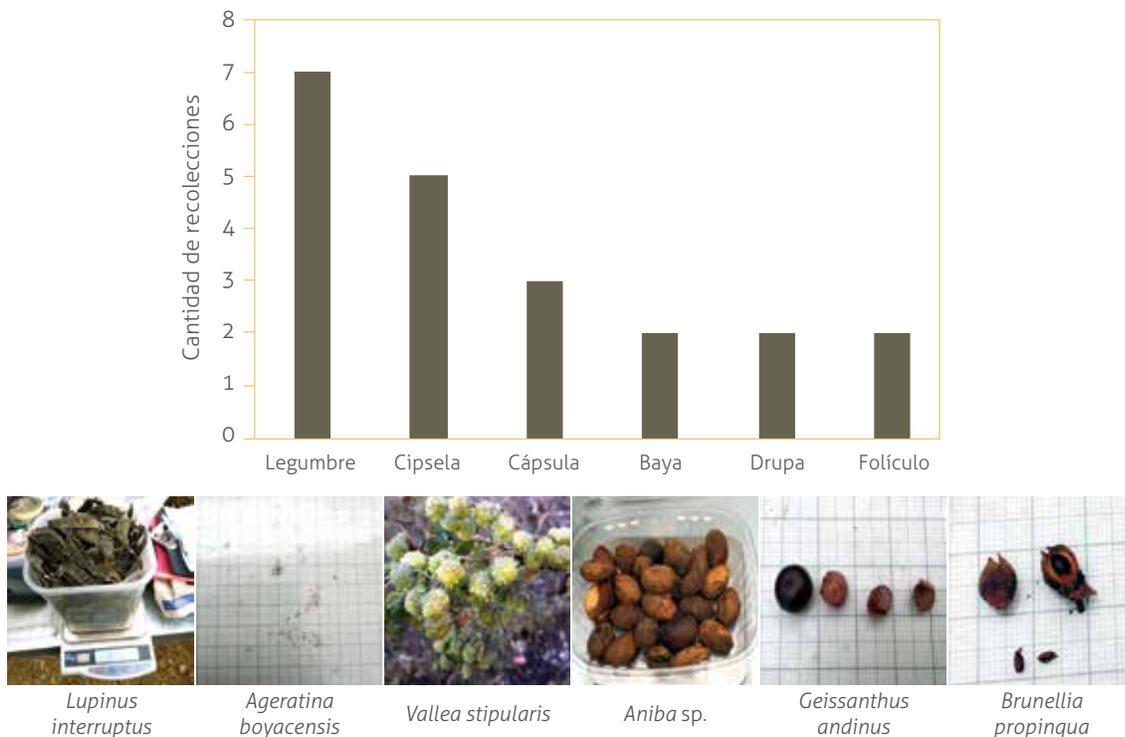


Figura 3.31. Cantidad de recolecciones por tipo de fruto en el ecosistema de bosque altoandino

Fuente: elaboración propia.

En la figura 3.32 se observa el contraste entre el promedio del peso recolectado por frutos de la especie y el peso promedio de las semillas después del proceso de beneficio. Las especies con igual promedio de peso son las del fruto cipsela; mientras que el amarillo (*Aniba* sp., recolectada en Mundo Nuevo) ingresó al vivero casi limpia; por esto, es mínima la diferencia entre preso fruto y semilla. El caso de las especies de frutos carnosos ya se ha mencionado en los anteriores capítulos y aplica de la misma forma para los frutos de canelo (*Drimys granadensis*) y aguado (*Geissanthus andinus*). Al igual que los tipos cápsula, folículo y legumbre, el peso del fruto es mayor en comparación con las semillas de tamaño pequeño a diminuto que las contienen.

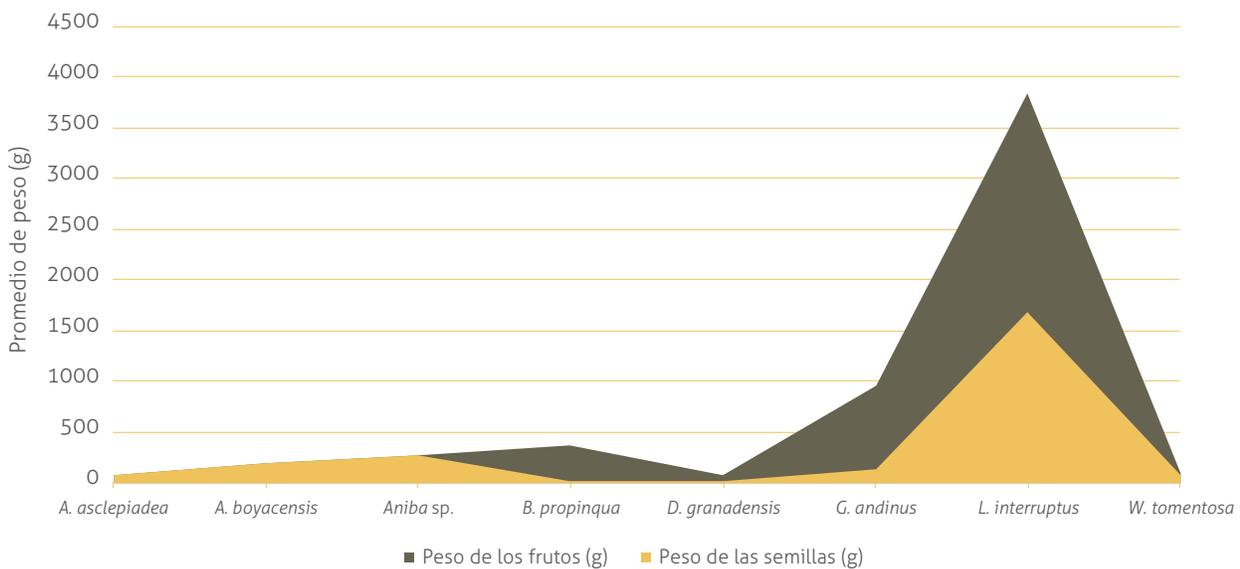


Figura 3.32. Relación de peso de fruto-peso semillas de especies de la zona de transición páramo-bosque altoandino

Fuente: elaboración propia.

En la figura 3.33 se resume la información del fruto y semilla por especie recolectada, a excepción del blanquillo (*A. asclepiadea*), amargoso (*A. boyacensis*) y encenillo (*Weinmannia tomentosa*), ya que fueron ingresos antiguos y no se había establecido el protocolo de toma de datos. Se encontró que el fruto más grande corresponde al amarillo (*Aniba* sp.), con 5,28 cm de alto × 2,01 cm de ancho; en la recolección de esta especie se debe tener precaución, ya que puede presentar perforaciones por larvas. La más pequeña fue la del cedrillo (*Brunellia propinqua*), un folículo de dispersión barocora que, al madurar, se abre para dispersar la semilla por gravedad (CAR, 2012). En cuanto a las semillas, la mayoría son de



tamaño mediano y grande (una especie) con testa dura y media, lo que podría indicar que estas especies poseen latencia exógena-endógena (Bosques & Semillas et al., 2019).

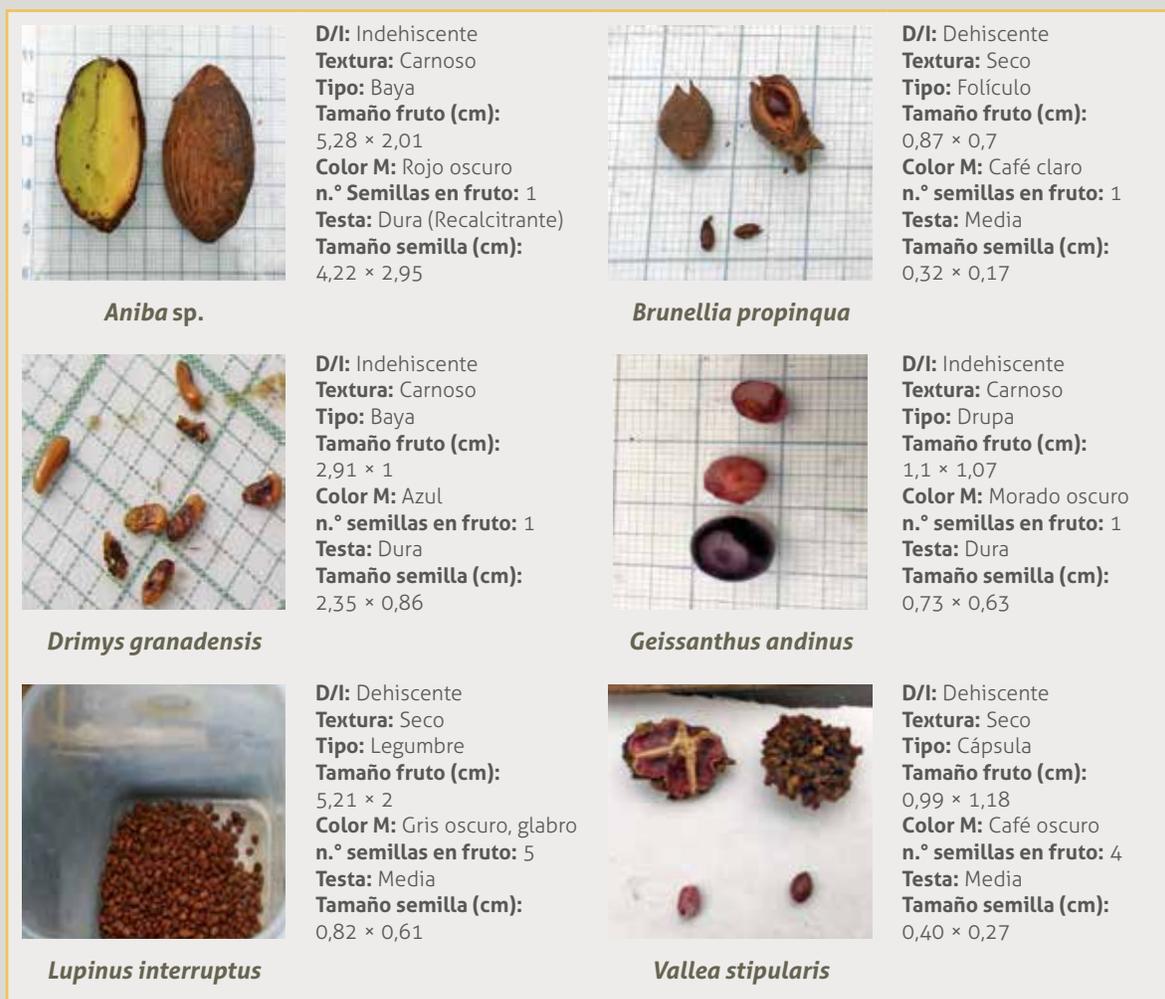


Figura 3.33. Datos de frutos y semillas por especie del ecosistema de bosque altoandino

D/I: dehiscente o indehiscente; color M: color del fruto maduro.

Fuente: elaboración propia.

De las especies mencionadas se realizaron 48 jornadas de propagación, bajo las condiciones climáticas tipo uno: al voleo en cama de germinación para el blanquillo (*A. asclepiadea*), el amargoso (*A. boyacensis*), el cedrillo (*B. propinqua*) y el encenillo (*W. tomentosa*); en surcos para las semillas medianas, y en bolsa para las semillas del amarillo (*Aniba sp.*; recomendable bolsa grande) y el lupino (*L. interruptus*; en

bolsa común). Se hizo prueba de germinación en tubetes para el lupino (*L. interruptus*); pero la respuesta fue desfavorable, ya que cuando cumplían una altura de 20 cm, el crecimiento se detenía y a los pocos días se registraba la mortalidad del 100% de la muestra.

Estas especies resisten un poco más de luz en germinación, comparadas con los ecosistemas anteriores, así que se puede ubicar en una zona de polisombra más abierta en germinación, a excepción del cedrillo (*B. propinqua*), que tanto en germinación como en crecimiento prefiere áreas con menos luz.

El encenillo (*W. tomentosa*) no germinó y, posiblemente, ello esté ligado a que no se aplicó ningún tratamiento pregerminativo para romper la latencia fisiológica de estas semillas (Bosques & Semillas et al., 2019). Ahora bien, en la tabla 3.15 se detallan los resultados de germinación para las tres especies del grupo uno. En general, son de rápido crecimiento y germinación, mostraron excelentes resultados en la producción de material vegetal y son muy resistentes, en especial el amargoso (*A. boyacensis*).

Tabla 3.15. Información de germinación para especies del grupo uno del ecosistema de bosque altoandino

| Especie | Cantidad propagada (g) | Días de inicio | Duración del proceso | Cantidad germinada |
|------------------------------|------------------------|----------------|----------------------|--------------------|
| <i>Ageratina asclepiadea</i> | 52,5 | 23 | 84 | 14.950 |
| <i>Ageratina boyacensis</i> | 69 | 14 | 78 | 14.103 |
| <i>Brunellia propinqua</i> | 9,8 | 124 | 136 | 62 |

Fuente: elaboración propia.

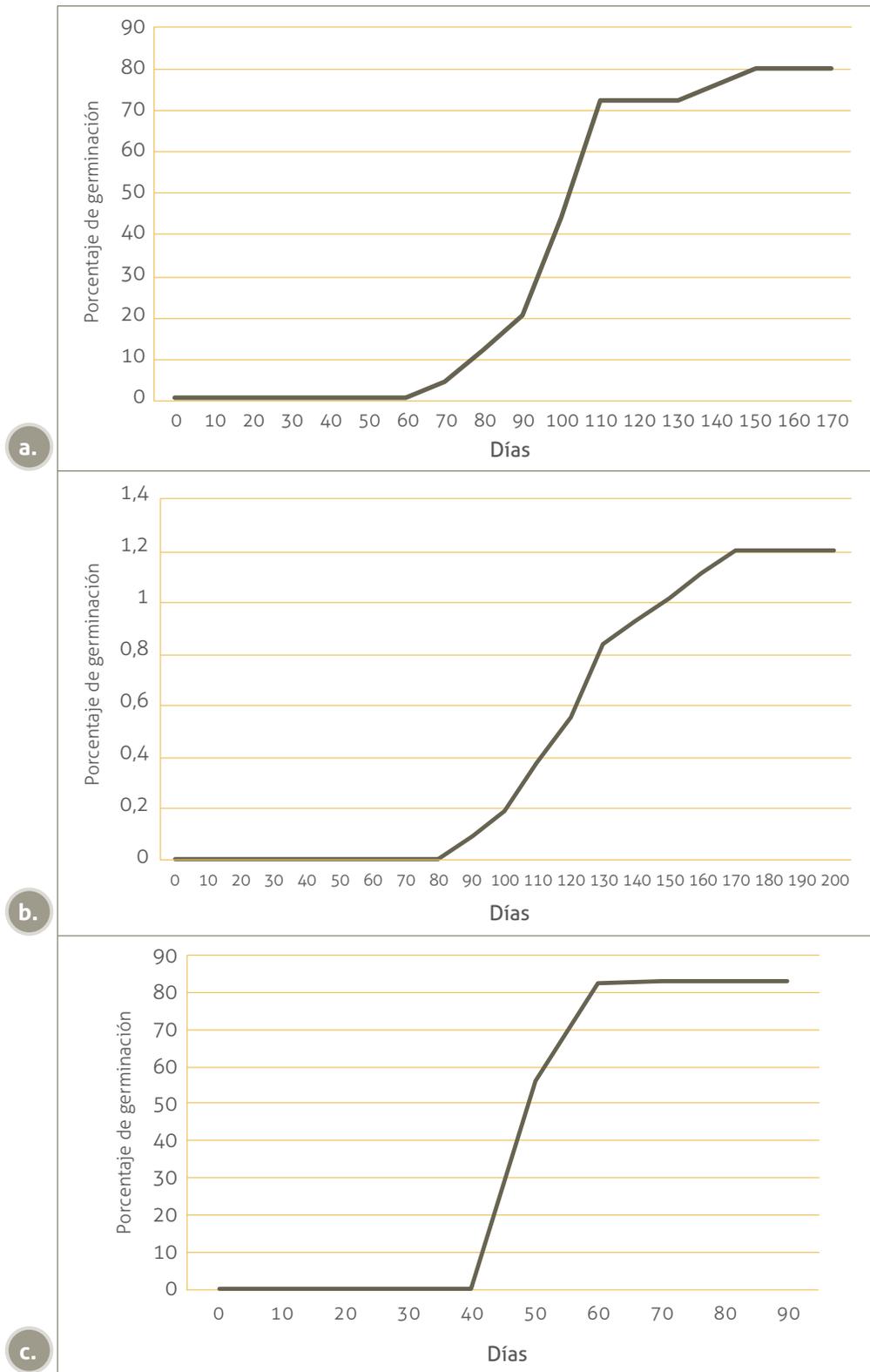
Entre tanto, la germinación del cedrillo (*B. propinqua*) fue lenta y germinaron pocos individuos, lo que podría estar relacionado con la latencia de las semillas y el sustrato de siembra. No se encontró información secundaria de esta especie, pero sí de otra de este mismo género, para la que se menciona que sin tratamiento pregerminativo y un sustrato adecuado no germinan exitosamente las semillas (Gómez et al., 2013).



Respecto al grupo dos, al canelo (*D. granadensis*; figura 3.34b) se le aplicó tratamiento en giberelinas y registró el porcentaje de germinación más bajo (USG: 1,21 %); las semillas germinaron individualmente en un espacio largo de tiempo. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Castañeda et al. (2006), pues tras la aplicación de un tratamiento con giberelinas, obtuvieron un porcentaje de germinación de esta especie del 2,01 %. De igual forma, determinaron que esta especie es fotoblástica, es decir, requiere sombra de entre un 30 % y un 60 % que otorgue el estímulo lumínico ideal para el desarrollo del embrión.

El raque (*Vallea stipularis*; figura 3.34e) obtuvo un porcentaje de germinación del 35,81 %, resultados similares a lo obtenido por Rodríguez y Peña (1984), quienes lograron una germinación del 30 %, con un tiempo de inicio máximo de 60 días y 70 días de periodo total. Según lo observado, se recomienda sembrar poco después que el fruto abra y asegurar una buena disponibilidad de agua en cama de germinación. Además, presenta buenos resultados en la germinación y trasplante, aparte de que es una especie de fácil propagación.

El amarillo (*Aniba* sp.; figura 3.34a) registró una buena germinación (USG = 80 %), alta pureza y viabilidad (100 %), lo que se ve reflejado en los índices de resumen. Esta especie es recalcitrante, por lo que se recomienda propagar inmediatamente después de la recolección. El aguado (*G. andinus*; figura 3.34c) tuvo una germinación similar (USG = 82,94 %), alta pureza y viabilidad. Se recomienda propagar inmediatamente después de la recolección o aplicar experimentos de almacenamiento en frío para determinar su viabilidad. Por último, en la figura 3.34d se encuentran las pruebas de germinación para el lupino (*L. interruptus*), una sin tratamiento pregerminativo y la otra con escarificación mecánica de la testa. Es ampliamente conocido que las especies del género *Lupinus* tienen un excelente desempeño en germinación y crecimiento; pero lo que se puede ver aquí es que si bien al no aplicar ningún tratamiento la respuesta es positiva, la escarificación otorga un porcentaje de germinación de casi el 100 %.



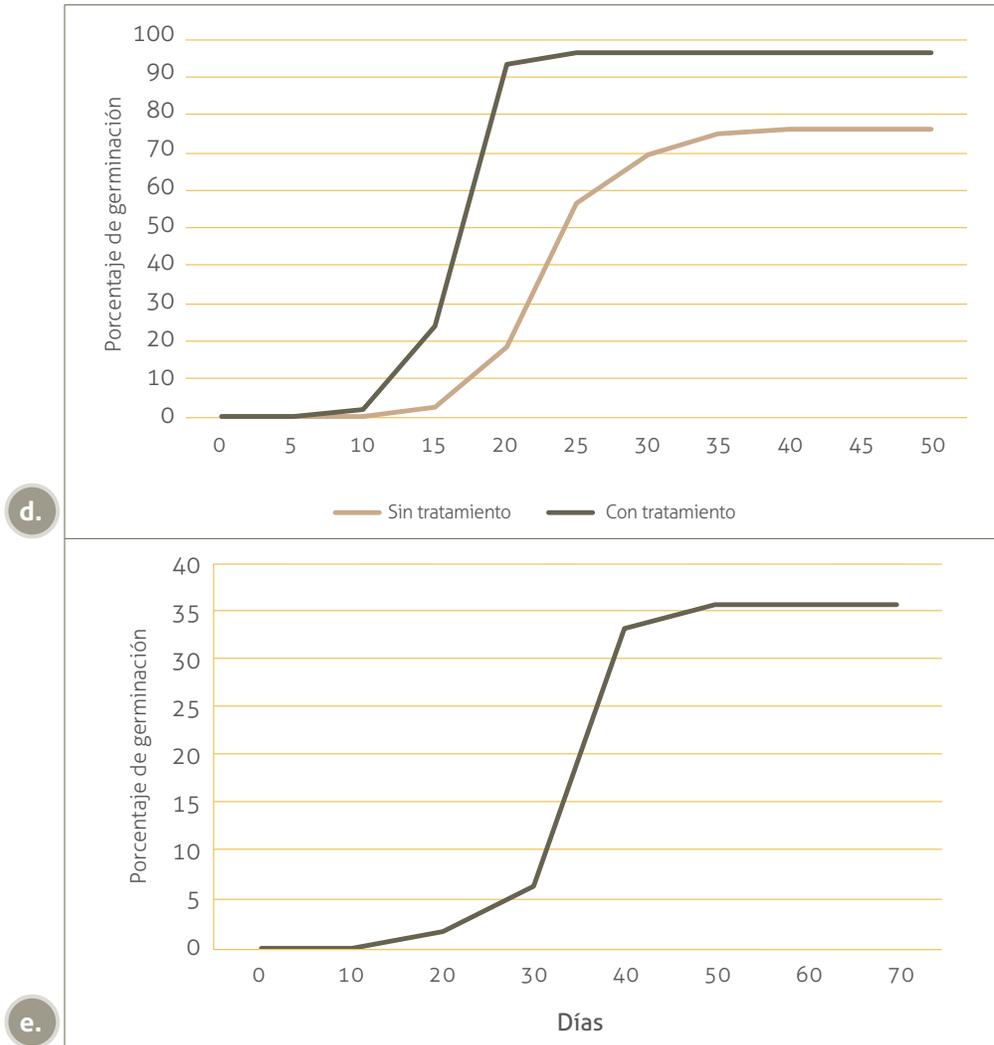


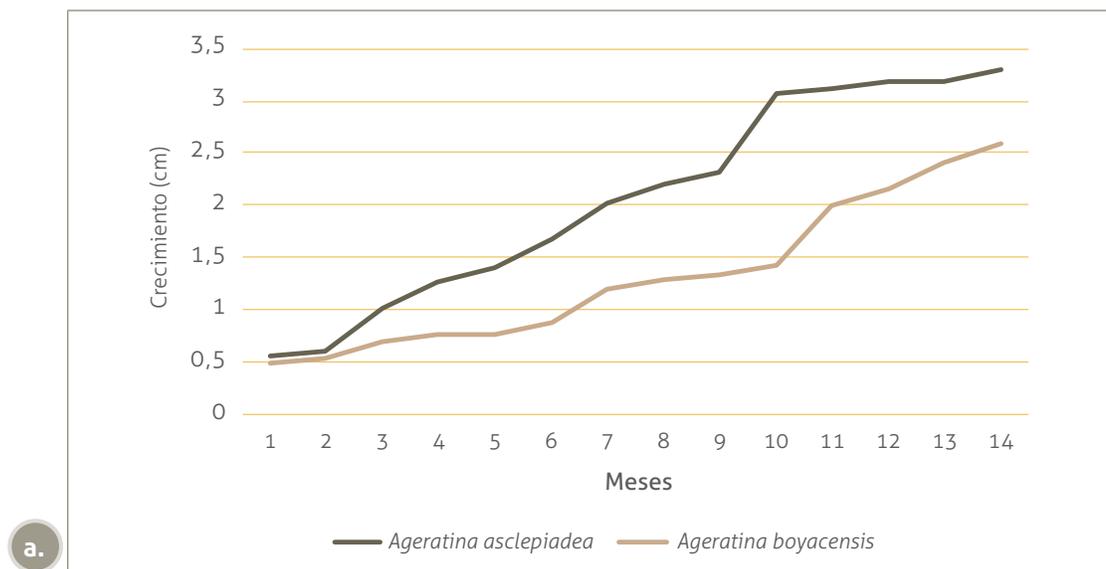
Figura 3.34. Curvas de germinación para el grupo dos de especies del ecosistema altoandino. a) *Aniba* sp., b) *Drimys granadensis*, c) *Geissanthus andinus*, d) *Lupinus interruptus* y e) *Vallea stipularis*

Fuente: elaboración propia.

La mortalidad en cama de germinación fue baja para todas las especies, aunque la que registró la mortalidad máxima fue el blanquillo (*A. asclepiadea*), con un 29%; seguida por el cedrillo (*B. propinqua*), con un 12,24%; el canelo (*D. granadensis*) y el aguado (*G. andinus*), con un 8% y un 7%, respectivamente, y el amargoso (*A. boyacensis*) y el amarillo (*Aniba* sp.), con un 0%.

En cuanto al crecimiento en cama, se observó en las especies un incremento similar a lo reportado en los ecosistemas de zona de transición, aunque en este ecosistema se empieza a evidenciar una tasa mensual de cerca de 1 cm para dos especies. La que registró mayor incremento mensual fue el raque (*V. stipularis*), con 1,5 cm al mes, lo que concuerda con lo referenciado por Rodríguez y Peña (1984). La siguiente especie con mayor incremento mensual fue el aguado (*G. andinus*), con 0,99 cm, la cual llegó a los 4,54 cm después de cinco meses de iniciada la germinación.

El cedrillo (*B. propinqua*) y el canelo (*D. granadensis*) registraron tasas de 0,41 y 0,35, respectivamente. Se puede observar en la curva de crecimiento de la figura 3.35b que para estas especies fue más lento en comparación con el aguado (*G. andinus*), ya que alcanzaron una altura mayor a 4 cm después de 8 meses en cama de germinación. El amargoso (*A. boyacensis*) y el blanquillo (*A. asclepiadea*) mostraron una tasa de crecimiento lenta en comparación con las demás especies, pero este resultado es inusual, ya que se consideran especies pioneras de rápido crecimiento. Ello fue ralentizado por la alta densidad de siembra, si bien no se vio afectada la supervivencia, sí el desarrollo vegetativo. Esto se pudo corroborar en el momento de trasplantar y liberar espacio en cama.



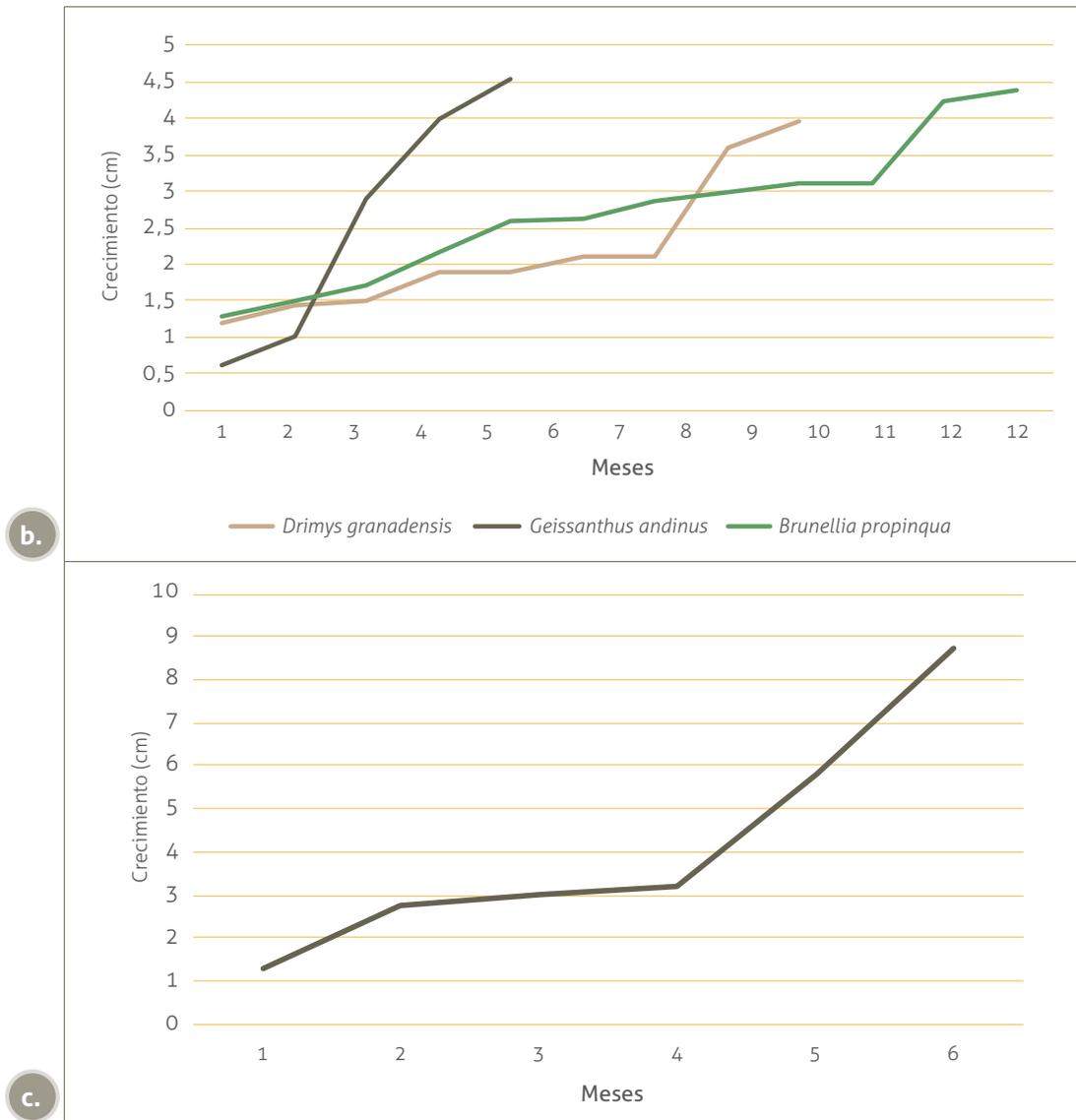


Figura 3.35. Curvas de crecimiento en germinador para las especies del ecosistema de bosque altoandino. a) Especies de etapa pionera, b) especies de etapa intermedia y c) *Vallea stipularis*

Nota. Las líneas cortas corresponden al tiempo que estuvieron en cama hasta el trasplante.

Fuente: elaboración propia.

El amarillo (*Aniba* sp.) y el lupino (*L. interruptus*) permanecen en bolsa hasta ser llevados a campo o hacer mantenimiento, por lo que en la figura 3.36 se muestran las curvas de crecimiento desde la propagación hasta la fecha de análisis de datos. Como es usual, el lupino muestra un crecimiento acelerado, porque se anotó una tasa de crecimiento mensual de 6,66 cm. Para esta especie se recomienda

colocar tutores a partir de los 30 cm. Entre tanto, el amarillo (*Aniba* sp.) tuvo una tasa de 1,66 cm, para una altura después de 9 meses de germinación de 13,7 cm, lo que sugiere un crecimiento intermedio.

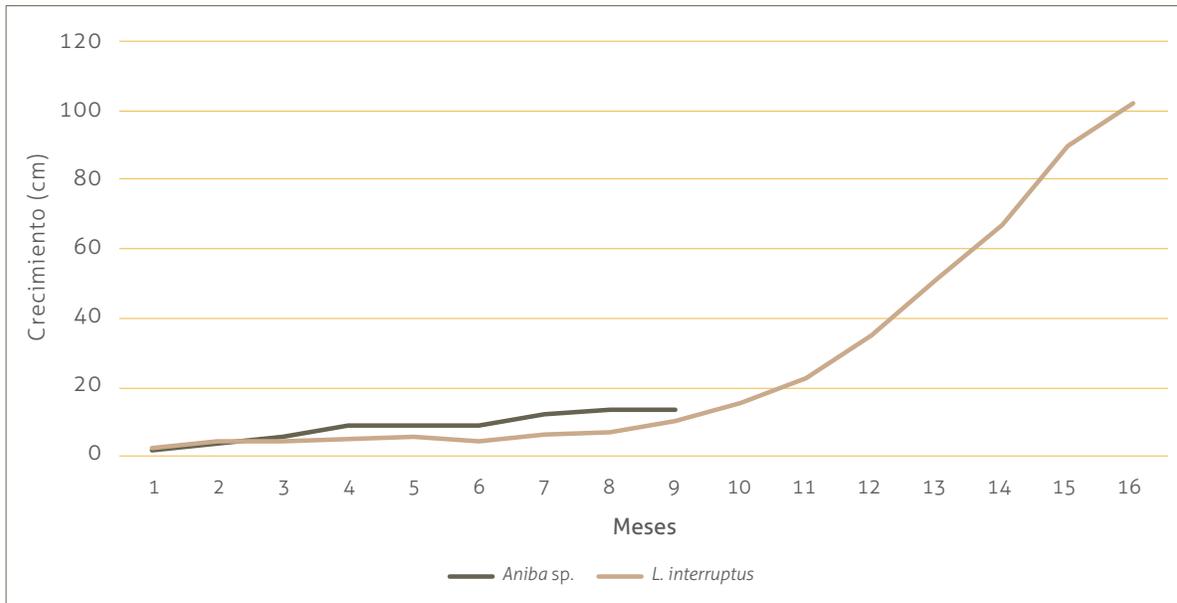


Figura 3.36. Curvas de crecimiento en bolsa para el amarillo (*Aniba* sp.) y el lupino (*Lupinus interruptus*)

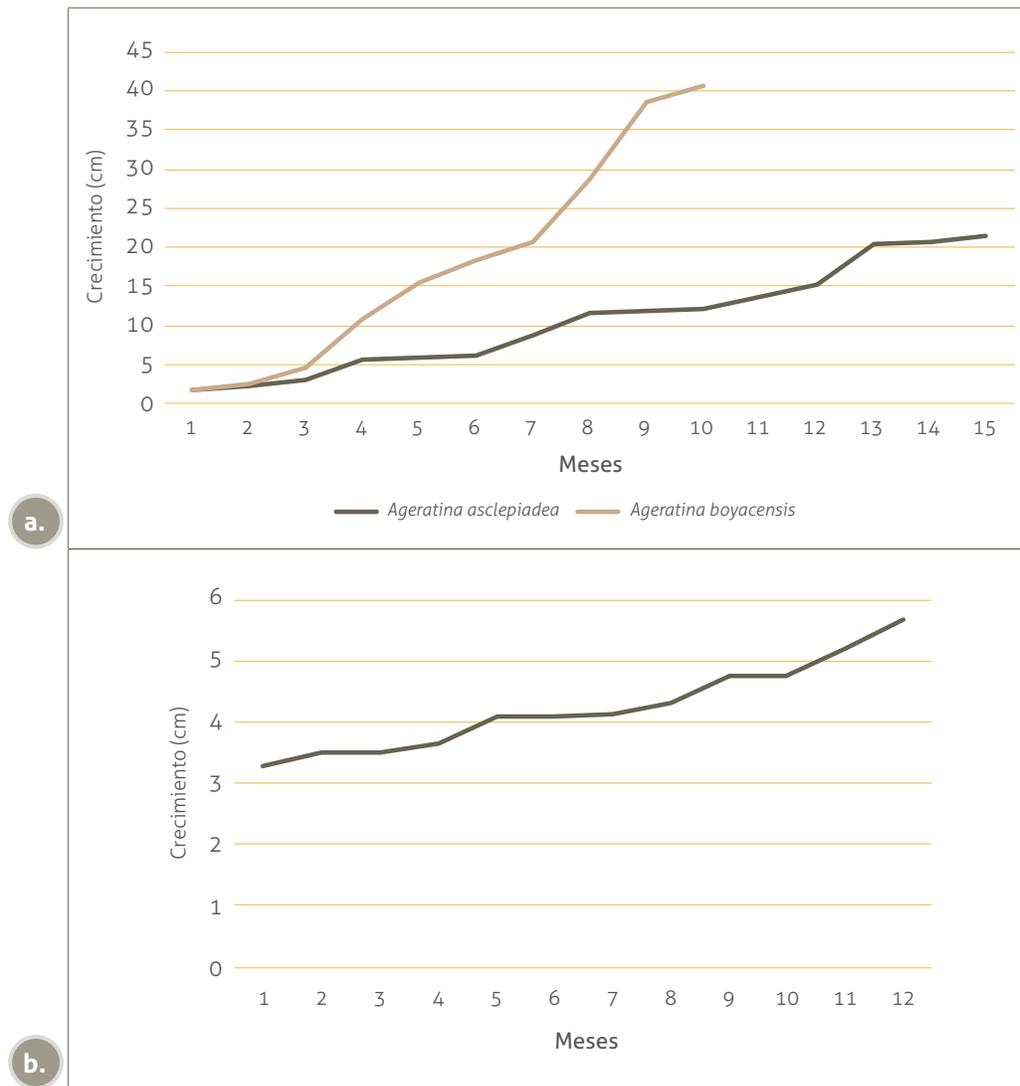
Fuente: elaboración propia.

Para el trasplante de las especies de este ecosistema, se recomienda una altura mínima de 8 a 10 cm. Respecto a la luminosidad de la zona de trasplante, el amargoso (*A. boyacensis*), el blanquillo (*A. asclepiadea*) y el raque (*V. stipularis*) no tienen un requerimiento especial, ya que pueden organizarse en la zona de crecimiento y obtener buenos resultados. El amarillo (*Aniba* sp.), el canelo (*D. granadensis*), el aguado (*G. andinus*) y el cedrillo (*B. propinqua*) sí deben permanecer en un área con sombra media-alta para no afectar su crecimiento, al ser especies umbrófilas. La mortalidad fue alta para el cedrillo (*B. propinqua*), pues en los primeros trasplantes la especie se organizó en un área de mucha incidencia de luz.

Ahora bien, en la fase de crecimiento rápido, el raque (*V. stipularis*; figura 3.37c) fue la que registró el mayor incremento mensual (8,52 cm), resultado similar al documentado por Vargas y Jiménez (2017). Esto quiere decir que el raque está listo para siembra en campo en un año a partir de la recolección de las semillas y que es la especie de producción más rápida hasta el momento.



Por su parte, el amargoso (*A. boyacensis*; figura 3.37a) obtuvo una tasa de incremento mensual de 4,33 cm. En efecto, es una especie de rápido crecimiento, y como se mencionó, resistente a variaciones ambientales. El banquillo (*A. asclepiadea*) reportó un crecimiento mensual de 1,41 cm al mes, y conforme a los resultados de este capítulo, el cedrillo (*B. propinqua*; figura 3.37b) registró la tasa de crecimiento más baja, 0,22 cm al mes.



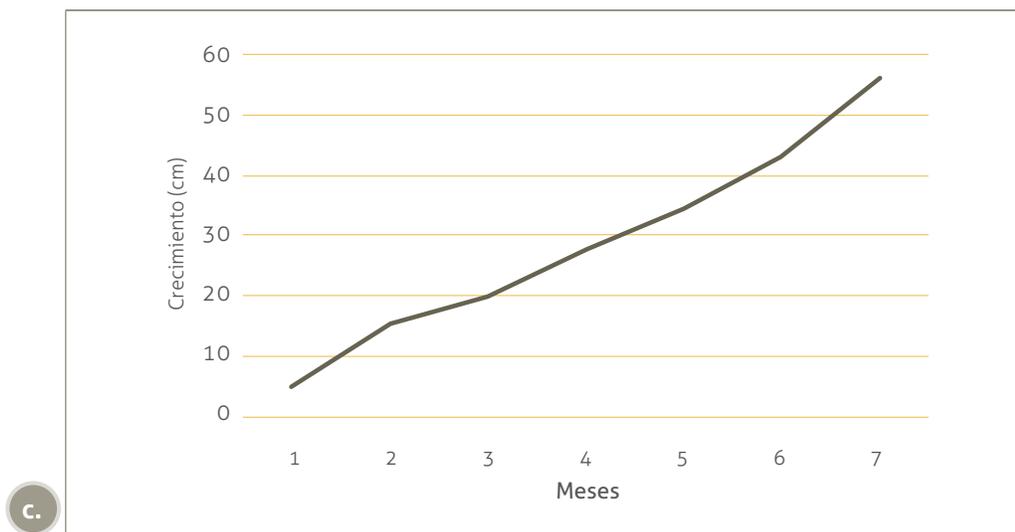


Figura 3.37. Curvas de crecimiento en bolsa para las especies del ecosistema de bosque altoandino. a) Especies de etapa pionera, b) *Brunellia propinqua* y c) *Vallea stipularis*

Nota. No están todas las especies, ya que algunas no se han trasplantado o llevan muy poco tiempo en bolsa. Las líneas cortas corresponden al tiempo transcurrido del trasplante, a la fecha de análisis de estos datos.

Fuente: elaboración propia.

En general, la producción de especies del ecosistema de bosque altoandino está lista para la siembra, es decir, con alturas de entre 30 y 50 cm, después de aproximadamente un año y medio de iniciada la recolección de semillas en campo, al igual que los resultados obtenidos para la zona de transición. El aspecto clave de estas especies es proveer las condiciones de luz/sombra específicos, lo que resulta fácil si las zonas del vivero se organizan con base en estas características.

3.1.4.4. Especies de amplio rango: bosque altoandino y bosque andino

Se recolectaron 37 lotes de semillas de las 12 especies de amplio rango, catalogadas como especies de "Ecosistema de bosque altoandino y ecosistema de bosque andino", listadas en la figura 3.18. Las técnicas utilizadas fueron tijeras para los frutos tipo cipsela y drupa; manual, para frutos tipo baya, drupa y glande, y frutos caídos para tomatillo (*Solanum oblongifolium*) y nogal (*Juglans neotropica*). De estos lotes, solamente uno de roble (*Quercus humboldtii*) fue marcado con fuente semillera del predio Peñas Blancas. En la figura 3.38 se representa la cantidad de recolecciones por tipo de fruto. Las especies de esta agrupación empiezan a tener morfologías más robustas, así como árboles de gran tamaño con troncos gruesos, frutos grandes y que se extienden en un amplio rango altitudinal.



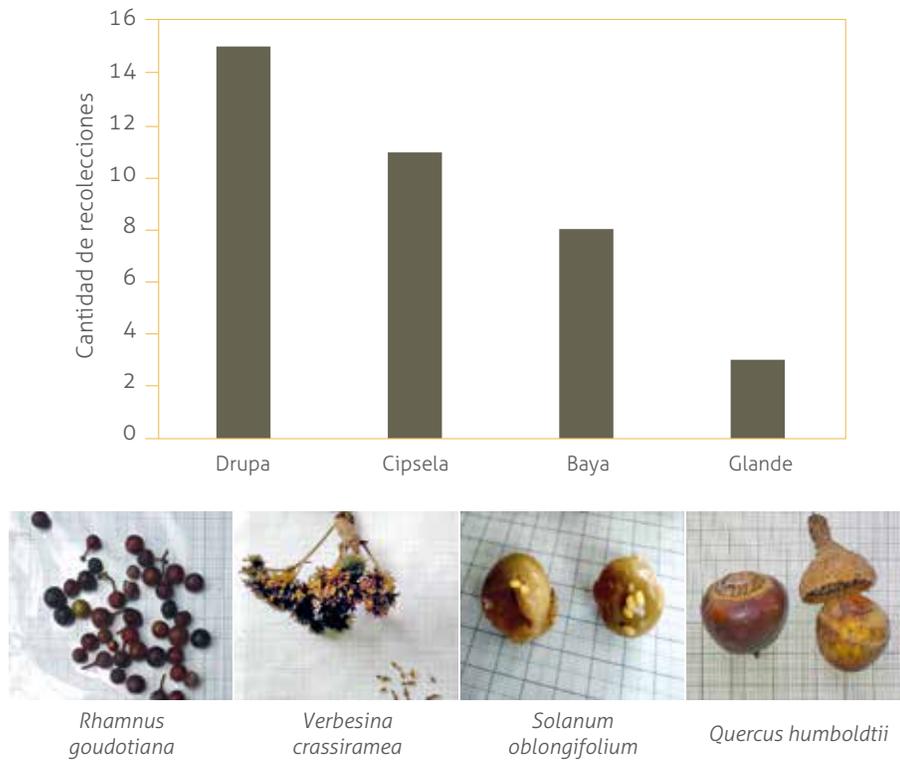


Figura 3.38. Cantidad de recolecciones por tipo de fruto en los ecosistemas de bosque altoandino y bosque andino

Fuente: elaboración propia.

En la figura 3.39 se expone el contraste entre el promedio del peso recolectado por especie y el peso promedio de las semillas después del proceso de beneficio. En primera instancia, hay un mayor equilibrio entre los pesos de los frutos y los de las semillas, en contraste con los ecosistemas anteriores. Esto se relaciona con la presencia persistente de tipos de fruto cipsela que, como se ha explicado, registran el mismo peso; pero también con las semillas de nuevas especies registradas, por ejemplo, las semillas del nogal (*J. neotropica*), que son leñosas y están recubiertas por una delgada carnosidad, lo que equilibra la relación del peso entre ambas estructuras.

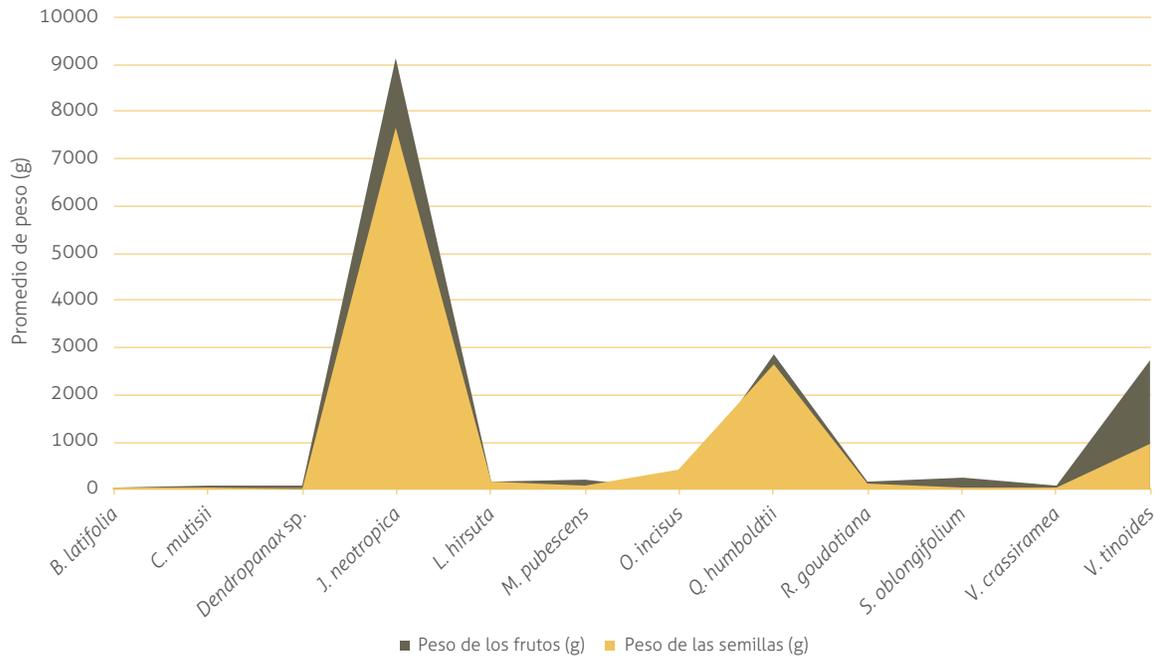


Figura 3.39. Relación de peso de fruto-peso semillas de especies de los ecosistemas de bosque altoandino y bosque andino

Fuente: elaboración propia.

En la figura 3.40 se resume la información del fruto y semilla por especie recolectada, a excepción de mano de oso (*Oreopanax incisus*), ya que fue un ingreso antiguo, y únicamente se presenta información de la semilla de pategallo (*Dendropanax sp.*), pues ingresó beneficiada al vivero. Se encontró que el nogal (*J. neotropica*) y el roble (*Q. humboldtii*) registraron los mayores tamaños de fruto; mientras que el chilco (*Baccharis latifolia*) y el laurel (*Morella pubescens*), los menores tamaños. Los frutos del laurel (*M. pubescens*) deben presentar una coloración morada; de ahí que se recomienda dejarlos en agua al clima dos días y extraer la semilla macerando sobre una superficie dura, pues en ocasiones es difícil la limpieza por la cera que libera el fruto (Luna, 2014). Por último, las semillas de tamaño mediano a grande se reconocen como recalcitrantes, por lo que es importante propagarlas una vez realizada la recolección.

De las especies mencionadas en la primera parte del capítulo se realizaron 56 propagaciones, bajo las condiciones climáticas tipo uno (2988 m.s.n.m.), ubicadas en Guasca, y tipo dos (2179 m.s.n.m.), ubicadas en Bojacá. Las técnicas en ambos casos fueron en bolsa y en cama especial de cascarilla para semillas grandes de roble (*Q. humboldtii*) y nogal (*J. neotropica*), enterrando la punta de la semilla y



dejando solo la superficie descubierta. En surcos para semillas medianas de colorado (*Rhamnus goudotiana*), tinto (*Cestrum mutisii*), laurel (*M. pubescens*), mano de oso (*O. incisus*) y garrocho (*Viburnum tinoides*), y al voleo para el chilco (*B. latifolia*), el tomatillo (*S. oblongifolium*), la cocua (*Verbesina crassiramea*) y el salvio blanco (*Lippia hirsuta*). El pategallo (*Dendropanax* sp.) no germinó, posiblemente, porque era una semilla antigua que perdió su viabilidad al ser propagada. En la tabla 3.16 se destacan los resultados de germinación para las cinco especies del grupo uno, de las cuales únicamente la cocua (*V. crassiramea*) se propagó bajo ambas condiciones climáticas. Por ende, el chilco (*B. latifolia*), el laurel (*M. pubescens*) y el mano de oso (*O. incisus*) se propagaron bajo las condiciones climáticas tipo uno.

Tabla 3.16. Germinación para especies del grupo uno de los ecosistemas de bosque altoandino y bosque andino

| Especie | Cantidad propagada (g) | Días de inicio | Duración del proceso | Cantidad germinada |
|-------------------------------|------------------------|----------------|----------------------|--------------------|
| <i>Baccharis latifolia</i> | 10,6 | 22 | 22 | 1800 |
| <i>Lippia hirsuta</i> | 173,2 | 68 | 28 | 2265 |
| <i>Morella pubescens</i> | 60,7 | 24 | 71 | 814 |
| <i>Oreopanax incisus</i> | 431,1 | 61 | 31 | 7150 |
| <i>Verbesina crassiramea</i> | 6,8 | 11 | 31 | 804 |
| <i>Verbesina crassiramea*</i> | 11,8 | 9 | 13 | 1863 |

* Este lote de *V. crassiramea* se propagó bajo condiciones climáticas tipo dos.

Fuente: elaboración propia.

Se encontró que el chilco (*B. latifolia*) arrojó un bajo porcentaje de germinación, según lo reportado en la literatura (Castañeda et al., 2006). Esto puede estar relacionado con la forma de siembra al voleo y que, como se ha mencionado a lo largo de este capítulo, repercute de manera negativa en la germinación y crecimiento de las plántulas.

El laurel (*M. pubescens*) se propagó con estratificación en agua caliente y registró un inicio de proceso germinativo de 24 días y duración de 71, para un total de 814 plántulas. Según Rodríguez y Peña (1984), esta especie inicia su proceso germinativo a los 35 días y dura 60 días, con un porcentaje de germinación del 15 % e indican que en 1 kg hay un total de 4500-5000 semillas.



D/I: Indehiscente
Textura: Seco
Tipo: Cipsela
Tamaño fruto (cm): 0,29 × 1,34
Color M: Blanco con negro
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): 0,11 × 0,034

Baccharis latifolia



Cestrum mutisii

D/I: Indehiscente
Textura: Carnoso
Tipo: Baya
Tamaño fruto (cm): 0,78 × 0,87
Color M: Morado oscuro
n.º semillas en fruto: 3
Testa: Dura
Tamaño semilla (cm): 0,38 × 0,47



Dendropanax sp.

D/I: SI
Textura: SI
Tipo: SI
Tamaño fruto (cm): SI
Color M: SI
n.º semillas en fruto: SI
Testa: Dura
Tamaño semilla (cm): 1,2 × 0,6



D/I: Indehiscente
Textura: Carnoso
Tipo: Drupa
Tamaño fruto (cm): 5,67 × 5,02
Color M: Negro opaco
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Dura
Tamaño semilla (cm): 5,02 × 3,73

Juglans neotropica



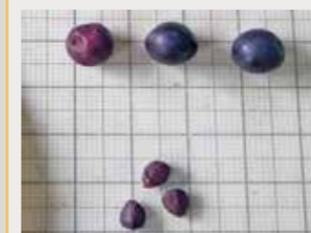
Morella pubescens

D/I: Indehiscente
Textura: Carnoso
Tipo: Drupa
Tamaño fruto (cm): 0,5 × 0,45
Color M: Morado oscuro
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Dura
Tamaño semilla (cm): 0,4 × 0,31



Quercus humboldtii

D/I: Indehiscente
Textura: Seco
Tipo: Glande
Tamaño fruto (cm): 4,02 × 2,97
Color M: Madera
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Dura
Tamaño semilla (cm): 2,46 × 2,97



D/I: Indehiscente
Textura: Carnoso
Tipo: Drupa
Tamaño fruto (cm): 0,91 × 0,80
Color M: Morado oscuro
n.º semillas en fruto: 3
Testa: Dura
Tamaño semilla (cm): 0,62 × 0,50

Rhamnus goudotiana



Solanum oblongifolium

D/I: Indehiscente
Textura: Carnoso
Tipo: Baya
Tamaño fruto (cm): 1,74 × 1,79
Color M: Amarillo
n.º semillas en fruto: 95
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): 0,43 × 0,30



Verbesina crassiramea

D/I: Dehiscente
Textura: Seco
Tipo: Cipsela
Tamaño fruto (cm): 1,02 × 0,14
Color M: Beige
n.º semillas en fruto: Múltiples
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): 0,48 × 0,29



D/I: Indehiscente
Textura: Carnoso
Tipo: Drupa
Tamaño fruto (cm): 1,17 × 0,82
Color M: Morado oscuro
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Dura
Tamaño semilla (cm): 1,10 × 0,76

Viburnum tinoides

Figura 3.40. Datos de frutos y semillas por especie de los ecosistemas de bosque altoandino y bosque andino

D/I: dehiscente o indehiscente; color M: color del fruto maduro; SI: sin información.

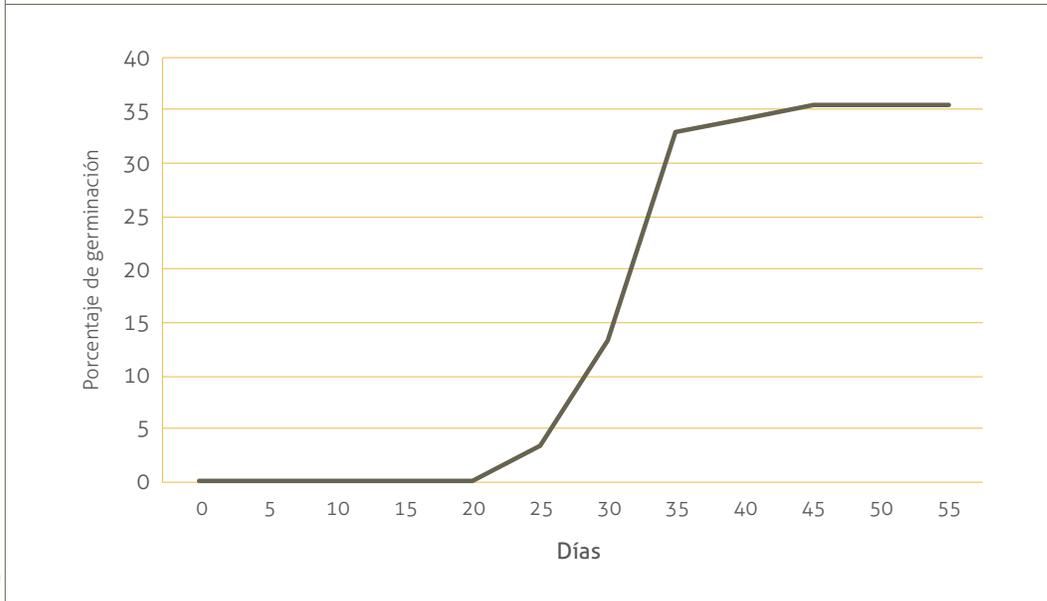
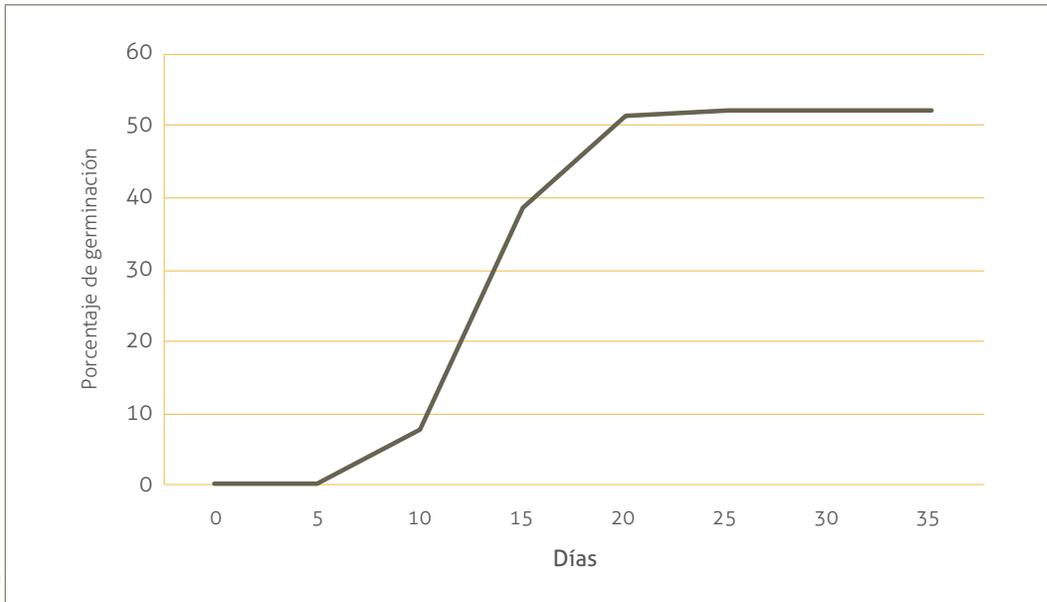
Fuente: elaboración propia.

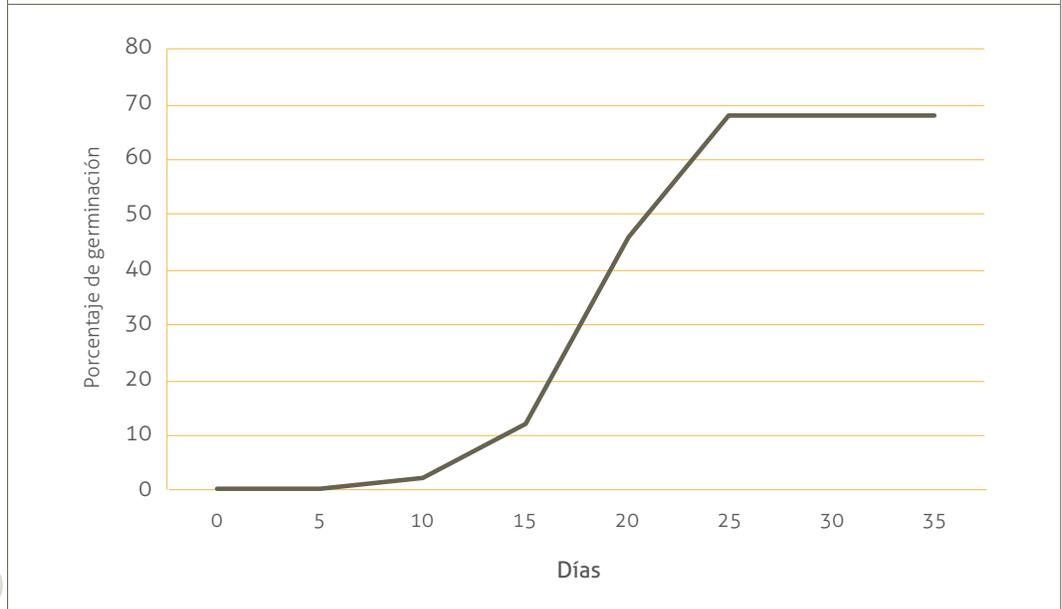
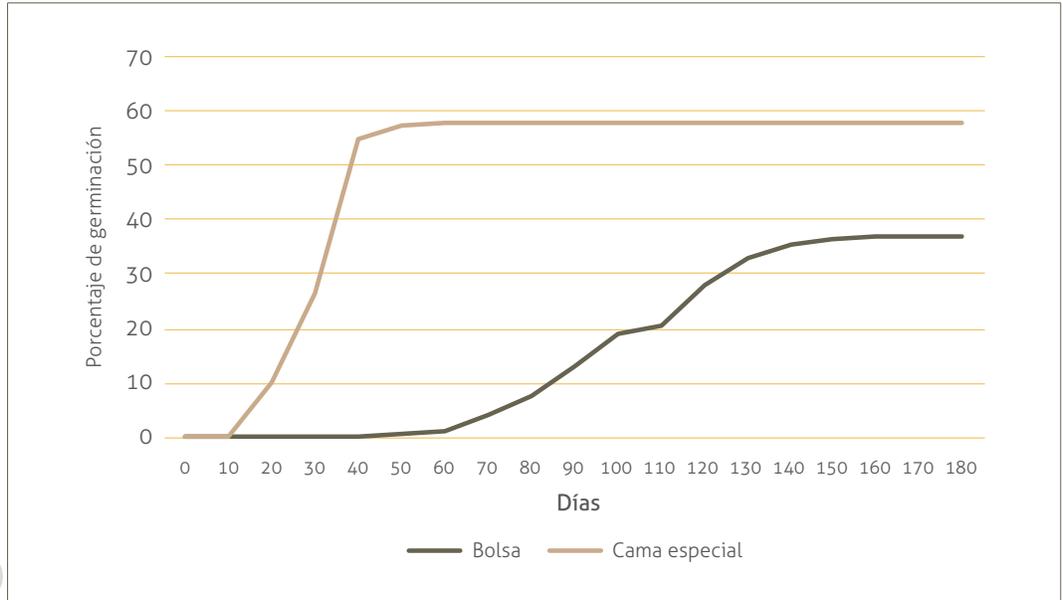
El mano de oso (*O. incisus*) es la especie que se conocía como *Oreopanax floribundum*, que a su vez es un basónimo de *Oreopanax floribundus* (ThePlantList, 2012; Tropicos®, 2020). De acuerdo con la literatura sobre el tema, esta especie reporta un 90% de germinación utilizando como sustrato arena, bajo condiciones normales de invernadero (Sierra et al., 2005). Como resultado de la experiencia de propagación, se registró un inicio de germinación de 61 días, una duración del proceso de 31 y un total de plántulas de 7150, lo que sugiere una germinación exitosa, aunque es difícil hacer una comparación asertiva, pues no se tiene el peso por determinada cantidad de semillas.

En la tabla 3.16 hay dos filas de cocua (*V. crassiramea*): la una corresponde a los datos de propagación bajo las condiciones climáticas tipo uno, y la otra, a las condiciones climáticas tipo dos. Como se puede observar, la germinación ocurrió más rápido en la condición climática tipo dos; pero en ambos casos se obtuvo una cantidad alta de plántulas germinadas. Ahora bien, teniendo en cuenta el peso de las semillas informado en la tabla 3.16 y contrastando con la información de Franco y Vargas (2009), se puede decir que a una altura menor (tipo dos) hubo una mejor germinación, pues fue de aproximadamente el 65,78%; mientras que en la condición climática tipo uno (mayor altura), la germinación fue del 49,26%.

Respecto al grupo dos, en la figura 3.41 se muestran los resultados de las pruebas de calidad de semilla nativa. El tinto (*C. mutisii*), el colorado (*R. goudotiana*), el tomatillo (*S. oblongifolium*) y el nogal (*J. neotropica*) fueron propagados bajo las condiciones climáticas tipo dos; en tanto que el roble (*Q. humboldtii*) y el garrocho (*V. tinoides*), bajo las condiciones climáticas tipo uno.







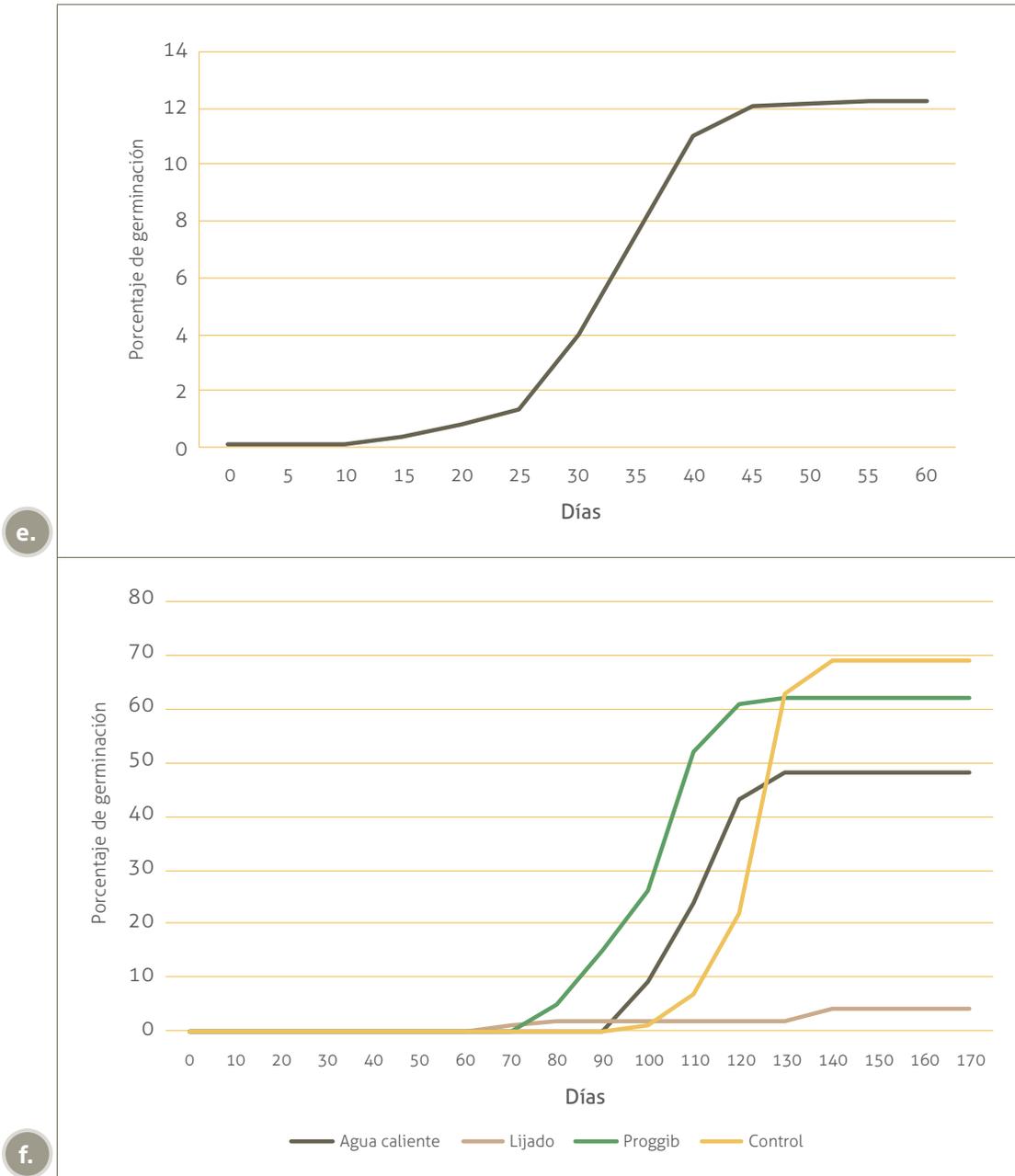


Figura 3.41. Curvas de germinación para el grupo dos de los ecosistemas de bosque altoandino y bosque andino: a) *Cestrum mutisii*, b) *Juglans neotropica*, d) *Rhamnus goudotiana* y e) *Solanum oblongifolium* bajo condición climática tipo dos; c) *Quercus humboldtii* y f) *Viburnum tinoides* bajo condición climática tipo uno

Fuente: elaboración propia.

El tinto (*C. mutisii*; figura 3.41a) y el colorado (*R. goudotiana*; figura 3.41d), propagados sin tratamiento pregerminativo, arrojaron un 51,88% y un 67,79% de germinación (USG), respectivamente. El tomatillo (*S. oblongifolium*), propagado en bandejas sin tratamientos pregerminativos, arrojó un 12,08% de germinación (USG), un 70% de pureza (USP) y una viabilidad del 60% (USV). Para la viabilidad se revisó si la semilla estaba rota en el centro, ya que allí se ubica el embrión de tipo anular. Según la literatura, esta especie produce una alta cantidad de semillas viables, y es de rápida y fácil germinación (Gómez, 2011), por lo que probablemente la técnica de siembra al voleo afectó su desempeño.

El nogal (*J. neotropica*; figura 3.41b), propagado en cama especial de cascarilla, arrojó un porcentaje de germinación del 35,36% (USG), y el tiempo de germinación registrado es acorde con lo reportado en la literatura, pues tuvo su inicio entre los 23 y los 48 días, la aparición de la plúmula fue después de ocho días de la fisura de la semilla y finalizó después de uno o dos meses (Gómez & Toro, 2007; Rodríguez & Peña, 1984).

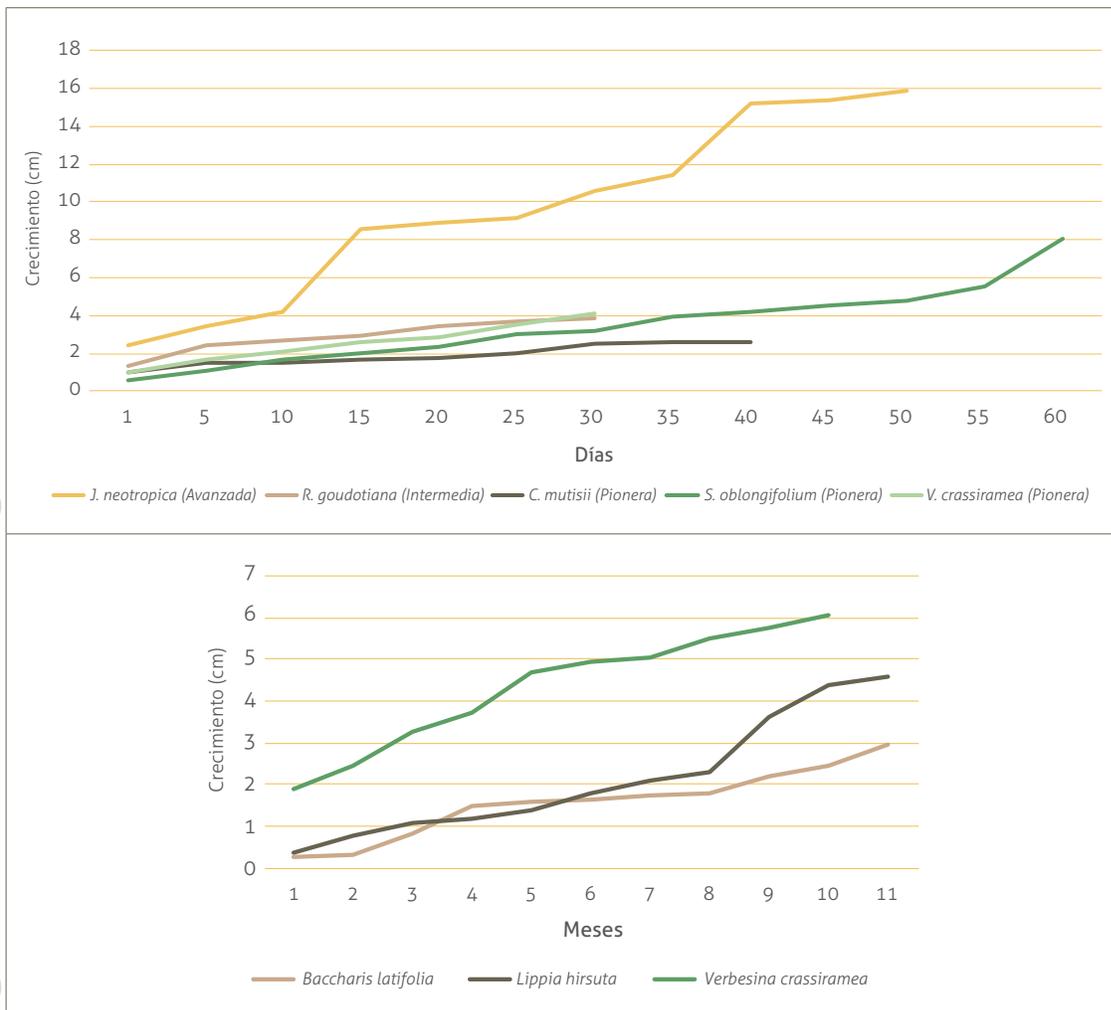
El roble (*Q. humboldtii*) se propagó de dos formas: en cama especial de cascarilla con una cubierta de plástico hasta que germinan (después se retira) y directo en bolsa. El mejor resultado de germinación se obtuvo en cama especial, con un 57,91% (USG); mientras que en bolsa fue del 36,98% (figura 3.41c). De acuerdo con la literatura, esta especie sembrada en una mezcla de arena y tierra germina después de uno o dos meses (Espinosa & López, 2019) o en bolsa a los 30-50 días (CAR, 2012) y tiene un porcentaje de germinación del 80% (Rodríguez & Peña, 1984).

Por último, se realizaron diferentes jornadas de siembra de garrocho (*V. tinoides*). En la primera, la germinación se registró aproximadamente a los 52 días y finalizó cerca de los 152; estas semillas se beneficiaron y secaron por tres días. Posteriormente, en otra jornada de propagación se aplicó el protocolo de análisis de calidad de la semilla con diferentes tratamientos pregerminativos (figura 3.41f); pero en esta ocasión las semillas se beneficiaron y sembraron inmediatamente en cama. El tratamiento que registró los mejores resultados fue el control (solo el beneficio), con un 69% de USG, y en hormona, con un 62% de USG; seguido por la estratificación en agua caliente, con el 48% de USG, y el lijado, con 4% de USG. En la literatura se encontró el 40,6% de germinación de esta especie sin tratamiento pregerminativo propagado en tierra (Velandia & Fajardo, 2004).



La mortalidad en cama de germinación fue baja para todas las especies, aun cuando la mayor mortalidad (14,69%) la registró el salvio blanco (*L. hirsuta*), y las menores, el roble en cama (*Q. humboldtii*), con un 4,30%, y el colorado (*R. goudotiana*), con un 2,45%. No se evidenció una diferencia significativa entre condiciones climáticas.

En cuanto al crecimiento en cama de germinación (figura 3.42), las especies propagadas en la condición climática tipo dos registraron mayor crecimiento, en contraste con aquellas propagadas en el tipo uno, a excepción de roble (*Q. humboldtii*). El nogal (*J. neotropica*) arrojó la mayor tasa de crecimiento, con 6,33 cm por mes; seguida por la cocua (*V. crassiramea*), con 4,12 cm por mes, y el roble (*Q. humboldtii*) en bolsa, con 3,34 cm por mes. Las demás especies tuvieron un crecimiento lento, siendo el mano de oso (*O. incisus*) la especie con menor incremento.



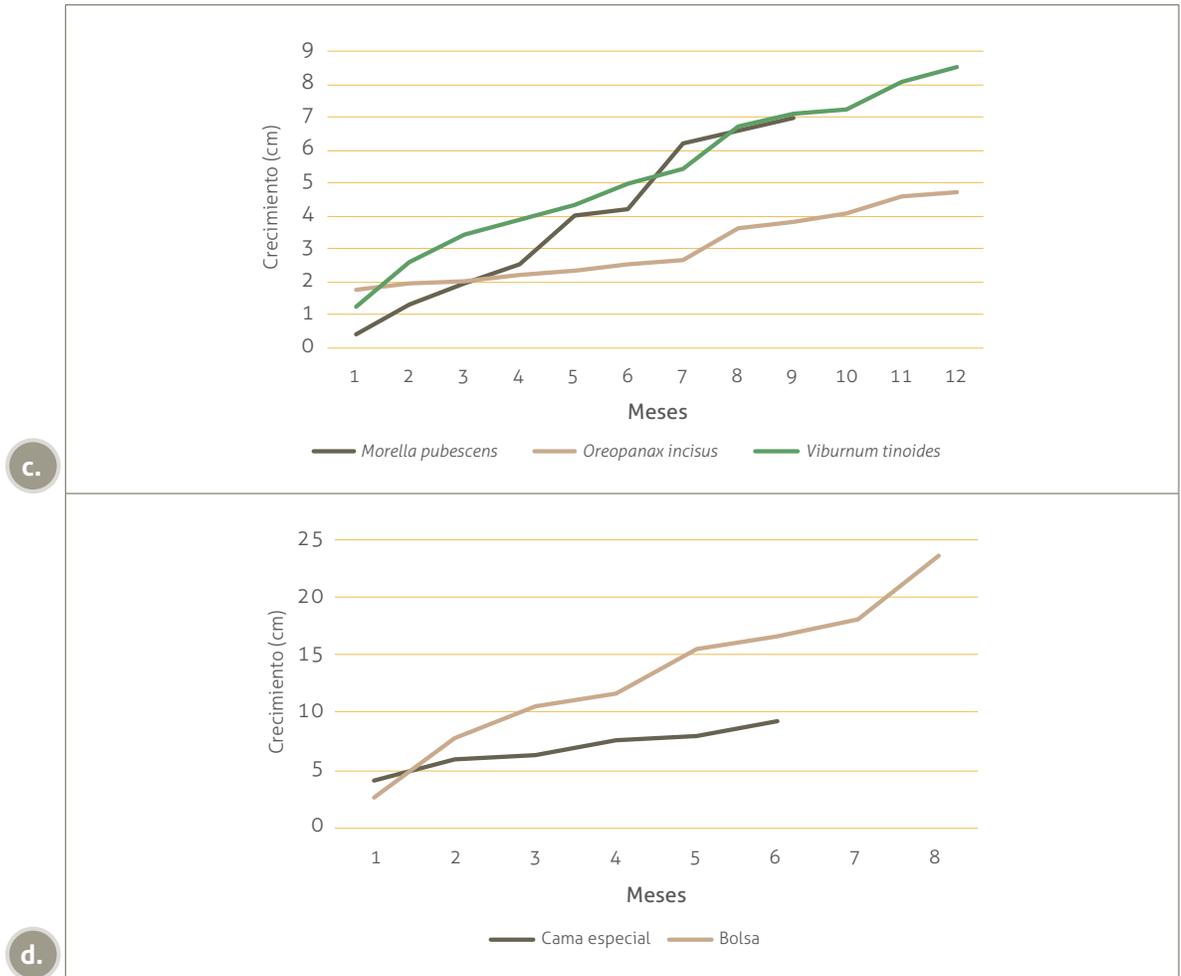


Figura 3.42. Curvas de crecimiento en germinador para las especies de los ecosistemas de bosque altoandino y bosque andino. a) Especies bajo condición climática tipo dos, b) especies de etapa pionera, c) especies de etapa intermedia y d) *Quercus humboldtii* bajo condición climática tipo uno

Nota. Las líneas cortas corresponden al tiempo que estuvieron en cama hasta el trasplante.

Fuente: elaboración propia.

Para el trasplante se recomienda extraer las plántulas de la cama a partir de los 5-10 cm. Respecto a la luminosidad en la zona de crecimiento, se recomienda luz media para todas las especies hasta que cumplen los 15-20 cm, dado que después de esa etapa necesitan luz alta. Así mismo, mantenerlas con buena humedad en el sustrato, sobre todo el chilco (*B. latifolia*), y podar un par de hojas para el trasplante, a excepción de la cocua (*V. crassiramea*).



Ahora bien, en la fase de crecimiento rápido, los resultados por condición climática fueron variables, ya que se encontró que el nogal (*J. neotropica*) registró la mayor tasa de crecimiento con 9,12 cm por mes; seguida por la cocua (*V. crassiramea*), con 7,45 cm por mes, lo que corresponde a lo reportado en la literatura (Vargas & Jiménez, 2017). Por otro lado, las especies que registraron menor crecimiento fueron el salvio blanco (*L. hirsuta*), con 0,76 cm al mes, y mano de oso (*O. incisus*), con 0,60 cm al mes, lo que se atribuye a un tiempo prolongado en cama de germinación (figura 3.43).



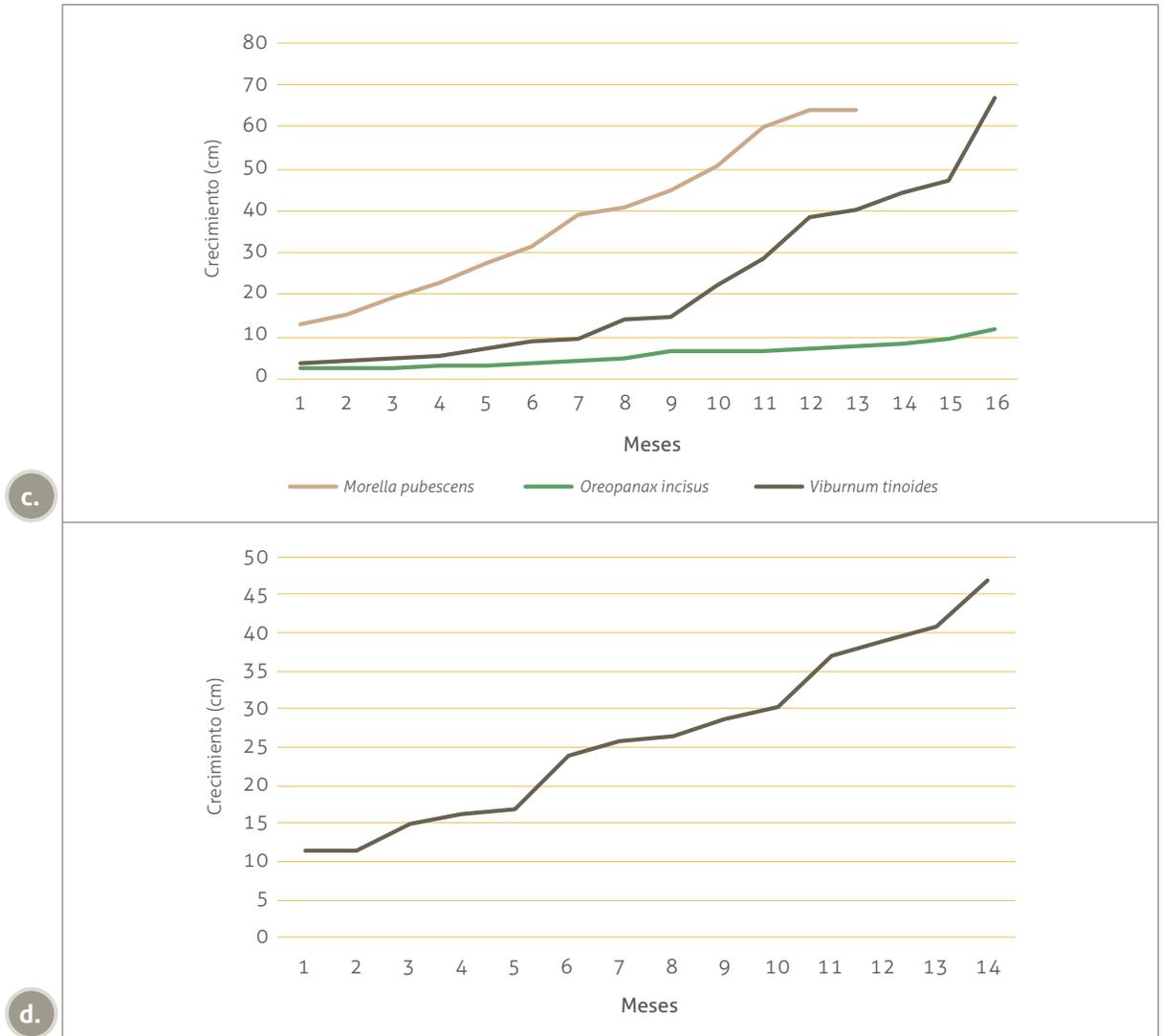


Figura 3.43. Curvas de crecimiento en bolsa para las especies de los ecosistemas de bosque altoandino y bosque andino. a) Especies bajo condición climática tipo dos; b) especies de etapa pionera, c) especies de etapa intermedia bajo condición climática tipo uno y d) *Quercus humboldtii* bajo condición climática tipo uno

Nota. No están todas las especies, ya que algunas no se han trasplantado o llevan muy poco tiempo en bolsa. Las líneas cortas corresponden al tiempo transcurrido del trasplante, a la fecha de análisis de estos datos.

Fuente: elaboración propia.

En general, la producción de especies mencionadas en esta sección estará lista para siembra, es decir, con alturas entre 30 y 50 cm, después de aproximadamente 8 a 10 meses bajo condiciones climáticas más cálidas, propias de las señaladas en el tipo dos y a una menor altura (2179 m.s.n.m.). Entre tanto, a una mayor



altura (tipo uno: 2988 m.s.n.m.), la producción de especies estará lista para campo entre 10 y 14 meses.

3.1.4.5. Ecosistema de bosque andino

Se recolectaron 39 lotes de semillas de las 15 especies del ecosistema de bosque andino, listadas en la figura 3.18. Las técnicas utilizadas fueron tijeras para los frutos tipo cápsula, cipsela, drupa y polifolículo, y manual, para los frutos tipo baya, cápsula y drupa. De estos lotes, ninguno fue marcado con fuente semillera. En la figura 3.44 se presenta la cantidad de recolecciones por tipo de fruto, y en este ecosistema, a diferencia de los demás, hubo una mayor frecuencia de recolección de frutos tipo drupa, sobre todo para el salvio (*Cordia cylindrostachya*), el café de monte (*Palicourea angustifolia*), el cafeto (*Palicourea demissa*) y el granizo (*Hedyosmum crenatum*); así como especies típicas de estas zonas: trompetero (*Bocconia frutescens*), sangregado (*Croton magdalenensis*), tunos (*Miconia floribunda* y *Miconia theaezans*) y jarilla (*Ageratina ampla*) (Hernández et al., 2011; Ramírez et al., 2001).

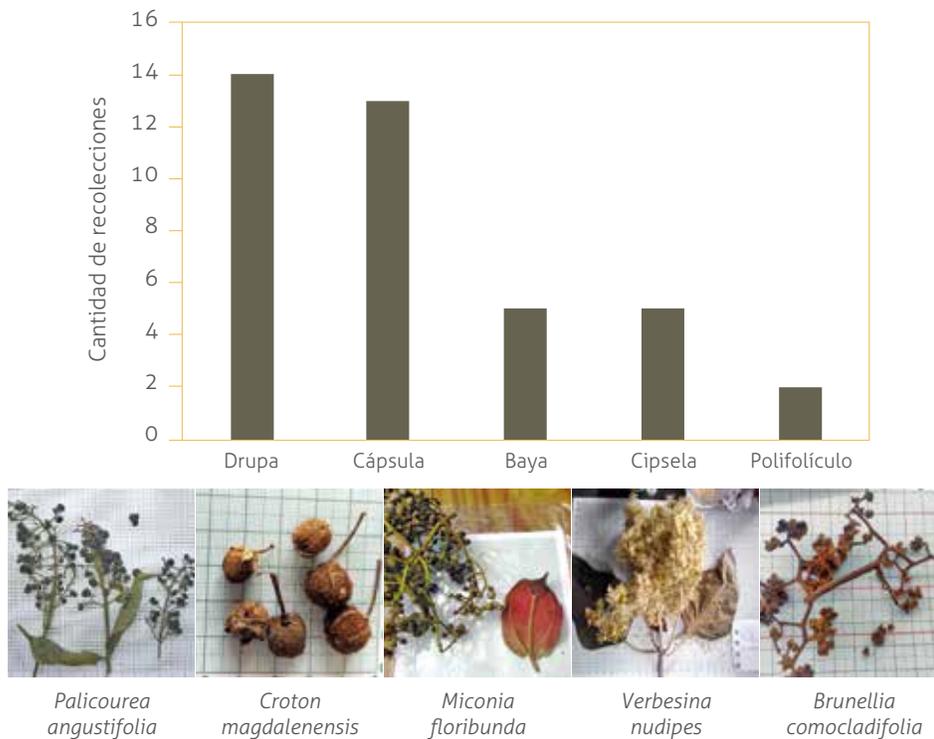


Figura 3.44. Cantidad de recolecciones por tipo de fruto para el ecosistema de bosque andino

Fuente: elaboración propia.

En la figura 3.45 se contrasta el promedio del peso recolectado por especie y el peso promedio de las semillas después del proceso de beneficio. En este ecosistema persisten los tipos de fruto cipsela, por lo que se evidencia el mismo patrón mencionado en las agrupaciones anteriores, peso de fruto igual a peso de semillas. También hay presencia de tipos de fruto cápsula, estructuras medianas a grandes que contienen semillas diminutas y frutos carnosos que contienen pocas o múltiples semillas; así como frutos y semillas grandes del amarillo (*Aniba panurensis*) y el maco (*Guarea kunthiana*).

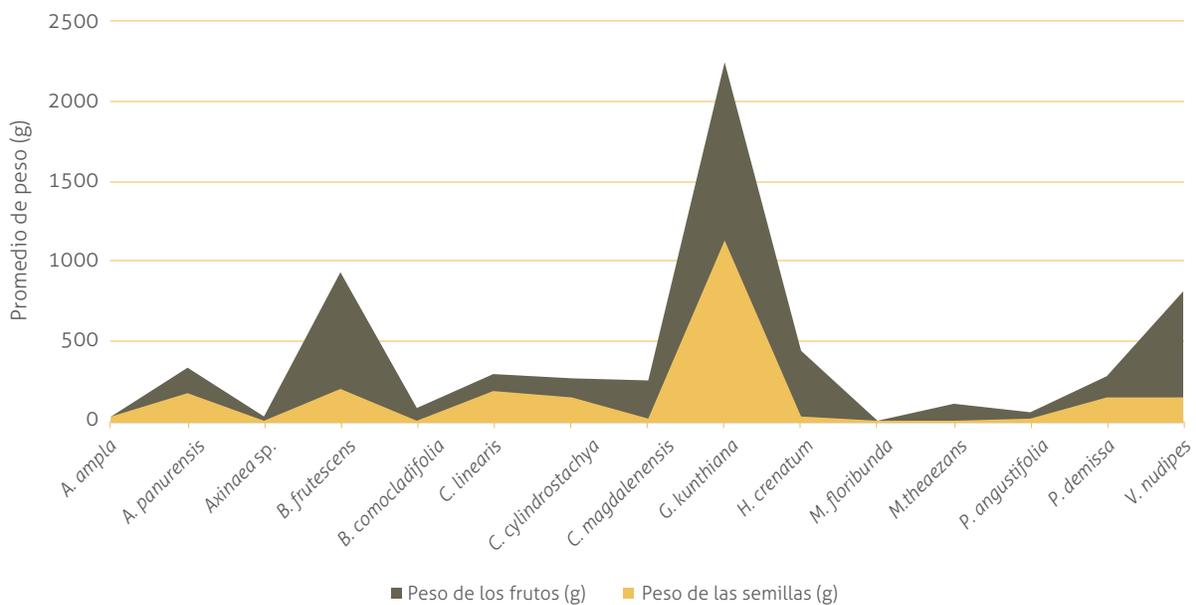


Figura 3.45. Relación de peso de fruto-peso semillas de especies del ecosistema de bosque andino

Fuente: elaboración propia.

En la figura 3.46 se resume la información del fruto y semilla por especie recolectada a excepción de la jarilla (*A. ampla*), ya que fue un ingreso antiguo. Ahora bien, es recomendable que los frutos del café de monte (*P. angustifolia*) y el cafeto (*P. demissa*) se recolecten en una coloración morada oscura-negra para que el beneficio en el vivero sea más eficiente. Los tunos (*Miconia* spp.) de este ecosistema presentan una coloración entre beige-blanco, por lo que es importante tenerlo en cuenta en el momento de la colecta. En el trompeto (*B. frutescens*), la cápsula debe estar completamente abierta y dejando ver la semilla negra brillante y el arilo rojo que la cubre parcialmente. Es importante tener precaución con



la colecta del amarillo (*A. panurensis*) y el maco (*G. kunthiana*), ya que es usual encontrar semillas con perforaciones y en estado de oxidación, lo que quiere decir que son recalcitrantes (Schmidt, 2018). Y como recomendación final del beneficio, usar guantes de carnaza para extraer las semillas del cedrillo (*Brunellia comocladifolia*), ya que las inflorescencias están recubiertas de pelos urticantes.

De las especies mencionadas se realizaron 42 jornadas de propagación bajo las condiciones climáticas señaladas: tipo uno (2988 m.s.n.m.) y tipo dos (2179 m.s.n.m.). Las técnicas de propagación fueron en bolsa para las semillas grandes, en surco para las semillas de tamaño medianas y al voleo para las semillas “diminutas” y de dispersión anemócora. Las condiciones de luz, temperatura y agua son las estándar, a excepción del cedrillo (*B. comocladifolia*), pues necesita un ambiente de sombra y humedad media-alta.

La palma chonta (*Chamaedorea linearis*) no germinó, posiblemente, porque es una semilla con testa muy dura y necesitaba un tratamiento germinativo de escarificación mecánica. Ahora bien, en la tabla 3.17 se resumen los resultados de germinación para las siete especies del grupo uno. No se encontró información secundaria de la propagación de estas, por lo que los resultados no se comparan o analizan con detalle.

Tabla 3.17. Germinación para especies del grupo uno del ecosistema de bosque andino

| Especie | Cantidad propagada (g) | Días de inicio | Duración del proceso | Cantidad germinada |
|---------------------------------|------------------------|----------------|----------------------|--------------------|
| <i>Ageratina ampla</i> | 55,5 | 21 | 67 | 19.220 |
| <i>Axinaea</i> sp.* | 10,1 | 11 | 16 | 2002 |
| <i>Brunellia comocladifolia</i> | 9,2 | 68 | 52 | 59 |
| <i>Hedyosmum crenatum</i> | 48,5 | 69 | 65 | 1632 |
| <i>Miconia floribunda</i> | 4,4 | 20 | 82 | 5368 |
| <i>Miconia theaezans</i> | 6,4 | 72 | 34 | 5002 |
| <i>Verbesina nudipes</i> | 217,1 | 49 | 28 | 8860 |

* Este lote de *Axinaea* sp. fue propagada bajo condiciones climáticas tipo dos.

Fuente: elaboración propia.



D/I: Indehiscente
Textura: Carnoso
Tipo: Baya
Tamaño fruto (cm): 3,22 × 2,18
Color M: Rojo oscuro
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Dura (Reclacitrante)
Tamaño semilla (cm): 2,76 × 1,91

Baccharis latifolia



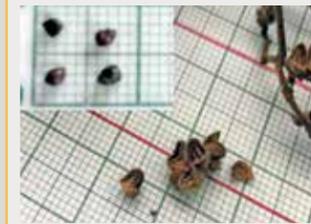
Axinaea sp.

D/I: Dehiscente
Textura: Seco
Tipo: Cápsula
Tamaño fruto (cm): 0,62 × 0,66
Color M: Café claro
n.º semillas en fruto: Múltiples
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): Diminuta



Bocconia frutescens

D/I: Dehiscente
Textura: Seco
Tipo: Cápsula
Tamaño fruto (cm): 1,5 × 0,9
Color M: Rojo
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Dura
Tamaño semilla (cm): 0,59 × 0,35



Brunellia comocladifolia

D/I: Dehiscente
Textura: Seco
Tipo: Polifolículo
Tamaño fruto (cm): 0,31 × 0,28
Color M: Café opaco
n.º semillas en fruto: 4
Testa: Media
Tamaño semilla (cm): 0,24 × 0,18



Chamaedorea linearis

D/I: Indehiscente
Textura: Carnoso
Tipo: Drupa
Tamaño fruto (cm): 1,91 × 1,81
Color M: Naranja-Rojo
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Dura
Tamaño semilla (cm): 1,54 × 1,25



Cordia cylindrostachya

D/I: Indehiscente
Textura: Carnoso
Tipo: Drupa
Tamaño fruto (cm): 0,68 × 0,70
Color M: Café oscuro
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Dura
Tamaño semilla (cm): 0,46 × 0,43



Croton magdalenensis

D/I: Dehiscente
Textura: Seco
Tipo: Cápsula
Tamaño fruto (cm): 1,27 × 1,43
Color M: Café opaco
n.º semillas en fruto: 3
Testa: Dura
Tamaño semilla (cm): 0,65 × 0,53



Guarea kunthiana

D/I: Dehiscente
Textura: Seco
Tipo: Cápsula
Tamaño fruto (cm): 8,82 × 6,86
Color M: Café oscuro; coriácea
n.º semillas en fruto: 8
Testa: Dura
Tamaño semilla (cm): 2,87 × 2,29



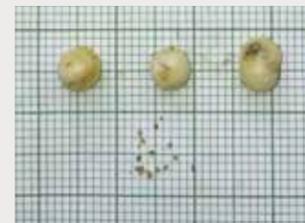
Hedyosmum crenatum

D/I: Indehiscente
Textura: Carnoso
Tipo: Drupa
Tamaño fruto (cm): 1,04 × 1,08
Color M: Beige
n.º semillas en fruto: 3
Testa: Dura
Tamaño semilla (cm): 0,32 × 0,22



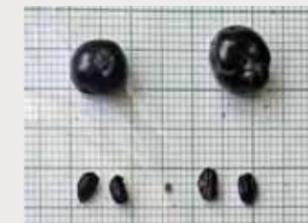
Miconia floribunda

D/I: Indehiscente
Textura: Carnoso
Tipo: Baya
Tamaño fruto (cm): 1,05 × 1,19
Color M: Verde blanquecino
n.º semillas en fruto: Múltiples
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): Diminuta



Miconia theaezans

D/I: Indehiscente
Textura: Carnoso
Tipo: Baya
Tamaño fruto (cm): 0,51 × 0,50
Color M: Blanco-Beige
n.º semillas en fruto: Múltiples
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): Diminuta



Palicourea angustifolia

D/I: Indehiscente
Textura: Carnoso
Tipo: Drupa
Tamaño fruto (cm): 0,55 × 0,43
Color M: Morado oscuro
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Dura
Tamaño semilla (cm): 0,40 × 0,33



Palicourea demissa

D/I: Indehiscente
Textura: Carnoso
Tipo: Drupa
Tamaño fruto (cm): 0,75 × 0,85
Color M: Morado oscuro
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Dura
Tamaño semilla (cm): 0,64 × 0,75



Verbesina nudipes

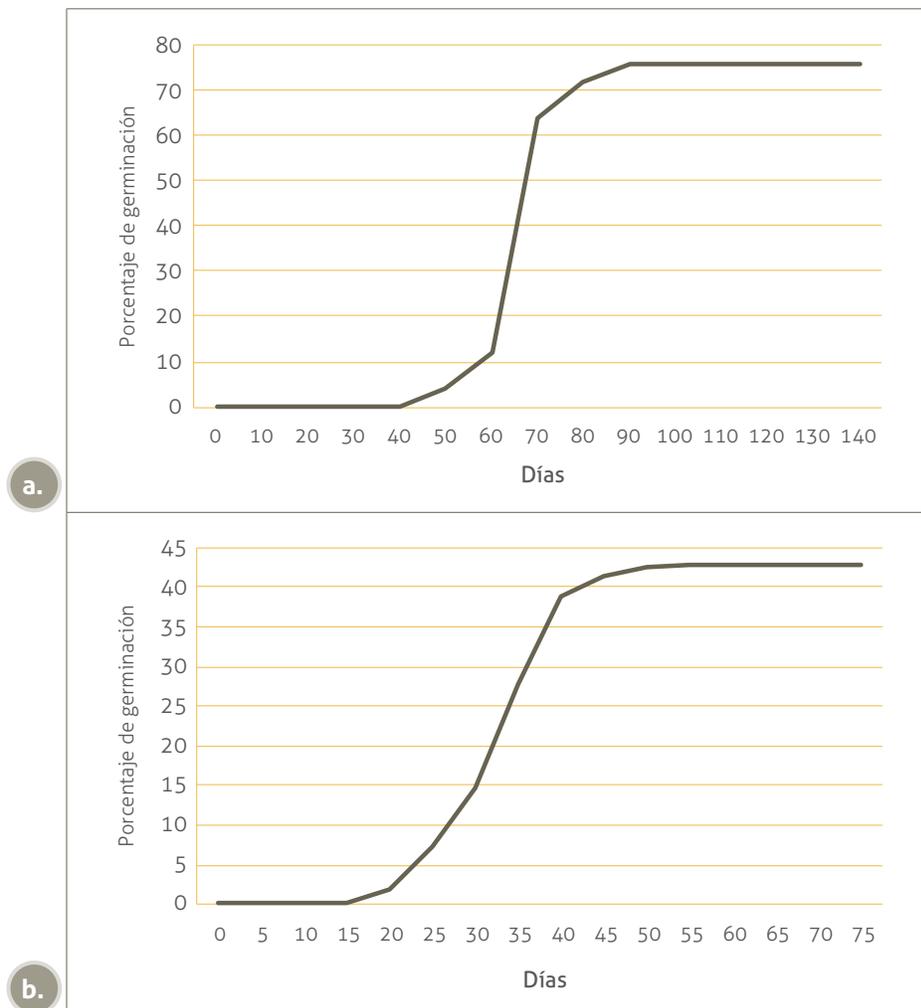
D/I: Indehiscente
Textura: Seco
Tipo: Cipsela
Tamaño fruto (cm): 2,64 × 0,06
Color M: Amarillo claro
n.º semillas en fruto: 1
Testa: Blanda
Tamaño semilla (cm): 0,09 × 0,02

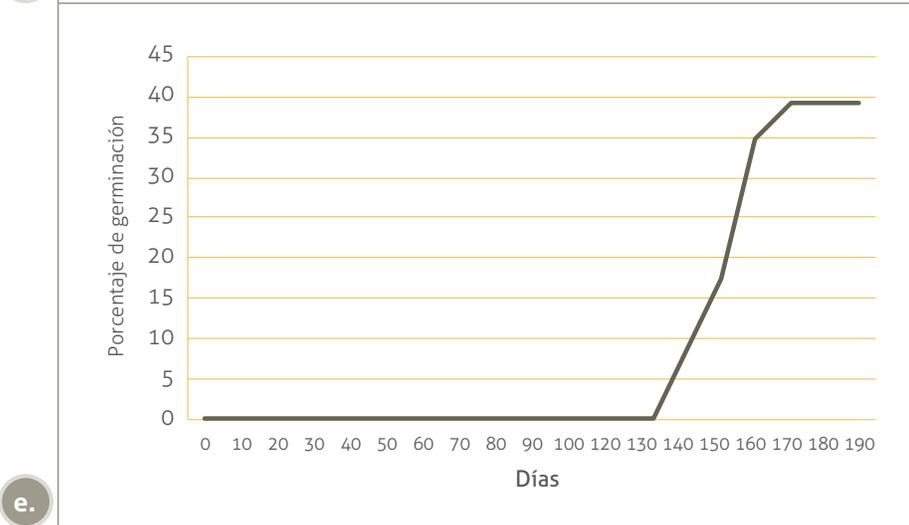
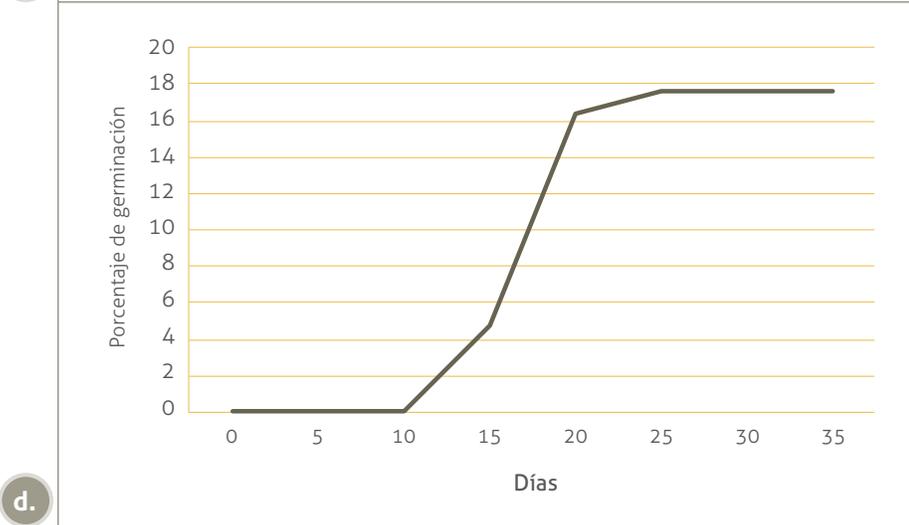
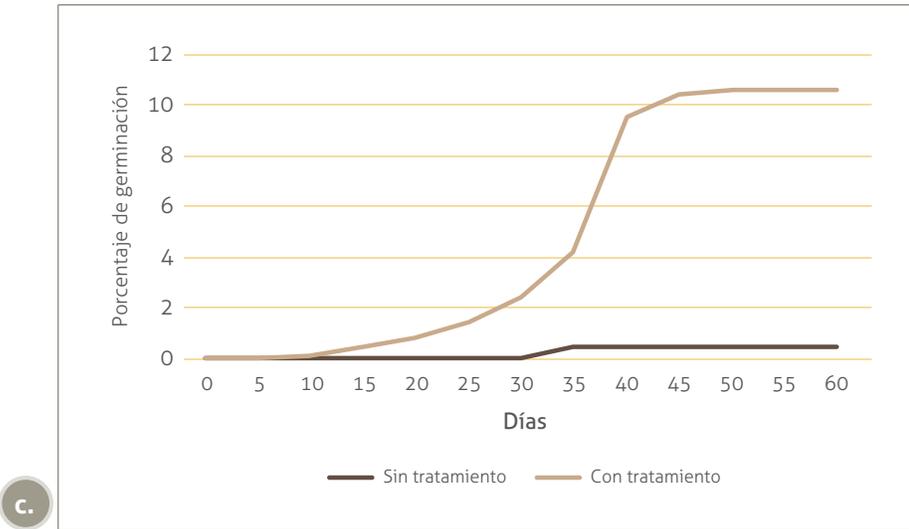
Figura 3.46. Datos de frutos y semillas por especie del ecosistema de bosque andino

D/I: dehiscente o indehiscente; color M: color del fruto maduro; SI: sin información.

Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, se puede mencionar que la propagación del pegamosco (*A. ampla*) es estándar y obedece a lo mencionado para las especies de este género en el ecosistema de bosque altoandino. También se observó que el cedrillo (*B. comocladifolia*) tuvo una baja germinación, lo que pudo estar relacionado con la latencia de esta semilla, por lo que sería ideal experimentar con hormonas o con estratificación. El granizo (*H. crenatum*) tuvo una fácil propagación y se obtuvieron buenos resultados; pero sería ideal sembrarlo en una cama de germinación con más espacio, pues fue propagado en canastilla, lo que atrofió el desarrollo de las plántulas. Se encontró un reporte en la literatura sin germinación exitosa, del 0% (Velandia & Fajardo, 2004). Los tunos (*M. floribunda*, *M. theaezans* y *Axinaea* sp.) y el camargo (*Verbesina nudipes*) también mostraron una germinación efectiva, en la que a los pocos días de los primeros brotes hubo una emergencia masiva de plántulas, lo que sugiere que el tiempo medio de germinación es corto; estas especies no mostraron latencia.





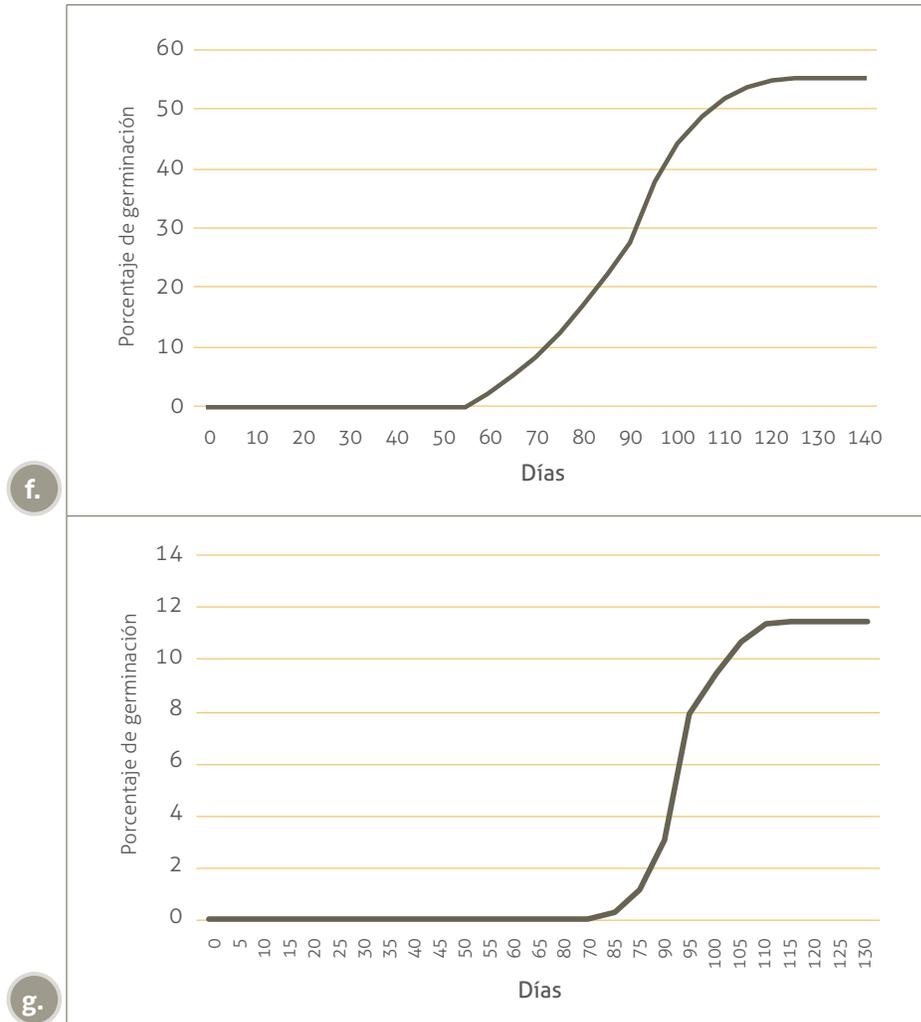


Figura 3.47. Curvas de germinación para el grupo dos del ecosistema de bosque andino bajo condición climática tipo dos: a) *Aniba panurensis*, b) *Bocconia frutescens*, c) *Cordia cylindrostachya*, d) *Croton magdalenensis*, y e) *Guarea kunthiana* bajo condición climática tipo uno, f) *Palicourea angustifolia*, g) *Palicourea demissa*

Fuente: elaboración propia.

Respecto al grupo dos, en la figura 3.47 se muestran los resultados de las pruebas de calidad de semilla nativa bajo las condiciones climáticas tipo uno (2988 m s.n.m.) y tipo dos (2179 m s.n.m.). De este grupo de especies, únicamente el amarillo (*A. panurensis*) y el maco (*G. kunthiana*) se propagaron bajo las condiciones ambientales tipo uno, en bolsa y sin tratamiento pregerminativo; arrojaron un 76 % y un 39,13 % de germinación, respectivamente (figuras 3.47a y 3.47e).



El trompeto (*B. frutescens*; figura 3.47b), propagado en bandejas y sin tratamientos pregerminativos, arrojó un porcentaje de germinación del 40,58 % (USG). Según lo reportado por Castañeda et al. (2006), esta especie mostró un 26,11 % de germinación bajo un tratamiento con hormonas. Ello sugiere que, a pesar de no haber aplicado giberelinas en la propagación de esta especie, la germinación fue mayor a lo reportado en la literatura y, por ende, efectiva.

Para la propagación del salvio (*C. cylindrostachya*) se aplicó estratificación en agua caliente y se realizó otra prueba sin tratamiento. Como se puede observar en la figura 3.47c, la escarificación fue más efectiva, ya que se obtuvo un 10,59 % de USG; mientras que sin tratamiento la germinación fue del 0,44 %. En las pruebas de Castañeda et al. (2006) no se obtuvo un porcentaje de germinación, por la presencia de insectos en el interior de la semilla que consumen el endospermo y, por ende, afectan la reproducción.

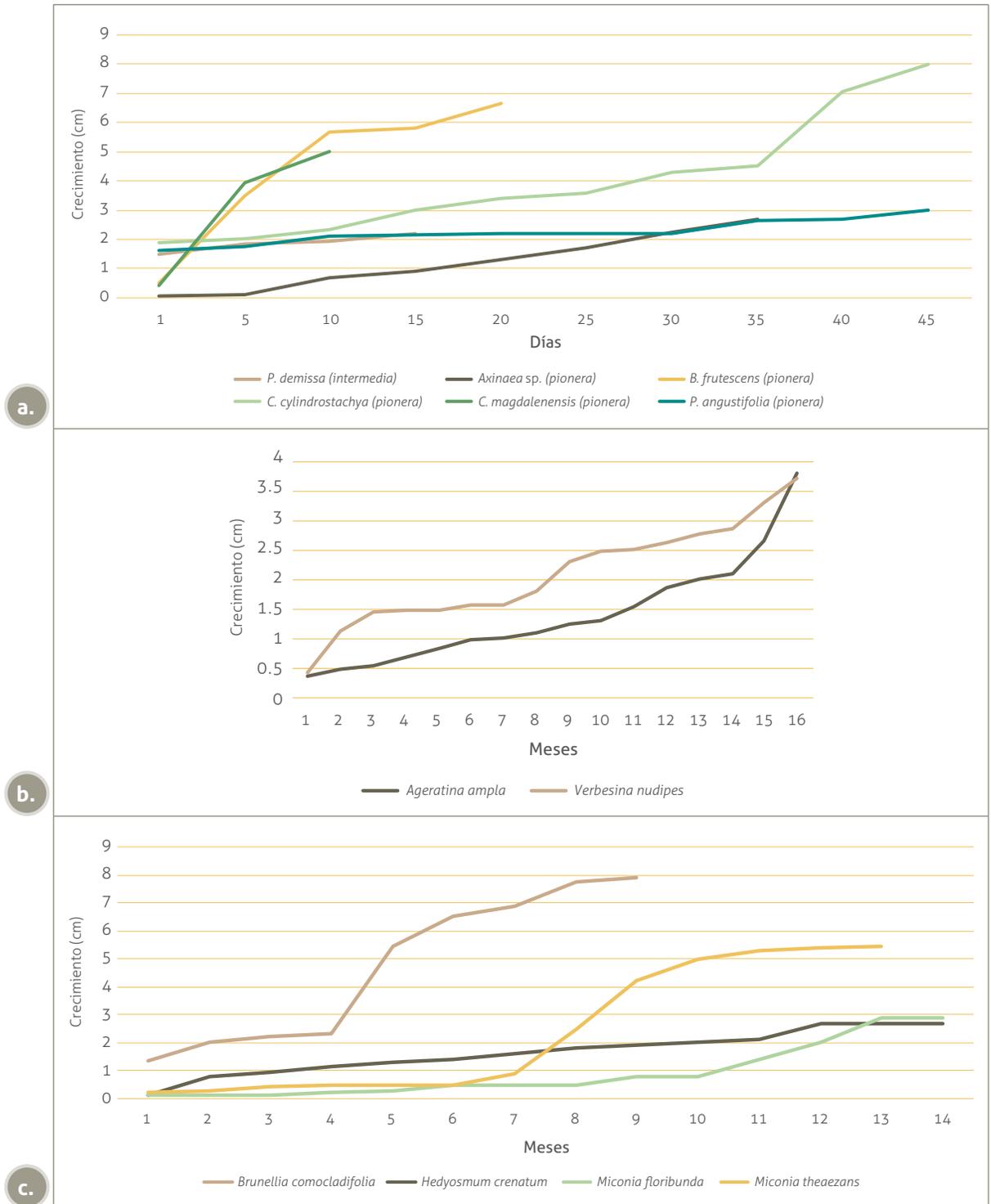
El sangregado (*C. magdalenensis*; figura 3.47d), propagado bajo las condiciones climáticas tipo dos, registró un porcentaje de germinación del 17,6 % (USG). Según Espinosa y López (2019), se encontró un porcentaje de germinación igual para semillas propagadas en una mezcla de arena y tierra (17 %); pero un porcentaje mayor para semillas propagadas en solo arena (60 %).

Por último, el café de monte (*P. angustifolia*) y el cafeto (*P. demissa*) (figuras 3.47f y 3.47g), propagados en bandejas de germinación, tuvieron resultados de germinación diferentes, ya que el café de monte (*P. angustifolia*) tuvo un 55 % de germinación (USG), y el cafeto (*P. demissa*), un 11,49 %. De estas especies no se encontró información secundaria de propagación sexual; por el contrario, sí se encontró información de propagación vegetativa con indicadores desfavorables para el cafeto (*P. demissa*) (Meneses, 2018).

La mortalidad en cama de germinación fue baja para la mayoría de las especies, a excepción del tuno (*M. theaezans*), del cual se registró el 20,95 %; en tanto que las demás especies registraron una mortalidad menor al 4 %.

En cuanto al crecimiento de estas especies en cama de germinación, las especies propagadas bajo la condición climática tipo dos registraron las mayores tasas de crecimiento, como el sangregado (*C. magdalenensis*), con 1,8 cm por mes, y el trompeto (*B. frutescens*), con 1,2 cm por mes; a excepción del amarillo (*A. panurensis*), con 1,28 cm por mes. Entre tanto, en las menores tasas registradas, predominaron

aquellas especies propagadas bajo la condición climática tipo uno, como el gra-nizo (*H. crenatum*), con 0,20 cm por mes; el camargo (*V. nudipes*), con 0,21 cm por mes, y la jarilla (*A. ampla*), con 0,23 cm por mes (figura 3.48).



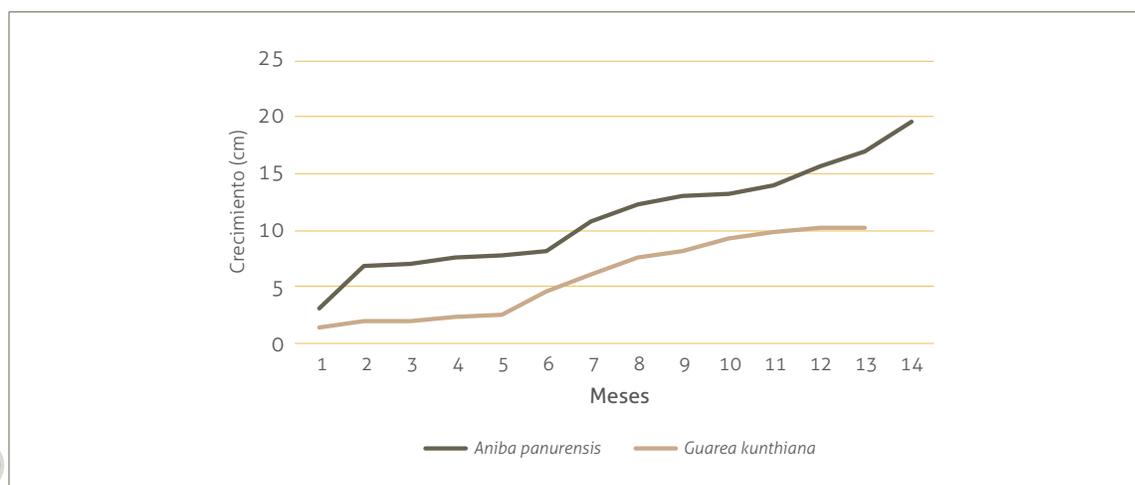


Figura 3.48. Curvas de crecimiento en germinador para las especies del ecosistema de bosque andino. a) Especies bajo condiciones tipo dos, b) especies bajo condiciones tipo uno, c) especies bajo condiciones tipo uno y d) especies de etapa avanzada en condiciones tipo uno

Nota. Las líneas cortas corresponden al tiempo que estuvieron en cama hasta el trasplante.

Fuente: elaboración propia.

Para el trasplante se recomienda extraer las plántulas de la cama a partir de los 5-10 cm. Respecto a la luminosidad en la zona de crecimiento, luz media-baja para todas las especies, a excepción del amarillo (*A. panurensis*), el cedrillo (*B. comocladifolia*), el maco (*G. kunthiana*), el granizo (*H. crenatum*), el café de monte (*P. angustifolia*) y el cafeto (*P. demissa*) hasta que cumplan los 20 cm; después pueden trasladarse a una zona de luz media-alta. En cuanto a la calidad de agua, que sea estándar, teniendo precaución de no humedecer constantemente el granizo, ya que es posible que se pudra; no ubicar los salvios (*C. cylindrostachya*) en una zona del vivero muy húmeda, y aplicar antimicóticos en su trasplante, pues es una especie a la que constantemente le da mal de tallo.

Ahora bien, en la fase de crecimiento rápido (figura 3.49) ocurrió un patrón similar al encontrado en cama de germinación, ya que los mayores incrementos mensuales fueron registrados para las especies propagadas bajo la condición climática tipo dos, como: el sangregado (*C. magdalenensis*), con 4,1 cm al mes; el salvio (*C. cylindrostachya*), con 3,45 cm al mes, y el tuno (*Axinaea* sp.), con 3,23 cm al mes. Por su parte, las especies propagadas bajo las condiciones climáticas tipo uno registraron las menores tasas de crecimiento, como el granizo (*H. crenatum*), con 0,13 cm al mes, y el cedrillo (*B. comocladifolia*), con 0,47 cm al mes.

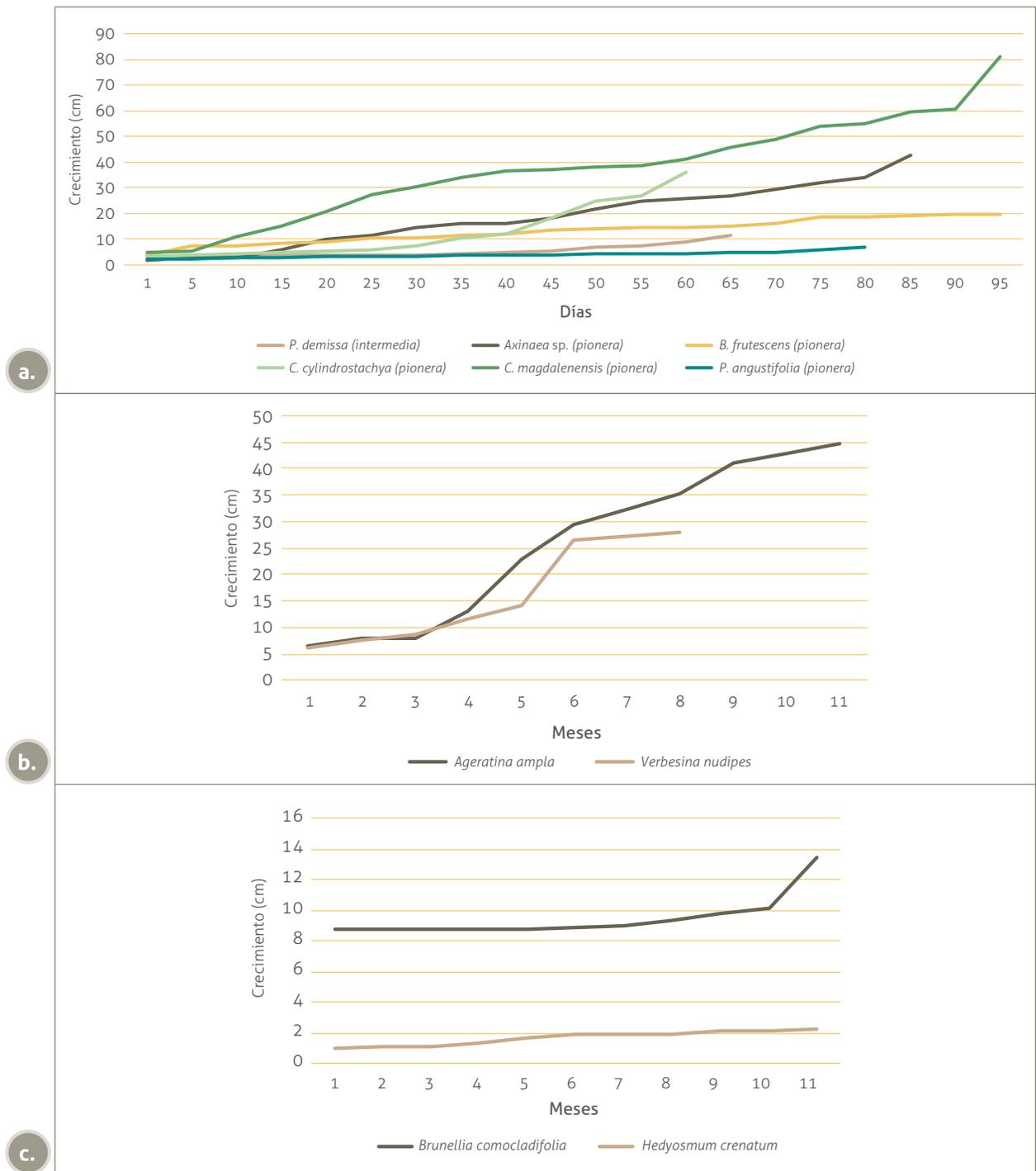


Figura 3.49. Curvas de crecimiento en bolsa para las especies del ecosistema de bosque andino. a) Especies bajo condiciones tipo dos, b) especies de etapa pionera bajo condiciones tipo uno y c) especies de etapa intermedia bajo condiciones tipo uno

Nota. No están todas las especies, ya que algunas no se han trasplantado o llevan muy poco tiempo en bolsa. Las líneas cortas corresponden al tiempo transcurrido del trasplante, a la fecha de análisis de estos datos.

Fuente: elaboración propia.



En general, la producción de las especies mencionadas en esta sección estará lista para siembra, es decir, con alturas entre 30 y 50 cm, después de aproximadamente 8 a 10 meses bajo condiciones climáticas más cálidas y a una menor altura como es el caso del tipo dos (2179 m.s.n.m.). Entre tanto, a una mayor altura (tipo uno: 2988 m.s.n.m.) la producción de especies estará lista para campo entre 10 y 14 meses. Resultado similar al encontrado para las especies de amplio rango: bosque altoandino y bosque andino.

3.1.5. Métodos de propagación a partir de esporas

Esta técnica se usó con el propósito de obtener material vegetal del helecho arborescente (*Cyathea* sp.) por vía sexual y bajo condiciones *ex vitro*, para cumplir con el levantamiento de veda impuesto por la autoridad ambiental para el Proyecto Nueva Esperanza. Esta técnica es ideal, ya que se evita la extracción de individuos de zonas boscosas, acción que repercute negativamente en las poblaciones locales.



Figura 3.50. Frondas en etapa reproductiva

Foto: Liz Ávila Rodríguez.

Para la recolección de esporas se debe revisar, en primera instancia, que las frondas se encuentren en etapa reproductiva (figura 3.50). Después se realiza un corte transversal en la parte basal de la fronda, intentando colectarla completa.

Posteriormente, se deja la fronda en una bandeja con periódico, expuesto a la luz solar por un tiempo aproximado de 72 horas. Esto para propiciar el desprendimiento de los esporangios. Una vez hecho esto, se recoge cuidadosamente el polvillo y debe ser depositado en bolsas de papel previamente preparadas y marcadas (figura 3.51).



Figura 3.51. *Izquierda:* esporas en cajas para almacenar. *Derecha:* almacenamiento en bolsas de papel

Fotos: Jessica Cañón Páez.

Giraldo y Mejía (2002) recomiendan que una vez se recolecten las esporas, se traten con calor moderado entre los 30 y los 40 °C, durante 2 o 3 días, para promover la liberación de las esporas. Posteriormente, estas se ciernen para separar las impurezas y obtener una muestra homogénea. Su almacenamiento debe estar entre 4 y 5 °C, con una humedad relativa del 40 % al 50 %. Por otro lado, las esporas se desinfectan con una solución de hipoclorito de calcio o solio en una mezcla de 10 g por 140 ml de agua destilada para producir una solución al 6,25 % de hipoclorito y, así, exponer las esporas de 5 a 10 min, enjuagando más de 2 veces con agua destilada.



Para la propagación se realizaron cinco experimentos: A) cama de germinación bajo condiciones climáticas tipo uno, B) canastillas bajo condiciones climáticas tipo dos, C) cajas de Petri con diferentes sustratos bajo condiciones climáticas tipo uno, D) microinvernaderos caseros bajo condiciones climáticas tipo dos y E) cajas plásticas con algodón y hormona bajo condiciones climáticas tipo dos.

Para el experimento en cama de germinación (A) se utilizó una teja de Eternit como recipiente (figura 3.52) y el medio de crecimiento que se emplea para la propagación de las demás especies en el vivero. Se espolvorearon en la superficie del sustrato 26,7 g de esporas y se cubrieron con sustrato fino. Como datos adicionales, el experimento se llevó a cabo en la zona de germinación con plástico transparente calibre 8 y polisombra al 60%.



Figura 3.52. Experimento A: cama de germinación para la propagación de esporas

Foto: Jessica Cañón Páez.

El experimento B se realizó con la misma mezcla de sustrato y tipo de siembra del experimento A; pero con una canastilla y, en el fondo, plástico calibre 8 (figura 3.53). Se procuró una alta humedad en el recipiente en el momento de la siembra y posterior a esta. Por ende, su mantenimiento consta del riego (hasta encharcar)

tres veces a la semana, con revisiones periódicas para evitar la pérdida de humedad en el recipiente. Se propagó en 4 canastillas, espolvoreando 2,8 g de esporas en todas las canastillas.



Figura 3.53. Experimento B: canastillas para propagación de esporas en el vivero de Bojacá
Foto: Jessica Cañón Páez.

Para el experimento C se utilizaron 3 sustratos diferentes en cajas de Petri (figura 3.54a): sustrato 1: capote de bosque y turba de coco; sustrato 2: turba comprimida y musgo, y sustrato 3: turba comprimida. De las bolsas se extrajo menos de 1 g de esporas (figura 3.54b), se espolvoreó con la yema de los dedos (figura 3.54c y 3.54d) y se humedeció el sustrato (figura 3.54e). Seguido de esto, las cajas de Petri se taparon, marcaron y envolvieron en papel tipo Vinipel (figura 3.54f y 3.54g). Se ubicaron en la zona de germinación, bajo las mismas condiciones del experimento anterior.





Figura 3.54. Experimento C: propagación de esporas en cajas de Petri. a) Bolsas de esporas y sustratos, b) medida de esporas, c) espolvorear esporas sobre el sustrato, d) esporas en el sustrato, e) rociar las esporas, f) enrollando en Vinipel la caja de Petri y g) experimentos finalizados
Fotos: Jessica Cañón Páez.

El experimento D consta de la elaboración de microinvernaderos contruidos con dos botellas de plástico cortadas a la mitad. La base de una de ellas se llena de agua, una de las puntas de las botellas se llena con sustrato (tierra negra y turba), se esparce la misma cantidad de esporas del experimento anterior en la superficie y se tapa con la base de la segunda botella (figura 3.55). Este método fue recomendado por una experta del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis y asegura una humedad relativa constante y necesaria para la germinación de esporas. Adicionalmente, fueron ubicados estratégicamente en una zona de luz directa bajo las condiciones climáticas tipo dos, para propiciar las condiciones ecológicas necesaria de germinación.



Figura 3.55. Experimento D: microinvernaderos para propagación de esporas. *Izquierda:* tapa con sustrato y esporas. *Derecha:* 15 microinvernaderos realizados
Fotos: Jessica Cañón Páez.

Con el experimento E se prepararon 25 cajas de plástico transparentes con tapa y un trozo de algodón de 15 × 25 cm (en cada caja) humedecido en una solución de 1 L de agua por 1 g de Progibb hormona. Cada una de las cajas se espolvorearon con 0,5 g de esporas, se taparon y se dispusieron dentro de la zona de germinación (figura 3.56).



Figura 3.56. Experimento E: propagación de esporas en cajas plásticas
Foto: Jessica Cañón Páez.

Por último, Giraldo y Mejía (2002) plantean revisar el desarrollo de los gametofitos para proceder a dividir la masa, disminuir la densidad y promover el desarrollo y formación de esporofitos. Después se hace un segundo repique para separar



los esporofitos en una nueva cama de germinación, lo que garantiza un adecuado desarrollo radicular. Sin embargo, esta actividad no se pudo aplicar en el vivero, ya que no se identificó la masa de gametofitos, sino los individuos ya desarrollados después de varios meses de propagación. Por ello, la toma de datos correspondió al conteo de individuos, longitud de frondas y cantidad de frondas desarrolladas.

3.1.6. Resultados de la propagación a partir de esporas: *Cyathea* sp.

Los experimentos C, D y E no dieron resultados, ya que se evidenciaron hongos en la superficie del sustrato, por lo que estos se eliminaron. Esto pudo darse por la alta humedad y la temperatura en la zona de propagación y porque el sustrato no fue debidamente desinfectado, lo que generó el ambiente adecuado para la proliferación de hongos filamentosos.

Los experimentos A y B sí dieron resultado, pero en tiempos de germinación muy diferentes, ya que el primero fue propagado a mayor elevación y menor temperatura (2988 m.s.n.m.; condición climática tipo uno) y el segundo a menor elevación y mayor temperatura (2179 m.s.n.m.; condición climática tipo dos). El experimento A tuvo un tiempo de inicio de germinación de 252 días (aprox. 8 meses) y el proceso germinativo finalizó al cabo de otros 200 días (aprox. 6-7 meses). Como resultado se obtuvieron 45 individuos figura 3.57, izquierda, con una longitud de fronda de 2,1 cm después de 12 meses y 2 frondas en promedio. En tanto que para el experimento B el tiempo de inicio del proceso germinativo fue de 95 días (3 meses) y tuvo un proceso germinativo total de 180 días (6 meses). Como resultado se obtuvieron 37 individuos figura 3.57, derecha, con una longitud de fronda de 4,1 cm después de 8 meses en cama y 3 a 4 frondas, en promedio.



Figura 3.57. Prótalos germinados. *Izquierda:* experimento A. *Derecha:* experimento B

Fotos: Jessica Cañón Páez.

Hasta el momento se puede concluir que el experimento B fue más exitoso que el A, pero aun así los resultados son desfavorables teniendo en cuenta lo reportado por Giraldo y Mejía (2002) en el protocolo *ex situ* de *Propagación de helechos arbóreos a partir de esporas*. Por su parte, los experimentos *in vitro* (en laboratorio) de germinación han resultado favorables para diferentes especies de la familia Cyatheaceae (De Vargas & Droste, 2014; Goller & Rybczynski, 1995; Marcon et al., 2014, 2017; Narváez et al., 2013).

Sin duda, es una especie de difícil propagación en condiciones *ex situ*, ya que su ecología se considera compleja y diversa. Así mismo, la determinación taxonómica es un reto, ya que hay una sinonimización de un gran número de especies del género *Cyathea*, situación que ha generado la creación de complejos, entre ellos el complejo de *Cyathea caracasana*, el cual ha exigido su revisión y esclarecimiento (Lehnert, 2009, validado por F. Giraldo en conversación personal con D. Jiménez).

El trasplante de los individuos se realizó siguiendo la misma estrategia de las especies propagadas por medio de semillas. Se obtuvo una mortalidad nula tanto en cama como en trasplante, y una tasa de crecimiento de la fronda de 0,6 cm al mes en la condición tipo uno, y de 1,71 cm al mes, en la condición tipo dos. A la fecha, ninguno de los individuos ha desarrollado tallo.

Dado que el crecimiento del tallo en helechos arborescentes varía ampliamente entre especies y entre hábitats (figura 3.58), la relación entre tamaño del tallo y edad es controversial, y cuando existe, no es necesariamente lineal, debido principalmente a que la tasa de crecimiento es inconstante en todas las etapas del ciclo de vida de los individuos y a que las condiciones ambientales cambian a través del tiempo (Pérez-Paredes et al., 2014; Schmitt & Günter, 2007). Se ha encontrado que el crecimiento anual del tallo en la mayoría de las especies del orden Cyatheaes es lento (de menos de 10 cm), lo que concuerda con los valores estimados para otras especies de *Alsophila*, *Cyathea* y *Dicksonia*, tolerantes a la sombra (Pérez-Paredes et al., 2014).





Figura 3.58. Helecho arborescente (*Cyathea* sp.) del experimento B
Fotos: Jessica Cañón Páez.

3.2. Propagación vegetativa

Como parte de las estrategias de propagación de especies nativas y en los casos en los cuales fue imposible obtener la cantidad de individuos requeridos, se aplicó la estrategia de propagación vegetativa a la uva de anís (*Cavendishia bracteata*) y el chusque (*Chusquea tessellata*), de los ecosistemas de bosque altoandino y páramo, respectivamente. A continuación se detallan los métodos y los resultados obtenidos en vivero.

3.2.1. Métodos para la obtención de material a partir de esquejes y rizomas

Según Jaeniche y Beniést (2002), en la propagación asexual o vegetativa por estacas y rizomas influyen diferentes factores, como:

- Medio de crecimiento y humedad: debe mantenerse la unidad reproductiva siempre húmeda, al igual que el medio de crecimiento evitando excesiva humedad o desecación.
- Hormonas: para inducir la cicatrización se utilizan comúnmente fitohormonas, como las auxinas, que influyen en el desarrollo de las raíces, o la giberelina, que estimula la elongación del tallo y brotes. El apropiado balance de estas aporta a la cicatrización de la herida, en el desarrollo de los primordios de raíz, en la estimulación del inicio del sistema radicular, elongación de la raíz y endurecimiento.
- Área foliar: la iniciación de raíces se da por la actividad fotosintética en el área foliar, por lo que eliminar solo una parte estas, asegura el desarrollo educado del sistema radical y evitar la pérdida de agua por evaporación.
- Aspectos sanitarios: no coleccionar de una fuente que esté afectada por hongos, bacterias o virus.

Adicionalmente, la edad y la condición del individuo fuente mientras más joven y sano mayores son las posibilidades de enraizamiento. Esto coincide con la etapa de mayor tasa de crecimiento de las plantas, como lo es la edad juvenil. Al llegar a la edad adulta, se reduce el potencial de crecimiento vegetativo y el desarrollo reproductivo (Wilkinson et al., 2014).



La recolección y la propagación se llevaron a cabo por medio de esquejes de uva de anís (*C. bracteata*) y de chusque (*C. tessellata*) por medio de brote de rizomas. El procedimiento se resume en la tabla 3.18 y en la figura 3.59.

Tabla 3.18. Procedimiento para la recolección y propagación vegetativa

| Tipo | Descripción |
|-------------------------------|--|
| Condiciones climáticas | 1) Día preferiblemente nublado; 2) temperatura fresca; 3) primeras horas de la mañana. |
| Herramientas | 1) Tijeras podadoras afiladas; 2) botellas con desinfectante para las tijeras; 3) nevera de icopor, periódico o algo que mantenga la humedad; 4) bolsas plásticas y tarjetas para rotular. |
| Selección de la fuente | 1) Donantes saludables; 2) no recolectar de individuos en floración ni fructificación (después de floración) ni en estado de senescencia; 3) georreferenciar y marcar el donante; 4) cinco a diez individuos distanciados de cada especie. |
| Corte | 1) Seleccionar estacas de ramas jóvenes de un metro de longitud con yemas y diámetro grueso, pues las delgadas no son deseables (figura 3.59a); 2) podar el 60% de todas las hojas y el 40% restante a la mitad. Es importante hacerlo en la fuente para no producir pérdida de agua; 3) cortar las estacas de 1 m y posteriormente hacer cortes de 10 a 20 cm dejando entre 3 y 6 nudos o yemas (figura 3.59b); 4) para la polaridad, realizar un corte diagonal debajo del nudo que ira directamente en el sustrato. |
| Transporte al vivero | 1) Rosear agua a las estacas; 2) disponer en el recipiente de transporte (nevera de icopor), enrollando en el periódico húmedo y tapar para mantener fresco. En el caso de recolectar más de una especie, disponer cada lote en bolsas plásticas y rotular. |
| En vivero | 1) Retirar del recipiente y disponer en un balde con agua (figura 3.59c). Pueden almacenarse máximo ocho días, pero lo ideal es sembrar inmediatamente; 2) aplicar Saferiba (AIB a 2500 ppm) y en el corte diagonal va directo al sustrato; 3) aplicar de glicerina líquida en el polo aéreo para evitar deshidratación; 4) sembrar verticalmente a 5 cm de profundidad, enterrando el nudo del polo basal (figura 3.59d). |
| Toma de datos | 1) Mortalidad; 2) número de brotes. |

Fuente: adaptado de Inatec (2016); Jaeniche y Beniést (2002); Rojas et al. (2007); Wilkinson et al. (2014).



Figura 3.59. Recolección de estacas y propagación de uva de anís (*Cavendishia bracteata*)

Fotos: Óscar Silva Forero.

3.2.2. Resultados de la propagación vegetativa: uva de anís (*Cavendishia bracteata*) y chusque (*Chusquea tessellata*)

Se recolectaron un total de 1015 esquejes de uva de anís (*C. bracteata*) para 8 agrupaciones de propagación vegetativa y 80 rizomas de chusque (*C. tessellata*) para 2 agrupaciones de propagación bajo las condiciones ambientales tipo uno (figura 3.60).





Figura 3.60. Esquejes de uva de anís (*Cavendishia bracteata*) y rizomas de chusque (*Chusquea tessellata*)

Fotos: Jessica Cañón Páez.

Los resultados fueron desfavorables para las dos especies, ya que se registró una alta mortalidad en el proceso de germinación, que fue del 94,88% para los esquejes de uva de anís (*C. bracteata*). Los experimentos de propagación se realizaron bajo plástico y polisombra y así no sobrevivió ningún individuo; por su parte, los individuos que se ubicaron únicamente bajo polisombra sí sobrevivieron. Como se mencionó en los métodos, se utilizaron hormonas para estimular el crecimiento y la mezcla de sustrato utilizada para el trasplante.

La posible causa de mortalidad puede estar relacionada con el sustrato y la humedad, ya que López et al. (2017) propagaron esta especie por medio de estacas en un sustrato a base de turba con cascarilla de arroz (alta retención de humedad) y, de este modo, obtuvieron una supervivencia del 75% en estacas basales y del 83,33% en las estacas apicales, las cuales tenían una mayor cantidad de

yemas al realizar la recolección. Otro factor relacionado es el estado en el que se recolectó la estaca, es decir, si se tomó con poca lignificación o completamente lignificado (leñoso), pues esta última condición las hace menos sensibles a la desecación, por la alta cantidad de elementos de reserva almacenados (Veloza et al., 2014). Los individuos que sobrevivieron desarrollaron entre 2 y 5 brotes después de 14 meses de propagación, su desarrollo ha sido muy lento y continúan en evaluación (figura 3.61).



Figura 3.61. Esquejes de uva de anís (*Cavendishia bracteata*). A la izquierda, individuo que se tomó de la fuente en estado de floración, y a la derecha individuo, con buen desarrollo

Foto: Óscar Silva Forero.

De igual forma, la mortalidad para el chusque (*C. tessellata*) fue del 96,25 %; además, se observaron muy pocos brotes por plántula (1 o 2 máximo) en un periodo de 14 meses. Insuasty et al. (2011) encontraron que es deficiente la propagación por rizoma de esta especie bajo tratamiento con auxinas; las hormonas debilitan el crecimiento y producen mortalidad. Lo importante es seleccionar adecuadamente el culmo (tallo aéreo característico de este tipo de especies) de la planta fuente —que debe ser la sección basal entera con 3 o más entrenudos conservando el rizoma—, pues aquí se da la diferenciación entre raíces y brotes. Adicionalmente, los culmos deben mantenerse en un suelo con humedad constante para el adecuado desarrollo de la producción de raíces y brotes. Por el contrario, esta especie tuvo muy buenos resultados mediante el rescate y reubicación de plántula que se detalla en la siguiente sección (figura 3.62).





Figura 3.62. Rizoma desarrollado de chusque (*Chusquea tesellata*)

Fuente: Fundación Natura.

3.3. Otras alternativas para la obtención de material: rescate y reubicación

El rescate y la reubicación constituyen otra alternativa cuando no es posible propagar sexualmente el material ni conseguirlo en vivero, debido a la rareza de la especie que impone como restricción poca cantidad de semillas o poca viabilidad. Como se dijo en el capítulo 1, el mal uso de esta técnica puede acarrear graves consecuencias para las especies; por tal razón, es importante seguir las regulaciones que se exponen a continuación.

La principal preocupación en el momento de ejecutar la actividad de rescate y reubicación es garantizar que los individuos rescatados sobrevivan y sean capaces de adaptarse, sostenerse y reproducirse después de ser reubicados en las zonas de restauración. Antes de empezar la actividad de rescate y reubicación se deben considerar los siguientes aspectos:

- No realizar esta actividad a menos que sea totalmente necesario.
- Tener en cuenta que la finalidad de esta práctica no es ahorrar costos, sino remediar los problemas que se presenten a la hora de propagar las especies.
- Considerar que el objetivo de esta práctica es aumentar la población de una especie en una localidad particular que se encuentra dentro de su rango de distribución natural; sin embargo, un mal manejo puede terminar teniendo el efecto opuesto, al dañar la estructura demográfica de la población que es objeto de extracción.
- Tener presente que las mejores especies para esta estrategia son las pioneras, que suelen ser abundantes en sitios trastornados, como bordes de caminos y carreteras y zonas en descanso después de agricultura. Estas zonas están sometidas a disturbios permanentes, debido al continuo tránsito de personas y animales, y tienen poca oportunidad de llegar a ser adultas.
- Seleccionar puntos de colecta con varios juveniles o plántulas por metro cuadrado. No se debe realizar esta actividad si la especie que se va a reubicar no presenta un banco de plántulas abundante en el área de rescate.
- Evitar sobreexplotar las poblaciones silvestres de las especies rescatadas, por más abundante que sea el banco de plántulas. Por lo tanto, no se debe exceder en el número de individuos rescatados ni se debe visitar la misma localidad de extracción más de una vez; esto puede agotar el banco de plántulas de la especie y poner en peligro la población de la localidad.



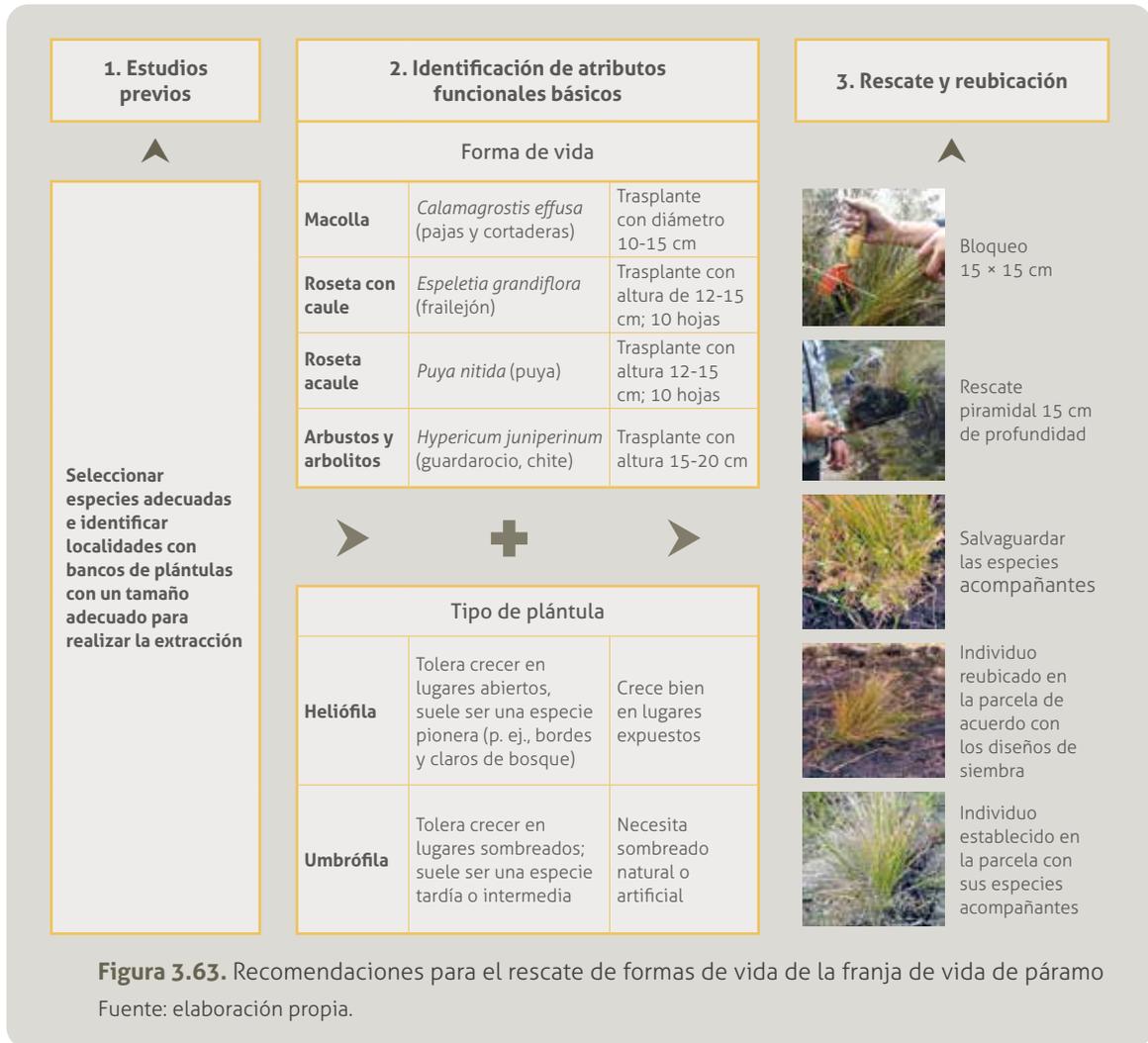
- Considerar los atributos de las especies involucradas: biotipo, distribución natural, estado sucesional, tamaño y origen del material vegetal.
- No trasladar, por ningún motivo, las plantas fuera de su área de distribución natural o a sitios que son edáficamente diferentes del sitio de rescate.
- Cuando sea posible, llevar a cabo la reubicación el mismo día del rescate. De no ser posible, mantener las plantas en un lugar sombreado y fresco y procurar que no pasen más de 7 días sin llevarlas a su sitio definitivo de siembra o al vivero donde pasarán su periodo de adaptación y permanecerán hasta alcanzar el tamaño necesario.
- Adaptar en vivero los rescates en bosque o las plantas rescatadas a raíz desnuda obligatoriamente.
- Evaluar la necesidad de adecuar el sitio de siembra, esto es, instalar doseles artificiales (p. ej., polisombra) o naturales (p. ej., doseles de leguminosas) y eliminar especies invasoras (p. ej., gramíneas exóticas o retamo).

3.3.1. Métodos para el rescate y reubicación de plántulas y juveniles

La guía orientadora que se presenta a continuación se construyó a partir de las experiencias de varios autores que realizaron investigaciones usando la técnica de rescate y reubicación para establecer núcleos de restauración en zonas de páramo (Castiblanco-Álvarez, 2013; Rojas-Zamora et al., 2013; Ávila-R., 2014) y bosque altoandino (Camelo-Mendoza, 2010). De igual manera, se tuvieron en cuenta las lecciones aprendidas en el proceso de propagación del proyecto Nueva Esperanza a través de los ensayos.

3.3.1.1. Rescate conservando suelo en especies de páramo

En algunas áreas de páramo se pueden encontrar zonas de regeneración que tienen una densidad de plántulas y juveniles adecuada para rescates. Las mejores especies para esta estrategia son las pioneras, que suelen ser abundantes en sitios perturbados, como zonas en descanso después de agricultura o bordes de caminos y carreteras. Varias investigaciones en páramos andinos han demostrado que la técnica de rescate y reubicación es viable si se siguen lineamientos que garanticen la supervivencia y el crecimiento de las plantas rescatadas y reubicadas (Castiblanco-Álvarez, 2012; Rojas-Zamora et al., 2014; Ávila-R. y Vargas, 2014). A partir de estas experiencias, se elaboró el protocolo que se detalla en la figura 3.63 y, es importante tener en cuenta que una vez los rescates se encuentren en las parcelas de siembra, el terreno debe ser desyerbado manualmente cada tres meses para evitar la invasión de pastos exóticos que compitan con los trasplantes.

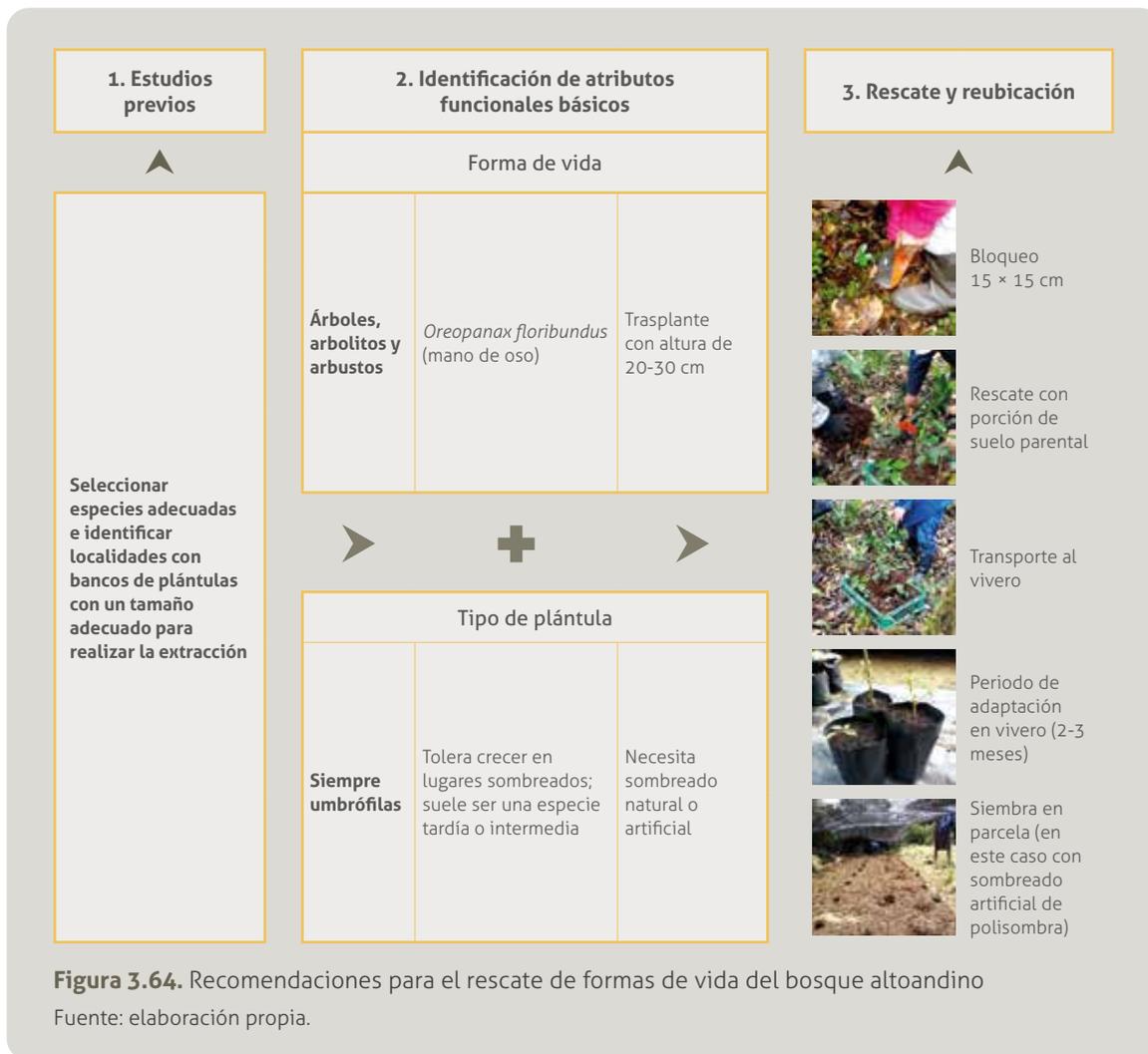


3.3.1.2. Rescate conservando suelo en especies de bosque altoandino y andino

Algunas especies de plantas de bosque altoandino se caracterizan por presentar tasas de crecimiento muy lentas, bajos índices de germinación de semillas y problemas en el desarrollo del embrión (Jaimes & Rivera-Ospina, 1990; Ramos-Montaño, 2002). Las especies con estas características suelen ser elementos de sucesión tardía, que no son recomendables para la estrategia de reubicación, por tener bancos de plántulas pequeños, razón por la cual extraer individuos puede poner en riesgo la regeneración de la población en la localidad. Otras especies pioneras y de sucesión intermedia no presentan estas características y es común encontrar bancos de plántulas y juveniles en claros dentro del bosque o a la orilla de los caminos; estas son aptas para la estrategia de rescate y reubicación.



La figura 3.64 muestra la metodología adoptada para la extracción de material vegetal en zonas de bosque altoandino y andino; hay que tener especial cuidado con las raíces en el proceso de transporte, ya que el suelo del bosque es menos estable que el suelo del páramo, lo que dificulta que el pan de tierra se mantenga junto. Para evitar que se desmorone es necesario apretar un poco el bloque de tierra con las manos alrededor de las raíces.



3.3.1.3. Rescate y reubicación a raíz desnuda de especies de bosque

Este protocolo se basa en la propuesta de Camelo-Mendoza (2010), quien desarrolló una metodología efectiva para rescatar y reubicar plántulas y juveniles de encenillo (*Weinmannia tomentosa*). En la figura 3.65 se exponen las recomendaciones

para realizar la actividad. Además, considerando que, en este caso, cada individuo cuenta con muy poco suelo parental, lo que deja las raíces desprotegidas, estas plántulas son pequeñas y frágiles, por lo que deben ser extraídas cuidadosamente con una pala de jardinería. Es apta para especies con semillas pequeñas que tienden a formar bancos de plántulas muy densos en los claros del bosque, los caminos y los bordes de avance (figura 3.66a). Debido a que en estas condiciones los individuos están muy cerca los unos de los otros, no se puede extraer un bloque de tierra compacto, por lo que la extracción se realiza a raíz desnuda (figura 3.66b). Posteriormente, se realiza un proceso de adaptación en vivero, en el que las plántulas son trasplantadas a bolsa (figura 3.66c).

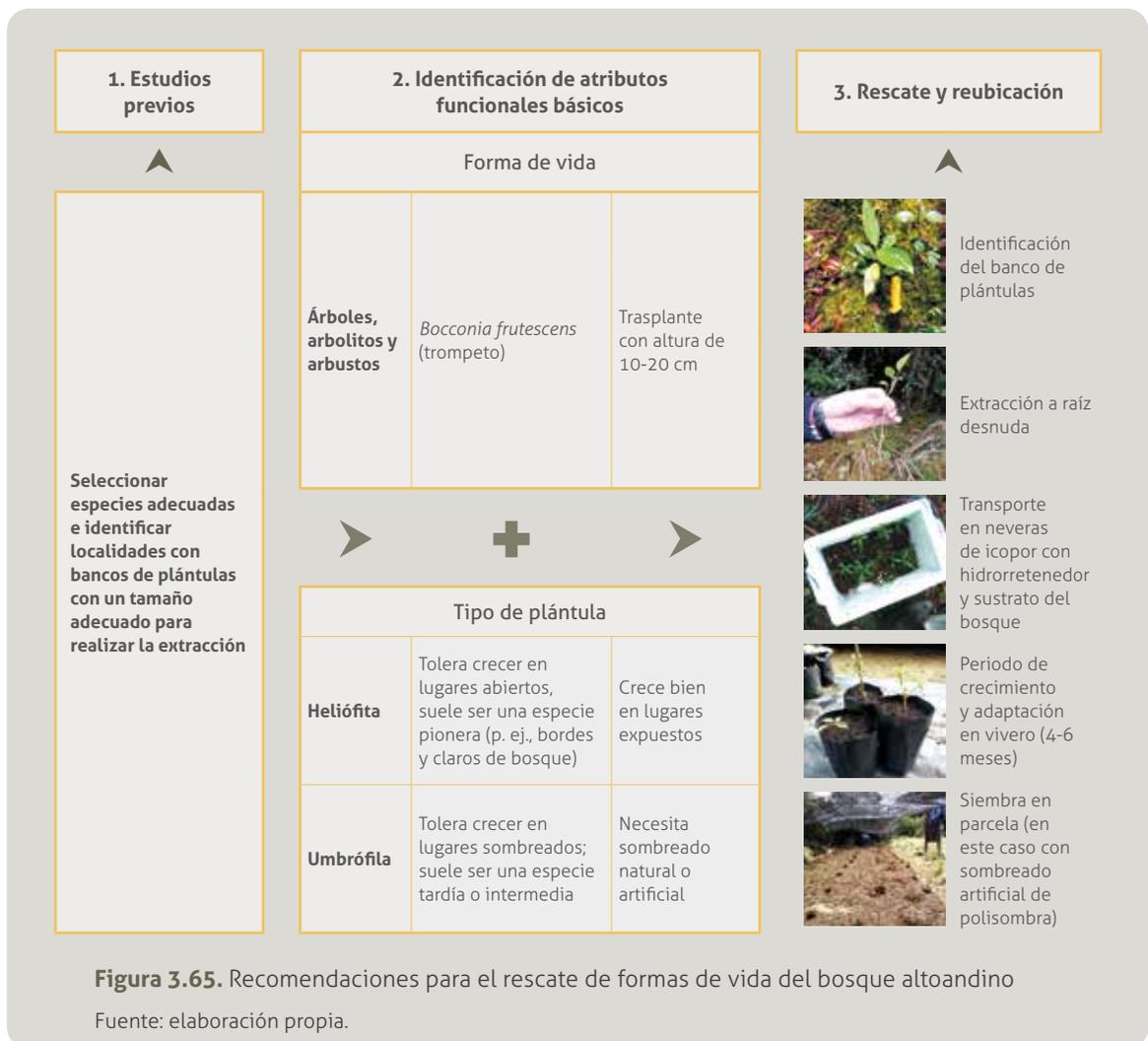




Figura 3.66. Proceso de rescate de plántula a raíz desnuda

Fotos: Óscar Silva Forero y Martha Patarroyo Gómez.

3.3.1.4. Evaluación y seguimiento

Para obtener resultados concluyentes sobre el desempeño de las especies reubicadas en el sitio de siembra se sugiere realizar cuatro evaluaciones anuales por, al menos, dos años, registrando datos de las siguientes variables:

- Altura de la planta.
- Cobertura.
- Diámetro basal (especialmente importante para arbustos, árboles y arbolitos).
- Tasas de incremento en altura, cobertura y diámetro en cada temporada de muestreo.
- Porcentaje de supervivencia de los trasplantes, expresado como el número de plantas sobrevivientes sobre el total sembrado por 100.

- Riqueza y composición de especies acompañantes asociados al trasplante. Esta evaluación es opcional; puede ser semestral y solo aplica en los casos en los cuales se conserve entera la unidad de tierra de la reubicación.

3.3.2. Resultados de los ensayos de rescate y reubicación

3.3.2.1. Ensayos en especies de páramo

En el predio Santa Rosa (municipio de Sibaté) se rescataron y reubicaron individuos extraídos del borde de la carretera, que corresponden a las siguientes especies: 10 de paja (*Calamagrostis effusa*), 8 de frailejón (*Espeletia grandiflora*) y 3 de guardarroció o chite (*Hypericum juniperinum*) (figura 3.67). Las tasas de crecimiento en altura y cobertura durante los primeros tres meses del monitoreo mostraron tendencias negativas o cercanas a cero para todas las especies. Las tasas negativas o reducidas indican pérdida de follaje o crecimiento mínimo, lo cual es normal en los primeros meses de la reubicación en los cuales las plantas se encuentran en periodo de adaptación. Tres años después de las reubicaciones, la sobrevivencia fue de más del 95 % para todas las especies y persisten alrededor de 25 especies acompañantes en los trasplantes, dentro de las que se destacan paja (*C. effusa*), gateadera (*Lycopodium clavatum*), reventadera (*Gaultheria myrsinoides*), tuno (*Brachyotum strigosum*) y oreja de oso (*Castratella pilloseloides*).

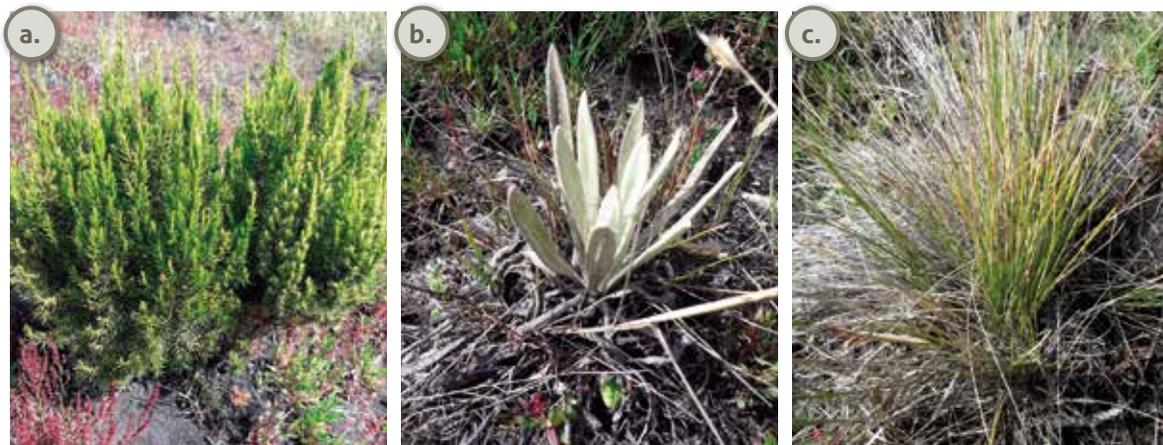


Figura 3.67. Estado de las especies reubicadas en 2020, tres años después del rescate: a) guardarroció o chite (*Hypericum juniperinum*); b) frailejón (*Espeletia grandiflora*), y c) paja (*Calamagrostis effusa*)

Nota. Obsérvese la presencia de especies acompañantes que se integraron a la parcela junto con los rescates.
Fotos: Wilmer Gutiérrez Morales.



3.3.2.2. Especies de la transición entre páramo y bosque altoandino

En el predio El Banqueo (municipio de Guasca) se hizo un arreglo correspondiente a borde de bosque, en el que se mezclaron especies de arbustal de páramo e interior de bosque. Las especies de interior de bosque fueron: canelo (*Drimys granadensis*), cucharo (*Cibianthus iteiodes*) y mano de oso (*Oreopanax bogotensis*). Las de arbustal de páramo fueron: 17 individuos de romero (*Diplostephium rosmarinifolium*), 41 de pino de páramo (*Hypericum juniperinum*), 7 de angelito (*Monochaetum myrtoideum*) y 8 de romerillo (*Pentacalia pulchella*). Las plantas fueron reubicadas directamente en la parcela de siembra sin pasar por el vivero y para simular las condiciones de arbustal de páramo e interior de bosque se instaló una polisombra a dos metros del suelo con el fin de reducir la exposición. Junto con los individuos rescatados venían cerca de 20 especies acompañantes. Las más abundantes fueron: *Paspalum hirtum* (6 individuos), *Cyperaceae* sp. (5 individuos), *Paepalanthus alpinus* (8 individuos), *Calamagrostis effusa* (25 individuos) y *Chaetolepis microphylla* (15 individuos).

Los resultados de esta experiencia no fueron positivos y lo aprendido en este ensayo se incluyó dentro de las recomendaciones que se mencionaron. Se presentó una gran pérdida de biomasa y una alta mortalidad en todas las especies. Muy pocas sobrevivieron a la reubicación, debido principalmente a dos factores: 1) las condiciones edáficas del sitio de siembra eran muy diferentes a las del sitio de rescate y 2) la competencia con el pasto fue mucho mayor a la esperada.

3.3.2.3. Ecosistema de bosque andino

En los predios La Esmeralda y Peñas Blancas (Bojacá) se rescataron a raíz desnuda 23 especies, dentro de las cuales las más frecuentes fueron sangregado (*Croton magdalenensis*), trompeto (*Bocconia frutescens*), salvio (*Cordia cylindrostachya*) y cocua (*Verbesina crassiramea*). Las especies corresponden a 18 familias, y entre ellas las más frecuentes fueron Euphorbiaceae, Papaveraceae, Boraginaceae y Asteraceae, y 21 géneros. Generalmente, los individuos rescatados se encontraron en áreas de potrero, en zonas de borde y en las vías de acceso a los predios.

En vivero se registró un 52,17% de mortalidad, siendo el trompeto (*B. frutescens*) la especie con mayor mortalidad (57,14%; figura 3.68b), seguida del sangregado (*C. magdalenensis*), con el 46,97%, y el nogal (*Juglans neotropica*; figura 3.68a), con el 45,45%. En general, las causas de mortalidad son el uso de la técnica inadecuada

de rescate o la siembra inadecuada en bolsa. Por su parte, el trompeto (*B. frutescens*) y el salvio (*C. cylindrostachya*) atraviesan una fase crítica en el primer mes de vivero, ya que usualmente son atacados por hongos propiciados por un ambiente de alta humedad que causan mal de tallo. Por su parte, el sangregado (*C. magdalenensis*) es sensible a exposiciones altas de luz, lo que ocasiona marchitamiento en estado juvenil y posterior mortalidad. Por otro lado, es de resaltar que el encenillo (*Weinmannia cundinamarcensis*) registró la menor mortalidad (10,30%), debido a la incorporación de capote de bosque en la superficie del contenedor, con el propósito de activar el proceso simbiótico con micorrizas clave para esta especie.



Figura 3.68. a) Individuos de nogal (*Juglans neotropica*) y b) sangregado (*Croton magdalenensis*) en proceso de adaptación en vivero

Fotos: Martha Patarroyo Gómez y Jessica Cañón Páez.

Por último, las especies que presentaron menor crecimiento en altura fueron la palma chonta (*Chamaedorea linearis*), el gaque (*Clusia multiflora*) y el granizo (*Hedyosmum crenatum*); pero esta es una característica típica de estas especies. Por su parte, se evidenció que una vez el sangregado (*C. magdalenensis*) supera la fase de establecimiento, tiene un crecimiento rápido bajo polisombra.

3.4. Otras alternativas para obtención de material: banco de semillas germinables

Debido a que con algunas especies se presentaron dificultades en la consecución de semillas, en la propagación sexual y vegetativa se consideraron dos estrategias adicionales de adquisición del material vegetal. A continuación, se detalla la estrategia de expresión del banco de semillas germinable (BSG).



3.4.1. Métodos para la expresión del banco de semillas germinable

Al igual que el tema de los rescates, la extracción de capote de bosque tiene implicaciones para la conservación, ya que le toma mucho tiempo al bosque fabricar cada metro cuadrado y este hace parte de la protección del suelo y de la regeneración. De ahí que el mal uso de esta técnica acarree graves desequilibrios ambientales. Por ello, para evitar este tipo de problemas, se recomiendan las siguientes regulaciones:

- No llevar a cabo esta actividad, a menos que sea totalmente necesario.
- Tener en cuenta que la finalidad de esta práctica no es ahorrar costos, sino remediar los problemas que se presenten a la hora de propagar las especies.
- Seleccionar varios puntos de colecta en las localidades de extracción. Por más profundo y abundante que parezca el capote, se debe evitar sobreexplotar el recurso. No se debe exceder en el número de muestras por localidad ni se debe visitar la misma localidad de extracción más de una vez.
- Llevar las muestras de suelo inmediatamente al vivero para evitar que se descomponga y se pierda todo el esfuerzo puesto en su consecución.

La expresión y evaluación del BSG involucra dos fases metodológicas: la fase de campo, en la cual se colectan las muestras, y la fase de vivero, donde se da la germinación de las semillas y se investiga la identidad taxonómica de las plántulas emergentes.

3.4.1.1. Fase de campo

Por medio de recorridos en campo se identificaron localidades de colecta, como bordes de avance o claros de bosque, que suelen ser ricos en especies pioneras e intermedias (figura 3.69). Una vez identificado el punto de muestreo, se colectaron muestras de suelo superficial en extensiones 1 m² de capote a 5 cm de profundidad. Las muestras de diferentes puntos de muestreo de la misma localidad se concentraron en lonas de plástico y las llevaron inmediatamente al vivero. Esta actividad se realizó en la Reserva Biológica Encenillo, en la vereda Mundo Nuevo, del municipio de La Calera, y en dos localidades del predio El Banqueo, en el municipio de Guasca.



Figura 3.69. Exterior (izquierda) e interior (derecha) de un borde de avance en el predio El Banqueo apto para realizar la toma de muestras

Fotos: Liz Ávila Rodríguez.

3.4.1.2. Fase de vivero

Para la germinación de las semillas presentes en las muestras de suelo, se acondicionaron canastillas y bandejas plásticas con una capa de 2 cm de arena de río en el fondo, previamente esterilizada con agua hirviendo (Portillo-Moreno, 2010). Todas las muestras se acondicionaron en las canastillas y las bandejas, a excepción de una muestra de El Banqueo, pues fue agregada directamente en las camas de germinación. La muestra de suelo se extendió homogéneamente sobre este sustrato estéril y se formó una capa de suelo de alrededor de 1 cm de grosor. Esto se hizo con el fin de facilitar la germinación de todas las semillas (Cárdenas et al., 2002; Portillo-Moreno, 2010). Todas las muestras se acondicionaron en las canastillas y las bandejas, a excepción de una muestra de El Banqueo, pues fue agregada directamente en las camas de germinación. Cada canastilla fue marcada con los datos de campo de la muestra (figura 3.70). Este sustrato se regó periódicamente y se registró con atención la aparición de las plántulas. Las plantas de nuestro interés se extrajeron y trasplantaron a bolsas que se llevaron a la zona de crecimiento del vivero, donde continuó el proceso de seguimiento normal que incluye la evaluación de la mortalidad, la altura y diámetro basal.





Figura 3.70. Ejemplo de las canastillas que se usan para la expresión del banco de semillas
Fotos: Liz Ávila Rodríguez.

3.4.2. Resultados de la expresión del banco de semillas germinable

De las muestras de suelo de Mundo Nuevo, Reserva Biológica Encenillo y El Banqueo, teniendo en cuenta la muestra en canastilla, bandeja y la utilizada para los germinadores, se trasplantaron 1422 individuos de 41 especies de interés. En la tabla 3.19 se resumen las especies en todas las muestras de suelo y las que germinaron en las camas de germinación. Se puede observar que las especies más frecuentes fueron el encenillo (*Weinmannia tomentosa*) y el tibar (*Escallonia paniculata*), extraídas de los capotes de la Reserva, capote del germinador y el capote de El Banqueo.

Tabla 3.19. Especies de interés y cantidades trasplantadas de las muestras de suelo y germinador

| Especie | Cantidad | Especie | Cantidad |
|-------------------------------------|----------|--------------------------------|----------|
| <i>Weinmannia tomentosa</i> | 985 | <i>Monochaetum myrtoideum</i> | 3 |
| <i>Escallonia paniculata</i> | 107 | <i>Valeriana laurifolia</i> | 3 |
| <i>Myrsine coriacea</i> | 47 | <i>Baccharis latifolia</i> | 2 |
| <i>Paepalanthus alpinus</i> | 42 | <i>Blechnum</i> sp. | 2 |
| <i>Tibouchina</i> sp. | 38 | <i>Gaultheria myrsinoides</i> | 2 |
| <i>Abatia parviflora</i> | 33 | <i>Myrcianthes</i> sp. | 2 |
| <i>Cavendishia bracteata</i> | 22 | <i>Myrsine</i> sp. | 2 |
| <i>Ageratina glyptophlebia</i> | 21 | <i>Pentacalia</i> sp. | 2 |
| <i>Miconia ligustrina</i> | 15 | <i>Vallea stipularis</i> | 2 |
| <i>Brunellia propinqua</i> | 14 | <i>Viburnum tinoides</i> | 2 |
| <i>Ageratina asclepiadea</i> | 10 | <i>Cestrum</i> sp. | 1 |
| <i>Diplostegium rosmarinifolium</i> | 10 | <i>Clethra</i> sp. | 1 |
| <i>Clusia multiflora</i> | 9 | <i>Diplostegium</i> sp. | 1 |
| <i>Miconia ligustrina</i> | 8 | <i>Geissanthus andinus</i> | 1 |
| <i>Macleania rupestris</i> | 5 | <i>Hesperomeles goudotiana</i> | 1 |
| <i>Myrsine dependens</i> | 5 | <i>Lycopodium</i> sp. | 1 |
| <i>Ageratina tinifolia</i> | 4 | <i>Miconia summa</i> | 1 |
| <i>Diplostegium tenuifolium</i> | 4 | <i>Oreopanax incisus</i> | 1 |
| <i>Morella pubescens</i> | 4 | <i>Piper nubigenum</i> | 1 |
| <i>Weinmannia</i> sp. | 4 | <i>Weinmannia rollottii</i> | 1 |
| <i>Gaiadendron punctatum</i> | 3 | Total | 1422 |

Fuente: elaboración propia.

La mayor proporción de individuos se extrajo del capote de la Reserva Biológica Encenillo (63,36%); seguida por la muestra de El Banqueo, utilizada en las camas de germinación (31,15 %); la de este mismo predio en bandeja (4,36%), y, por último, la muestra de capote de Mundo Nuevo (1,13 %). Es importante mencionar que germinaron más especies e individuos en las muestras, pero únicamente se contaron y trasplantaron los que son de interés para el proyecto. En cuanto a los porcentajes de mortalidad en bolsa, la mayoría registró una mortalidad nula o menor al 5%, a excepción del encenillo, pues registró el 44% de mortalidad (figura 3.71).





Figura 3.71. Individuos en bandejas de capote (a y b) e individuos trasplantados a bolsa (c y d)
Fotos: Jessica Cañón Páez.

3.5. Mantenimiento del material vegetal

Una vez las semillas comienzan a germinar y las plántulas comienzan a crecer en los sustratos de germinación, son necesarias diferentes acciones para fomentar el crecimiento de las plantas y aumentar la probabilidad de supervivencia cuando sean llevadas al terreno. A continuación, se detallan algunas de las actividades que se refieren al mantenimiento de este material vegetal en vivero.

3.5.1. Riego

El riego se realiza en horas de la tarde (16:00 h) en las zonas de germinación y crecimiento cada 3 días en época de lluvia y todos los días en época seca, por medio, principalmente, de un sistema de nebulización instalado en la zona de

germinación, pues una gran cantidad de las semillas son muy pequeñas y este tipo de riego no las destapa ni las acumula en la cama de germinación, y por goteo en la zona de crecimiento reforzado con regadera manual y con manguera en la zona de rustificación, una vez a la semana (figuras 3.72a-3.72d).



Figura 3.72. Riego: a) nebulización en la zona de germinación, b) refuerzo manual en la zona de germinación, c) goteo en la zona de crecimiento y d) riego por manguera en rustificación

Fotos: Óscar Silva Forero y Martha Patarroyo Gómez.

3.5.2. Fertilización

Los productos aplicados para la fertilización fueron fertirriego Nitra-KP en polvo soluble, Fertibac líquido, Agrimins granulado y fertilizante Tottal, los cuales son mezclados en canecas de 200 litros y se aplican mediante riego manual en todas las zonas (figura 3.73). Contienen concentraciones diferentes de cada elemento, por lo que la mezcla se realiza con el fin de obtener la cantidad adecuada total



siguiendo las recomendaciones técnicas generales para vivero. No se aplicaron micorrizas, pero se utilizó humus sólido como componente orgánico de la mezcla del medio de crecimiento, y una preparación especial elaborada a partir de individuos de lupino (*L. interruptus*).



Figura 3.73. Proceso de fertilización del material vegetal del Proyecto Nueva Esperanza
Fotos: Óscar Silva Forero.

3.5.3. Atención fitosanitaria

Se aplica prevención fitosanitaria, por lo que la proliferación de plagas y enfermedades es mínima. Los insumos utilizados son Botrycid (fungicida, bactericida y nematicida), Alisin (insecticida biológico para chupadores y perforadores), Agro-neem (insecticida orgánico de hoja de Neem), Nicobiol (insecticida orgánico) y Dagroil (insecticida-acaricida orgánico). Estos insumos son aplicados en mezcla con bomba de 20 litros (a excepción del Botrycid). Hubo una baja incidencia de enfermedades y daños, entre las que se destacan:

- Hongos: mal del tallo en mano de oso (*Oreopanax incisus*) en cama de germinación en las condiciones ambientales tipo uno (figura 3.74a) y en los trasplantes de salvia (*Cordia cylindrostachya*) en las condiciones ambientales tipo dos.
- Ataques de insectos: en el vivero en las condiciones ambientales tipo uno se resalta la presencia de gusanos trozadores que se alimentan de las hojas de *Baccharis latifolia* (figura 3.74b). En las condiciones ambientales tipo dos la presencia de insectos trozadores y minadores ha sido representativa en algunas especies, a lo que rápidamente se toman acciones correctivas mediante la aplicación de productos de control biológico.

- Insuficiencias en fertilización: clorosis en las hojas más viejas de *Viburnum tinoides*, pero con un sistema radicular abundante (figura 3.74c). Lo que pudo determinarse como deficiencia de nitrógeno.
- Temperaturas bajas y elevadas: afectación por heladas en las condiciones ambientales tipo uno, a finales de diciembre de 2019 y en enero de 2020 (figura 3.74d). Se cubrieron las zonas más afectadas, se regó de forma abundante en la madrugada y al finalizar la tarde todos los días. Posteriormente, se podaron las partes afectadas y se aplicó urea y melaza al material vegetal más expuesto.



Figura 3.74. Afectaciones fitosanitarias identificadas. a) Mal de tallo-hongo, b) herbivoría, c) clorosis y d) afectación por heladas

Fotos: Jessica Cañón Páez y Óscar Silva Forero.

3.5.4. Endurecimiento o rustificación del material vegetal

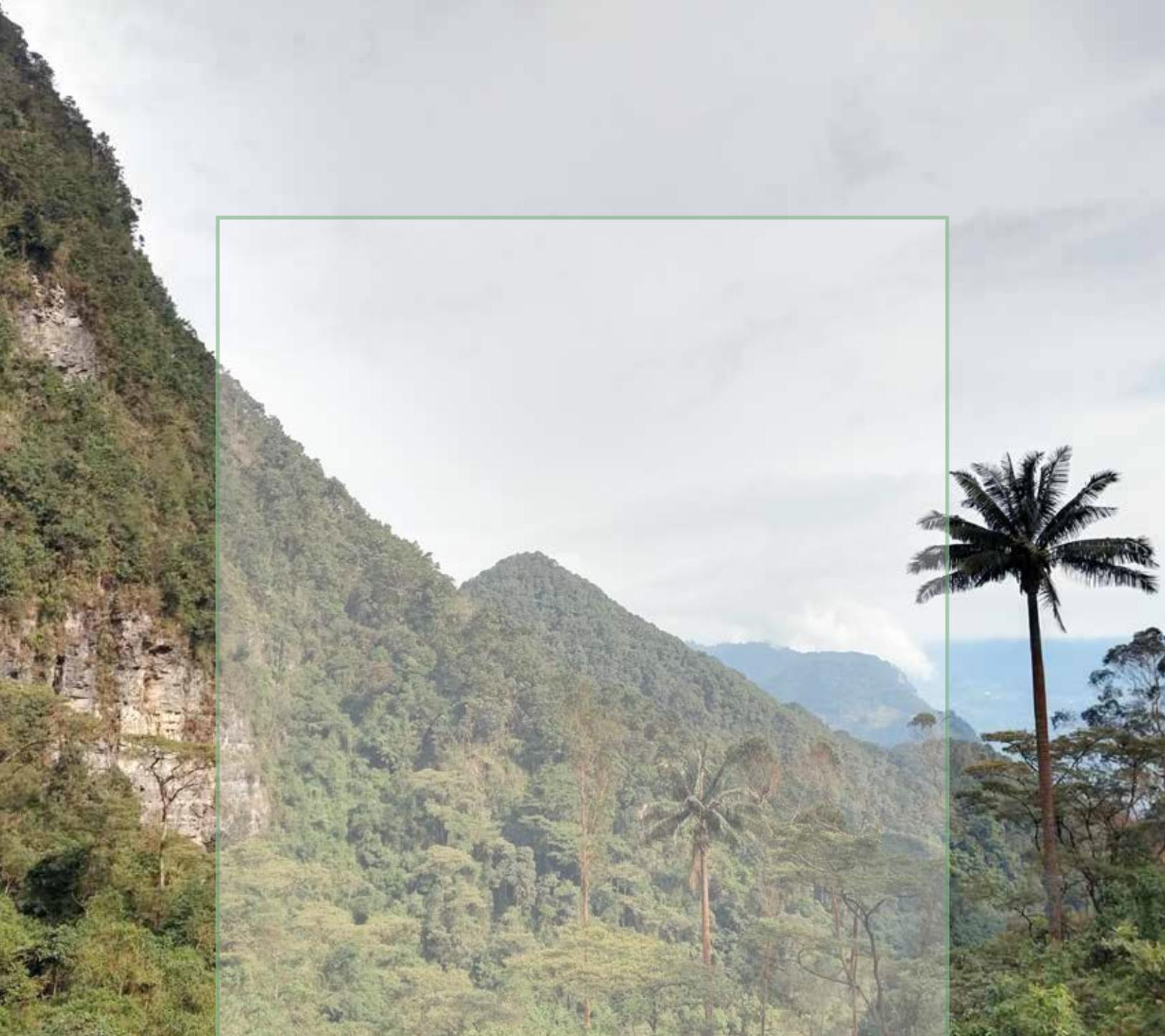
Al material vegetal en fase de endurecimiento se le realiza el siguiente mantenimiento:

- Adecuación de zonas: áreas con polisombra de bajo porcentaje para preparar el material vegetal a las condiciones de la siembra (figura 3.75). Idealmente, se propone que la polisombra sea fácilmente desmontable una vez se evidencie buen porte en los individuos.
- Poda aérea: corte de los brotes apicales con tijeras podadoras, para mantener uniformidad en altura de una determinada especie y retardar el crecimiento aéreo, pues se produce menos transferencia de carbohidratos hacia las raíces y, por ende, menor crecimiento radical. Se ha realizado poda al roble (*Quercus humboldtii*), al duraznillo (*Abatia parviflora*) y al gaque (*Clusia multiflora*).
- Poda de raíz: cuando esta sobresale del contenedor, se realiza para mantener un brote aéreo adecuado en relación con el desarrollo de la raíz y regeneración de raíces secundarias. Sin embargo, una poda muy intensa puede afectar drásticamente la planta. Se ha realizado a múltiples especies, entre estas el gaque (*Clusia multiflora*) y el tinto (*Cestrum mutisii*).
- Cambio de bolsa: si el individuo está muy alto para el contenedor en el que se encuentra, la raíz sobresale de este y se evidencia una posible malformación de raíz, es recomendable cambiarlo a un contenedor más grande, para evitar afectaciones al sistema radicular y afectar la supervivencia en el lugar de siembra.



Figura 3.75. Zona de rustificación en el predio Santa Rosa (Sibaté). Proceso de adaptación de las especies a fuertes vientos y alta radiación

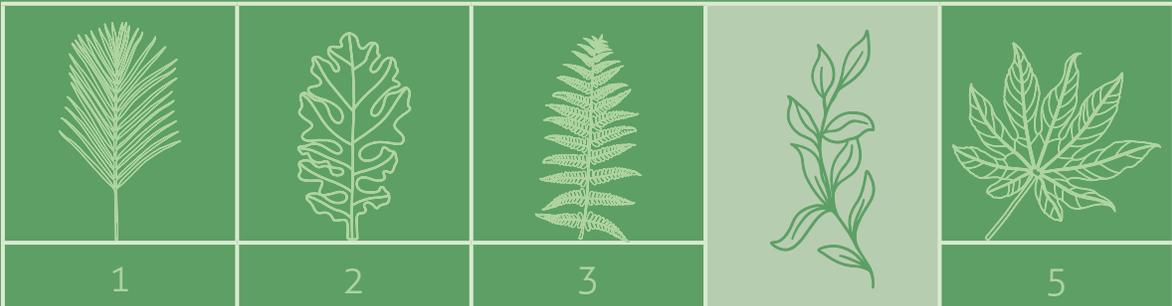
Foto: Wilmer Gutiérrez Morales.



CAPÍTULO 4
**Lecciones aprendidas
y recomendaciones**



CAPÍTULO 4



4.1. Sobre aspectos generales de la obtención del material vegetal en el marco de las compensaciones ambientales

Uno de los aciertos del proceso de compensación del Proyecto Nueva Esperanza fue que los objetivos de restauración se definieron y ajustaron a partir del conocimiento de las condiciones locales de las áreas que se iba a restaurar, según sus aspectos físicos, ecológicos y sociales. En consecuencia, la planeación para la puesta en marcha de los planes de compensación y los tiempos administrativos para el cumplimiento de dichas obligaciones ambientales se adaptaron bajo las características de los ecosistemas que se iban a intervenir.

Por otro lado, se consideraron los requerimientos planteados por la autoridad ambiental frente a procurar calidad genética del material vegetal que se usa en las compensaciones. Para lograrlo, el ejercicio a fuentes semilleras fue fundamental, ya que los individuos que se seleccionaron por especies fueron monitoreados para hacer colecta de frutos y para aportar en la consolidación de un calendario fenológico que brindara información sobre las temporadas de floración y fructificación. Con el mismo fin, el convenio sondeó en los viveros locales, con el fin de apoyar la estrategia de obtención de material y nutrir la variabilidad genética del material para las compensaciones de Nueva Esperanza. Como resultado se encontró un desinterés generalizado por propagar especies nativas, debido al escaso mercado que tienen; así mismo, la mayoría de estos viveros no contaban con registro del Instituto Colombiano Agropecuario, ya que, en muchos casos, se solicita el registro del Instituto Colombiano Agropecuario, con el que no cuentan.

Los ecosistemas de alta montaña, como los bosques altoandinos y los páramos, tienen como particularidad el crecimiento lento de sus especies naturales, en comparación con los tiempos que demandan las especies en ecosistemas de menor altitud. Lo anterior tiene implicaciones en las temporalidades que requiere la propagación y el mantenimiento del material vegetal. Por ello, es importante proyectar tiempos suficientes en la fase de planificación de los proyectos de compensación, que incluyan los ritmos fenológicos propios de las especies de alta montaña. En este contexto, se recomienda una etapa de monitoreo a fuentes semilleras en una fase preparatoria a la implementación de los planes de compensación para mejorar el proceso de propagación, ya que permitirá el suministro permanente de semillas desde el primer momento.

Mediante el desarrollo de los planes de compensación es posible proponer otros tipos de estrategias e indicadores de restauración ecológica que no necesariamente involucren la siembra directa de individuos en campo, pues aun cuando esta siempre será necesaria y los indicadores por excelencia para monitorear procesos de restauración van a estar ligados al número de individuos sembrados en un área, se recomienda considerar otras opciones que enriquezcan los resultados. Tales estrategias incluyen, por ejemplo, la aplicación de medidas complementarias, como el uso de elementos para atraer dispersores de semillas (perchas para aves) o acciones para dinamizar la sucesión natural, como disturbios en el suelo que activen la regeneración de la vegetación secundaria en zonas de avance de los bordes de bosque sobre los potreros. En tal caso, se debe tener en cuenta que la implementación de estrategias auxiliares a la siembra requiere el diseño de otros indicadores que no estén ligados necesariamente al monitoreo de las plantas sembradas. Estos deben estar sujetos a un sistema que permita capturar los cambios en la estructura y composición de la vegetación y a otros, como en la biomasa acumulada.

En resumen, diversificar el número de acciones y aplicarlas de manera sistemática en un ciclo de intervención, podría significar el incremento de la diversidad global del área de siembra. Es importante mencionar que ninguna estrategia alternativa, sola o combinada, reemplazará completamente las siembras.

4.2. Sobre la selección de especies para la obtención del material vegetal

Un aspecto para resaltar fue que la identificación clara de los ecosistemas de referencia y de las unidades de vegetación que se iban a intervenir permitió elaborar los inventarios de plantas, un insumo importante en la selección de especies clave para el proceso de restauración ecológica. Con estos inventarios se conocieron los rangos de distribución de las especies y otras características ecológicas, por ejemplo, su capacidad competitiva. Dichas actividades aportaron al planteamiento de estrategias de restauración pertinentes y a diseños de siembra ajustados a las condiciones locales. En los casos en los cuales no fue posible la obtención de semillas o material vegetal para la propagación de una especie, el contar con información amplia de la diversidad de cada zona, dio la oportunidad de reemplazarla teniendo en cuenta sus características y funcionalidad en los objetivos de restauración planteados.



No inventariar puede llevar al error de introducir especies que no son parte de la comunidad residente o, incluso, especies exóticas. Esto tiene consecuencias negativas, ya que tal vez dichas especies no sobrevivan al entorno de siembra o, por el contrario, se conviertan en especies oportunistas perjudiciales para el proceso de restauración ecológica.

Debido a que siempre hay un grado de imprevisibilidad en todo plan de acción, considerar el modelo de manejo adaptativo bajo la premisa de “aprender haciendo”, permite recolectar más información de los ecosistemas de referencia y procura mayor efectividad en las acciones que se van a implementar. Por medio de ejercicios posteriores a la etapa de diagnóstico, como los monitoreos de coberturas y de fuentes semilleras y ensayos de sucesión, se refina y diversifica el listado inicial de especies y las estrategias de intervención, así como se identifican de manera más puntual otros limitantes para la restauración ecológica de las zonas que se van a intervenir.

La participación de la comunidad puede ser clave a la hora de seleccionar las especies, por ejemplo, en su perspectiva de las relaciones de la vegetación con la fauna. Así es como la actividad botánica se ve nutrida con la retroalimentación de saberes locales.

4.3. Sobre el proceso de obtención del material vegetal

El proceso del Proyecto Nueva Esperanza, además de proporcionar el material vegetal requerido para la restauración ecológica de los ecosistemas de páramo, bosque altoandino, zona de transición páramo-bosque altoandino y bosque andino, también es una oportunidad para la conservación *in situ* y *ex situ* de las especies a diferentes niveles. Respecto a la conservación *in situ*, el proyecto tiene lugar en una zona de reserva de la sociedad civil (Reserva Biológica Encenillo) y en predios privados propiedad de EPM, cercanos a otras áreas protegidas, por lo que se espera que al continuar su proceso de regeneración, la funcionalidad de los ecosistemas se restablezca y sean protegidos a futuro para la conservación de la biodiversidad tanto de la flora reintroducida en los procesos de restauración como de la fauna asociada.

Su función en la conservación de especies *ex situ* es clara, ya que al propagar, rescatar y reubicar especies endémicas, poco conocidas, amenazadas y que poseen rasgos funcionales clave, se da lugar a investigarlas como recurso genético para

la consolidación de las poblaciones reintroducidas. Es necesario establecer un banco de germoplasma, donde además de contar con especies locales clave para la restauración, se abra la posibilidad de evaluar la calidad y diversidad genética del material recolectado. De igual forma, aquellas semillas que no pueden ser almacenadas por su comportamiento recalcitrante servirán de banco de genes en campo, propiciando así la investigación de especies amenazadas.

4.3.1. Propagación sexual y vegetativa

En la fase de propagación, los protocolos de seguimiento a fuentes semilleras fueron muy importantes y contribuyeron al conocimiento de las especies. Se recomienda que los protocolos se apliquen con rigurosidad y de manera sistemática, ya que estas actividades requieren una destinación importante de recursos en tiempo, humanos y económicos. Así mismo, mejorar los procesos de sistematización y análisis de la información en la fase de planeación y hacer un plan que garantice la obtención de semillas y frutos durante todo el año. Se resalta la importancia de capacitar a las personas que participan en el proceso en temas de seguimiento y obtención de semillas y material vegetal, identificación del estado ideal de frutos para recolección, estado sanitario y posibles plagas.

La propagación de especies nativas por medio de la aplicación de conceptos técnicos enriquecidos con la experticia y conocimiento local del equipo de trabajo permitió la experimentación y consecución del material vegetal. Si bien para algunas de las especies seleccionadas se encontró información académica, en otros casos la información fue escasa o nula, lo que inició un proceso de investigación científica bajo un enfoque empírico con las herramientas que se tenían al alcance, para finalmente poder construir resultados contundentes de los procesos de propagación por especie.

Sin embargo, en algunas ocasiones, este tipo de procesos investigativos quedan relegados bajo la priorización de actividades que conciernen a la producción masiva de plantas para cumplir determinada obligación. Por ello, fijar desde el inicio una estrategia que incluya asesoría técnica y asignación de responsabilidades, dará como resultado protocolos completos de propagación por especie. De manera complementaria, brindar al personal de apoyo en el vivero el conocimiento de la morfología y fisiología de las unidades de propagación (semillas, esporas, esquejes y rizomas), es útil para la toma de decisiones que acorten los tiempos



de experimentación y la identificación del mejor procedimiento para la propagación de las especies.

Se destaca que los resultados del proceso de propagación de las especies nativas investigadas permite planear sobre una base, pues brindan información relacionada con el calendario fenológico de las especies, la cantidad de frutos que se deben recolectar para obtener cierta cantidad de semillas, la cantidad de plántulas esperadas por un determinado lote de semillas o el tiempo de germinación y crecimiento. Esto influye en la toma de decisiones respecto a la diversificación de especies en los diseños florísticos, tomando como una variable determinante la propagación y siendo una estrategia positiva bajo el concepto de cambio climático y cómo enfrentarlo.

Con el manejo de las semillas de los ecosistemas de páramo, bosque altoandino, zona de transición páramo-bosque altoandino y bosque andino se conocieron más los requerimientos y las características de las especies seleccionadas para la propagación. Por esto, en los resultados de este documento se detallaron las condiciones ambientales bajo las cuales se propagaron las semillas y, además, si correspondían a un amplio rango de distribución ecológica, ya que esto repercute en el desarrollo de los individuos. Tal como se mencionó, los viveros del convenio EPM-FN se encuentran bajo dos condiciones ambientales diferentes, lo que permite una mayor eficiencia en el proceso de producción de material vegetal. Como resultado principal de esta experiencia, fue acertada la propagación de especies de amplio rango bajo las condiciones ambientales de Bojacá (2179 m.s.n.m.), pues favoreció la rápida germinación y desarrollo vegetativo, sin riesgo de pérdida de material vegetal al trasladar los individuos a una zona más alta.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el caso de proyectos lineales que involucren acciones de compensación de diferentes ecosistemas y la estrategia de propagación de especies nativas para la obtención del material vegetal, se recomienda establecer viveros temporales por zona de vida o ecosistema, ubicados estratégicamente sobre el rango altitudinal que se va a restaurar. Esto asegura un mejor flujo de trabajo por especie, en términos de recolección de frutos y semillas, e ingreso al vivero para las consecuentes actividades de propagación o almacenamiento; además, disminuye el riesgo de pérdida de viabilidad de las semillas, ya que el material genético no tendría que ser transportado por largos periodos. De igual forma, es apropiado, ya que la propagación se realizaría bajo condiciones similares al ambiente natural y es acertado en términos costo-efectivos, pues

podrían ubicarse cerca a los predios de implementación, lo que facilita el transporte del material vegetal a zona.

Es importante mencionar que en zonas altas, por ejemplo, en las condiciones ambientales de Guasca (2988 m s. n. m.), las bajas temperaturas retrasan la activación de procesos dentro de la semilla y el crecimiento de las plántulas, por lo que se recomienda construir un invernadero con una estructura baja y cerrada que permita aumentar la temperatura y, por ende, mantener bajo control el ambiente interior del invernadero. Como aprendizaje derivado de nuestra experiencia, una solución viable en caso de que se presenten bajas temperaturas es instalar geotextil en las paredes laterales del invernadero. Esta acción elevó la temperatura y favoreció el proceso de germinación y crecimiento de la mayoría de las especies.

Con el uso adecuado de herramientas e insumos (por ejemplo, la fertilización y estrategia de prevención sanitaria) y la aplicación rigurosa de protocolos, en la mayoría de los casos, el material vegetal cumplió con las condiciones fitosanitarias ideales, desarrollo vegetativo óptimo y siguiendo los parámetros establecidos para la restauración ecológica, es decir, provenientes de poblaciones adaptadas a las condiciones de la zona y con características funcionales del ecosistema de referencia. Estos indicadores se podrán evaluar asertivamente en el monitoreo de la efectividad de la restauración, porque son el reflejo de un adecuado proceso de propagación para la restauración ecológica.

Uno de los grandes aprendizajes de esta experiencia fue la aplicación del concepto *manejo adaptativo* a los procesos de vivero. Se recomienda identificar inicialmente cuáles son los aspectos relevantes en la producción de material vegetal y en el mantenimiento de la infraestructura de los viveros, y sobre esta base establecer ciertos supuestos que se van a monitorear por proceso en el tiempo (*checklist*) y generar un banco de acciones que permitan actuar frente a cualquier escenario. Con la prueba y el monitoreo de estas acciones se evaluará la mejor estrategia y se dará un manejo adecuado cuando se obtenga un resultado inesperado o no deseado. Estos resultados pueden ser discutidos con todo el equipo de trabajo, quincenalmente o en la temporalidad que las condiciones climáticas y tiempos de propagación y crecimiento de las especies requieran.



4.3.2. Métodos alternativos: rescate o reubicación de plántulas y juveniles y expresión del banco de semillas germinables

La técnica de rescate y reubicación de plántulas y juveniles es efectiva, siempre y cuando se respeten los siguientes principios orientadores: 1) no realizar la actividad, a menos que sea absolutamente necesario, desde el punto de vista de la biología de la especie, sin que primen intereses administrativos o económicos; 2) aplicar preferiblemente con especies pioneras; 3) considerar los rangos de distribución de la especie y sus exigencias ambientales; 4) solo aplicar en especies que tengan un banco abundante de plántulas y juveniles; 5) no sobrexplotar las localidades de colecta; 6) no exceder el número de individuos rescatados por localidad de colecta, y 7) una vez rescatado el material, ubicarlo en el menor tiempo posible en la parcelas de siembra o en condiciones de vivero durante su periodo de adaptación.

El protocolo para la expresión del banco de semillas germinable también fue una herramienta alternativa y efectiva para obtener material vegetal. Sin embargo, ello implica una demanda de personal y recursos adicionales. Para perfeccionar esta estrategia, se recomienda ampliar los protocolos de seguimiento y el espectro de especies que se van a utilizar; de esta manera, es posible aprovechar todo el potencial del banco de semillas germinable para la restauración ecológica. Esto implica, por ejemplo, usar todas o la mayor parte de las plántulas que germinen en la muestra y tener control sobre el origen del sustrato, ya que esto influye en la diversidad y la cantidad de individuos que se expresen. Por último, al igual que la técnica de rescate y reubicación, en este caso también es importante considerar las implicaciones de la actividad, y procurar no sobrexplotar las localidades de donde se extraen las muestras.

4.3.3. Participación de la comunidad en los procesos de obtención del material vegetal

Para finalizar, un logro que queremos destacar es la identificación y vinculación de actores sociales al proceso. Propiciar su participación en las diferentes actividades de los planes de compensación es fundamental para generar pertenencia y credibilidad en los procesos, en procura de su sostenibilidad futura.

En el marco de la articulación comunitaria, la consolidación de alianzas con otras organizaciones, alcaldías, juntas de acción comunal y otras experiencias de

conservación generaron nuevas oportunidades laborales en las regiones en las que se desarrollan las acciones, por medio de la vinculación de pobladores locales y del intercambio de conocimientos en torno a la obtención de material vegetal. Lo anterior aportó a la solución de problemáticas locales, como el manejo de especies exóticas.

Por medio de estas alianzas, se visibilizó una nueva oportunidad para consolidar mercados de especies nativas para la restauración ecológica, que aportan a las dinámicas económicas de las regiones. Por lo anterior, las alcaldías y las juntas de acción comunal han encontrado valor en los procesos de capacitación en técnicas y procesos de propagación, desarrollados por el convenio, en los que participaron sus equipos de trabajo y otros miembros de la comunidad.

El conocimiento agrícola heredado de las dinámicas familiares es la característica principal que debe considerarse en el afianzamiento de los equipos que trabajan por la obtención de material vegetal, ya que dicho conocimiento aporta al proceso por medio de la inclusión de técnicas tradicionales. Así mismo, para la selección del equipo local, se consideró que fueran oriundos de las zonas de trabajo y que mostraran afinidad por la naturaleza. Con el paso del tiempo, esta figura evolucionó, gracias a que se les capacitó en temas de propagación, siembras, monitoreos de vegetación, entre otros. Los nuevos conocimientos se fusionaron con los tradicionales y ello fortaleció capacidades que aportarán a futuro en las experiencias de propagación y restauración en las regiones.

Un último aprendizaje se refiere a la importancia de consolidar los viveros ya que estos apoyan estrategias de educación ambiental en los territorios, al convertirse en lugares para la enseñanza y el intercambio de conocimientos. Este nuevo propósito para los viveros requiere un mayor esfuerzo para la integración de la comunidad local y regional, de manera que este espacio sirva para la experimentación científica y académica, que aporte a la investigación sobre especies nativas de alta montaña.

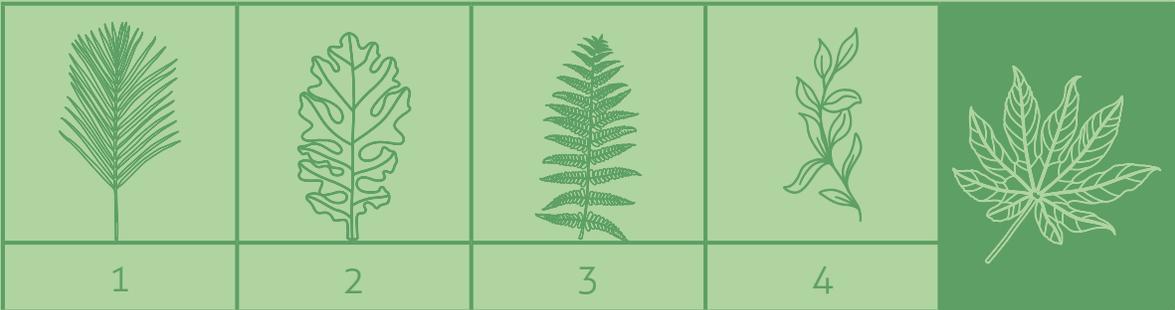




CAPÍTULO 5
Fichas de especies



CAPÍTULO 5



Como resultado de la selección y monitoreo de fuentes semilleras, recolección, beneficio, análisis de calidad de semillas, cálculo de porcentajes de mortalidad y de tasas de crecimiento mensual; a continuación, se encuentran 23 fichas de especies nativas de los ecosistemas andinos. Se seleccionaron por su importancia en el ecosistema y por la información obtenida en el proceso de propagación como resultado de la experiencia expuesta en este libro.

Las fichas contienen información de taxonomía, descripción botánica, ecología y distribución, fenología y fuentes de germoplasma, propagación, viverismo y etnobotánica, así como fotografías de las especies. Para su lectura se deben tener en cuenta las siguientes convenciones:

Simbología fichas

1

Biotipo



ÁRBOL



ARBOLITO



ARBUSTO



BAMBUOIDE



MACOLLA



ROSETA ACAULE



CAULIROSULA



HELECHO ARBÓREO



PALMA

2

Fotografías



Hábito general



Hojas



Leño



Inflorescencia



Fruto



Semilla

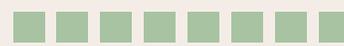


Plántula o juvenil

3

Estrato

1. Herbáceo (0,3-1,5 m)
2. Arbustivo (1,5-5 m)
3. Subarbóreo (5-10 m)
4. Arbóreo (10 m o más)



4

Franja de vida

1. Páramo.....(>3200)
2. Transición páramo-bosque altoandino.....(3000-3200)
3. Bosque altoandino.....(2600-3000)
4. Bosque andino(<2600)

5

Tipo de vegetación

1. **Arbustal de transición entre páramo y bosque:** arbustal de páramo dominado por arbustos y arbolitos que forman un dosel continuo de entre 5 y 8 m de altura.
2. **Arbustal-frailejonal:** arbustal de páramo dominada por frailejones, pequeños arbustos y arbolitos dispersos que no superan los 3 m de altura.
3. **Arbustal-pajonal:** herbazal de páramo dominado por pajas, hierbas y arbustos dispersos que no superan los 2 m de altura.
4. **Frailejonal-pajonal:** herbazal de páramo dominado por frailejones que no suelen superar un metro de altura, pajas hierbas y pequeños algunos arbustos ocasionales de menos de un metro de altura.
5. **Chuscal-herbazal/chuscal-frailejonal:** herbazales o arbustales de páramo dominados por chusque, hierbas, rosetas y arbustos o frailejones que no superan los 2 m de altura.
7. **Bosque altoandinos:** bosques con dosel de 20 m o más dominados por árboles, arbolitos y helechos arborescentes. Se presenta gran cantidad de epifitismo y muchas formas de vida en el sotobosque (hierbas, aráceas, helechos herbáceos y arbustos).
8. **Bosque andinos:** bosques con dosel de 30 m o más dominados por árboles, arbolitos, helechos arborescentes y palmas. El stoobosque es despejado pero diverso en especies arbustivas y herbáceas.
9. **Vegetación secundaria de bosque:** matorrales densos en claros o bordes de avance de bosque andino. Dosel continuo de 5 m o más compuesto por arbustos, arbolitos y árboles ocasionales que pueden superar los 10 m de altura.

Ageratina asclepiadea (L. f.) R.M. King & H. Rob.

Familia: Asteraceae

Nombre común: blanquillo



ARBUSTO



2

Descripción botánica

Arbustos de 2-4 m de altura, excepcionalmente más altos; ramas juveniles cubiertas de indumento lanoso grisáceo. **Hojas** opuestas, pecioladas, con la lámina oblonga o elíptica, cartáceo-coriácea, nervios pinnados, haz glabra, envés densamente tomentoso, tomento gris, margen entera, a veces ondulada y sinuado-dentada, ápice agudo u obtuso, base redondeada. **Flores** en capítulos dispuestos en corimbos terminales foliosos, redondeados apicalmente; corola blanca, a veces teñida de púrpura. **Frutos** en aquenios de color negro, provistos de glándulas sésiles, especialmente en las costillas; papo formado por setas vellosas (Mutis y Bosio, 2008).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Arbusto

Estrato: Arbustivo

Rango altitudinal: Entre 2600 y 3000 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Arbustal de transición entre páramo y bosque, bosque altoandino

Franja de vida: Páramo y bosque altoandino

Tipo de fruto: Aquenio

Dispersión: Anemófila

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 10 individuos ubicados en la Reserva Biológica Encenillo. Florece y fructifica entre agosto y noviembre



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Secar y sacudir los capítulos

Tratamientos pregerminativos: Ninguno

Tipo de siembra: Voleo y tapar con sustrato fino

Días promedio de inicio: 23

Duración del proceso germinativo: 84

Cantidad germinada: 200 individuos/1 g

Mortalidad en germinador: 29 %

Mortalidad en bolsa: 9 %

Tasa de crecimiento en germinador: 0,40 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 1,41 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Arbusto de rápido crecimiento. Resiste bien la sequía y las heladas. Muy apreciada por polinizadores (Hernández, 2007).

Usos culturales: No se reportan usos culturales.

7

Bibliografía

Hernández, M. (2007). *Amargoso* (*Ageratina asclepiadea*). <https://www.flickr.com/photos/16895199@N04/32674012476/>

Mutis y Bosio, J. C. (2008). *Flora de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada: Ageratina asclepiadea*. Ediciones Cultura Hispánica. <https://bibdigital.rjb.csic.es/idurl/1/15874>

Ageratina glyptophlebia (B. L. Rob.) R. M.

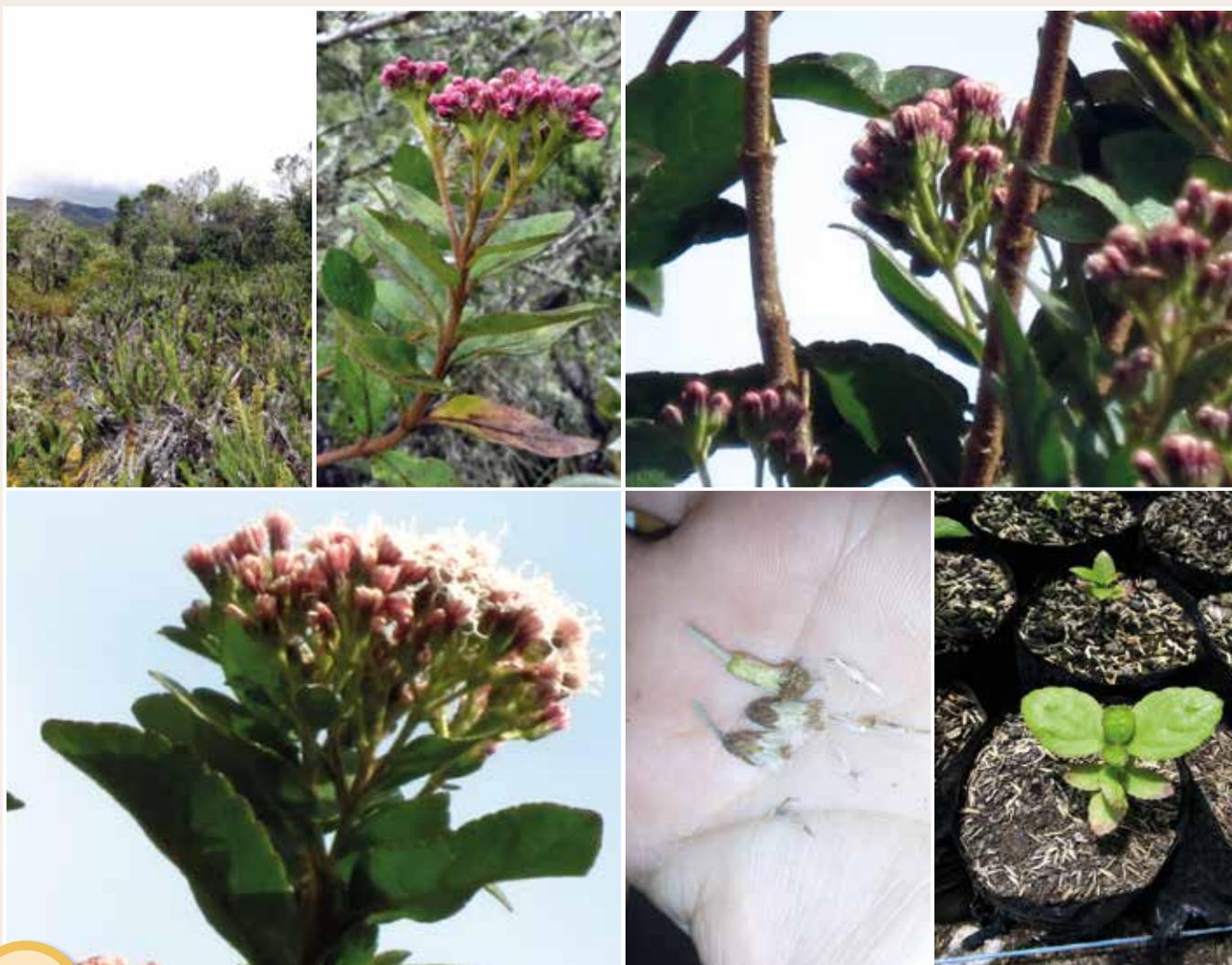
King & H. Rob.

Familia: Asteraceae

Nombre común: amargoso, chilco



ARBUSTO



2

Descripción botánica

Arbusto de 1,5-4 m de altura, tallos muy erectos, brotes y ramas jóvenes con abundantes glándulas e indumento de color de color amarillo quemado pubescente a muy pubescente. **Hojas** de lámina elíptica a lanceolada, con presencia de indumento en la haz y el envés, al menos sobre las venas, margen engrosada y apicalmente aserrada glandular. **Inflorescencia** corimbiforme, ligeramente rosada vista desde la distancia. **Fruto** en aquenio glabrescente y glandular, papus de color rosado (Pedraza-Peñalosa et al., 2004)



3

Ecología y distribución

Biotipo: Arbolito

Estrato: Arbustivo

Rango altitudinal: 2800-3000 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Arbustal de transición entre páramo y bosque altoandino

Franja de vida: Páramo y bosque altoandino

Tipo de fruto: Aquenio

Dispersión: Anemocoria

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 12 individuos ubicados en el predio El Palmar. Florece y fructifica entre septiembre y diciembre



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Secar y sacudir la inflorescencia

Tratamientos pregerminativos: Ninguno

Tipo de siembra: Voleo y tapar con sustrato fino

Días promedio de inicio: 24

Duración del proceso germinativo: 95

Cantidad germinada: 75 individuos/1 g

Mortalidad en germinador: 0,92 %

Mortalidad en bolsa: 39,70 %

Tasa de crecimiento en germinador: 0,35 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 2,05 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Se considera un elemento arbustivo pionero útil para la restauración ecológica de áreas páramo bajo y arbustal de transición páramo-bosque. Atractivo para insectos polinizadores.

Usos culturales: No se reportan usos culturales.

7

Bibliografía

Pedraza-Peñalosa, P., Betancur, J., & Franco-R., P. (2004). *Chisacá: Un recorrido por los páramos andinos*. Instituto de Ciencias Naturales e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. http://bioweb.co/co/comercio/product_info.php?products_id=787

Brachyotum strigosum (L. f.) Triana

Familia: Melastomataceae

Nombre común: chitón, zarcillejo morado



ARBUSTO



2

Descripción botánica

Arbusto de 0,5-2 m. Ramas juveniles densamente cubiertas con tricomas gruesos lisos y recostados. **Hojas** pequeñas, con pecíolo estrigoso, lámina gruesa cubierta en ambas caras con pelos inclinados, los del haz más robustos y adherentes por su base a la superficie foliar. **Flores** usualmente solitarias y péndulas en ramillos cortos, hipanto rosado-rojizo densamente estrigoso, pétalos morados. **Cápsula** ovalada, semillas numerosas y diminutas cocleadas (Mutis y Bosio, 1983).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Arbusto

Estrato: Herbáceo

Rango altitudinal: 2500-3700 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Arbustal-pajonal

Franja de vida: Páramo

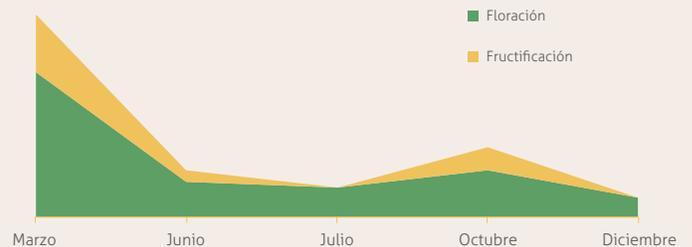
Tipo de fruto: Cápsula dehiscente

Dispersión: Barocoria

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera compuesta por 12 individuos ubicados en el predio Santa Rosa. La floración y la fructificación se dan entre enero y abril.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Secar y sacudir las cápsulas a través de un colador

Tratamientos pregerminativos: Ninguno

Tipo de siembra: Voleo y tapar con sustrato fino

Días promedio de inicio: 19

Duración del proceso germinativo: 45

Cantidad germinada: 590 individuos/1 g

Mortalidad en germinador: 5 % (a baja densidad)

Mortalidad en bolsa: 27,68 %

Tasa de crecimiento en germinador: 0,26 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 1,19 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Se considera un elemento arbustivo pionero útil para la restauración ecológica de áreas de arbustal-pajonal o arbustal-frailejónal. Es atractivo para polinizadores por sus flores.

Usos culturales: No se reportan usos culturales.

7

Bibliografía

Mutis y Bosio, J. C. (1983). *Flora de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada: Brachyotum strigosum*. Ediciones Cultura Hispánica. <https://bibdigital.rjb.csic.es/idurl/1/15864>

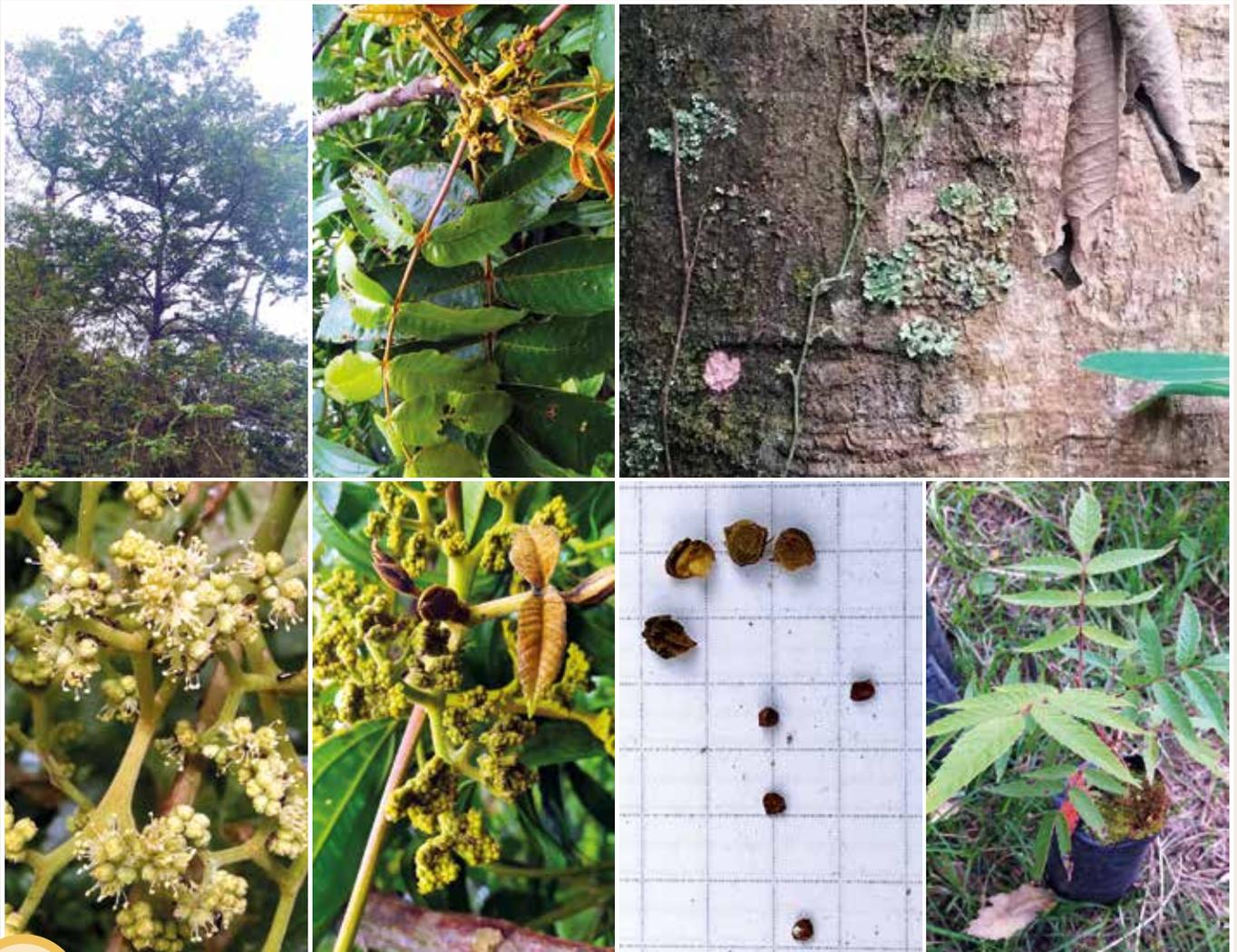
Brunellia comocladifolia Bonpl.

Familia: Brunelliaceae

Nombre común: cedrillo palo bobo, matapuercos, riñón, berraco



ÁRBOL



2

Descripción botánica

Árbol de 7-16 m; ramitas amarillento pelosas. Hojas densamente amarillo tomentosas, nervadura marcada en el envés, presencia de estípulas angostamente triangulares y densamente pelosas. Inflorescencia ramificada, densa y cortamente amarillo tomentosa, flores de color amarillo verdoso, triangulares, densamente dorado pelosas. Fruto polifolicular, folículos elipsoidales y tomentosos. Semillas abrigantadas elipsoidales de color pardo-rojizas (Humboldt & Bonpland, 1808).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Árbol

Estrato: Arbóreo

Rango altitudinal: 900-2400 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Bosque y vegetación secundaria de bosque andino

Franja de vida: Bosque andino

Tipo de fruto: Folículo

Dispersión: Ornitororía

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 10 individuos ubicados en los predios La Esmeralda y Peñas Blancas. Se presentan picos de floración y fructificación en abril, julio y octubre.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Extracción manual con estilete (usar guantes gruesos)

Tratamientos pregerminativos: Imbibición 24 h

Tipo de siembra: Surcos

Días promedio de inicio: 68

Duración del proceso germinativo: 52

Cantidad germinada: 6 individuos/1 g

Mortalidad en germinador: 0 %

Mortalidad en bolsa: 31,03 %

Tasa de crecimiento en germinador: 0,82 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 0,47 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Se usa como especie pionera intermedia (Aguilar Garavito et al., 2017).

Usos culturales: La madera se usa como leña, la planta se usa como febrífugo (Tropical Plants Database, 2020).

7

Bibliografía

Humboldt & Bonpland (1808) Pl. *Aequinoct* 1: 211. Holotipo: Colombia.

Aguilar Garavito, M. et al. (2017). *Guía para la restauración ecológica de la región subandina. Caso: Distrito de Conservación de Suelos Barbas-Bremen*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Tropical Plants Database. (2020). *Brunellia comocladifolia*. tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Brunellia+comocladifolia

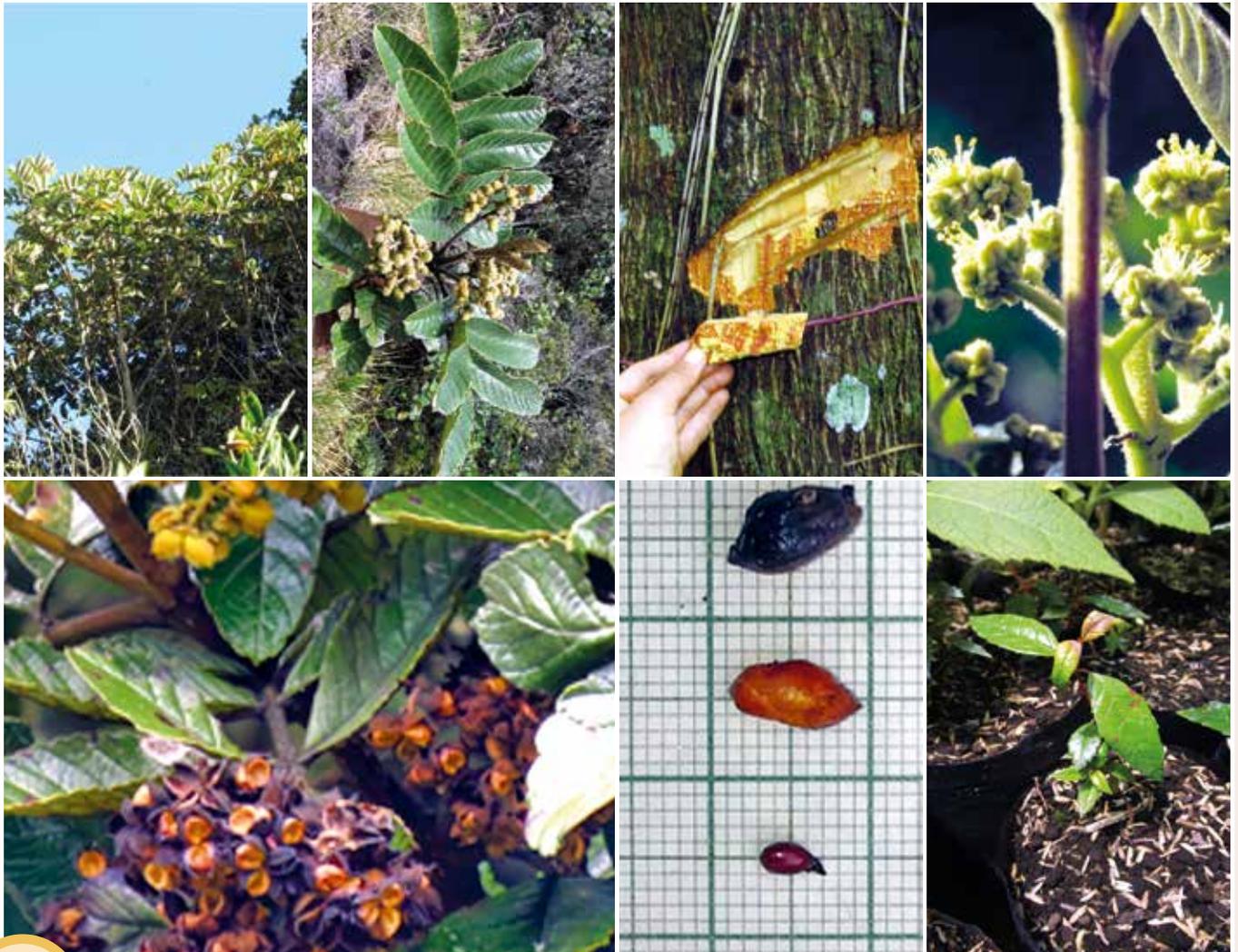
Brunellia propinqua Kunth

Familia: Brunelliaceae

Nombre común: cedrillo



ÁRBOL



2

Descripción botánica

Árbol de cerca de 10 m de alto, corona tupida de color verde oscuro. **Ramas** robustas, subtetraedrales pero profundamente surcadas, lenticeladas, cubiertas con denso tomento café y pelos flexibles. **Hojas** opuestas, sulcadas en el haz, densamente tomentosas cuando jóvenes. **Flores** glomeradas sésiles o subsésiles ubicadas a final de una rama terminal corta, densamente cubiertas de un tomento lanoso. Fruto en folículo, obovado, con el ápice acuminado, densamente cubiertos de tomento aterciopelado e hirsuto. **Semillas** elípticas oblongas, redondeadas al final, atenuadas al otro lado, café rojizo y brillantes (Bonpland et al., 1815).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Árbol

Estrato: Arbóreo

Rango altitudinal: 2600-3400 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Bosque y arbustal de transición entre páramo y bosque

Franja de vida: Bosque andino

Tipo de fruto: Folículo

Dispersión: Ornitocoria

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 14 árboles ubicados en los predios El Banqueo y El Palmar. Florece y fructifica entre agosto y enero.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Extracción manual con estilete

Tratamientos pregerminativos: Imbibición 24 h

Tipo de siembra: Surcos

Días promedio de inicio: 124

Duración del proceso germinativo: 136

Cantidad germinada: 9 individuos/1 g

Mortalidad en germinador: 12,24 %

Mortalidad en bolsa: 40,61 %

Tasa de crecimiento en germinador: 0,41 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 0,22 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Es una especie arbórea de crecimiento intermedio.

Usos culturales: Construcción y leña.

7

Bibliografía

Bonpland, A., Humboldt, A. von, & Kunth, K. S. (1815). *Nova genera et species plantarum: Quas in peregrinatione ad plagam aequinoctialem orbis novi collegerunt /descripserunt, partim adumbraverunt Amat. Bonpland et Alex. De Humboldt; ex schedis autographis Amati Bonplandi in ordinem digessit Carol. Sigismund. Kunth... t. 7* (1825) [Folio] (pp. 1-544). <https://www.biodiversitylibrary.org/item/271533>

Cordia cylindrostachya Roem. & Schult.

Familia: Boraginaceae

Nombre común: salvio negro



ARBOLITO



2

Descripción botánica

Árbol o **arbustos** erectos, de entre 1 y 10 m de altura, ramas escasas y con médula corchosa, la corteza se desprende en tiras. **Hojas** alternas, nerviación prominente, pecíolo libre con sección acanalada. **Inflorescencias** terminales o axilares, espiciformes, independientes o agrupadas en panículas; pedúnculo recaulescente, botones florales globosos, cáliz campanulado, coriáceo, nervios inconspicuos o visibles en forma de líneas más oscuras, glándulas escasas o abundantes, indumento poco denso, pelos simples, amarillentos, a veces blancos, pétalos blanco verdoso. **Fruto** drupáceo de color rojo al madurar, piriforme, a veces globoso, simétrico, cáliz persistente (UCO, 2020).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Árbol o arbolito

Estrato: Arbustivo y subarbóreo

Rango altitudinal: 1500-3200 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Bosque y vegetación secundaria de bosque andino

Franja de vida: Bosque andino

Tipo de fruto: Drupa

Dispersión: Ornitoria

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 6 individuos ubicada en los predios La Esmeralda y Peñas Blancas. Presenta dos picos de fructificación en mayo y agosto.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Ablandamiento de la pulpa por 24 h en agua, frotar en colador y limpiar restos

Tratamientos pregerminativos: Estratificación en agua caliente

Tipo de siembra: Surcos

Días promedio de inicio: 11

Duración del proceso germinativo: 46

Porcentaje de germinación: 9,59 %

Mortalidad en germinador: 0 %

Mortalidad en bolsa: 17,24 %

Tasa de crecimiento en germinador: 0,79 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 3,45 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Árbol pionero común en bordes de avance de bosque y zonas perturbadas por ganadería. Está incluido en arreglos florísticos para la restauración de bosque andino húmedo.

Usos culturales: Para la fiebre se estrujan tres cogollos en agua tibia y se toma. La madera se usa como leña (UCO, 2020).

7

Bibliografía

Universidad Católica de Oriente (UCO). (2020). *Catálogo virtual*. https://www.uco.edu.co/herbariouco/lists/catalogo%20virtual/allitems.aspx?Paged=TRUE&p_familia=Bombacaceae%20&p_ID=176&SortField=familia&SortDir=Asc&PageFirstRow=91&SortField=familia&SortDir=Asc&&View=%7B676ABF68-A8C8-4FCA-AA23-93CD5600E8DB%7D

Croton magdalenensis Müll. Arg.

Familia: Euphorbiaceae

Nombre común: sangregado, drago, sangre de drago



ÁRBOL



2

Descripción botánica

Árbol de hasta 15 m de alto; monoico, ramas jóvenes con pelos estrellados. Hojas grandes, alternas, con estípulas, ápice glandular; lámina de elíptica a oblongo-ovada, membranácea, base redondeada a cordada, a veces truncada, ápice generalmente acuminado, margen subentero a entero, base trinervia, haz ferruginosa o auriginosa; lámina completamente desarrollada marcadamente tomentosa por el envés. Inflorescencias terminales, bisexuales, racemiformes, raquis y pedicelos con pelos estrellados; flores pequeñas con pétalos blanco amarillentos, las femeninas con pedicelos más largos que los de las masculinas; ovario ferruginoso, hirsuto. Fruto en cápsula globosa, semillas ovaladas de color café (UEIA, 2020; Mutis y Bosio, 1992).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Árbol

Estrato: Arbóreo

Rango altitudinal: 1000-3000 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Bosque y vegetación secundaria de bosque andino

Franja de vida: Bosque andino

Tipo de fruto: Cápsula

Dispersión: Autocoria

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 10 individuos ubicados en los predios Peñas Blancas y La Esmeralda. Presenta picos de fructificación en julio y octubre.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Ligera presión con alicates o martillo al fruto

Tratamientos pregerminativos: Imbibición en agua 24 h

Tipo de siembra: Surcos

Días promedio de inicio: 10

Duración del proceso germinativo: 25

Porcentaje de germinación: 17,6 %

Mortalidad en germinador: 1,79 %

Mortalidad en bolsa: 56 %

Tasa de crecimiento en germinador: 1,8 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 4,1 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Alimento para la fauna y recuperación de suelos y áreas degradadas.

Usos culturales: Ornamental. La madera se usa para ebanistería, cajas para empaques, leña y carbón. Se usa en cercas vivas (UEIA, 2014).

7

Bibliografía

Mutis y Bosio, J. C. (1992). *Flora de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada: Croton magdalenensis*. Ediciones Cultura Hispánica. <https://bibdigital.rjb.csic.es/idurl/1/15861>

UEIA. (2020). Drago (*Croton magdalenensis*). En *Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá*. <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/255>

Cyathea cf. caracasana (Klotzsch) Domin

Familia: Cyatheaceae

Nombre común: helecho arborescente, palma boba



HELECHO ARBÓREO



2

Descripción botánica

Helecho arborescente de hasta 8 m de altura. **Fronda** con disposición encrespada; pecíolo verdoso a café oscuro, espinas cortas, escamas bicoloras, café oscuras, margen más claro, en estado maduro pierde los bordes y persiste solo la porción central oscura; raquis pardo claro; lámina pinnado pinnatifida; pinnas cortamente pecioladas, pinnulas corto a largo triangulares, coriáceas; costas con pocas escamas por el envés. **Soros** mediales con indusio. La *Cyathea caracasana* pertenece a un complejo de especies que requiere revisión y esclarecimiento taxonómico (Lehnert, 2009).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Helecho arborescente

Estrato: Arbustivo y subarbóreo

Rango altitudinal: 2400-3200 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Bosque

Franja de vida: Bosque andino y subandino

Tipo de fruto: Esporas

Dispersión: Anemófila

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 10 individuos ubicados en el predio La Esmeralda. Se presentó un pico de producción de soros entre abril y agosto.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Secado de las esporas

Tratamientos pregerminativos: Ninguno

Tipo de siembra: Voleo

Días promedio de inicio: 95

Duración del proceso germinativo: 180

Cantidad germinada: 37 individuos/2,8 g

Mortalidad en germinador: 0 %

Mortalidad en bolsa: 0 %

Crecimiento de las frondas en germinador: 0,39 cm/mes

Número de frondas en germinador: 3-4 en 7 meses

Crecimiento de las frondas en bolsa: 1,47 cm/mes

Número de frondas en bolsa: 10-11 en 10 meses

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Los helechos arborescentes se consideran formadores de suelo y micrositios para otras especies (De León et al., 2007).

Usos culturales: Uso ornamental, las escamas son recomendadas para la coagulación de la sangre. El *maquique* se usa para hacer sustrato de crecimiento para otras plantas en horticultura.

7

Bibliografía

De León, M. E. M., Mendoza-Ruiz, A., & Pérez-García, B. (2007). Usos de los helechos y plantas afines. *Etnobiología* (5), 117-125.

Lehnert, M. (2009). Resolving the *Cyathea caracasana* complex (Polypodiopsida: Cyatheaceae). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde*, 30(2), 409-445.

Diplostegium tenuifolium Cuatrec.

Familia: Asteraceae

Nombre común: romero, palo blanco



ARBUSTO



2

Descripción botánica

Arbusto o arbolito de 4 hasta 10 m de altura; ramas y ramillas terminales densamente tomentoso-lanosas. **Hojas** alternas, rígidas, coriáceas o subcoriáceas, haz glabra y envés densamente lanuginoso. **Inflorescencias** terminales erectas, corimbo-paniculadas, iguales o ligeramente más largas que las hojas terminales; pedúnculos y pedicelos densamente lanudos. **Flores** marginales femeninas blancas, corola glabra, lígula linear-oblonga, tridentada, ovario glabro; flores del disco hermafroditas blanco-amarillentas. **Fruto** en aquenios glabros con glándulas sésiles dispersas, vilano pajizo (Cuatrecasas, 1943).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Arbolito

Estrato: Arbustivo y subarbóreo

Rango altitudinal: 2700-3500 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Arbustal de transición páramo-bosque

Franja de vida: Páramo y bosque altoandino

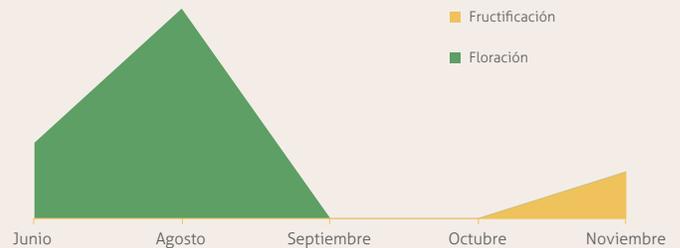
Tipo de fruto: Aquenio

Dispersión: Anemofilia

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 4 individuos ubicados en la Reserva Biológica Encenillo. Florecen entre julio y septiembre y fructifican entre octubre y enero.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Secar y sacudir los capítulos

Tratamientos pregerminativos: Ninguno

Tipo de siembra: Voleo y tapar con sustrato fino. Humedecer abundantemente el sustrato

Días promedio de inicio: 42

Duración del proceso germinativo: 109

Cantidad germinada: 24 individuos/1 g

Mortalidad en germinador: 3,65 %

Mortalidad en bolsa: 22,75 %

Tasa de crecimiento en germinador: 0,32 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 0,89 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Especie importante en los bordes de avance del bosque. Aporta al estrato arbustivo de crecimiento intermedio. Fuente de alimento para numerosos insectos.

Usos culturales: Leña. Observado en cercas vivas.

7

Bibliografía

Cuatrecasas, J. (1943). Estudios sobre plantas andinas V. *Caldasia*, 8, 209-240.

Espeletia argentea Bonpl.

Familia: Asteraceae

Nombre común: frailejón plateado



ROSETA ACAULE



2

Descripción botánica

Roseta acaule o con tallo muy corto, altura entre 1 y 1,5 m. La roseta puede ser simple o presentar múltiples cabezas. **Hojas** verticiladas dispuestas en roseta, pubescencia tomentosa blanca a plateada por ambas caras, margen entera, lámina de forma finamente lanceolada o lineal. **Inflorescencias** en capítulo, brácteas de la inflorescencia opuestas a verticiladas, brácteas florales verticiladas de color amarillo, flores de lígula amarilla. **Fruto** en aquenios negros con pappus pajizo (Standley, 1915).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Roseta acaule

Estrato: Herbáceo

Rango altitudinal: 3100-3900 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Frailejonal-pajonal

Franja de vida: Páramo

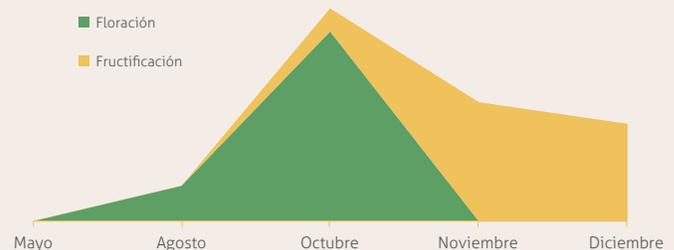
Tipo de fruto: Aquenio

Dispersión: Anemocoria

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 7 individuos ubicados en los predios El Palmar y El Banqueo. Florece entre mayo y noviembre, fructifica entre octubre y enero.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Apertura de los capítulos y extracción manual de cada semilla

Tratamientos pregerminativos: Algodón humedecido en Progibb en caja sellada

Tipo de siembra: Surcos

Días promedio de inicio: 11

Duración del proceso germinativo: 22

Porcentaje de germinación: 5,18 %

Mortalidad en germinador: 9,40 %

Mortalidad en bolsa: 21,84 %

Tasa de crecimiento en germinador: 0,097 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 0,61 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Es una especie pionera útil en escenarios de páramo alterado por agricultura y pastoreo.

Usos culturales: En general, la resina de los frailejones se reporta como remedio para aliviar dolores de oído y resfriados (Arbeláez, 1956).

7

Bibliografía

Arbeláez, E. P. (1956). *Plantas útiles de Colombia*. Sucesores de Rivadeneyra.

Standley, P. C. (1915). The Genus *Espeletia*. *American Journal of Botany*, 2(9), 468-486. <https://doi.org/10.2307/2434978>

Espeletia grandiflora Humb. & Bonpl.

Familia: Asteraceae

Nombre común: frailejón mayor



CAULIROSULA



2

Descripción botánica

Caulirosula (rosteta con caule) de 1,2 a 2 m de altura. **Hojas** resinosas rufotomentosas en la que es posible reconocer el pecíolo. **Inflorescencia** mucho más larga que la roseta, con indumento amarillo, brácteas hacia la base; numerosas flores en un disco común; brácteas del cálculo amarillas. **Fruto** en aquenio negro con vilano café (Pedraza-Peñalosa et al., 2004; Standley, 1915).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Roseta acaule

Estrato: Herbáceo

Rango altitudinal: 3500-3700 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Arbustal-frailejónal y chuscal-frailejónal y pajonal-frailejónal

Franja de vida: Páramo

Tipo de fruto: Aquenio

Dispersión: Anemófila

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 10 individuos ubicados en el predio Santa Rosa. Florece entre marzo y octubre, fructifica entre noviembre y febrero.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Apertura de los capítulos y extracción manual de cada semilla

Tratamientos pregerminativos: Algodón humedecido en Progibb en caja sellada

Tipo de siembra: Surcos

Días promedio de inicio: 25

Duración del proceso germinativo: 40

Porcentaje de germinación: 6,26 %

Mortalidad en germinador: 3,97 %

Mortalidad en bolsa: 20,45 %

Tasa de crecimiento en germinador: 0,126 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 0,44 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Especie con rasgos pioneros útil para restaurar zonas de páramo alterado por actividades agropecuarias.

Usos culturales: Hojas en infusión para reumatismo y afecciones renales. La resina combate el asma y otras enfermedades respiratorias (EcuRed, 2020).

7

Bibliografía

EcuRed. (2020). *Frailejón*. <https://www.ecured.cu/Frailej%C3%B3n>

Pedraza-Peñalosa, P., Betancur, J., & Franco-R., P. (2004). *Chisacá: Un recorrido por los páramos andinos*. Instituto de Ciencias Naturales e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. http://bioweb.co/co/comercio/product_info.php?products_id=787

Standley, P. C. (1915). The Genus *Espeletia*. *American Journal of Botany*, 2(9), 468-486. <https://doi.org/10.2307/2434978>

Espeletiopsis corymbosa Bonpl.

Familia: Asteraceae

Nombre común: frailejón liso



CAULIROSULA



2

Descripción botánica

Caulirósula simple, erecta, sécil o hasta de 2 m, roseta incano-tomentosa. **Hojas** coriáceas, la parte inferior peluda, la parte superior áspera, lámina obovado-oblonga que se angosta hacia la base. **Inflorescencias** el doble de larga que las hojas de la roseta, pedúnculo sin brácteas, brácteas involucrales ovado-oblongas hirsutas o vellosas, flores del disco con lígula amarilla y pelos glandulares. **Fruto** en aquenio, semilla ovalada (Cuatrecasas, 1996).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Caulirósula

Estrato: Herbáceo

Rango altitudinal: 3000-3700 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Frailejonal-pajonal

Franja de vida: Páramo

Tipo de fruto: Aquenio

Dispersión: Anemocoria

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 6 individuos ubicados en el predio El Banqueo y El Palmar. Florece entre mayo y agosto, fructifica entre noviembre y enero.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Apertura de los capítulos y extracción manual de cada semilla

Tratamientos pregerminativos: Algodón humedecido en Progibb en caja sellada

Tipo de siembra: Surcos

Días promedio de inicio: 21

Duración del proceso germinativo: 35

Porcentaje de germinación: 1,74 %

Mortalidad en germinador: 0 %

Mortalidad en bolsa: 21,43 %

Tasa de crecimiento en germinador: 0,40 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 0,26 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Es una especie pionera útil en escenarios de páramo alterado por agricultura y pastoreo; prefiere suelos bien drenados.

Usos culturales: En general, la resina de los frailejones se reporta como remedio para aliviar dolores de oído y resfriados (Arbeláez, 1956).

7

Bibliografía

Arbeláez, E. P. (1956). *Plantas útiles de Colombia*. Sucesores de Rivadeneyra.

Cuatrecasas, J. (1996). Clave provisional de las especies del género *Espeletiopsis* Cuatrec. (*Espeletiinae*, *Compositae*). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 54(1), 370-377.

Miconia ligustrinaa (Sm.) Triana

Familia: Melastomataceae

Nombre común: tuno



ARBUSTO



2

Descripción botánica

Arbusto glabro multicaule de 1-3 m de altura, a veces arbolito, con follaje denso verde oscuro. **Hojas** sumamente variables en forma y tamaño, lámina subcoriácea, elíptica, obovada u orbicular, ápice subagudo con punta roma, obtusa o redondeada, la base aguda o cuneada, las márgenes enteras o provistas de denticillos espinulosos y, a veces, revueltas; venas transversales conspicuas y visibles en ambas caras. **Inflorescencias** cortas dispuestas en panículas estrechas erectas, flores sésiles o cortamente pediceladas, pétalos blancos al igual que los estambres. **Fruto** en baya de color blanco mate, a veces con tinte rosado o azulado, levemente costillado, muy jugoso con pulpa morada, semillas cuneadas (Mutis y Bosio, 1976).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Arbusto

Estrato: Herbáceo y arbustivo

Rango altitudinal: 2500-3000 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Bosque altoandino

Franja de vida: Bosque altoandino y transición páramo-bosque altoandino

Tipo de fruto: Baya

Dispersión: Zoocoria

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 12 individuos ubicados en la Reserva Biológica Encenillo. Dos picos de floración y fructificación entre mayo y julio y entre octubre y diciembre.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Ablandamiento de la pulpa por 24 h en agua, frotar en malla fina y limpiar restos

Tratamientos pregerminativos: Ninguno

Tipo de siembra: Voleo y tapar con sustrato fino

Días promedio de inicio: 41

Duración del proceso germinativo: 51

Cantidad germinada: 133 individuos/1 g

Mortalidad en germinador: 9,41 %

Mortalidad en bolsa: 40,45 %

Tasa de crecimiento en germinador: 0,14 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 0,44 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Recomendado para la restauración de áreas de bosque altoandino afectadas por ganadería y agricultura. No es una especie de áreas abiertas, por lo que requiere sombreado.

Usos culturales: Ninguno en especial.

7

Bibliografía

Mutis y Bosio, J. C. (1976). *Flora de la real expedición botánica del nuevo reino de Granada. Miconia ligustrina*. Ediciones Cultura Hispánica. <https://bibdigital.rjb.csic.es/idurl/1/15863>

Miconia summa Cuatrec.

Familia: Melastomataceae

Nombre común: tuno



ARBUSTO



2

Descripción botánica

Arbusto o **arbolito**, de 1,2 a 2,5 m o más de altura, muy ramoso, follaje verde oscuro y denso, ramas jóvenes subanguladas con indumento granuloso negruzco, denso y tosco, las viejas cilíndricas, glabras, tortuosas y con la corteza arrugada. **Hojas** pequeñas, lámina coriácea, elíptica o elíptico-suborbicular, ápice obtuso o redondeado, margen entera, base aguda u obtusa, venas transversales pocas y levemente impresas, glabra en ambas caras o con tomento caedizo en la cara inferior junto al nervio central. **Inflorescencias** en panículas cortas y erectas, flores sésiles o cortamente pediceladas, pétalos blancos al igual que los estambres. **Fruto** en baya globosa negruzca, semillas ovalado-oblongas, lisas (Mutis y Bosio, 1976).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Arbusto o arbolito

Estrato: Arbustivo y herbáceo

Rango altitudinal: 2900-3700 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Arbustal-frailejunal, arbustal de transición páramo bosque altoandino

Franja de vida: Páramo y transición páramo-bosque altoandino

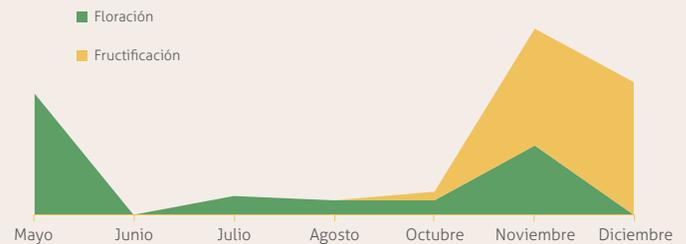
Tipo de fruto: Baya

Dispersión: Zoocoria

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 14 individuos ubicados en los predios El Palmar y El Banqueo. Florece todo el año, con pico en mayo. Los frutos tardan mucho en madurar, se dan entre octubre y enero.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Ablandamiento de la pulpa por 24 h en agua, frotar en malla fina y limpiar restos

Tratamientos pregerminativos: Ninguno

Tipo de siembra: Voleo y tapar con sustrato fino

Días promedio de inicio: 22

Duración del proceso germinativo: 74

Cantidad germinada: 224 individuos/1 g

Mortalidad en germinador: 8,91 %

Mortalidad en bolsa: 47,5 %

Tasa de crecimiento en germinador: 0,114 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 0,7 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: : Recomendado para la restauración de áreas de páramo afectadas por ganadería y agricultura. Los frutos son muy apreciados por las aves.

Usos culturales: En las zonas de páramo, los tunos son ocasionalmente usados para leña (Arbeláez, 1956).

7

Bibliografía

Arbeláez, E. P. (1956). *Plantas útiles de Colombia*. Sucesores de Rivadeneyra.

Mutis y Bosio, J. C. (1976). *Flora de la real expedición botánica del nuevo reino de Granada. Miconia summa*. Ediciones Cultura Hispánica. <https://bibdigital.rjb.csic.es/idurl/1/15863>

Morella pubescens (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur.

Familia: Myricaceae

Nombre común: laurel, laurel de cera



ÁRBOL



2

Descripción botánica

Árbol o arbolito de hasta 12 m de altura. Tallos puberulentos, teretes a angulosos. Hojas simples, alternas, membranáceas, angostamente elípticas a oblongas, base atenuada, ápice agudo, margen serrado, tricomas glandulares por el haz, el envés puberulento con pelos distribuidos principalmente sobre las venas secundarias. Pecíolo terete, ligeramente acanalado y puberulento. Inflorescencias axilares puberulentas dispuestas en racimos subsésiles o amentos, brácteas florales foliosas y diminutas; flores pequeñas, unisexuales y apétalas, amentos bisexuales, flores pistiladas con 2 estilos filiformes persistentes. Frutos drupáceos, globosos, densamente punteados por gránulos de cera, en ocasiones puberulentos (EIA, 2020).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Árboles y arbolitos

Estrato: Subarbóreo y arbóreo

Rango altitudinal: 1700-3700 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Bosque andino y altoandino, vegetación secundaria

Franja de vida: Bosque andino y altoandino

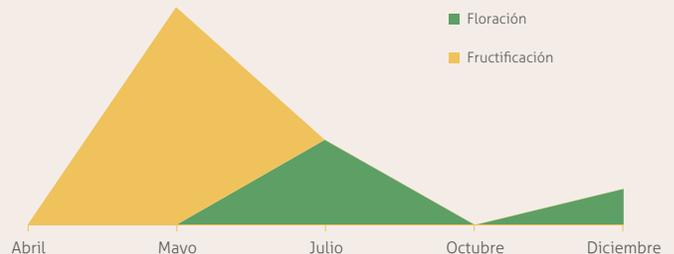
Tipo de fruto: Drupa

Dispersión: Zoocoria

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 10 individuos ubicados en los predios La Esmeralda y Peñas blancas. Florece de mayo a diciembre y fructifica entre abril y julio.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Ablandamiento por 24 h en agua, frotar en colador y limpiar restos

Tratamientos pregerminativos: Estratificación en agua caliente

Tipo de siembra: Surcos

Días promedio de inicio: 24

Duración del proceso germinativo: 71

Cantidad germinada: 14 individuos/1 g

Mortalidad en germinador: 5 %

Mortalidad en bolsa: 10 %

Tasa de crecimiento en germinador: 1,10 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 4,25 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Esta especie es útil para restaurar áreas de bosque andino y altoandino afectadas por actividades agropecuarias. Los frutos son alimento para aves nativas.

Usos culturales: Los frutos son utilizados para obtener cera de uso medicinal y para hacer velas.

7

Bibliografía

UEIA. (2020). *Morella pubescens*. En *Catálogo virtual de flora de alta montaña*. <https://catalogofloraaltamontana.eia.edu.co/species/330>

Oreopanax incisus (Willd. ex Schult.) Decne. & Planch.

Familia: Araliaceae

Nombre común: mano de oso



ÁRBOL



2

Descripción botánica

Árbol de hasta 25 m con indumento ferruginoso. Hojas gruesas, profundamente lobuladas, lóbulos 5-9 con ápice agudo, la margen aserrada o lobulada, haz glabra, envés densamente cubierto por pelos pequeños, lanosos y ferruginosos, pecíolos dilatados basalmente. Inflorescencias paniculadas muy ramificadas, con pubescencia igual a la de las hojas; flores pequeñas, verde amarillentas, dispuestas en cabezuelas. Fruto drupáceo, globosos, de color morado oscuro cuando maduro, semillas alargadas (Vargas, 2002).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Árbol

Estrato: Subarbóreo y arbóreo

Rango altitudinal: 2400-2800 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Bosque altoandino y bosque andino

Franja de vida: Bosque altoandino y bosque andino

Tipo de fruto: Drupa

Dispersión: Ornitocoria

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 5 individuos ubicados en la Reserva Biológica Encenillo. La época de floración se da entre agosto y diciembre. Los frutos maduran entre marzo y mayo.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Ablandamiento de la pulpa por 24 h en agua, frotar en colador y limpiar restos

Tratamientos pregerminativos: Ninguno

Tipo de siembra: Voleo y tapar con sustrato fino

Días promedio de inicio: 61

Duración del proceso germinativo: 31

Cantidad germinada: 17 individuos/1 g

Mortalidad en germinador: 0 %

Mortalidad en bolsa: 29,53 %

Tasa de crecimiento en germinador: 0,21 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 0,60 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Especie arbórea de sucesión intermedia útil para restaurar áreas de bosque andino y altoandino afectadas por actividades agropecuarias. Requiere sombreado.

Usos culturales: Ninguno conocido.

7

Bibliografía

Vargas, W. G. (2002). *Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes centrales*. Universidad de Caldas.

Palicourea angustifolia Kunth

Familia: Rubiaceae

Nombre común: café de monte, cajeto



ARBUSTO



2

Descripción botánica

Arbusto o arbolito de hasta 5 m de altura, las ramas jóvenes casi siempre puberulentas. **Hojas** cor-tamente pecioladas, lamina oblonga u oblongo-lanceoladas, largamente acuminada en el ápice, obtusa o aguda en la base, gruesa, usualmente puberulenta en el envés, al menos en los nervios. **Inflorescencia** en panícula, muy ramificada, abierta o densa, con frecuencia igual de larga a las hojas, las ramas usualmente son ascendentes y puberulentas; flores pediceladas, cáliz pequeño, agudamente dentado, corola tubular de tonalidad purpura. **Fruto** en drupa de color morado oscuro, semillas arriñonadas negras (Standley, 1930).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Arbusto

Estrato: Arbustivo

Rango altitudinal: 2300-2700 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Bosque andino y altoandino

Franja de vida: Bosque andino y altoandino

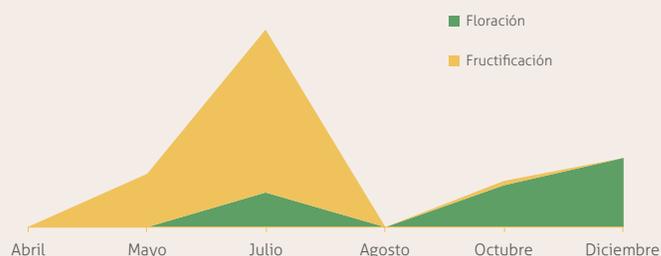
Tipo de fruto: Drupa

Dispersión: Ornitorcoria

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 9 individuos ubicados en los predios La Esmeralda y Peñas Blancas. Florece entre mayo y enero, fructifica entre abril y agosto.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Ablandamiento de la pulpa por 24 h en agua, frotar en colador y limpiar restos

Tratamientos pregerminativos: Ninguno

Tipo de siembra: Surcos

Días promedio de inicio: 57

Duración del proceso germinativo: 120

Porcentaje de germinación: 54,52 %

Mortalidad en germinador: 0 %

Mortalidad en bolsa: 5 %

Tasa de crecimiento en germinador: 0,35 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 1,10 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Arbusto de sucesión intermedia, muy atractivo para las aves por sus flores y sus frutos. Necesita sombreado para establecerse.

Usos culturales: Ninguno conocido.

7

Bibliografía

Bernal, R., Galeano, G., Rodríguez, A., Sarmiento, H., & Gutiérrez, M. (2017). *Nombres comunes de las plantas de Colombia*. <http://www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/>

Standley, P. C. (1930). *The Rubiaceae of Colombia*. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.2299>

Pentacalia ledifolia (Kunth) Cuatrecac.

Familia: Asteraceae

Nombre común: romero



ARBUSTO



2

Descripción botánica

Arbusto de 1 a 2,5 m de altura, ramas jóvenes seríceo-pubescentes, las viejas glabrescentes. Hojas pequeñas con orientación adpresa, pecíolo seríceo, lámina angosto elíptica u oblanceolada, coriácea, haz glabro y verde, envés seríceo y blaquecino, ápice agudo glandular, base redondeada a cuneada, margen ligeramente revoluta y entera. **Inflorescencia** con pedicelos seríceo-pubescentes, cálculo difuso reducido a unas pocas brácteas lineales, involucreo verde amarillento, flores amarillas. **Fruto** en aquenio, papus con cerdas menudamente ensanchado en el ápice (Pedraza-Peñalosa et al., 2004).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Arbusto

Estrato: Herbáceo y arbustivo

Rango altitudinal: 3000-3500 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Arbustal-pajonal, arbustal-frailejunal

Franja de vida: Páramo

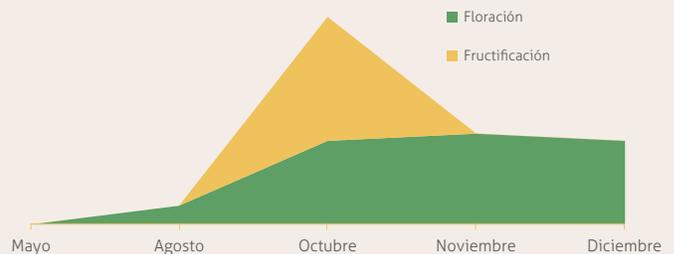
Tipo de fruto: Aquenio

Dispersión: Anemocoria

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 8 individuos ubicados en el predio El Palmar. Florece de mayo a diciembre. Fructifica de agosto a noviembre.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Secar y sacudir los capítulos

Tratamientos pregerminativos: Ninguno

Tipo de siembra: Voleo y tapar con sustrato fino

Días promedio de inicio: 33

Duración del proceso germinativo: 47

Cantidad germinada: 6 individuos/1 g

Mortalidad en germinador: 22,4 %

Mortalidad en bolsa: 16,9 %

Tasa de crecimiento en germinador: 2,05 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 4,1 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Especie de sucesión intermedia con características pioneras, útil para la restauración ecológica de áreas de páramo alteradas por actividades agropecuarias. Muy atractiva para insectos.

Usos culturales: Ninguna conocida.

7

Bibliografía

Pedraza-Peñalosa, P., Betancur, J., & Franco-R., P. (2004). *Chisacá: Un recorrido por los páramos andinos*. Instituto de Ciencias Naturales e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. http://bioweb.co/co/comercio/product_info.php?products_id=787

Puya santosii Cuatrec.

Familia: Bromeliaceae

Nombre común: puya



ROSETA ACAULE



2

Descripción botánica

Roseta acaule, florecida puede alcanzar entre 1,6 y 2 m de altura. **Hojas** arrosetadas angostas y triangulares, suculentas o casi suculentas, con espinas y pocas escamas, espinas de color negro. **Inflorescencia** tomentosa en panícula, escapo conspicuo, terminal, erecto; 2-5 flores por ramificación en la panícula, pediceladas; sépalos lanceolados, de ápice obtuso; pétalos de color azul o verde, glabros; estambres más cortos que los pétalos, amarillos. **Fruto** en cápsula trilocado dehiscente esférico, café oscuro brillante. **Semillas** ovadas, superficie rugosa, borde alado beige de forma triangular (Pedraza-Peñalosa et al., 2004; Vargas et al., 2014; Calderón-Hernández & Pérez-Martínez, 2018).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Roseta acaule

Estrato: Herbáceo y rasante

Rango altitudinal: 2800-4285 m.s. n. m.

Tipo de vegetación: Pajonal-frailejunal, herbazal

Franja de vida: Páramo

Tipo de fruto: Cápsula

Dispersión: Anemocoria

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Según la ficha de esta especie en el libro *Semillas de plantas de páramo: ecología y métodos de germinación aplicados a la restauración ecológica*, es ideal hacer la recolección de frutos entre diciembre y marzo (Vargas et al., 2014).

5

Propagación y viverismo

Beneficio: Secar y sacudir las cápsulas

Tratamientos pregerminativos: Ninguno

Tipo de siembra: Voleo y tapar con sustrato fino

Días promedio de inicio: 33

Duración del proceso germinativo: 56

Cantidad germinada: 426 individuos/1 g

Mortalidad en germinador: 0 %

Mortalidad en bolsa: 7,12 %

Tasa de crecimiento en germinador: 0,53 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 0,76 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Especie pionera, asociada con espacios abiertos en regeneración, con suelos secos y con influencia de fuertes vientos (Vargas et al., 2014).

Usos culturales: Ninguno conocido.

7

Bibliografía

- Calderón-Hernández, M. & Pérez-Martínez, L. (2018). Seed desiccation tolerance and germination of four Puya (Bromeliaceae) high-andean tropical species from Colombia. *Caldasia*, 40(1), 177-187.
- Lozano-Contreras, G. & Schnetter, R. (1976). Estudios ecológicos en el páramo de Cruz Verde, Colombia II: Las comunidades vegetales. *Caldasia*, XI(54).
- Madriñán, S. (2015). Una nueva especie de Puya (Bromeliaceae) de los páramos cercanos a Bogotá, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(152), 389-398.
- Pedraza-Peñalosa, P., Betancur, J. & Franco-R., P. (2004). *Chisacá: Un recorrido por los páramos andinos*. Instituto de Ciencias Naturales e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. http://bioweb.co/co/comercio/product_info.php?products_id=787
- Vargas, O., Melgarejo, L. M., Pérez, L., Rodríguez, N. & Insuasty, J. (2014). *Semillas de plantas de páramo: Ecología y métodos de germinación aplicados a la restauración ecológica*. Universidad Nacional de Colombia. https://www.researchgate.net/publication/265847972_Semillas_de_plantas_de_paramo_ecologia_y_metodos_de_germinacion_aplicados_a_la_restauracion_ecologica?fbclid=IwAR3g0BvhFOsCOVh95iE03-N8OrzXilH-DBfawyTbgyAGrGNK7_boYhHADTMI

Quercus humboldtii Bonpl.

Familia: Fagaceae

Nombre común: roble de tierra fría



ÁRBOL



2

Descripción botánica

Árbol de hasta de 40 m de altura o más, fuste generalmente recto, cilíndrico y poco ramificado en los primeros 8-10 m el cual puede llegar a tener hasta 1 m de diámetro. La copa es globosa y densa. Las hojas son simples, alternas, enteras, lanceoladas, coriáceas y delgadas, ápice agudo y base cuneada de 10 a 20 cm de largo. El haz glabro y un poco lustroso, y la base de la nervadura central un poco tomentosa. Las flores son unisexuales, las masculinas en amento y las femeninas en una cúpula. Los frutos tienen forma de cápsula redondeada (bellota), leñosa blanquecina de 2 a 4 cm de largo y 2 a 2,5 cm de ancho, redondeado u ovado, incluido dentro de una cúpula escamosa (CAR, 2016).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Árbol

Estrato: Arbóreo

Rango altitudinal: 1100 y los 3200 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Bosque

Franja de vida: Bosque andino y subandino

Tipo de fruto: Bellota

Dispersión: Zoocoria y barocoria

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 16 árboles ubicados en los predios La Esmeralda y Peñas Blancas. Florece entre octubre y mayo, fructifica entre mayo y octubre. Periodo bianual de fructificación.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Ninguno

Tratamientos pregerminativos: Ninguno

Tipo de siembra: Surcos en cama especial

Días promedio de inicio: 13

Duración del proceso germinativo: 60

Porcentaje de germinación: 56,75 %

Mortalidad en germinador: 4,30 %

Mortalidad en bolsa: 17,82 %

Tasa de crecimiento en germinador: 1 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 2,73 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Atracción de fauna. La especie se usa para la protección de la ribera de ríos y quebradas. Recuperación de la estructura y composición de zonas de robledal.

Usos culturales: La madera se usa en carpintería y ebanistería, y para la fabricación de cabos de herramientas y toneles.

7

Bibliografía

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). (2016). *Plan de manejo y conservación del roble (Quercus humboldtii Bonpl.) en la jurisdicción CAR Cundinamarca.*

Vallea stipularis L. f.

Familia: Elaeocarpaceae

Nombre común: raque, chaque



ÁRBOL



2

Descripción botánica

Arbolito o **arbusto** semidecíduo, altura 6 a 10 m, tallos jóvenes rojizos, tronco torcido. **Hojas** simples alternas; pecíolos largos y delgados; lámina foliar membranácea, acorazonada o sublobada, base cordada a subtruncada, ápice acuminado a agudo, margen entera, haz verde oscuro lustroso, envés glauco finamente reticulado, presencia de vellosidades donde nacen las nervaduras; estípulas rineiformes foliosas en las axilas. **Inflorescencias** axilares distribuidas hacía el ápice de la rama en numerosas cimas de pocas flores, pétalos de color rosado intenso a fucsia. **Fruto** en capsula dehiscente, con protuberancias, verde claro a amarillo cuando madura, semillas naranjas, arilo blanco de sabor dulce (Galeano, 2011; UEIA, 2014).



3

Ecología y distribución

Biotipo: Arbusto o arbolito

Estrato: Arbustivo y subarbóreo

Rango altitudinal: 2600-3600 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Chuscal arbustal, frailejonal-arbustal y bosque altoandino

Franja de vida: Páramo, bosque altoandino y arbustales de transición páramo-bosque

Tipo de fruto: Cápsula

Dispersión: Ornitorcoria

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 18 individuos esparcidos en los predios El Banqueo, El Palmar y la Reserva Biológica Encenillo. Florece todo el año con pico entre abril y julio, fructifica entre agosto y diciembre, con pico en septiembre.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Secado y extracción manual

Tratamientos pregerminativos: Ninguno

Tipo de siembra: Surcos

Días promedio de inicio: 11

Duración del proceso germinativo: 55

Porcentaje de germinación: 35,81 %

Mortalidad en germinador: 2 %

Mortalidad en bolsa: 1,20 %

Tasa de crecimiento en germinador: 1,5 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 8,52 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Especie arbórea pionera intermedia de páramo y bosque altoandino, se establece mejor bajo sombra. Especie melífera atractiva para las aves, como protectora de márgenes hídricas (Ecosaf, 2011).

Usos culturales: Ornamental, madera dura usada en ebanistería (Ecosaf, 2011). Se reportan usos como cicatrizante, analgésico y tratamiento para escorbuto, gastritis y reumatismo (UEIA, 2014).

7

Bibliografía

Ecosaf. (2011). *Fichas botánicas de especies agroforestales nativas aptas para tierras altoandinas*. <http://www.ecosaf.org/altiplano/Fichas%20botanicas%20CARE.pdf>

Galeano, M. A. M. (2011). *Fenología de la Majua (Vallea stipularis), palo blanco (Ilex uniflora) y cedrillo (Ruagea hirsuta), en un bosque altoandino, vereda El Cofre, municipio de Totoró, Departamento del Cauca* [tesis de pregrado, Universidad del Cauca]. <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/376>

UEIA. (2014). *Vallea stipularis*. En *Catálogo virtual de flora de alta montaña*. <https://catalogofloraaltamontana.eia.edu.co/species/150>

Verbesina crassiramea S. F. Blake

Familia: Asteracea

Nombre común: cocua



ÁRBOL



2

Descripción botánica

Árboles muy ramificados, de hasta 20 m de alto; ramas robustas, anguladas, medulosas, densamente tomentosas. **Hojas** alternas; pecíolos robustos, alados, densamente tomentosos, decurrentes; lámina ovada, márgenes subenteras a dentado-aserradas, papiráceas; haz foliar verde oscura, pilosa; envés más claro y tomentoso. **Inflorescencias** dispuestas en panículas terminales y subterminales, numerosas; capítulos discoideos con 5-9 flores de corola amarilla, pilosas hacia el tubo y sobre los nervios, lóbulos triangulares, **aquenios** cuneado-obovados, de 5 mm de alto y 2 mm de ancho, parzucos, glabros, uninervios, estrechamente alados y con dos aristas delgadas, lisas e iguales.



3

Ecología y distribución

Biotipo: Árbol

Estrato: Arbóreo

Rango altitudinal: 2200-3000 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Bosque altoandino y subandino, vegetación secundaria de

Franja de vida: Bosque altoandino y subandino

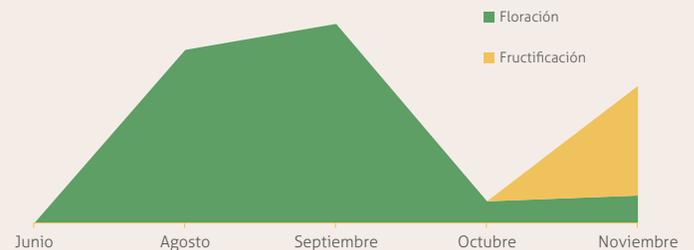
Tipo de fruto: Aquenio

Dispersión: Anemocoria

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 10 árboles ubicados en la Reserva Biológica Encenillo. Florece entre junio y octubre y fructifica de noviembre a febrero.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Secar y sacudir los capítulos

Tratamientos pregerminativos: Ninguno

Tipo de siembra: Voleo y tapar con sustrato fino

Días promedio de inicio: 9

Duración del proceso germinativo: 13

Cantidad germinada: 158 individuos/1 g

Mortalidad en germinador: 0 %

Mortalidad en bolsa: 35,55 %

Tasa de crecimiento en germinador: 0,46 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 7,45 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Especie pionera arbórea de muy rápido crecimiento útil para restaurar áreas de bosque altoandino alterado (Franco & Vargas, 2009).

Usos culturales: Observado en cercas vivas.

7

Bibliografía

Franco, L., & Vargas, O. (2009). Rasgos de *Verbesina crassiramea* Blake de importancia en estrategias de control de especies invasoras en los alrededores del embalse de Chisacá. En *Restauración ecológica en zonas invadidas por retamo espinoso y plantaciones de forestales de especies exóticas* (pp. 148-176). Universidad Nacional de Colombia.

Mutis y Bosio, J. C. (2008). *Flora de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada: Verbesina crassiramea*. Ediciones Cultura Hispánica. <https://bibdigital.rjb.csic.es/idurl/1/15876>

Viburnum tinoides L. f.

Familia: Adoxaceae

Nombre común: garrocho, chucua



ARBUSTO



2

Descripción botánica

Arbusto o **arbolito** de tronco solitario del que brotan hijuelos o retoños en la base; ramas gruesas y delgadas, puede alcanzar hasta 10 m; las más jóvenes verdosas. **Hojas** simples, opuestas, a veces verticialdas, textura acartonada, glándulas marginales donde terminan los nervios. **Inflorescencia** en umbela, floras blancas, pequeñas. **Frutos** en drupa, carnosos, morados al madurar, una sola semilla aplanada acanalada (Mahecha, 2010). Se puede confundir con *Viburnum thryphyllum* del que se diferencia porque este último suele tener hojas verticialdas agrupadas en tríadas; mientras que *V. tinoides* suele tener hojas opuestas dispuestas en pares.



3

Ecología y distribución

Biotipo: Arbusto

Estrato: Arbustivo y subarbóreo

Rango altitudinal: 2600 a 3500 m s. n. m.

Tipo de vegetación: Bosque altoandino

Franja de vida: Bosque altoandino

Tipo de fruto: Drupa

Dispersión: Ornitororia

4

Fitofenología y fuentes de germoplasma

Fuente semillera de 7 individuos ubicados en la Reserva Biológica Encenillo. Florece entre mayo y agosto, fructifica entre octubre y enero.



5

Propagación y viverismo

Beneficio: Ablandamiento de la pulpa por 24 h en agua, frotar en colador y limpiar restos

Tratamientos pregerminativos: Imbibición

Tipo de siembra: Surcos

Días promedio de inicio: 95

Duración del proceso germinativo: 139

Porcentaje de germinación: 69 %

Mortalidad en germinador: 8,78 %

Mortalidad en bolsa: 39,98 %

Tasa de crecimiento en germinador: 0,50 cm/mes

Tasa de crecimiento en bolsa: 4,05 cm/mes

6

Etnobotánica

Usos en restauración: Especie de sucesión intermedia, requiere sombreado. Se usa para la conservación de suelos y además es una especie atractiva para aves e insectos (Mahecha, 2010).

Usos culturales: Se usa para leña, cabos de herramientas y otras manufacturas, observado en cercas vivas (Mahecha, 2010).

7

Bibliografía

Mahecha, G. (Ed.). (2010). *Arbolado urbano de Bogotá: Identificación, descripción y bases para su manejo*. Secretaría Distrital de Ambiente, Colombia.

| Glosario |



► *Croton magdalenensis*

Agentes: Son los mediadores en los procesos de polinización y dispersión y se definen como la entidad física que mueve el polen entre las flores o dispersa las semillas en el campo. Estos agentes pueden ser de origen abiótico (viento, agua o gravedad) o biótico (interacciones planta-animal).

Auxina: Fitohormona reguladora del crecimiento vegetal. Por ejemplo: ácido indol acético (AIA), ácido indol butírico (AIB), ácido naftaleno acético (ANA) y ácido indol propiónico (AIP).

Baya: Fruto de tamaño variado, carnoso, simple, provisto de una o varias semillas; posee un pericarpo succulento.

Callosidad: Tejido de cicatrización que genera cambios hormonales en el corte, los cuales inducen la formación de raíz.

Cápsula: Fruto seco, simple, dehiscente, procedente de un ovario formado por dos o más carpelos.

Cariopse: Fruto seco e indehiscente en el que el pericarpo está firmemente unido a la semilla.

Cipsela: Fruto seco, indehiscente, con una sola semilla derivado de un ovario ínfero, con la semilla no adherida a la envoltura.

Clorosis: Amarillamiento del tejido foliar causado por la falta de clorofila. Las causas posibles de la clorosis son el drenaje insuficiente, las raíces dañadas, las raíces compactadas, la alcalinidad alta y las deficiencias nutricionales de la planta.

Comunidad biológica: Se refiere a los seres vivos presentes en el ecosistema, es decir, al conjunto de poblaciones biológicas que comparten un área determinada en un momento de tiempo (Odum, 1971).

Degradación ambiental: Pérdida gradual de la capacidad del ecosistema para llevar a cabo procesos naturales y proveer servicios ecosistémicos. Por ejemplo, la pérdida de la cobertura vegetal reduce la capacidad de conservación de suelos del ecosistema, lo que ocasiona erosión, un síntoma de degradación.

Dehiscencia: Apertura de un órgano al llegar la madurez para descargar su contenido.

Determinación por peso (PMS): Es el peso de una cantidad fija de unidades de semillas para calibrar las tasas de siembra en los viveros.

Dispersión anemócora: El agente dispersor es el viento, las semillas tienen adaptaciones para ser dispersadas a grandes distancias.

Dispersión barócora: Diásporas que, al llegar a la madurez, se desprenden y caen a causa de su propio peso; posteriormente, pueden ser trasladadas por otros agentes.

Dispersión zoocora: Transporte de las semillas, por consumo. Las semillas son ingeridas y posteriormente defecadas. Puede ser endozoocora (ingesta) o exozoocora (adhesión al cuerpo del animal).

Drupa: Fruto simple, carnoso, con hueso como la ciruela; el pericarpo es carnoso y contiene un hueso con una o más semillas.

Ecosistema: Nivel de organización de los sistemas biológicos, compuesto por el ambiente físico (p. ej., clima, suelo, relieve, etc.) y la comunidad biológica. Este concepto ayuda a entender cómo se organizan los seres vivos en un momento en el tiempo y cómo interactúan entre ellos y con su entorno (Odum, 1971). En el ámbito de la gestión, el ecosistema denota una unidad geográfica precisa que facilita la planificación y la ejecución de proyectos con miras a la toma de decisiones sobre el uso de los recursos naturales (Armenteras et al., 2016).

Embrión: Planta rudimentaria que se encuentra en el interior de la semilla. Algunas veces se le llama germen.

Escarificación: Eliminar la capa impermeable de las semillas de forma mecánica (p. ej., lijado o corte) o con químicos, para que pueda entrar el agua y el oxígeno; proceso que se da en la naturaleza por acción del fuego o altas temperaturas, ácidos digestivos de los animales o por la abrasión de la arena.

Esporangio: Estructura multicelular en la que se producen las esporas.

Esporas: Unidades reproductivas microscópicas de los helechos (tamaño similar a los granos de polen), unicelulares, dispersados por el viento, producto de la división dentro del esporangio, capaz de germinar y desarrollarse en un gametofito (Mehlreter et al., 2010).

Esporofito: Fase del ciclo de vida de un pteridófito, generalmente diploide, que produce esporas.

Estratificación: Es un método de tratamiento mediante el cual se pretende simular las condiciones naturales de germinación sometiendo las semillas a cambios de

temperatura muy bajas o altas (p. ej., calor, frío o calor-frío). También se aplican tratamientos de escarificación con ácido sulfúrico.

Fase de establecimiento: Crecimiento de las plántulas en cama de germinación, una vez finalizó el periodo de germinación.

Fitohormonas: Productos químicos orgánicos que regulan el crecimiento y el desarrollo.

Folículo: Fruto seco y dehiscente que se forma a partir de un solo carpelo y que se abre a lo largo de una sutura.

Fotoperiodo: Conjunto de procesos que permite a las plantas regular sus funciones biológicas utilizando el número de horas de luz que hay a lo largo de todo el año.

Fruto seco dehiscente: Fruto con el pericarpo seco cuando madura que se abre para dejar en libertad las semillas.

Fruto seco indehiscente: Fruto con el pericarpo seco cuando madura que no abre; de ahí que las semillas permanezcan en su interior por tiempo indefinido.

Gametofito: Pequeña generación de helechos que crece a partir de una espora y produce células sexuales producto de la fertilización (gametos).

Germinación: Involucra aquellos eventos que dan comienzo a la absorción de agua por parte de la semilla (imbibición) y terminan en la elongación del embrión, para dar paso al crecimiento de la plántula.

Giberelinas: Hormonas vegetales que intervienen principalmente en la germinación y en el crecimiento del tallo. La más común es el ácido giberélico (GA3).

Hábitat: Se refiere al espacio en el que habita un organismo dentro del ecosistema, incluyendo solo los factores físicos y geográficos (Odum, 1971; Krebs, 1986). Para este concepto, además de la escala de análisis, es importante considerar los hábitos del organismo de estudio, por ejemplo, el hábitat de un oso es diferente al de una ranita dorada, aunque ambas especies coexisten en el mismo ecosistema de alta montaña andina.

Heliófito: Cualquier especie de planta que requiere plena exposición a la luz solar para vivir y desarrollarse y, por lo tanto, es absolutamente intolerante a la sombra.

Imbibición: En las semillas, absorción pasiva de agua que precede a la germinación.

Impacto ambiental: Toda acción humana que repercute en la calidad del ambiente.

Indehiscente: Frutos que no se abren naturalmente para liberar las semillas.

Interacciones ecológicas: Dentro del ecosistema los individuos coexisten e interactúan entre ellos. Estas interacciones pueden ser positivas, si son benéficas para algunas de las partes o para ambas, o negativas, si perjudican a una de las partes o a ambas (Krebs, 1986). Las interacciones ecológicas positivas incluyen la polinización, la dispersión de semillas y la facilitación. Por otro lado, las interacciones negativas agrupan la depredación, la herbivoría, el parasitismo y la competencia.

Jiffy (o pellet): Unidades de turba comprimida en malla, utilizados para el trasplante o propagación de semillas. Al ser humedecidas, se expanden y retienen una gran cantidad de agua.

Latencia: Propiedad especial en las semillas viables, frescas y maduras que impide o regula la germinación a través de diversos medios físicos o fisiológicos impuestos por la testa o el embrión (Baskin & Baskin, 2014; McDonald & Kwong, 2005).

Latencia física: Estructuras del fruto o la testa duras e impermeables que limitan el intercambio de gases. La capa impermeable está compuesta por células esclereidas empalizadas con paredes gruesas y lignificadas que resisten la penetración del agua.

Latencia fisiológica: Semilla permeable y embrión completamente desarrollado, pero tiene bajo potencial de crecimiento, lo que no le permite romper las estructuras de la semilla. Aun así, puede recibir señales del ambiente que activa los cambios químicos internos (hormonas), a fin de superar la latencia e iniciar el proceso de germinación.

Latencia mecánica: Latencia física-fisiológica en la que la capa de la semilla o del fruto es impermeable y los embriones de las semillas están fisiológicamente latentes. Es poco común.

Latencia morfofisiológica: Las semillas absorben agua fácilmente, pero tienen embriones que están subdesarrollados o indiferenciados y fisiológicamente inactivos. Necesitan una señal externa para activar el desarrollo del embrión, como precursor del proceso germinativo. Es un proceso complejo y se subdivide en nueve categorías.

Latencia morfológica: Las semillas absorben agua fácilmente, pero los embriones no están completamente desarrollados en la madurez, podrían o no estar diferenciados y requieren tiempo para crecer antes de la germinación. Aunque puede ser lenta, incluso en las condiciones óptimas de germinación, debido al periodo necesario de desarrollo del embrión antes de la emergencia de la radícula.

Legumbre: Fruto seco, simple, dehiscente, tardíamente dehiscente o indehiscente, derivado de un solo carpelo que cuando abre, lo hace a lo largo de dos suturas.

Mitigación ambiental: Medidas que se deben tomar para contrarrestar y reducir los impactos ambientales asociados con las acciones humanas.

Patógenos: Agente biológico que produce enfermedad.

Plúmula: Pequeño brote de una planta que durante la germinación proporcionará el tallo y las hojas.

Población biológica: Se refiere a los individuos de una especie que habitan un espacio dado en un tiempo dado, entendiendo como especie un conjunto de organismos que pueden reproducirse entre sí y dejar descendencia fértil (Odum, 1971).

Propagación sexual: Método tradicional por medio del cual se obtienen nuevas plantas a través de la germinación de semillas. Ella da como resultado una cantidad determinada de material vegetal genéticamente adaptada a condiciones ambientales locales cambiantes y presiones biológicas (Córdoba et al., 2010; Landis et al., 1998b).

Propágulo: Estructura que sirve para propagar o multiplicar vegetativamente una planta.

Prueba de germinación (USG): La germinación es la máxima expresión de una medida de viabilidad de una semilla, lo que implica la conversión de una semilla viable y latente a una germinante y, en última instancia, a una planta. La germinación se considera exitosa cuando, al menos, una radícula emerge de la semilla.

Prueba de pureza: Determina, por medio de observación y pesaje, el porcentaje de pureza de la muestra, separándola en semillas puras (de la especie de interés), material inerte y semillas de otras especies. Esta prueba será más confiable si la etapa dos del proceso de limpieza se realiza de forma eficiente, es decir, separando las semillas del material inerte por densidad, forma o textura de la superficie, para mejorar la pureza del lote.

Prueba de viabilidad (USV): Determina el porcentaje de semillas del lote que están vivas y potencialmente podrían germinar, es decir, semillas que tengan el embrión completamente desarrollado (llenas).

Pruebas de semillas latentes (USL): Las semillas de especies silvestres poseen sistemas de latencia desde simples a complejos. La resolución de si la semilla tiene un estado de latencia se puede calcular de dos formas: si no se conoce la latencia y si se conoce la latencia.

Rizoma: Tallo subterráneo que crece horizontalmente.

Semilla: Es considerada la forma más eficiente para recolectar, estudiar y almacenar la diversidad vegetal; por esta razón, es importante que en su recolección se consideren escalas espaciales y temporales que permitan capturar la mayor parte de esta diversidad (Gold et al., 2004).

Semilla intermedia: Aquellas que toleran la desecación, pero son sensibles a la temperatura.

Semilla ortodoxa: Son de tamaño mediano a diminuto, toleran la desecación y pueden durar largos periodos sin perder su poder germinativo. Las especies que producen aquenios, bayas con múltiples semillas, vainas secas, folículos o cápsulas que contienen semillas pequeñas, urtículas, siliconas, cariopsis o esquizocarpos tienden a ser de este tipo.

Semilla recalcitrante: No tolera la desecación y está programada para germinar rápidamente, es decir, es de corta viabilidad, pues al disminuirse su contenido

de humedad, inicia un proceso de oxidación que disminuye su poder germinativo. Generalmente, son semillas grandes, de testa gruesa, poco endospermo y el embrión ocupa todo el espacio.

Servicios ecosistémicos: Son los procesos a través de los cuales los ecosistemas mantienen la biodiversidad y generan bienes ecosistémicos (comida, agua, aire, etc.), que sostienen la vida y aprovisionan a las sociedades humanas.

Soro: Conjunto de esporangios libres de variadas formas, ubicado en el envés o en la margen foliar.

Termodormancia: Semillas que necesitan un estímulo térmico para la emergencia de plántulas. En zonas de alta elevación tanto tropical (páramo) como de zonas templadas, la limitación está asociada a factores como congelamiento nocturno y periodos de baja disponibilidad de agua.

Testa: Revestimiento externo de una semilla.

Turba: Material orgánico que posee alta capacidad de retención de agua y nutrientes, buen drenaje, ausencia de patógenos, resistente a la compactación, baja descomposición, fácil humectabilidad y niveles aceptables de pH.

Viabilidad: La posesión en una semilla de aquellos procesos esenciales para que germine. Una semilla viable está viva.

Vigor: Propiedad de la semilla que determina el potencial de brotación y desarrollo rápido y uniforme de plántulas normales bajo una amplia gama de condiciones sobre el terreno.

Vivero: Ambiente controlado en el que germinan, crecen y se protegen especies locales hasta que se encuentran en condiciones ideales para su destino de siembra, asegurando material vegetal en cantidad, calidad y localmente adaptado para el desarrollo del ecosistema.

Vivero permanente: Diseñado para una mayor capacidad de producción y un tiempo de vida prolongado.

Vivero temporal: Catalogado como un lugar de paso o apoyo para la producción de material vegetal a bajas cantidades.

| Siglas |



▶ *Lupinus interruptus*

| | | | |
|-------------|------------------------------|--------------|--|
| AM: | amenazada de extinción | SPG: | semillas puras germinables |
| ARB: | estructura-estrato arbustivo | SPL: | semillas puras latentes |
| BF: | bosque fragmentado | SPV: | semillas puras vivas |
| BSG: | banco de semillas germinable | UPME: | Unidad de Planeación Minero-Energética |
| CD: | creación de doseles | USG: | prueba de germinación de semillas |
| CG: | control de gramíneas | USL: | semillas latentes |
| CR: | crecimiento rápido | USP: | prueba de pureza de semillas |
| EN: | peligro de extinción | USV: | prueba de viabilidad de semillas |
| HER: | estructura-estrato herbáceo | VS: | vegetación secundaria |
| MS: | mejora de suelos | VU: | vulnerable de extinción |
| NT: | casi amenazada de extinción | | |

| Anexos |



▶ *Clusia multiflora*

Anexo 1. Resultados por ecosistema de las pruebas de germinación para las especies del grupo dos

| Ecosistema | Nombre científico | Nombre común | Peso de mil semillas (g) | Unidad de semillas puras o prueba de pureza (%) | Unidad de semillas viables o prueba de viabilidad (%) | Unidad de semillas germinadas o prueba de germinación (%) | Semillas puras viables (%) | Semillas puras germinables (%) | Tiempo medio de germinación (días) |
|---|--------------------------------|--------------------|--------------------------|---|---|---|----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Páramo | <i>Espeletia argentea</i> | Frailejón plateado | 1,04 | 73 | 42,70 | 7,10 | 31,20 | 5,18 | 20 |
| | <i>Espeletia grandiflora</i> | Frailejón | 3 | 64,10 | 58,41 | 25,37 | 37,44 | 16,26 | 35 |
| | <i>Espeletia killipii</i> | Frailejón | 6 | 69,41 | 70 | 20,40 | 48,59 | 14,16 | 25 |
| | <i>Espeletiopsis corymbosa</i> | Frailejón | 0,88 | 49,70 | 21,54 | 3,50 | 10,71 | 1,74 | 32 |
| | <i>Oreopanax mutisianus</i> | Mano de oso | 36,74 | 98 | 80 | 43,04 | 78,40 | 42,20 | 47 |
| Zona de transición entre páramo y bosque altoandino | <i>Berberis goudotii</i> | Uña de gato | 11,63 | 98,60 | 99 | 4,65 | 97,61 | 4,58 | 67 |
| | <i>Gaiadendron punctatum</i> | Tagua | 64,68 | 79,38 | 48 | 1,08 | 38,10 | 0,86 | 26 |
| | <i>Hesperomeles goudotiana</i> | Mortiño | 15 | 91,60 | 95,20 | 39 | 87,20 | 35,72 | 40 |
| | <i>Myrcianthes rhopaloides</i> | Arrayán negro | 163,16 | 100 | 100 | 53,68 | 100 | 53,68 | 60 |
| Bosque altoandino | <i>Aniba</i> sp. | Amarillo | 1446,80 | 100 | 100 | 80 | 100 | 80 | 104 |
| | <i>Drimys granadensis</i> | Canelo | 14,29 | 98 | 65 | 1,21 | 63,70 | 1,19 | 128 |
| | <i>Geissanthus andinus</i> | Aguado | 86,11 | 99,40 | 100 | 82,94 | 99,40 | 82,44 | 53 |

Continúa

| Ecosistema | Nombre científico | Nombre común | Peso de mil semillas (g) | Unidad de semillas puras o prueba de pureza (%) | Unidad de semillas viables o prueba de viabilidad (%) | Unidad de semillas germinadas o prueba de germinación (%) | Semillas puras viables (%) | Semillas puras germinables (%) | Tiempo medio de germinación (días) |
|--------------------------|---|-----------------|--------------------------|---|---|---|----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Bosque altoandino | <i>Lupinus interruptus</i> (sin tratamiento) | Lupino o chocho | 197,90 | 99 | 100 | 76,21 | 99 | 75,45 | 25 |
| | <i>Lupinus interruptus</i> (son tratamiento) | | | | | 96,70 | 98,90 | 95,64 | 19 |
| | <i>Vallea stipularis</i> | Raque | 13,51 | 100 | 95 | 35,81 | 95 | 35,81 | 38 |
| Especies de amplio rango | <i>Cestrum mutisii</i> | Tinto | 26,88 | 89,40 | 90 | 51,88 | 80,46 | 46,38 | 16 |
| | <i>Juglans neotropica</i> | Nogal | 4399,52 | 100 | 67 | 35,36 | 67 | 35,36 | 33 |
| | <i>Quercus humboldtii</i> (bolsa) | Roble | 8796,67 | 98 | 100 | 36,98 | 98,00 | 36,24 | 106 |
| | <i>Quercus humboldtii</i> (cama especial) | | | | | 57,91 | 98 | 56,75 | 34 |
| | <i>Rhamnus goudotiana</i> | Colorado | 13,49 | 85,00 | 93,40 | 68 | 79,39 | 57,62 | 22 |
| | <i>Solanum oblongifolium</i> | Tomatillo | 4 | 70 | 60 | 12,08 | 42 | 8,46 | 35 |
| | <i>Viburnum tinoides</i> (Control) | Garrocho | 161,50 | 100 | 100 | 69 | 100 | 69 | 127 |
| | <i>Viburnum tinoides</i> (Proggib) | Garrocho | | | | 62 | 100 | 62 | 104 |
| | <i>Viburnum tinoides</i> (lijado) | Garrocho | | | | 4 | 100 | 4 | 108 |
| | <i>Viburnum tinoides</i> (agua caliente) | Garrocho | | | | 48 | 100 | 48 | 114 |
| Bosque andino | <i>Aniba panurensis</i> | Amarillo | 57,60 | 99,45 | 90 | 76 | 89,51 | 75,58 | 70 |
| | <i>Bocconia frutescens</i> | Trompeto | 29 | 98,63 | 100 | 40,58 | 98,63 | 40,02 | 34 |
| | <i>Cordia cylindrostachya</i> (sin tratamiento) | Salvio | 62,19 | 90,56 | 85 | 0,44 | 76,98 | 0,40 | 110 |
| | <i>Cordia cylindrostachya</i> (con tratamiento) | | | | | 10,59 | 76,98 | 9,59 | 36 |
| | <i>Croton magdalenensis</i> | Sangregado | 31,88 | 100 | 100 | 17,60 | 100 | 17,60 | 19 |
| | <i>Guarea kunthiana</i> | Maco | 34,00 | 100 | 95,41 | 39,13 | 95,41 | 39,13 | 154 |
| | <i>Palicourea angustifolia</i> | Café de monte | 9 | 99,12 | 88,45 | 55 | 87,67 | 54,52 | 115 |
| | <i>Palicourea demissa</i> | Cafeto | 34,15 | 99,24 | 90,68 | 11,49 | 89,99 | 11,40 | 110 |

Fuente: elaboración propia.

Anexo 2. Tasas de crecimiento en germinador y bolsa (zona de crecimiento) por especie y ecosistema

| Ecosistema | Nombre científico | Nombre común | Tasa de crecimiento en germinador (cm/mes) | Tasa de crecimiento en bolsa (cm/mes) |
|---|----------------------------------|---------------------|--|---------------------------------------|
| Páramo | <i>Brachyotum strigosum</i> | Zarcillo | 0,57 | 1,19 |
| | <i>Cortaderia nitida</i> | Cortadera | 1,01 | NA |
| | <i>Espeletia argentea</i> | Frailejón plateado | 0,09 | 0,61 |
| | <i>Espeletia grandiflora</i> | Frailejón | 0,13 | 0,44 |
| | <i>Espeletia killipii</i> | Frailejón | 0,14 | 0,81 |
| | <i>Espeletiopsis corymbosa</i> | Frailejón | 0,40 | 0,26 |
| | <i>Festuca</i> sp. | Paja | 2,55 | NA |
| | <i>Gaultheria myrsinoides</i> | Reventadera | 0,63 | 0,67 |
| | <i>Gaultheria</i> sp. | Totiadera | 0,22 | NA |
| | <i>Miconia ligustrina</i> | Tuno | 0,14 | 0,44 |
| | <i>Miconia summa</i> | Tuno | 0,11 | 0,7 |
| | <i>Oreopanax mutisianus</i> | Mano de oso | 0,45 | 1,65 |
| | <i>Pentacalia nitida</i> | Romerillo de páramo | 0,09 | 5,17 |
| | <i>Pentacalia pulchella</i> | Romerillo | 1,40 | 2,52 |
| <i>Puya nitida</i> | Puya | 0,26 | 0,53 | |
| <i>Puya santosii</i> | Puya | 0,12 | 0,41 | |
| Zona de transición entre páramo y bosque altoandino | <i>Ageratina aristei</i> | Amargoso | 0,17 | 1,77 |
| | <i>Ageratina glyptophlebia</i> | Amargoso | 0,35 | 2,05 |
| | <i>Baccharis prunifolia</i> | Chilco negro | 0,37 | 2,02 |
| | <i>Berberis goudotii</i> | Uña de gato | 0,69 | 4,51 |
| | <i>Cestrum buxifolium</i> | Tinto | 0,64 | 1,73 |
| | <i>Diplostephium tenuifolium</i> | Palo blanco | 0,32 | 0,89 |
| | <i>Gaiadendron punctatum</i> | Tagua | 0,68 | NA |

| Ecosistema | Nombre científico | Nombre común | Tasa de crecimiento en germinador (cm/mes) | Tasa de crecimiento en bolsa (cm/mes) |
|---|---|-----------------|--|---------------------------------------|
| Zona de transición entre páramo y bosque altoandino | <i>Hesperomeles goudotiana</i> | Mortiño | 0,46 | 1,88 |
| | <i>Miconia elaeoides</i> | Tuno | 0,34 | NA |
| | <i>Myrcianthes rhopaloides</i> | Arrayán negro | 0,56 | 1,22 |
| | <i>Myrsine dependens</i> | Maíz tostado | 0,16 | 0,66 |
| | <i>Tibouchina grossa</i> | Sietecueros | 0,54 | NA |
| Bosque altoandino | <i>Ageratina asclepiadea</i> | Blanquillo | 0,4 | 1,41 |
| | <i>Ageratina boyacensis</i> | Amargoso | 0,21 | 4,33 |
| | <i>Aniba</i> sp. | Amarillo | NA | 1,48 |
| | <i>Brunellia propinqua</i> | Cedrillo | 0,41 | 0,22 |
| | <i>Drimys granadensis</i> | Canelo | 0,35 | NA |
| | <i>Geissanthus andinus</i> | Aguado | 0,99 | NA |
| | <i>Lupinus interruptus</i> | Lupino o Chocho | NA | 6,66 |
| | <i>Vallea stipularis</i> | Raque | 1,5 | 8,52 |
| Especies de amplio rango | <i>Baccharis latifolia</i> | Chilco | 0,51 | 2,02 |
| | <i>Cestrum mutisii</i> | Tinto | 2,5 | 4,12 |
| | <i>Juglans neotropica</i> | Nogal | 6,33 | 9,12 |
| | <i>Lippia hirsuta</i> | Salvio blanco | 0,42 | 0,76 |
| | <i>Morella pubescens</i> | Laurel de cera | 1,1 | 4,25 |
| | <i>Oreopanax incisus</i> | Mano de oso | 0,21 | 0,6 |
| | <i>Quercus humboldtii</i> (bolsa) | Roble | NA | 3,34 |
| | <i>Quercus humboldtii</i> (cama especial) | | 1 | 3,73 |
| | <i>Rhamnus goudotiana</i> | Colorado | 3,89 | 3,59 |
| | <i>Solanum oblongifolium</i> | Tomatillo | 2,78 | 4,2 |
| | <i>Verbesina crassiramea</i> (condición tipo uno) | Cocua | 0,46 | 3,05 |
| | <i>Verbesina crassiramea</i> (condición tipo dos) | Cocua | 4,12 | 7,45 |

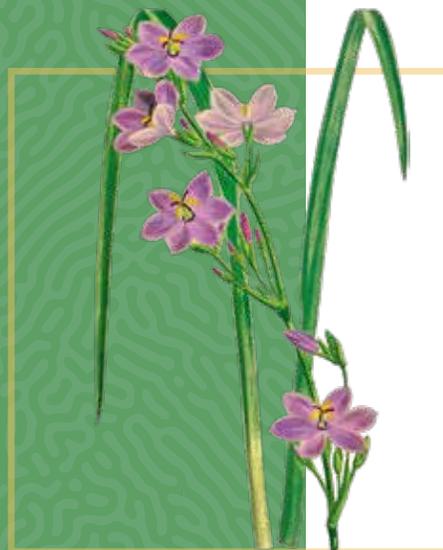
Continúa

| Ecosistema | Nombre científico | Nombre común | Tasa de crecimiento en germinador (cm/mes) | Tasa de crecimiento en bolsa (cm/mes) |
|---------------|---------------------------------|---------------------|--|---------------------------------------|
| Bosque andino | <i>Viburnum tinoides</i> | Garrocho | 0,5 | 4,05 |
| | <i>Ageratina ampla</i> | Pegamosco o jarilla | 0,23 | 2,58 |
| | <i>Aniba panurensis</i> | Amarillo | NA | 1,28 |
| | <i>Axinaea</i> sp. | Tuno | 0,89 | 3,23 |
| | <i>Bocconia frutescens</i> | Trompeto | 1,2 | 1,25 |
| | <i>Brunellia comocladifolia</i> | Cedrillo | 0,82 | 0,47 |
| | <i>Cordia cylindrostachya</i> | Salvio | 0,67 | 3,45 |
| | <i>Croton magdalenensis</i> | Sangregado | 1,8 | 4,1 |
| | <i>Guarea kunthiana</i> | Maco | NA | 0,75 |
| | <i>Hedyosmum crenatum</i> | Granizo | 0,2 | 0,13 |
| | <i>Miconia floribunda</i> | Tuno | 0,26 | NA |
| | <i>Miconia theaezans</i> | Tuno | 0,44 | NA |
| | <i>Palicourea angustifolia</i> | Café de monte | 0,35 | 1,1 |
| | <i>Palicourea demissa</i> | Cafeto | 0,24 | 0,99 |
| | <i>Verbesina nudipes</i> | Carmago | 0,21 | 3,13 |

NA: no aplica.

Fuente: elaboración propia.

| Bibliografía |



► *Orthrosanthus chimboracensis*

- Aguilar Garavito, M., & Ramírez Hernández, W. (2016). *Fundamentos y consideraciones generales sobre restauración ecológica para Colombia: Biodiversidad en la práctica*. Instituto Humboldt.
- Allen, W. H. (1994). Reintroduction of endangered plants. *BioScience*, 44(2), 65-68. <https://doi.org/10.2307/1312203>
- Andrade, G. (1993). *Selva nublada y páramo: Ecología y conservación de un ecosistema altoandino*. Fundación Natura.
- Armenteras, D., González, T. M., Vergara, L. K., Luque, F. J., Rodríguez, N., & Bonilla, M. A. (2016). Revisión del concepto de ecosistema como "unidad de la naturaleza" 80 años después de su formulación. *Revista Ecosistemas*, 25(1), 83-89. <https://doi.org/10.7818/re.2014.25-1.00>
- Ávila-R., L., & Vargas, O. (2015). *Control de gramíneas exóticas en zonas de páramo alterado a través de matrices de leguminosas arbustivas y herbáceas para la conformación de núcleos de regeneración* [tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].
- Bader, M. Y., Geloof, I. van, & Rietkerk, M. (2006). High solar radiation hinders tree regeneration above the alpine treeline in northern Ecuador. *Plant Ecology*, 191(1), 33-45. <https://doi.org/10.1007/s11258-006-9212-6>
- Baskin, C., & Baskin, J. (2014). *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination (Kentucky)*. Academic Press.
- Bedoya-Patiño, J. G., Estévez-Varón, J. V., & Castaño-Villa, G. (2010). Banco de semillas del suelo y su papel en la recuperación de los bosques tropicales. *Boletín Científico. Museo de Historia Natural*, 14(2), 77-91. <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v14n2/v14n2a04.pdf>

- Bigwood, D. W., & Inouye, D. W. (1988). Spatial pattern analysis of seed banks: An improved method and optimized sampling. *Ecology*, 69(2), 497-507. <https://doi.org/10.2307/1940448>
- Bonilla, M. (Ed.). (2005). *Estrategias adaptativas de plantas de páramo y del bosque altoandino en la cordillera oriental de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Borchert, R. (1980). Phenology and ecophysiology of tropical trees: *Erythrina poeppigiana* O. F. Cook. *Ecology*, 61(5), 1065-1074. <https://doi.org/10.2307/1936825>
- Bosques & Semillas, IAvH, & Unión Europea. (2019). *Taller de validación de la metodología de diseño experimental para la propagación de 30 especies de páramo*. Memorias.
- Bradshaw, A. D. (1997). The importance of soil ecology in restoration science. *Restoration Ecology and Sustainable Development*, 33-64.
- Cabin, R., Weller, S., Lorence, D., Cordell, S., Hadway, L., Montgomery, R., Goo, D., & Urakami, A. (2002). Effects of light, alien grass, and native species additions on Hawaiian dry forest restoration. *Ecological Applications*, 12(6), 1595-1610.
- Camelo-Mendoza, L. M. (2010). *Evaluación de individuos traslocados de Weinmannia tomentosa (Cunoniaceae) e individuos propagados por semilla de Oreopanax sp. (Araliaceae) en áreas de restauración ecológica del bosque altoandino* [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia].
- Cano-Salgado, A., Zavala-Hurtado, J. A., Orozco-Segovia, A., Valverde-Valdés, M. T., & Pérez-Rodríguez, P. (2012). Composición y abundancia del banco de semillas en una región semiárida del trópico mexicano: Patrones de variación espacial y temporal. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(2), 437-446.
- Cárdenas, C. de los Á., Posada, A., & Vargas, O. (2002). Banco de semillas germinable de una comunidad vegetal de páramo húmedo sometida a quema y pastoreo (Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia). *Ecotrópicos*, 15(1), 51-60.
- Cárdenas, D. (s.f.). *Estado de conservación de los helechos arborescentes en Colombia (Cyatheaceae y Dicksoniaceae)*. Inédito.
- Castañeda, S. L., Garzón, A. E., Cantillo, M. Á., Torres, M. P., & Silva, L. J. (2006). Análisis de la respuesta de ocho especies nativas del bosque alto andino ante dos métodos de propagación. *Colombia Forestal*, 10(20), 79. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2007.1.a04>
- Castiblanco-Álvarez, F. (2012). *Control de pastos exóticos mediante sombreado artificial y reubicación de especies nativas como estrategias para la restauración ecológica del páramo andino (PNN Chingaza-Colombia)* [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia]. http://www.academia.edu/5100031/Control_de_pastos_ex%C3%B3ticos_mediante_sombreado_artificial_y_reubicaci%C3%B3n_de_especies_nativas_como_estrategias_para_la_restauraci%C3%B3n_ecol%C3%B3gica_del_p%C3%A1ramo_andino_PNN_Chingaza-Colombia_

- Chaves, F. (2019). Estrategias de historias de vida de las poblaciones de *Espeletia barclayana* Cuatrecasas, *Espeltia argentea* Bonpl y *Espeleptiosis corymbosa* (Bonpl) Cuatrecasas en condiciones contrastantes de disturbio en la Reserva Forestal Municipal de Cagua, Cundinamarca. *Acta Biológica Colombiana*, 53(9), 122-123.
- Cogollo, A. M., Velasco, P., & Manosalva, L. (2020). Caracterización funcional de plantas y su utilidad en la selección de especies para la restauración ecológica de ecosistemas altoandinos. *Biota Colombiana*, 21(1), 1-15. <https://doi.org/10.21068/c2020.v21n01a01>
- Córdoba, S., Guzmán, J., Pérez, B., Zúñiga, P., & Pacheco, R. (2010). Propagación de especies nativas de la región Andina. En *Distribution*. Jardín Botánico José Celestino Mutis.
- Cornelissen, J., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D. E., Reich, P. B., Ter Steege, H., Morgan, H. D., Van Der Heijden, M. G. a, Pausas, J. G., & Poorter, H. (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 51(4), 335-380. <https://doi.org/10.1071/BT02124>
- Corporación Autónoma Regional (CAR). (2012). *Vegetación del territorio CAR, 450 especies de sus llanuras y montañas*.
- Corporación Andina Regional. (2020, 19 de abril). *Precipitación: Totales mensuales*. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5de94fdc2fabb.xlsx>
- Dalling, J. W., & Hubbell, S. P. (2002). Seed size, growth rate and gap microsite conditions as determinants of recruitment success for pioneer species. *Journal of Ecology*, 90(3), 557-568. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2002.00695.x>
- De Vargas, I. B., & Droste, A. (2014). In vitro propagation of *Cyathea atrovirens* (Cyatheaaceae): Spore storage and sterilization conditions. *Revista de Biología Tropical*, 62(1), 299-308. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i1.3661>
- Dumroese, K., Landis, T., & Luna, T. (2012). *Raising native plants in nurseries: Basic concepts*. USDA Forest Service - General Technical Report RMRS-GTR, 274. <https://doi.org/10.3368/npj.14.1.71>
- Dumroese, K., Luna, T., & Landis, T. (Eds.). (2009). *Nursery manual for native plants: A guide for tribal nurseries* (vol. 1). United States Department of Agriculture Forest Service. https://www.fs.fed.us/rm/pubs_series/wo/wo_ah730.pdf
- Durán, S., Veloza, C., Magnitskiy, S., & Lancheros, H. (2013). Evaluation of uva camarona (*Macleania rupestris* Kunth A. C. Smith) propagation with air layering. *Agronomía Colombiana*, 31(1), 18-26.
- EPM. (2012). *Informe de estudio de impacto ambiental, Resumen ejecutivo. Presentación de servicios técnicos de ingeniería, realización de estudios ambientales y asesoría técnica para la construcción de líneas de transmisión y subestaciones de energía requeridos*

- por Empresas Públicas de Medellín E.S.P. para ejecutar el proyecto Nueva Esperanza. Contrato No. CT-2010-0886.
- Ensconet. (2009). *Manual para la recolección de semillas de especies silvestres*. Royal Botanic Gardens, Kew (Reino Unido)-Universidad Politécnica de Madrid (España).
- Espinosa, R., & López, A. (2019). *Árboles nativos importantes para la conservación de la biodiversidad*. Cenicafé.
- FAO. (2019). *Materiales para capacitación en semillas*. <http://www.fao.org/3/ca1493es/CA1493ES.pdf>
- Fernández, L., Mancipe, C., & Calderón, M. (2020). Evaluación de dos métodos de propagación para la conservación *ex situ* de tres melastomatáceas altoandinas. *Caldasia*, 42(1), 129-141. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v42n1.75373>
- Franco, L. & Vargas, O. (2009). *Rasgos de Verbesina crassiramea Blake de importancia en estrategias de control de especies invasoras en los alrededores del embalse de Chisacá*. Universidad Nacional de Colombia.
- Frischie, S., Miller, A. L., Pedrini, S., & Kildisheva, O. A. (2020). Ensuring seed quality in ecological restoration: native seed cleaning and testing. *Restoration Ecology*, 28(S3), S239-S248. <https://doi.org/10.1111/rec.13217>
- Garwood, N. C. (1989). Tropical soil seed banks: A review. En *Ecology of soil seed banks* (pp. 149-209). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-440405-2.50014-2>
- Giraldo, F., & Mejía, S. (2002). *Propagación de helechos arbóreos a partir de esporas (Cyatheaceae, Dicksoniaceae y Blechnaceae)* (Contrato 3099).
- Gold, K., León-Lobos, P., & Way, M. (2004). *Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica* (Boletín IN). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi.
- Goller, K., & Rybczynski, J. J. (1995). *In vitro* culture used for woody fern *Cyathea australis* (R.Br.) Domin vegetative propagation. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 64(1), 13-17.
- Gómez Ruiz, P. A. (2011). *Efecto de la densidad de siembra sobre las interacciones biológicas entre las leguminosas Lupinus bogotensis y Vicia benghalensis con las nativas Solanum oblongifolium y Viburnum tinoides en parcelas experimentales de restauración ecológica del bosque altoandino* [tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11332>
- Gómez, L., & Toro, J. (2007). Manejo de las semillas y la propagación de diez especies forestales del bosque andino. *Boletín Técnico Biodiversidad*, (1), 72.
- Gómez, M., Restrepo, J., & Toro, E. (2013). *Propagación y conservación de especies arbóreas nativas*. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia.

- González, L., & Orozco, A. (2017). Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Botanical Sciences*, 30(58), 15. <https://doi.org/10.17129/botsci.1484>
- Hartmann, H., Kester, D., Davies, F., & Geneve, R. L. (2014). *Plant propagation principles and practices*. Pearson.
- Hernández, M., Rosales, N., & Cortés, S. (2011). Riqueza y diversidad florística de un bosque de niebla subandino en la Reserva Forestal Laguna de Pedro Palo (Tena-Cundinamarca, Colombia). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 7(1), 32-47. <https://doi.org/10.18359/rfcb.2109>
- Holl, K. D. (1999). Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: Seed rain, seed germination, microclimate, and soil. *Biotropica*, 31(2), 229-242. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.1999.tb00135.x>
- Hunt, R. (1990). Basic growth analysis. En *Basic growth analysis*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-9117-6>
- Instituto Nacional Tecnológico (Inatec). (2016). *Manual del protagonista: Viveros y semilleros*. https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224s-pz-att/Manual_de_Vivero_y_semillero.pdf
- Inderena. (1980). *Manual general sobre uso de semillas forestales*.
- Insuasty, J., Rojas, O., Vargas, O., & De Los Ángeles, C. (2011). Propagation of *Chusquea tessellata* (Munro) culms at different naphthalene acetic acid concentrations and in different substrates. *Agronomía Colombiana*, 29(3), 399-406.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2002, 19 de abril). *Promedios climatológicos 1981-2010*. <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>
- Iñiguez Rojas, L. (1996). Lo socioambiental y el bienestar humano. *Revista Cubana de Salud Pública*, 22(1), 13-14. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34661996000100007&lng=es&tlng=e
- ISTA. (2019). *International rules for seed testing*. <https://doi.org/10.15258/istarules.2015.F>
- Jaeniche, H., & Beniést, J. (Eds.). (2002). *Vegetative tree propagation in agroforestry*. ICRAF.
- Jaimés, V., & Rivera-Ospina, D. (1990). *Banco de semillas y tendencias en la regeneración natural de un bosque altoandino en la región de Monserrate (Cundinamarca, Colombia)*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia].
- Krebs, C. J. (1986). *Ecología* (3.a ed.). Pirámide.
- Landis, T. (1989a). El componente biológico: plagas, enfermedades y micorrizas en el vivero. En *Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor* (vol. 5, pp. 1-99). Departamento de Agricultura de Estados Unidos, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

- Landis, T. (1989b). Fertilización y riego. En *Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor* (vol. 1, pp. 52-100). Departamento de Agricultura de Estados Unidos, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Lara, K., & Cárdenas, J. (2015). *Aspectos de la propagación sexual de Espeletia grandiflora en un sector intervenido del páramo de Chisacá (P.N.N. Sumapaz, Colombia)*. [Tesis de maestría, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano]. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1747/T062.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lehnert, M. (2009). Resolving the *Cyathea caracasana* complex (Polypodiopsida: Cyatheaaceae). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde*, 30(2), 409-445.
- López, L., Vásquez, M., Lancheros, H., & Magnitskiy, S. (2017). Propagación vegetativa de frutales nativos del páramo *Thibaudia floribunda* y *Cavendishia bracteata* por medio de estacas. *Agronomía Colombiana*, 35(1), 12-22. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v35n1.61796>
- Luna, G. (2014). Laurel de cera (*Morella pubescens*), especie promisorio de usos múltiples empleada en agroforestería. *Revista Agroforestería Neotropical*, 1(1).
- Mancipe-Murillo, C. (2020). Propagación de *Espeletiopsis corymbosa*, *Espeletia barclayana*, *Espeletia summapacis* y *Espeletia killipii* en condiciones de invernadero. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(172), 780-793. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1105>
- Mancipe, C., Calderón, M., & Pérez, L. V. (2018). Evaluación de viabilidad de semillas de 17 especies tropicales altoandinas por la prueba de germinación y la prueba de tetrazolío. *Caldasia*, 40(2), 366-382. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v40n2.68251>
- Manrique, N., & Morales, M. (2016). Frutos y semillas en remanentes de bosque altoandino del páramo de Rabanal (Boyacá, Colombia). *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 14(2), 141-168.
- Marcon, C., Silveira, T., Schmitt, J. L., & Droste, A. (2017). Abiotic environmental conditions for germination and development of gametophytes of *Cyathea phalerata* mart. (cyatheaaceae). *Acta Botanica Brasilica*, 31(1), 58-67. <https://doi.org/10.1590/0102-33062016abb0288>
- McDonald, M., & Kwong, F. (Eds.). (2005). *Flower seeds: Biology and technology*. CABI.
- Mehltreter, K., Walker, L., & Sharpe, J. (2010). *Fern ecology*. Cambridge University Press.
- Mejía, W. (2015). *Viverismo y restauración ecológica: Una experiencia comunitaria en la subcuenca del río Blanco-Municipio de La Calera*. EAB-ESP.
- Milton, S. J., Bond, W. J., Du Plessis, M. A., Gibbs, D., Hilton-Taylor, C., Linder, H. P., Raitt, L., Wood, J., & Donaldson, J. S. (1999). A protocol for plant conservation by translocation in threatened lowland fynbos. *Conservation Biology*, 13(4), 735-743.

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2015). *Plan Nacional de Restauración: Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas*. https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/plan_nacional_restauracion/PLAN_NACIONAL_DE_RESTAURACION%20N.2.pdf
- Mudge, K., & Brennan, E. (1999). Clonal propagation of multipurpose and fruit trees used in agroforestry. En *Agroforestry in sustainable agricultural systems* (pp. 157-190). CRC Press.
- Murcia, J. F., & Franco, J. Y. (2020, 19 de abril). *Informe de predicción climática a corto, mediano, y largo plazo 2020*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. http://bart.ideam.gov.co/wrfideam/new_modelo/CPT/informe/Informe.pdf
- Narváez, E., Jerez, J., & Mantilla, J. (2013). Etapas de desarrollo *in vitro* del gametofito del helecho arborescente *Cyathea aff. caracasana* (Klotzsch) Domin. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 11(2), 74-84.
- Odum, E. (1971). *Fundamentals of ecology* (3.^a ed.). W. B. Saunders Company.
- Pedrini, S., & Dixon, K. W. (2020). International principles and standards for native seeds in ecological restoration. *Restoration Ecology*, 28(28). <https://doi.org/10.1111/rec.13155>
- Pedrini, S., Gibson-Roy, P., Trivedi, C., Galvez-Ramírez, C., Hardwick, K., Shaw, N., Frischie, S., Laverack, G., & Dixon, K. (2020). Collection and production of native seeds for ecological restoration. *Restoration Ecology*, 28(53), S228-S238. <https://doi.org/10.1111/rec.13190>
- Pérez-Paredes, M. G., Sánchez-González, A., & Tejero-Díez, J. D. (2014). Estructura poblacional y características del hábitat de dos especies de Cyatheaceae del estado de Hidalgo. *Botanical Sciences*, 92(2), 259. <https://doi.org/10.17129/botsci.48>
- Portillo-Moreno, A. (2010). *Banco de semillas en tres zonas control para invasiones de retamo espinoso en los alrededores del Embalse de Chisacá, Bogotá D.C., Localidad de Usme* [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia].
- Quiroz, I., García, E., González, M., Chung, P., & Soto, H. (2009). *Vivero forestal: producción de plantas nativas a raíz cubierta*. INFOR.
- Ramírez, V., Sanín, D., & Álvarez, L. M. (2009). Estimación del crecimiento de *Dicksonia sellowiana* Hook. (Dicksoniaceae Hook.) en la reserva forestal protectora de río Blanco, Manizales, Caldas, y registros colombianos de su fertilidad. *Boletín Científico del Museo de Historia Natural*, 13(1), 17-29.
- Ramírez, W., Diazgranados, M., & Rivera, D. (2001). Composición florística y diversidad alfa del Parque Natural Chicaque. *Pérez-Arbelaezia*, 5(12), 36-65.
- Ramos-Montaño, C. (2002). *Estrategias regenerativas de Clusia multiflora, Drimys granadensis y Weinmannia tomentosa en el bosque altoandino* [trabajo de grado,

- Universidad Nacional de Colombia]. https://www.academia.edu/3142356/Estrategias_regenerativas_de_Clusia_multiflora_Drimys_granadensis_y_Weinmannia_tomentosa_en_el_Bosque_altoandino
- Rivera, A., & Rodríguez, O. (2010). Incorporación de sustratos orgánicos a estériles producidos en minas de carbón, para la revegetalización en zonas de páramo. *Avances. Investigación en Ingeniería*, 12, 63-68.
- Rodríguez, J., & Peña, R. (1984). *Flora de los Andes: Cien especies del altiplano cundi-boyacense*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- Rojas, S., García, J., & Alarcón, M. (Eds.). (2007). *Propagación asexual de plantas: conceptos básicos y experiencias con especies amazónicas*. Corpoica, Ministerio de Agricultura y desarrollo rural, Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria.
- Rojas-Zamora, O., Insuasty-Torres, J., Cárdenas, C. de los Á., & Vargas Ríos, O. (2013). Reubicación de plantas de *Espeletia grandiflora* (Asteraceae) como estrategia para el enriquecimiento de áreas de páramo alteradas (PNN Chingaza, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 61(1), 363-376.
- Schmidt, L. (2018). Tropical forest seed. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Schmitt, J. L., & Günter, P. (2007). Estrutura populacional e desenvolvimento da fase esporofítica de *Cyathea delgadii* Sternb. (Cyatheaceae, Monilophyta) no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 21(3).
- Sierra Escobar, A., Alzate Guarín, F., Soto Rodríguez, H., Durán Rivera, B., & Losada Vidarte, L. (2005). Plantas silvestres con potencialidad ornamental de los bosques montano bajos del oriente antioqueño, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 58(1), 2651-2663. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/21435/22394>
- Smith, A. P., & Young, T. P. (1987). tropical alpine plant ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18, 137-158.
- Spasojevic, M. J., Harrison, S., Day, H. W., & Southard, R. J. (2014). Above- and below-ground biotic interactions facilitate relocation of plants into cooler environments. *Ecology Letters*, 17(6), 700-709. <https://doi.org/10.1111/ele.12272>
- Steffens, B., & Rasmussen, A. (2016). The physiology of adventitious roots. *Plant Physiology*, 170(2), 603-617. <https://doi.org/10.1104/pp.15.01360>
- Stuepp, C., Wendling, I., Trueman, S., Koehler, H., & Zuffellato-Ribas, K. (2017). The use of auxin quantification for understanding clonal tree propagation. *Forests*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/f8010027>
- ThePlantList. (2012). *Oreopanax incisus* (Willd. ex Schult.) Decne. & Planch.
- Thompson, K., Band, S. R., & Hodgson, J. G. (1993). Seed size and shape predict persistence in soil. *Functional Ecology*, 7(2), 236-241. <https://doi.org/10.2307/2389893>

- Triviño, T. (2019). *Recomendaciones generales para el vivero del proyecto, ubicado en el área municipal de Guasca, Reserva Biológica Encenillo*. Inédito.
- Triviño, T., & Torres, F. (2009). *Manual práctico: Manejo de semillas y viveros agroforestales*. Semicol.
- Tropicos. (2020). *Oreopanax floribundum Decne. & Planch.* <https://tropicos.org/name/2201050>
- Vargas, J., & Jiménez, P. (2017). *Evaluación del crecimiento de las plántulas de 88 especies de hábito arbóreo, arbustivo, hierbas terrestres, escandecentes y palmas, presentes en el vivero La Florida del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis*. [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7141>
- Vargas, O. (2007). *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque alto andino*. Grupo de Restauración Ecológica, Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, O., Melgarejo, L. M., Pérez, L., Rodríguez, N., & Insuasty, J. (2014). *Semillas de plantas de páramo: ecología y métodos de germinación aplicados a la restauración ecológica*. Grupo de Restauración Ecológica, Universidad Nacional de Colombia.
- Velandia, D. A., & Fajardo, A. (2004). Reproducción y adaptación en vivero de algunas especies representativas en las áreas rurales del Distrito Capital de la región de Sumapaz. *Colombia Forestal*, 8(17).
- Veloza, C., Durán, S., Magnitskiy, S., & Lancharos, H. (2014). Rooting ability of stem cuttings of *Macleania rupestris* Kunth A.C. Sm., a South American fruit species. *International Journal of Fruit Science*, 14(4), 343-361. <https://doi.org/10.1080/15538362.2014.897889>
- Wilkinson, K., Landis, T., Haase, D., Daley, B., & Dumroese, K. (Eds.). (2014). *Tropical nursery manual: A guide to strating and operating a nursery for nativa and traditional plants*. USDA, Forest Service.

Este libro fue compuesto en caracteres Aller Light 10,5 puntos,
e impreso en el año 2021, por La Imprenta Editores S. A.
Bogotá, D. C., Colombia



ISBN: 978-958-8753-74-4



9 789588 753744