

MOTILÓN SILVESTRE

(*Freziera* spp.)

Especie leñosa con potencial agroforestal



Héctor Ramiro Ordóñez Jurado
José Alvaro Castillo Marín



Editorial
Universidad de Nariño



Editorial

Universidad de Nariño

MOTILÓN SILVESTRE

(*Freziera* spp.)

Especie leñosa con potencial agroforestal

MOTILÓN SILVESTRE

(*Freziera* spp.)

Especie leñosa con potencial agroforestal

Héctor Ramiro Ordóñez Jurado I.F., Ph. D.
Profesor Titular

José Alvaro Castillo Marín I.A., M. Sc.
Profesor Asistente



Editorial
Universidad de Nariño

Ordóñez Jurado, Héctor Ramiro

Motilón silvestre (*Freziera* spp.) : Especie leñosa con potencial agroforestal / Héctor Ramiro Ordóñez Jurado, José Álvaro Castillo Marín. - 1ª. Ed. -- San Juan de Pasto : Editorial Universidad de Nariño, 2024

100 p. : il., gráficas, tablas, fotografías

Incluye referencias bibliográficas al final de cada capítulo y reseña de los autores p. 94

ISBN: 978-628-7679-41-2

1. Motilón silvestre--Generalidades 2. Motilón silvestre--Taxonomía 3. Genero *Freziera*—Nariño (Colombia) 4. Motilón silvestre—Semillas 5. Motilón silvestre—Usos

583.0986158 0656 - SCDD-Ed. 22



Sección de Biblioteca
"Alberto Quijano Guerrero"

Motilón silvestre (*Freziera* spp.) Especie leñosa con potencial agroforestal

© Editorial Universidad de Nariño

© Héctor Ramiro Ordóñez Jurado I.F., Ph. D.
Profesor Titular

© José Alvaro Castillo Marín I.A., M. Sc.
Profesor Asistente

Colaboradores: Ingenieros Agroforestales: Mauricio Alejandro Castelblanco, Eder Jhair Palacios, Judith Andrea Peñafiel Moran, Elizabeth Cristina Unigarro Pastas, Deisy Muñoz Guerrero, Genith Cabrera Chamorro, John Mosquera Gonzales, Yanny Fernando Ibarra Cajiao, Diego Alexander Botina Jojoa, Juan Carlos Rosero Ortega.

ISBN: 978-628-7679-41-2
Primera edición

Corrección de estilo: Germán Chaves Jurado
Diseño y diagramación: Nathaly Johana Rivadeneira

Fecha de publicación: Febrero de 2024
San Juan de Pasto - Nariño - Colombia

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio o con cualquier propósito, sin la autorización escrita de su Autor o de la Editorial Universidad de Nariño

Dedicatoria

Dedico:

A la memoria de mis padres
Amanda López, mi esposa por su amor e infinita paciencia
A mis hijos Gabriela Andrea y Mateo Alfredo, y Juan Pablo, mi nieto
por motivarme seguir el camino de la vida.

Héctor Ramiro Ordóñez Jurado I.F., Ph. D.

Dedico:

A la memoria de mi hermano Fernando Iván
A mi madre por todo su amor y dedicación incondicional
A mi padre, por enseñarme el sentido del deber
A mis hijas María Catalina y Nathalia Belén
A mis hermanos Stella, Enrique, John y Ricardo
A Martha Luz
A todos mis sobrinos

José Alvaro Castillo Marín I.A., M. Sc.

Agradecimientos

A la Vicerrectoría de Investigaciones e Interacción Social (VIIS) de la Universidad de Nariño, por el apoyo financiero.

Agradecimiento especial a los Ingenieros Agroforestales, investigadores y colaboradores del proyecto.

A los grupos de investigación de la Universidad de Nariño: Grupo de Investigación en Agroforestería y Recursos Naturales y Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos.

A la memoria del Dr. Hernán Burbano Orjuela, persona brillante, buen compañero y amigo por la revisión del documento y observaciones realizadas.

Contenido

Prólogo.....	10
Introducción.....	16
CAPÍTULO 1. Generalidades del motilón silvestre (<i>Freziera</i> spp) en el trópico de altura	19
Ecosistemas de alta montaña	19
Información taxonómica de motilón silvestre (<i>Freziera</i> spp.).	22
Descripción botánica de la Familia Pentaphylacaceae.	22
Género <i>Freziera</i>	23
Distribución en la zona	24
Distribución espacial del género <i>Freziera</i>	24
<i>Freziera canensces</i> Bonpl.....	26
<i>Freziera reticulata</i> Bonpl.....	27
<i>Freziera nervosa</i> Bonpl.	28
<i>Freziera suberosa</i> Tul.	28
Uso y manejo tradicional del motilón silvestre	29
Caracterización de los sistemas donde crece el género <i>Freziera</i> en la cuenca alta del Río Pasto	30
Bosques secundarios	31
Árboles de motilón silvestre, dispersos en potreros	32
Manejo silvicultural	34
Usos del género <i>Freziera</i>	35
Especies asociadas al género <i>Freziera</i>	36
<i>F. canensces</i> Bonpl.	36
<i>F. reticulata</i> Bonpl.	36

<i>F. nervosa</i> Bonpl.	36
<i>F. suberosa</i> Tul.	37
Referencias.....	37
CAPÍTULO 2. Semillas	40
Selección de los árboles productores de semillas.....	41
Recolección y preparación de semillas.....	44
Calidad de las semillas.....	47
Pureza física.....	49
Peso	50
Vaneamiento.....	51
Viabilidad	52
Morfología de semillas	55
Referencias.....	58
CAPÍTULO 3. Micorrizas Arbusculares (Hma) en cuatro especies del género <i>Freziera</i>	62
Generalidades.....	62
Micorrizas.....	64
Micorrizas arbusculares	66
Estudios realizados con micorrizas arbusculares en el departamento de Nariño.....	68
Características de los suelos	69
Porcentaje de infección en raíces	70
Identificación de esporas de HMA	72
Referencias.....	75

CAPÍTULO 4. Almacenamiento de carbono en árboles de motilón silvestre en alta montaña de Nariño.	80
Generalidades.....	80
Gases de Efecto Invernadero (GEI)	80
Almacenamiento de carbono	81
Mitigación.....	82
Estimación de captura de carbono en árboles de motilón silvestre <i>Freziera canescens</i> , en un sistema silvopastoril.....	83
Parcelas de muestreo.....	83
Variables dasométricas.....	83
Biomasa fresca.....	84
Biomasa seca.....	84
Biomasa y carbono almacenado.....	86
Modelos de biomasa.....	87
Referencias.....	91
Los autores	94
Índice de tablas.....	95
Índice de figuras	96
Índice de imágenes	97

Prólogo

Escribir un libro, es un reto que pone a prueba la capacidad de sus autores, para someterse al escrutinio de quienes conocen la materia que se aborda en el escrito y que no surge de un momento a otro, sino que parte de un proyecto personal o en equipo, que toma un buen periodo de tiempo para llevarlo a la realidad. Un libro, si se quiere, es parte de la vida misma de quienes asumen retos de esta naturaleza.

Escribir, demanda esfuerzo, reflexión, paciencia, para proponer y volver a proponer textos que se van amarrando a un hilo conductor, con el fin de expresar ideas, conceptos, resultados y, algo bien importante, significa comunicarse previamente con el mundo, para beber de las múltiples fuentes del saber, fruto del avance del conocimiento. De ahí que, en este propósito, subyace todo un proceso de autoaprendizaje que deriva en ganancia para sus autores.

El encanto de escribir un libro y más para quienes son académicos, tiene una grata y especial compensación, porque significa compartir a futuro con los lectores -sus alumnos, sus colegas, por quienes se ha hecho un recorrido intenso y retador, es por ellos, que los autores incursionan en el noble oficio de la escritura de libros, estrategia idónea para divulgar y ampliar los conocimientos.

Ahora, quiero manifestar, que es una distinción y resulta estimulante para mí, que los autores de este libro, los profesores de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, *Héctor Ramiro Ordóñez Jurado* y *José Álvaro Castillo Marín*, me hayan confiado la escritura de este Prólogo.

El libro *“Motilón silvestre (Freziera spp.), especie leñosa con potencial agroforestal”* está integrado por los siguientes cuatro capítulos 1. Ge-

neralidades del motilón silvestre (*Freziera* spp.) en el trópico de altura, 2. Semillas, 3. Micorrizas arbusculares en cuatro especies del género *Freziera*, 4. Almacenamiento de carbono en árboles de motilón silvestre y en alta montaña de Nariño.

Esta obra tiene la virtud, de compilar investigaciones orientadas por quienes escriben el libro, a las que suman doctrina y datos de otros autores, que enriquecen el documento. Creo, que el resultado, es un trabajo pionero y original en nuestro medio, que servirá de referente y ayuda, para quienes se preocupan por la preservación de los ecosistemas de alta montaña y, en particular, por la salvaguarda del motilón silvestre, en razón de que las actividades antrópicas, amenazan a este ecosistema y a la mencionada especie leñosa.

El libro cobra más valor, porque se ocupa de un árbol y de un ecosistema, vitales para Nariño, por los servicios que prestan, relacionados con componentes de valía, como la provisión de agua, la disponibilidad de suelos saludables y fértiles, que coadyuven con la vegetación a la mitigación del cambio climático, la oferta generosa de biodiversidad, que es garantía de futuro para esta importante faja altitudinal de los Andes colombianos, no solo para la vida vegetal y animal, sino para el buen vivir de la población.

No olvidemos, todos los ecosistemas del planeta han sufrido una transformación drástica, por la acción humana que, con decidido y equivocado tono antropocéntrico, antes que biocéntrico ha cambiado la Tierra, al punto que, la extinción de la biodiversidad por esta acción, es al menos cien veces mayor respecto al ritmo natural. Los cambios en la biodiversidad, están unidos a generadores directos, como la pérdida de hábitat; también guardan relación, con generadores indirectos que modifican los ecosistemas, como el crecimiento de la población humana, la actividad económica, la tecnología y los factores sociopolíticos y culturales.

Este libro, guarda una gran relación con los criterios e ideas acabados de exponer, porque sus autores con una visión de la totalidad y de las interacciones que ocurren en la naturaleza y en la sociedad, plantean para su ámbito de estudio, unas circunstancias que llaman a la protección del ecosistema alto andino, donde el motilón silvestre tiene su hábitat. Ellos coinciden en el enfoque de su obra y en el tratamiento que les dan a los *capítulos*, con el concepto del investigador colombiano Eugenio Andrade, quien dice que “la vida es un fenómeno de interacción reticulada y no de partículas o entidades aisladas”.

En el primer capítulo "*Generalidades del motilón silvestre (Freziera spp) en el trópico de altura*", los autores muestran que la zona de alta montaña en Colombia, es heterogénea por efecto del clima, la geología, los suelos y el uso humano; que desde ahí se enriquecen las fuentes hídricas para cubrir las necesidades de la población, que vive en la cordillera, donde están los bosques andinos biodiversos. La presión ejercida, se refleja en la degradación de los servicios que ofrece el bosque, que hoy es un mosaico con escasos relictos de bosque primario, fragmentos del secundario y avance de la agricultura y la ganadería. Los autores consideran, que se requieren alternativas para la preservación o recuperación de los bosques andinos, que garanticen su sostenibilidad, con base en el conocimiento que se genere.

El capítulo continúa con información de motilón silvestre (*Freziera spp*). Alude a su distribución espacial en la zona de estudio - cuenca alta del río Pasto, donde los árboles se utilizan, como barreras vivas y dispersos en potreros, sin manejo silvicultural. La investigación en la zona, ha identificado cuatro especies del género *Freziera* y se refiere al uso y manejo tradicional del motilón silvestre, en los cuatro sistemas donde crece este género. Como el género *Freziera* es clave en la regulación del agua en la montaña, se informa que se hacen prácticas silviculturales empíricas de *F. canensces* Bonpl., que es la más abundante, por su fácil adaptación y comportamiento a las condiciones edafoclimáticas imperantes y que tiene diversos usos. Se han identificado en la zona cuatro especies, *F. canensces* Bonpl, *F. reticulata* Bonpl, *F. nervosa* Bonpl, *F. suberosa* Tul., que crecen en forma homogénea o asociadas con otras especies nativas.

En forma didáctica, opino, los autores presentan el estado del arte, con relación al ecosistema de alta montaña de la zona de estudio, identifican las potencialidades y limitantes para su mantenimiento, así como para el género *Freziera*; socializan los datos de las investigaciones dirigidas y llaman a la tecnificación del manejo silvicultural, con procesos de investigación sostenidos, reconociendo sí, la complejidad del reto por la propia dinámica de la naturaleza y por la delicada trama de procesos y hechos que es preciso tomar en cuenta.

El tema de las *Semillas* objeto del segundo capítulo, resulta pertinente, porque el libro se orienta a destacar la importancia del motilón silvestre, propio de la alta montaña. Considero que los autores se ocupan de la semilla, porque en términos genéricos, este vocablo significa germen, origen, como que en la Biblia hay una famosa y co-

nocida parábola que dice: “esta semilla fue sembrada y se convirtió en un gran árbol, en el que las aves del cielo hicieron sus nidos”. Interpreto la intención de los autores y juzgo, que, con este tema, están enviando un mensaje, en el sentido de que la semilla, es la estrategia idónea para multiplicar y conservar las especies vegetales.

El libro enfatiza la importancia de la semilla, porque esta es eficaz para multiplicar y dispersar las plantas leñosas y garantizar su supervivencia, como ocurre en bosques naturales. También acota, que en Nariño, el aprovechamiento de las especies forestales es limitado, por falta de información científica sobre semillas, que soporte los planes de conservación y multiplicación de las leñosas. Los autores destacan la conservación *in situ*, que garantiza mejores fuentes de semilla para su evaluación y selección, a partir de árboles sobresalientes que ya se están investigando en Nariño, con protocolos para determinar la calidad de las semillas, que permita la producción en vivero. Subrayan que evaluar la calidad de la semilla es indispensable, en función de su viabilidad para el desarrollo de plántulas en condiciones de campo.

Opino, que el tema tratado en este capítulo, debe poner a pensar y a actuar a quienes se interesan por las especies arbóreas de los bosques andinos, porque no podrán conseguir resultados prácticos o aplicados, si no hay el soporte científico de rigor que, en este caso, empieza por conocer la calidad de la semilla de las leñosas de interés.

Después de un lapso considerable del uso exclusivo de productos de síntesis química, como los fertilizantes y ante la realidad del deterioro de los bienes de la naturaleza, como el suelo, se empezó a utilizar la diversidad microbiana de este, tal el caso de las micorrizas, por eso, valoro la inclusión en el tercer capítulo del libro del tema “*Micorrizas arbusculares en cuatro especies del género Freziera*”, porque esta es una opción para resolver problemas de fertilidad de los suelos de génesis volcánica, frecuentes en las zonas montañosas de Nariño, en donde el fósforo que “mueven” las micorrizas arbusculares, merma el problema de fijación de este nutriente, además, la simbiosis influye positivamente en la absorción de agua por las plantas y les da protección sanitaria.

Los autores, con sus grupos de investigación, empiezan a mostrar la opción de micorrización en las cuatro especies del género *Freziera*, que han identificado en los ecosistemas de montaña de Nariño. Dentro de una acertada ruta de investigación, empiezan por determinar

los porcentajes de infección que oscilan entre el 29,76 y el 42,75 y que los reportan para todas las especies conocidas regionalmente, así como la presencia de hongos de los géneros *Glomus*, *Acaulospora* y *Gigaspora*, frecuentes en los suelos de Nariño. Sugiero, respetuosamente, que el uso de la micorriza arbuscular se dirija, especialmente, a la etapa de vivero, para la cual, la literatura reporta resultados positivos en otras especies de árboles.

Considero que la utilización de las micorrizas arbusculares, hace parte de unas opciones más amigables con la oferta de la naturaleza y, por ello, hay que seguir investigando en forma sistémica, para garantizar resultados de esta simbiosis a largo plazo, porque es una interacción que acompaña a los suelos y a la vegetación desde tiempos inmemoriales.

Me permito conceptualizar en forma breve, con relación al último capítulo del libro. El cambio climático, es uno de los problemas más álgidos que viven las personas en el mundo, como resultado del desajuste de la energía de la atmósfera, ocasionado por el calentamiento global, que conduce a una concentración excesiva de gases de efecto invernadero en la atmósfera, entre los cuales están, el CO_2 - que se libera más por la actividad antrópica, el CH_4 y el N_2O . En estas circunstancias, juegan un rol clave los sumideros de carbono, que son los flujos netos de C desde la atmósfera al sistema, que pueden ser el suelo y la vegetación.

El libro se cierra tratando el "*Almacenamiento de carbono en árboles de motilón silvestre y en alta montaña de Nariño*", porque los autores saben, que el gran ciclo del carbono se mueve por dos grandes procesos, la fotosíntesis y la respiración. Siendo así, la vegetación y en consecuencia los bosques, hacen las veces de sumidero, porque la biomasa leñosa acumula carbono y así mitiga el cambio climático. Expresan, que los escasos estudios en la región, consideran que los ecosistemas andinos, son reservorios importantes de carbono e invitan a monitorear la dinámica a largo plazo del carbono en estos ecosistemas y por eso sugieren, unos procedimientos de fácil medición en el campo, que se apoyen en la estadística. Aportan información inicial sobre la captura de carbono, por árboles de motilón silvestre *Freziera canescens* Bonpl., en un sistema silvopastoril tradicional, donde evaluaron árboles dispersos de esta especie, en asocio con pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. y dan cifras respecto a la cantidad de carbono almacenado por la biomasa de estos árboles.

Juzgo que, cuando se conocen las causas o razones de los fenómenos o problemas, se pueden proponer acciones para resolverlos o paliarlos. En términos del cambio climático, de lo que se trata, es de mitigar sus efectos negativos y por ello en este capítulo se propone estimar el potencial de la especie en estudio, para capturar el carbono, con miras a la mitigación de esta anomalía, con la “ayuda” del bosque de alta montaña de Nariño, donde crece el motilón silvestre.

Los profesores *Héctor Ramiro Ordóñez Jurado* y *José Álvaro Castillo Marín*, al cumplir con el propósito de publicar el libro *“Motilón silvestre (Freziera spp), especie leñosa con potencial agroforestal”* hacen un aporte de valía, para la preservación de la alta montaña nariñense y contribuyen de la mejor manera, a estudiar y así mantener vigente una especie tan propia de esta región, como el motilón silvestre, que podría correr el riesgo de extinguirse. Congratulaciones por tan efectivo y original resultado, plasmado en su libro, que espero tenga muchos lectores. Y como el libro - tiene un tono ecológico propositivo, utilizo para concluir el criterio de Leonardo Boff, quien nos dice que “El proyecto de crecimiento material ilimitado, mundialmente aceptado, sacrifica a dos terceras partes de la humanidad, agota los recursos de la Tierra y compromete el futuro de las generaciones venideras”.

Hernán Burbano Orjuela Q.E.P.D.

Profesor Titular y Distinguido (Jubilado)

Ex Rector Universidad de Nariño

Introducción

Ante el fenómeno de la variabilidad climática y el calentamiento global, se hace necesario establecer medidas de adaptación y mitigación a nivel mundial, especialmente en la región Alto Andina, donde vienen ocurriendo problemas productivos ambientales y sociales, relacionados con la deforestación, ampliación de la frontera agrícola, destrucción agresiva del bosque y degradación de los suelos, ocasionados por la transformación de los ecosistemas y usos del suelo inadecuados principalmente. Ante la insostenibilidad de estos agroecosistemas, los sistemas agroforestales (SAF), se han convertido en una alternativa importante, por su potencial en la reducción de gases de efecto invernadero (GEI), protección de los suelos, regulación hídrica, protección de la biodiversidad, generación de alimentos, que contribuyen al fortalecimiento de la seguridad y soberanía alimentaria, aumento y mantenimiento en la producción de alimentos, para garantizar la sostenibilidad y el fortalecimiento del desarrollo social y económico de las familias campesinas.

Los sistemas agroforestales (SAF), son un conjunto de prácticas de cultivos integrados, donde se combinan especies arbóreas, en asocio con cultivos y animales en un mismo espacio donde suceden múltiples interacciones. No obstante, para el establecimiento de estos sistemas productivos, es necesario conocer las potencialidades y tener la suficiente información, acerca del comportamiento de las especies leñosas, para las condiciones de clima y suelo en zonas de alta montaña.

Sin embargo, a nivel regional y nacional, aún son muy limitadas las investigaciones que den respuesta a la determinación de las potencialidades de las especies leñosas nativas, para su incorporación en

sistemas de producción sostenibles, por tal razón, en la mayoría de los programas y proyectos de reforestación, productora, protectora y de restauración ecológica, se utilizan especies introducidas o provenientes de condiciones ecológicas diferentes al sitio de plantación, tal es el caso de los eucaliptos *Eucaliptus* sp, ciprés *Cupressus lusitanica* (Mill), acacia *Acacia melanoxylom* (R. Br), urapán *Fraxinus chinensis* (Roxb), pinos *Pinus* sp, y aliso *Alnus acuminata* (H.B.K.) entre otros. Estas especies, son utilizadas en proyectos de reforestación, por su fácil adaptación y rápido crecimiento, pero algunas de estas no cumplen con los objetivos para los cuales se cultivan, originando una serie de problemas productivos, ambientales y sociales, que en muchos casos conllevan al rechazo y poca credibilidad en su implementación por los propietarios y los habitantes de la región.

En el trópico de altura, la fragmentación de los ecosistemas por efecto de la ampliación de la frontera agrícola y el predominio de las especies introducidas en la mayoría de las fincas, ha llevado a la disminución y pérdida de la biodiversidad de especies leñosas nativas, muchas de ellas endémicas. Aunado a lo anterior, el escaso conocimiento de la silvicultura de estas, ha conducido al bajo interés por el rescate, preservación y uso de árboles y arbustos, los cuales pueden ser utilizados en programas de mejoramiento genético, restauración ecológica, preservación de los ecosistemas naturales y asociaciones agroforestales; este es el caso del género *Freziera*, que posee varias especies comúnmente denominadas como motilón silvestre, aun no domesticadas y en muy pocas ocasiones cultivadas. Este género posee una amplia distribución en las zonas altas del trópico de altura.

En la cuenca alta del Río Pasto, los habitantes tienen en sus fincas, árboles de motilón silvestre, producto de la regeneración natural, los cuales crecen bajo diferentes modalidades: dispersos en las pasturas naturales, protección de fuentes hídricas, cercos vivos, bosques dendroenergéticos, asociados con cultivos y en la restauración de áreas degradadas. En los distintos estudios realizados en el Programa de Ingeniería Agroforestal de la Universidad de Nariño, no se encontraron reportes de plantaciones de este género; sin embargo, se sabe de la presencia de estos leñosos en diferentes arreglos de SAF, se conoce sus usos, más no su manejo silvícola. Por otra parte, aspectos como el aprovechamiento inadecuado, el desconocimiento de sus potencialidades, la propagación de semillas y la carencia de programas encaminados a su preservación por parte de instituciones públicas y privadas, está conllevando, a la disminución paulatina de este recurso genético y en un tiempo, a su posible extinción.

La presente investigación, reúne la sistematización básica y científica, de trabajos de investigación relacionada con el conocimiento y manejo de estas especies leñosas nativas del bosque altoandino, acerca de la identificación de las especies correspondientes a este género, las características ecológicas donde crece el motilón silvestre, las prácticas de manejo tradicional que le dan los campesinos, calidad de la semilla, identificación de hongos micorrizicos arbusculares (HMA) asociados y la capacidad de almacenamiento de carbono en la biomasa.

Se logró identificar las especies del género *Freziera*, su distribución espacial y manejo silvícola tradicional, donde se realizaron recorridos de campo, toma de muestras botánicas, georreferenciación de los sitios en donde hacen presencia estos árboles y la aplicación de encuestas a la comunidad, considerando a los habitantes con más permanencia en la zona y aquellos que utilizan y manejan las especies de este género en sus predios (Peñañiel & Unigarro (2006). En la determinación de algunas de las características de la calidad de las semillas, se adoptaron las Normas Internacionales formuladas por la International Seed Testing Association (ISTA).

Para identificar y cuantificar los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA), se evaluaron árboles de bosques secundarios, linderos y árboles dispersos en potreros, tomando muestras de suelo y raíces de la rizosfera. La capacidad de captura de carbono, se evaluó en árboles dispersos en potreros, mediante el método destructivo, que consistió en apelar todos los individuos con Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) mayores a 10 cm. Los árboles fueron pesados por separado en fresco y seco, se probaron modelos alométricos, para estimar la biomasa aérea total, en función de las variables DAP, Altura Total, Área Basal y Volumen (Cabrera & Mosquera, 2008).

La sistematización de las investigaciones realizadas permitió obtener la información valiosa, permitiendo ampliar el conocimiento científico, que en un futuro, será la base para formular programas regionales y nacionales de conservación, reforestación y producción, manejo y fomento del género *Freziera*, entre las distintas comunidades del trópico de altura, con quienes adolecen de especies leñosas nativas de rápido crecimiento, con múltiples usos en sistemas agroforestales (SAF), que favorecen el almacenamiento del carbono en la biomasa y suelo, actuando como sumideros de C y adaptadas a las condiciones ambientales de la zona.

CAPÍTULO 1

Generalidades del motilón silvestre (*Freziera* spp) en el trópico de altura

Ecosistemas de alta montaña

En Colombia, se considera a la alta montaña, como un espacio geográfico correspondiente a las culminaciones altitudinales de las cordilleras andinas, por encima de los 2.700 ± 100 m, cuyo modelado, ha sido el resultado de procesos de origen glaciar y periglacial, junto con la acción volcánica en la cordillera central y el macizo colombiano (Flórez, 2003; Sarmiento *et al.*, 2013). IDEAM, (2010a) considera, que el actual piso bioclimático altoandino, fue un espacio que durante el último período glacial hacía parte del desierto de montaña alta, en donde imperaban los procesos crionivales y de escurrimiento difuso.

La zona de alta montaña en Colombia, comprende una marcada heterogeneidad de condiciones ambientales, a lo largo de complejos gradientes de variación, que son producto de la elevación y la presencia de varios sistemas montañosos, con regímenes climáticos, geología, suelos e historias de uso humano muy diferentes (Sarmiento & León, 2015).

Estos paisajes neoequatoriales, están comprendidos entre las latitudes 8° S y los 11° N y longitudinalmente entre los párelos 71° y 84° al occidente de Greenwich, es decir, una franja de 13° de latitud (Molano, 1989). En cambio, Rodríguez *et al.*, (2006) indican, que no existe un consenso sobre la distribución geográfica y límites altitudinales de las franjas andinas y alto andinas.

Los suelos de los ecosistemas de alta montaña de los Andes, situados en zonas volcánicas con actividad en el Holoceno, deben buena parte de sus propiedades, a la meteorización de la ceniza volcánica en interacción con el clima frío y húmedo (Cerón & García, 2009).

Estos ecosistemas se caracterizan, por ser áreas, donde el aire ascendente y saturado de vapor de agua proveniente de las regiones bajas cálidas, se condensa y produce regularmente nubosidad, la cual posteriormente se precipita, saturando los diferentes ecosistemas para posteriormente enriquecer las fuentes hídricas, que suplen las necesidades de los diferentes seres vivos existentes en las partes bajas (IDEAM, 2010b); igualmente, abastecen de agua a las regiones llanas y de piedemonte, donde generalmente se sitúan los núcleos de población y actividades humanas más importantes, además se constituyen, en excepcionales reservorios de biodiversidad nativa y endémica (FAO, 2002).

En la denominación de ecosistemas de alta montaña, se encuentran los bosques andinos; Romero, (2012) coincide en que los bosques alto andinos, están distribuidos ampliamente, en un gradiente altitudinal que genera diferentes condiciones ambientales, físicas y geográficas y están conformados por una gran diversidad de especies y ecosistemas (Imagen 1), representados por una alta heterogeneidad ambiental (Gentry, 1991). Además, son considerados como lugares que regulan los procesos hidrológicos y de almacenamiento de nutrientes provenientes del páramo.



Imagen 1. Panorámica general de ecosistemas de alta montaña donde predomina el género *Freziera*, municipio de Pasto, Nariño.

Rangel, (2000) indica, que corresponde a una zona de ecotonía entre la vegetación cerrada de la media montaña y la abierta de la parte alta; las comunidades vegetales están dominadas por especies de *Weinma-*

nia (encenillos), *Hesperomeles* (mortiños), *Clethra* y de *Escallonia* (tibar, rodamonte), entre otras. Los bosques, poseen gran riqueza, abundancia y biomasa de epífitas vasculares, lo que se puede explicar, en parte, porque la neblina cubre las montañas durante buena parte del tiempo y proporciona a las epífitas, la humedad requerida para su crecimiento (Grubb & Whitmore, 1966). En Colombia, estos ecosistemas de montaña y alta montaña, son los más afectados por la presión colonizadora, con altas tasas de deforestación (Rodríguez & Guerrero, 2015).

La zona andina y en especial el área correspondiente al Macizo Colombiano, afronta una serie de problemas ambientales, debido a la tala de bosques para consumo de leña y carbón, que conlleva a la pérdida de capacidad productiva y servicios ambientales de ecosistemas y suelos. Estos bosques han sido reducidos significativamente, puesto que se talan alrededor de 10.000 ha de bosque nativo cada año, contribuyendo de manera directa, a una disminución significativa en los servicios ambientales (CORPONARIÑO, 2017).

El paisaje ha cambiado con el tiempo, debido al auge de las actividades antrópicas (Imagen 2), como es la presión de la tierra por la fragmentación de ecosistemas y desestabilización de la misma, por efecto de las actividades agrícolas y ganaderas, la presencia de cultivos ilícitos, uso y aprovechamiento de productos no maderables, manejo inadecuado del recurso hídrico, políticas gubernamentales no acordes a la realidad local y desconocimiento del potencial, que brindan estos ecosistemas naturales para beneficio de la humanidad. La presión ejercida, ha conducido a la degradación, alteración y pérdida de los beneficios que ofrece el bosque, especialmente por ser los generadores y protectores de la vida.

La fragmentación y pérdida de hábitat, convierte a los paisajes, en mosaicos compuestos por potreros, fragmentos de bosque secundario, escasos relictos de bosque primario, zonas paramizadas, extensiones de cultivos y plantaciones (Velasco & Vargas, 2008) causando pérdidas considerables de la biodiversidad y en particular de especies endémicas.

El desconocimiento del manejo de las especies, se ha convertido en un problema para la biodiversidad de la flora, porque se pierden especies de importancia dentro de los ecosistemas, además de esto, las especies forestales, tienden a dificultar su propagación provocando así una lucha para recuperar los ecosistemas y las especies que los

componen (Ramírez & Antero, 2014). El conocimiento del estado, composición, estructura y función de los componentes que lo integran, es una herramienta fundamental, para la toma de decisiones y propender por alternativas viables en la recuperación de ecosistemas degradados, que garanticen la sostenibilidad de los bosques andinos.



Imagen 2. Fragmentación de ecosistemas andinos

Información taxonómica de motilón silvestre (*Freziera* spp.).

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Ericales
Familia	Pentaphragaceae
Género	Freziera
Nombre vulgar	Motilón silvestre

Descripción botánica de la Familia Pentaphragaceae.

Familia constituida por árboles y arbustos leñosos; se distribuye en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Su principal centro de riqueza y diversificación, se encuentra en Asia, donde están la mayoría de los géneros; uno de los únicos caracteres anatómicos que comparten los miembros de esta familia, es la presencia de esclereidas en la

mayor parte de la planta (Keng, 1962). Como resultado del análisis bibliográfico y del estudio de ejemplares de herbario realizado por Luna & Villaseñor (1996) proponen, que la familia anteriormente Theaceae, está constituida por 20 géneros y por alrededor de 600 especies; presentan una distribución tropical y subtropical, principalmente en Asia y América, con pocos elementos presentes en África.

Individuos generalmente siempre verdes, aunque algunos son de hoja caediza, hojas simples, alternas en espiral, peciolo corto, con frecuencia coriáceas, con márgenes enteras o aserradas, con la nerviación pinnada. Inflorescencias axilares o terminales, de flores simples, actinomorfas, unisexuales a veces bisexuales, con 5-7 sépalos, imbricados, generalmente persistentes; cinco pétalos, raras veces 4 o más, libres o unidos en la base, de color blanco o rosado. Estambres numerosos, libres o más o menos unidos en la base; fruto en cápsula loculicida, cáliz persistente, baya indehiscente o aquenio, contiene de 4-10 semillas por fruto, endospermo copioso, embrión engrosado, cotiledones carnosos. Existen algunas plantas, que proporcionan frutos aprovechables, pero su mayor interés reside en su uso con fines ornamentales (Sánchez De Lorenzo, 2007; Luna & Villaseñor, 1996; Bonifacino & Rossado, 2017).

Género *Freziera*

La mayoría de las especies de este género, son mesoamericanas, restringidas a bosques nubosos, crecen en filos de montañas y en hábitats generalmente alterados o degradados por encima de los 1800 msnm, llegan a medir alrededor de 15 m de altura y un D.A.P. hasta 70 cm. Producen madera de buena calidad y son de rápido crecimiento y recomendables para protección de cuencas hidrográficas (Peñafiel & Unigarro, 2006; Mahecha, 1997; Vargas, 2002).

Las especies de este género, presentan ramas en zig-zag, con abundantes tricomas color café o dorado, hojas alternas, usualmente agrupadas hacia el final de la rama, láminas simétricas o asimétricas, borde liso o dentado, base cuneada y ápice acuminado. Flores solitarias o en fascículos en las axilas de las hojas, grandes con 2-3 brácteas; sépalos 5 con margen ciliada, pétalos 5 usualmente unidos en el ápice. Fruto en baya dehiscente, con sépalos persistentes, estos son consumidos por animales silvestres (Del Valle, 1972; Mendoza & Ramírez, 2000; Mahecha, 1997).

Los frutos presentan una porción digerible y al ser consumidos por aves, facilita el transporte de las semillas a diferentes hábitats, en donde forman un banco y al encontrar las condiciones favorables, inician el proceso de germinación y reclutamiento, como lo indica Wheelwright, (1985) que la mayoría de las aves frugívoras, suelen ser organismos altamente móviles, que utilizan el recurso fruto de distintas maneras, por lo cual sus patrones de forrajeo, determinan la eficacia con la cual mueven las semillas en el espacio. La dispersión de las semillas del género *Freziera*, está siendo afectada por la caza indiscriminada de la fauna silvestre y la destrucción de los ecosistemas, fenómeno que puede conllevar a disminución de las especies de este género en los sistemas donde crecen naturalmente.

Distribución en la zona

El motilón silvestre, como se lo conoce en la zona, es considerado por los habitantes, como una de las especies maderables nativas de más rápido crecimiento. Se caracteriza, por ser una especie colonizadora, aparece en los primeros estados de la sucesión secundaria, tiene una alta capacidad de regeneración natural y crece en terrenos de baja fertilidad, especialmente, aquellos que han sido cultivados con papa o utilizados en actividades ganaderas y posteriormente abandonados por su baja productividad, en suelos con bajos o nulos contenidos de materia orgánica, principalmente en taludes de caminos, carreteras y áreas erosionadas.

Distribución espacial del género *Freziera*

Los árboles de este género, crecen bajo condiciones naturales; en su totalidad, son producto de la regeneración natural. Su distribución, se da de manera aleatoria en los siguientes ecosistemas y agroecosistemas (Imagen 3).

- Formando bosques naturales homogéneos con edades distintas, sin ninguna práctica de manejo, con funciones protectoras y productoras.
- Asociado a bosques secundarios en áreas protectoras de alta significancia ambiental.
- Árboles asociados a prácticas agroforestales tradicionales, como: delimitación de (fincas, potreros y cultivos), barreras vivas y árboles dispersos en potreros (asociado con pastos naturales);

bajo estas condiciones y según los requerimientos de las especies acompañantes, en muy pocas ocasiones presenta prácticas de manejo silvicultural.



Imagen 3. Presencia de árboles de motilón en: A. bosques naturales; B. asociaciones agroforestales y C. sistemas silvopastoriles

Para identificar las especies del género *Freziera*, se realizaron recorridos en transectos en la cuenca alta del río Pasto con el fin de identificar los sitios estratégicos donde crecen, así mismo, se establecieron parcelas, debidamente georreferenciadas, con el uso de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS); mediante inventarios florístico en bosques naturales y agroecosistemas, se colectó material vegetal, para su posterior identificación en el Herbario PSO de la Universidad de Nariño. Se identificaron cuatro especies pertenecientes al género *Freziera* distribuidas en diferentes sistemas, como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1

Identificación y distribución preferente de las especies del género *Freziera* reportadas en la cuenca alta del río Pasto

Nombre local	Nombre científico	Sistema crecimiento		
		Potrero	Bosque	Lindero
Motilón silvestre	<i>Freziera canensces</i> Bonpl.	X	X	X
Motilón silvestre	<i>Freziera reticulata</i> Bonpl.	X	X	X
Motilón silvestre	<i>Freziera nervosa</i> Bonpl.	X	X	X

Motilón silvestre	<i>Freziera suberosa</i> Tul.			X
-------------------	-------------------------------	--	--	---

Características de las especies

***Freziera canescens* Bonpl.**

Arbusto o árbol de 6 a 15 metros de altura y DAP entre 5 y 40 cm; hojas alternas, elípticas, hasta 14 cm de largo por 5 a 7 cm de ancho; base cuneada y ápice acuminado, margen aserrado, haz glabra, envés pubescente, pecíolo de 2,0 - 2,5 cm. de largo. Flores axilares, solitarias o en grupo de hasta 3. Frutos individuales en baya (Imagen 4)



Imagen 4. Especie *F. canescens*: hojas y árbol

En promedio, 1 Kg contiene 2.538.071 semillas de motilón; el tamaño de semilla entre pequeño y diminuto (1,2 mm), de consistencia coriácea en la cubierta seminal, presencia de estructuras externas visibles, presencia de un embrión desarrollado con endospermo abundante (Del Valle, 1972; Mendoza & Ramírez, 2000; Mahecha, 1999). En estudios realizados por Loján, (2003) estimó una producción de 3500 a 6500 frutos/árbol.

En la región alto andina de Nariño, se encuentran formando masas homogéneas y con frecuencia con crecimiento aislado o con bajas densidades por unidad de área. Su rango de distribución, en los ecosistemas y agroecosistemas, es amplio. Presenta poda natural, con un fuste recto especialmente, cuando crece en densidades altas, en cambio si crece aislado y en bajas densidades, es común encontrarlo ramificado a baja altura. Esta especie presenta un rápido crecimiento, muy superior a las demás especies nativas.

Estudios realizados sobre las propiedades de la madera, colectada en bosques de Imbabura (Ecuador), la califican con una densidad de

0,57 g/cm³., excelente para el pulido, para el taladro y moldurado. El estudio recomienda, como usos adecuados: vigas, revestimientos, pilares, soleras, tablones, duelas, listones, entrepisos, mangos de herramientas, construcciones navales, carrocerías, molduras y torneados (Loján, 2003).

***Freziera reticulata* Bonpl.**

Según Del Valle (1972), Luna & Villaseñor (1996), Mendoza & Ramírez (2000) y Mahecha (1997) esta especie leñosa, presenta las siguientes características: se encuentran árboles con alturas hasta 18 m., DAP superior a 30 cm, cobertura de copa de 4 m, en promedio. Cuando están jóvenes, las ramas son densamente seríceo-vellosas y lenticeladas. (Imagen 5).



Imagen 5. Especie *F. reticulata*: hojas y árbol

Hojas pecioladas, de 7 a 16 cm de largo, por 1,8 a 5 cm ancho, ova-do-lanceoladas, subcoriáceas, de haz glabra, de color plateado y con pubescentes sedoso en el envés. Ápice largo-acuminado. Base de cuneada a atenuado-cuneada, borde usualmente aserrado; pecíolo aproximadamente de 1 a 1,8 cm., veloso, canaliculado. Las hojas tienen una coloración rojiza cuando están senescentes.

Flores axilares, de 3 a 7, de blanco cremoso a amarillento pálido; cáliz con 5 lóbulos, densamente pubescente, pétalos de 6 a 8 mm., ovados, glabros. Fruto en cápsula globosa, glabros, de color negro morado cuando están maduros, de 1,5 cm aproximadamente de largo, de 5 a 6 mm de diámetro. Es una especie que florece durante todo el año, con su máxima presencia de botones y flores abiertas en el mes de julio.

Especie forestal, encontrada cerca de los nacimientos de agua, potreros abandonados, taludes de carreteras, bosques en diferentes esta-

dos sucesionales y suelos de baja fertilidad; la madera es utilizada en la construcción de casas, postes para la delimitación de predios y uso dendroenergético.

***Freziera nervosa* Bonpl.**

Son arbustos y árboles, hasta 15 m de altura; crecen de manera aislada en los bosques secundarios y existe preferencia por parte de los propietarios de los predios por su rápido crecimiento. Copa poco densa que permite la penetración de la luz solar hacia los estratos inferiores de los agroecosistemas, especialmente en los potreros en donde es aprovechado como sombrío para el ganado y su madera es utilizada para la construcción de viviendas. (Imagen 6)



Imagen 6. Especie *F. nervosa*: hojas y árbol

Presenta hojas alternas, elípticas, hasta de 14 cm. de largo por 3,5 a 4 cm de ancho; base redondeada y ápice acuminado, margen aserrado, haz glabra, envés pubescente, pecíolo de 2 a 2,5 cm de largo. Flores axilares, solitarias (Del Valle, 1972; Luna & Villaseñor, 1996; Mendoza & Ramírez, 2000; Mahecha, 1997). En el mes de enero y febrero, no presenta floración y se encontró en la escala 0, es decir ausencia del fenómeno según la metodología propuesta de Fournier (1978). La formación de flores y la aparición de los primeros frutos maduros, se reportó a partir de los meses de marzo, abril, y mayo; en junio la presencia de frutos maduros, se encontró en la escala 2, con magnitud 28,0%.

***Freziera suberosa* Tul.**

Árbol de porte bajo hasta 6 m de alto, hojas alternas, de forma elíptica de borde entero, de 5 cm de largo por 2 cm de ancho, con nerviación pinnada (Imagen 7). Es característica su coloración verde bri-

llante por el haz y color plateado con pubescencia sedosa finamente distribuidas por el envés (Del Valle, 1972; Luna & Villaseñor, 1996; Mendoza & Ramírez, 2000; Mahecha, 1997). Presencia de flor solitaria con fruto en baya; las semillas presentan un peso menor de 0,0177 g y el número promedio de semillas por kg es de 5.649.717, de las cuales, el 35,5% son vanas. Por sus características morfológicas y por tener sus estructuras incompletas y poco desarrolladas, su proceso de germinación, se ve interrumpido debido a la dormancia presente dentro de su semilla, lo que conlleva a dificultades germinativas.



Imagen 7. Especie *F. suberosa*: hojas y árbol

Esta especie se observa en bordes de los caminos y en raras ocasiones en los bosques secundarios de estados sucesionales tempranos, en donde crece a libre exposición solar, aunque puede soportar algún grado de sombra lateral; se encuentra asociado a especies nativas como chilca blanca (*Baccharis latifolia* Ruiz & Pav.), carbonero (*Befaria resinosa* Mutis exp L.f.), pucasacha (*Tibouchina mollis* Bonpl.), colla (*Verbesina arborea* Kunth), pelotillo (*Viburnum* sp), moquillo (*Saurauia ursina* Triana & Planch), chaquilulo (*Macleania rupestris*, Kunth A.C. Sm) y moras (*Rubus* spp) entre otras.

Por el tamaño del árbol de pequeño a mediano, estructura arquitectural, forma de la copa y color del follaje, es una especie con potencialidades para programas ornamentales, especialmente en áreas abiertas de calles y avenidas de las zonas urbanas

Uso y manejo tradicional del motilón silvestre

La existencia del género *Freziera*, se debe a la regeneración natural; los frutos de estas especies son consumidos y las semillas son disper-

sadas principalmente por chiguacos (*Turdus fuscater*) y torcazas (*Zenaida auriculata*). Estas especies de aves nativas, son importantes, por contribuir a la dispersión natural de muchas semillas leñosas y semi-leñosas del trópico de altura, entre ellas, las del género *Freziera*. Una vez dispersada las semillas, estas crecen rápido, especialmente en los claros del bosque o sitios que presenten influencia directa de los rayos solares. Por su fácil adaptación a diferentes condiciones ambientales, dominan estos espacios y son importantes en los estadios tempranos de la sucesión vegetal, que posteriormente, son fundamentales en la estructura y composición florística de los bosques secundarios.

Las especies identificadas de este género, crecen en lugares donde se aprovechó el bosque primario, aunque en algunos sitios, es notoria la presencia de especies leñosas remanentes; la vegetación natural fue talada y desplazada para dar paso a monocultivos como papa, maíz, cereales, hortalizas, que luego fueron sustituidos por prácticas pecuarias (pastoreo extensivo) y estos agroecosistemas, al ir perdiendo su capacidad productiva por un manejo inadecuado de los suelos, se abandonan por un periodo de tiempo, hasta que se considere que ya recuperaron su nivel de fertilidad; durante este lapso, en el área se inicia un proceso natural de restauración ecológica pasiva en donde el género *Freziera* se caracteriza, por su capacidad colonizadora y contribución al avance de las etapas iniciales de la sucesión vegetal. En este proceso de colonización vegetal temprana, se destacan por su abundancia y frecuencia las especies *Freziera reticulata* Bonpl y *Freziera canescens* Bonpl.

En el trópico de altura, el motilón silvestre, es una especie pionera y colonizadora que logra establecerse por regeneración natural en claros del bosque, donde crece espontáneamente y en las pasturas naturales, en donde algunos de estos individuos son manejados y en las limpiezas de los potreros son liberados de otras plantas, encontrándose árboles dispersos o delimitando los potreros; por el manejo de las podas, la mayoría presentan características deseables y son utilizados en las fincas, con diferentes propósitos.

Caracterización de los sistemas donde crece el género *Freziera* en la cuenca alta del Río Pasto

El género *Freziera* se encuentra creciendo en los siguientes agroecosistemas:

- Bosques secundarios, cumpliendo una función protectora – productora.

- Fuentes hídricas (protección y regulación hídrica).
- Delimitación de fincas y predios (cercas y barreras vivas).
- Explotaciones silvopastoriles (árboles dispersos en potreros).

Bosques secundarios

Sucesión secundaria, compuestas principalmente, por las especies nativas de rápido crecimiento y altamente exigentes en energía solar. En estos lugares son importantes las especies *Freziera reticulata* Bonpl. y *Freziera canensces* Bonpl., que ocupan algunos de estos espacios y son características de las laderas de clima frío; por lo general, su topografía presenta un relieve fuertemente quebrado y escarpado, con pendientes superiores al 50%, con suelos superficiales a medianamente profundos, cambios bruscos de textura o presencia de roca muy cerca de la superficie. Estos suelos se caracterizan por presentar alta acidez, fijación de fósforo y bajo contenido de bases.

Los bosques secundarios donde crece la especie *F. reticulata* Bonpl. (Imagen 8), se caracteriza por la presencia de áreas homogéneas, en donde es posible encontrar árboles adultos remanentes. La estructura horizontal es heterogénea, debido a la distribución irregular de la población vegetal. Por otra parte, presenta una estructura vertical bien definida; es común encontrar poblaciones con la mayoría de los individuos, creciendo a alturas similares, debido posiblemente a la alta densidad de árboles por unidad de área, más del 90% presentan fuste recto y con poda natural, el dosel del bosque no permite el paso directo de luz solar a los pisos inferiores, incidiendo en la poca o nula presencia de un sotobosque, en cambio, en los claros del bosque crece vegetación nativa, formando ecosistemas biodiversos.

En algunos sitios, (pasturas naturales) donde la densidad es menor, se encontró que el 10% de individuos, presenta bifurcaciones a baja altura, en cambio en aquellos lugares donde crecen los árboles aislados, es común encontrarlos con ramificaciones desde la base del tronco, debido posiblemente, a la menor o nula competencia por energía solar, nutrientes y espacio.

En los bosques secundarios, especialmente de *Freziera reticulata* Bonpl., la hojarasca es abundante y de lenta descomposición, con un cubrimiento del suelo, que oscila entre el 50% y 75%, que se clasifica como alto.



Imagen 8. Bosques secundarios donde predomina la especie *F. reticulata* Bonpl, con aprovechamientos selectivos, municipio de Pasto, Nariño, Colombia.

La especie *Freziera canescens* Bonpl. (Imagen 9), se encuentra distribuida en toda la cuenca, en masas homogéneas y con frecuencia, creciendo aislada o con bajas densidades por unidad de área. Su rango de distribución, en los ecosistemas y agroecosistemas es amplio. Presenta un fuste recto, especialmente cuando crece en densidades altas, aunque es común encontrarlo ramificado a baja altura, cuando crece aislado en potreros. Esta especie tiene un rápido crecimiento, muy superior a las demás especies nativas, según lo afirman varios habitantes de la cuenca alta del río Pasto.

En estos ecosistemas, es común el aprovechamiento y extracción selectiva de los mejores individuos del género *Freziera*; la madera es empleada en diferentes usos, especialmente para consumo doméstico y muy poco para la venta. Estas y otras razones, hacen que sea una de las especies leñosas nativas que más utilizan los habitantes de la región, convirtiéndola en un potencial para la implementación de prácticas forestales, agrosilvopastoriles y proyectos de restauración ecológica en el trópico de altura, especialmente en el manejo de microcuencas.

Árboles de motilón silvestre, dispersos en potreros

Es una práctica silvopastoril tradicional, que hace parte del paisaje de la formación del altiplano de Pasto (Imagen 10). Por lo general, están ubicados en laderas de clima frío, con un relieve ondulado a quebrado, de

pendiente variable, que oscila entre 5% - 50%, las pasturas tradicionales con árboles dispersos, se encuentran en laderas largas, regularmente con erosión laminar y remociones en masa. Los suelos se han formado a partir de tobas, derrames fluvio volcánicos andesíticos y arcillas superficiales, textura variable, ligeramente ácidos, con mediana a alta saturación de bases. Además, estos sistemas productivos son de baja fertilidad y presentan deficiencias de fósforo y nitrógeno, principalmente.



Imagen 9. Bosque secundario con presencia de la especie *F. canescens* Bonpl., Pasto, Nariño, Colombia



Imagen 10. Árboles de *F. canescens* Bonpl., dispersos en potreros, Pasto, Nariño, Colombia.

La especie *Freziera canensces* Bonpl., es la más utilizada en el municipio de Pasto, bajo el sistema de árboles dispersos en potreros, asociados con *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. y otros pastos naturales; en algunas fincas y por prácticas inadecuadas de manejo de los suelos, estos presentan una alta compactación y erosión, afectando negativamente el crecimiento y el comportamiento de los componentes del sistema (pasto-árbol), en cambio, en unos pocos sitios en donde los propietarios realizan prácticas adecuadas de manejo tanto en árboles (podas) como de la pastura (rotación de potreros y fertilización de síntesis química), se encontraron agroecosistemas productivos con buen comportamiento (pastos vigorosos) y sin problemas de deterioro del suelo.

Manejo silvicultural

Debido a la significancia ambiental en la regulación hídrica de los ecosistemas y agroecosistemas de alta montaña, es necesario conocer cómo las especies del género *Freziera* juega un papel fundamental, razón por la cual, se hace referencia a las prácticas de manejo, especialmente, a los árboles dispersos en potreros y árboles en linderos de los sistemas productivos. Tradicionalmente, los ganaderos y productores agrícolas manejan y hacen prácticas silviculturales, de manera empírica de algunas especies nativas fundamentalmente de la especie *F. canensces* Bonpl., (Imagen 11) por ser la especie más abundante y de fácil adaptación y comportamiento a las condiciones edafoclimáticas del trópico de altura; el manejo de los árboles se orienta fundamentalmente, a los árboles dispersos en potreros.



Imagen 11. Manejo de *F. canensces* Bonpl., Pasto, Nariño, Colombia.

Cuando requieren productos de calidad ya sea para postes, construcciones y sombra para el ganado, el 29,0% de los propietarios de la cuenca alta del río Pasto, realizan prácticas de manejo como podas, entresacas y en algunas ocasiones, liberaciones de vegetación agresiva, en cambio, el 71,0% manifiesta que no realizan ninguna actividad de manejo, porque consideran que los beneficios que obtienen como: protección de los suelos, leña, cercos vivos y restauración ecológica de áreas degradadas especialmente de recarga hídrica, estos productos y servicios, se pueden obtener de árboles que presenten fustes no necesariamente rectos.

Debido a las condiciones naturales de los potreros, donde crecen los árboles y al efecto de los raleos que realizan algunos productores, con el fin de permitir el pastoreo, la escasa interferencia de la energía solar y la baja densidad de individuos por unidad de área, los árboles tienden a bifurcarse; en el estudio realizado por Peñafiel & Unigarro (2006) en la cuenca alta del río Pasto, encontraron que el 75,5% de los árboles de motilón evaluados, presentaban bifurcaciones, lo que demuestra, la tendencia de estas especies a bifurcarse. De ahí la importancia de podar los árboles en los estadios juveniles, en los primeros cuatro años de edad, con el fin de disminuir la competencia a los otros componentes del sistema y así propender por la sostenibilidad del sistema productivo.

Usos del género *Freziera*

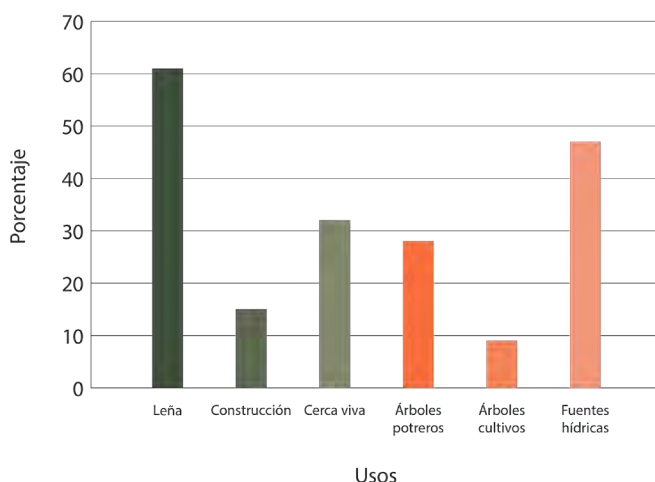


Figura 1. Principales usos del motilón silvestre (*F. canensces* Bonpl.), Pasto, Nariño, Colombia

La especie *F. canensces* Bonpl., es la más utilizada por los habitantes de la región. Esta especie leñosa, se encuentra distribuida, en todas las zonas de vida de la cuenca del río Pasto; tiene una alta capacidad de regeneración natural y rápido crecimiento, además, cuando se hace manejo de los árboles, como podas, raleos y liberaciones, los individuos se caracterizan por presentar un fuste recto y diámetros (DAP) superiores a 40 cm., obteniéndose productos que son utilizados para muchos propósitos en la finca. En la Figura 1, se indican los principales usos, entre ellos, en orden de importancia se destacan los siguientes: leña, protección de fuentes hídricas, cerca viva, árboles dispersos en potreros, madera para construcción y árboles asociados a cultivos.

Especies asociadas al género *Freziera*

En ecosistemas naturales del trópico de altura del departamento de Nariño, se encontró, que estas especies por lo general crecen en masas homogéneas, igualmente se reporta el crecimiento de las mismas asociadas indistintamente con otras especies nativas; la presencia o ausencia, se debe a las condiciones del sitio y al estado de desarrollo de la sucesión natural. Entre las especies asociadas al género *Freziera*, se pueden reportan las siguientes:

***F. canensces* Bonpl.**

Pata de gallo *Guatheria cordifolia*, (H.B.K), helecho *Polipodium sp*, chaquilulo *Cavendishia rupestris* (H.B.K) Ac Smith, amarillo *Miconia sp*, pelotillo *Viburnum triphyllum* Benth, amargo *Palicourea anceps* Standl y encino *Weinmannia rollottii* Engl.

***F. reticulata* Bonpl.**

Pata de gallo *Guatheria cordifolia*, (H.B.K, chilca blanca *Baccharis latifolia* R & P, mano de oso *Oreopanax discolor* kunth & Planch, fragua *Befaria aestuans* Mutis ex L. f, sietecueros *Tibouchina mollis* Bonpl. Cogn, chaquilulo *Cavendishia rupestris* (H.B.K) Ac Smith y amargo *Palicourea anceps* Standl.

***F. nervosa* Bonpl.**

Chaquilulo *Cavendishia rupestris* (H.B.K) Ac Smith, siete cueros *Tibouchina mollis* Bonpl, Cogn, fragua *Befaria aestuans* Mutis ex L. f, cordoncillo *Piper sp*, kujaco *Solanum ovalifolium* Dunal, chilca *Baccharis latifolia* R & P.

***F. suberosa* Tul.**

Fragua *Befaria aestuans* Mutis ex L. f, helecho *Polipodium* sp, pelotillo *Viburnum triphyllum* Benth, amargo *Palicourea anceps* Standal, chaquilulo *Cavendishia rupestris* (H.B.K) Ac Smith, moquillo *Saurauia ursina* Triana & Planch.

Referencias

- Bonifacino, M., & Rossado, A. (2017). *THEACEAE* Mirb. Laboratorio de Sistemática de plantas vasculares. http://www.thecompositae-hut.com/www_tch/webcurso_spv/familias_pv/theaceae.html
- Cerón, P., & García, H. (2009). Propiedades del suelo en bosque y pajonal; reserva natural Pueblo Viejo, Nariño, Colombia. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 12(1), 113-120.
- CORPONARIÑO - Corporación Autónoma Regional de Nariño. (2017). *Informe de gestión institucional, primer semestre 2017*. http://corponarino.gov.co/expedientes/planeacion/informe_gestion2017/Informedegestionprimersemestre2017.pdf
- Del Valle - Arango, J. I. (1972). *Introducción a la Dendrología de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- FAO. (2002). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. <http://www.fao.org/iym/en/aboutiym/aim2002e.pdf>
- Flórez, A. (2003). *Colombia: evolución de sus relieves y modelados*. Universidad Nacional de Colombia, Unibiblos.
- Fournier, L. (1978). Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *CESPEDECIA*, 7(25-26), 21-23.
- Gentry, A. (1991). Vegetación del bosque de niebla. En A. H. Gentry., y J. M. Renjifo. (Eds.), *Bosques de niebla de Colombia* (pp. 23-52). Banco de Occidente. Bogotá, D.C., Colombia.
- Grubb, P. J., & Whitmore, T. C. (1966). A comparison of montane and lowland forest In Ecuador. II. The climate and its effects on the distribution and physiognimy of the forest, *Journal of Ecology*, 54(2), 303-333.

- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2010a). *Sistemas morfogénicos del territorio colombiano*. IDEAM. 2010. Bogotá, Colombia.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2010b). *Legenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:10.000*. Editorial Scripto Ltda.
- Keng, H. (1962). Estudios morfológicos comparativos en Theaceae. *Publicaciones de la Universidad de California en Botánica*, 33, 295–298.
- Loján, L. (2003). *El Verdor de los Andes Ecuatorianos: realidades y promesas*. Cámara Ecuatoriana del Libro - Núcleo de Pichincha.
- Luna, I., & Villaseñor, J. L. (1996). Géneros de Theaceae: aspectos taxonómicos y nomenclaturales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 59, 81-95.
- Mahecha, G. (1997). Fundamentos y metodología para la identificación de plantas. Proyecto Biopacífico-Ministerio del Medio Ambiente. PNUD-GEF.
- Mendoza, H., & Ramírez - Padilla, B. (2000). *Plantas con flores de La Planada: Guía ilustrada de familias y géneros*. (1ª edición). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Molano, J. (1989). Biogeografía de los páramos de Colombia. *Revista de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo*, 19 (1), 5-10.
- Peñafiel, A., & Unigarro, C. (2006). *Determinación de la Variabilidad, Distribución y manejo del Motilón Silvestre (Freziera sp) En La Cuenca Alta del Río Pasto* [Tesis de pregrado, Ingeniería Agroforestal Universidad de Nariño]. San Juan de Pasto, Colombia.
- Ramírez, V., & Antero, J. (2014). Evolución de las teorías de explotación de recursos naturales: hacia la creación de una nueva ética mundial. *Luna azul*, (39), 291-313. <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n39/n39a17.pdf>
- Rangel, J. O. (2000). Clima. En: J. Orlando Rangel-Ch. (ed.). *Colombia Diversidad Biótica III. La región de vida paramuna*. (pp 85-125). Instituto de Ciencias Naturales-Instituto Alexander von Humboldt.

- Rodríguez, N., Armenteras, D., Morales, M., & Romero, M. (2006). *Ecosistemas de los Andes colombianos*. Segunda edición, Instituto de Investigación de Recursos Biológico Alexander Von Humboldt.
- Rodríguez, L., & Guerrero, A. (2015). *Composición y diversidad florística vascular de bosque alto andino, en el predio la chorrera, municipio Une, Cundinamarca, Colombia*. [Trabajo de pregrado, Licenciatura en Biología Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/2901/2/Rodr%C3%ADGuezCamachoLauraMarcela2015Anexo1.pdf>.
- Romero, J. J. (2012). *El bosque Alto-Andino: una oportunidad para llevar al educando al aprendizaje significativo ya las estrategias de conservación*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Bogotá, D.C., Colombia.
- Sánchez De Lorenzo, J. M. (2007). Árboles Ornamentales. <http://www.arbolesornamentales.com/Theaceae.htm#Stewartia>
- Sarmiento, C. C., Cadena, J., Zapata, y León, O. (2013). *Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Sarmiento, C., y León, O. (eds.). (2015). *Transición bosque-páramo. Bases conceptuales y métodos para su identificación en los Andes colombianos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/9287>
- Vargas, W. G. (2002). *Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes Centrales*. Centro editorial, Universidad de Caldas.
- Velasco, P., & Vargas, O. (2008). Problemática de los bosques altoandinos. En O. Vargas. (Ed.), *Estrategias para la restauración ecológica de los bosques altoandinos* (pp.41 - 56). Universidad Nacional de Colombia.
- Wheelwright, N. (1985). Fruit size gape width and the diets of fruit eating birds. *Ecology*, 66(3), 808-818.

CAPÍTULO 2

Semillas

La propagación de especies vegetales por medio de semillas, es uno de los métodos más efectivos y fáciles de manejar en la mayoría de especies leñosas; el uso de semillas, es posible por su facilidad en la recolección, transporte, manejo y la cantidad de material vegetal que se puede propagar en un área determinada, así mismo, los individuos procedentes de estas, presentan una raíz pivotante bien definida, que les confiere ciertas ventajas con otros métodos de propagación. Jiménez & Matías, (2010) indican que la propagación de plantas por semilla, presenta grandes ventajas a nivel poblacional, porque permite la adaptación de la población a los cambios ambientales, sosteniendo mayor variabilidad genética.

La semilla, es uno de los medios más eficientes para multiplicar y dispersar las especies leñosas y una manera de perpetuar la generación a las siguientes generaciones; en los bosques naturales, es el órgano de diseminación y conservación de las especies y se considera la fase final de perfeccionamiento reproductiva en las plantas leñosas, en los ecosistemas naturales.

Como producto de miles de años de crecimiento en las condiciones ambientales y suelos de cada sitio, estas unidades reproductivas, han generado características intrínsecas de adaptación y evolución, en donde las semillas han estado expuestas a tratamientos naturales que propician su germinación, tales como la variabilidad de la radiación solar, hormonas vegetales, microorganismos del suelo y exposición a jugos gástricos del tracto digestivo de la fauna asociada a los ecosistemas.

El ciclo de vida de las semillas, comprende una serie de eventos biológicos complejos, inicia desde la formación de los botones florales y culmina con la germinación del óvulo que se encuentra situado en el interior del ovario de la flor. Las semillas necesitan ciertas condiciones óptimas de humedad, luz, temperatura y oxígeno, para poder iniciar el proceso de la germinación (Hartmann & Kester, 1998). Para que la semilla cumpla con su objetivo de germinar, es necesario que el embrión se transforme en una plántula, que sea capaz de valerse por sí misma y, finalmente convertirse en una planta adulta. Todo ello comprende una serie de procesos metabólicos y morfogenéticos, cuyo resultado final es la germinación de las semillas, en este proceso una semilla en dormición o latencia recupera su actividad y origina una nueva planta (Azcón-Bieto & Talón, 2008).

Allen *et al.*, (2012) indican que la producción de semillas de árboles, se caracteriza por presentar patrones interanuales que pueden incluir sincronía espacial, periodicidad y alta variabilidad entre individuos dentro de una población, siendo necesario conocer la ecología y biología de semillas, lo cual es muy limitado para la región tropical Andina y ese desconocimiento ha dificultado llevar a cabo estrategias de conservación de semillas (Palomeque *et al.*, 2017; Romero & Pérez, 2016).

En la utilización de semillas de especies forestales orientada a programas de reforestación, restauración ecológica y manejo de la sucesión natural, es fundamental tener el conocimiento y manejo de las mismas; se debe contar con una alta calidad genética y fenotípica, sin desconocer las condiciones en que se colectan, procesan, almacenan y tratan. Considerando lo anterior, en el departamento de Nariño, se presenta un limitado aprovechamiento de las especies forestales nativas, debido a las pocas investigaciones realizadas sobre fuentes de semillas, calendarios fenológicos, biología floral y sobre la recolección y beneficio (limpieza, secado, contenido de humedad y almacenamiento) de semillas (Ceballos & López, 2007).

Selección de los árboles productores de semillas

En la región andina, las actividades antrópicas, han conducido a la fragmentación y destrucción de los ecosistemas, produciendo cambios de la configuración del paisaje en el tiempo y el espacio, en donde grandes áreas de ecosistemas naturales, se convirtieron en una serie de mosaicos, dedicados a actividades agrícolas y ganaderas y

otros corresponden a ecosistemas naturales, con diferentes grados de alteración; lo anterior se evidencia en la reducción paulatina de las poblaciones, tanto animales como vegetales.

Ante la necesidad de obtener material vegetal de alta calidad, es necesario orientar los esfuerzos a establecer y fortalecer planes de manejo y conservación de ecosistemas, en donde se identifiquen y prioricen especies forestales de relevancia económica y ambiental, para que sea posible contar con árboles productores de semillas, con características genotípicas y fenotípicas sobresalientes, que permitan la obtención de material vegetal, útil para proyectos de reforestación comercial y de restauración ecológica, recuperación y protección de cuencas hidrográficas, así mismo, contar con especies leñosas aptas para el fomento de sistemas agroforestales.

Con la identificación de fuentes semilleras, se contribuye al conocimiento silvicultural, que es uno de los limitantes en el fomento de la mayoría de las especies nativas, igualmente, se facilita la recuperación y distribución geográfica de estas especies, mejorando así los flujos genéticos; además, se reduce la presión sobre los bosques naturales, evitando la fragmentación y aislamiento de las poblaciones naturales, prácticas que garantizan los espacios y medios adecuados para biodiversidad.

La conservación in situ de las mejores fuentes de semilla, su evaluación y selección, forman uno de los principales componentes de cualquier programa de semillas forestales. Todo programa de reforestación, debe considerar esta etapa fundamental, con el propósito de obtener el material genético a corto plazo (CONIF-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 1999).

En la identificación de árboles como fuentes semilleras (Imagen 12), se debe seleccionar y marcar fenotipos sobresalientes, ya sea en plantaciones o en bosque natural, de los cuales se colecta su semilla. Los sitios seleccionados como productores de semillas, se deben caracterizar, por presentar altos porcentajes de árboles sanos y de buen fenotipo, garantía de que el material vegetal obtenido presente un bajo grado de heredabilidad, al igual, son importantes las ganancias genéticas, sobre todo si se selecciona en bosques naturales, donde existe un componente de variación ambiental fuerte (Meza, 2014; Rodríguez & Nieto, 1999; Geilfus, 1994).



Imagen 12. Árbol semillero y rama con frutos

En los bosques naturales andinos, generalmente, no es posible encontrar suficiente número de árboles de la misma especie a los que se les pueda aplicar la prueba de superioridad fenotípica, lo cual dificulta la evaluación y la posibilidad de ser seleccionado como árbol semillero. Para la selección del árbol candidato en estos ecosistemas, las características fenotípicas se comparan con otros árboles sobresalientes de la región, procurando que sean de condiciones ambientales y edad similares, buscando de esta manera, bajar la heredabilidad. Además, la selección de los árboles semilleros y, por lo tanto, de las características deseables, depende de los objetivos del proyecto o programa en el cual se van a utilizar (García de la Cruz *et al.*, 2011).

Los parámetros de selección comúnmente utilizados para evaluar los árboles semilleros son: altura, Diámetro a la Altura de Pecho (DAP), forma del fuste (rectitud y circularidad, libre de plagas y enfermedades y edad de fructificación (Chang, 1987); también depende de los parámetros genéticos de las características de interés, incluyendo la heredabilidad y las correlaciones genéticas existentes entre ellas (Sánchez *et al.*, 2003).

Por lo general, las poblaciones naturales de la especie de interés, constituyen la población inicial de los programas de mejoramiento genético; los árboles seleccionados deben recibir cuidados particulares. Geilfus, (1994) y Añazco, (2000) indican que los árboles semilleros pueden ser silvestres o plantados, a veces se realizan plantaciones, con el fin de producir semillas; los árboles semilleros deben recibir cuidados particulares. Como existe mucha variación dentro de una misma especie, hay que escoger las semillas de un árbol, que crezca

en las condiciones de suelo y de clima más aproximadas a las que imperan en las zonas de vivero y el sitio donde se realizará la plantación.

La selección de los árboles productores de semilla, es un proceso que requiere de cierta experiencia por parte del silvicultor. Esta etapa de recolección de semilla, viene a ser el instrumento por medio del cual, se pueden mejorar las características de las futuras masas forestales. Esto significa, que los árboles deben tener ciertas características, siendo las siguientes las más sobresalientes (Geilfus, 1994).

- Haber demostrado ser buenos productores de semilla
- Tener un fuste recto, cilíndrico, carente de torceduras y bifurcaciones (buena forma).
- Tener ramas fuertes y vigorosas.
- Ser preferiblemente los dominantes.
- Contar con la edad adecuada de producción de acuerdo con la especie.

Los árboles de motilón silvestres, escogidos de los ecosistemas naturales para la obtención de semillas, se seleccionaron mediante la evaluación de características sobresalientes como: buenos productores de semilla, fuste recto, cilíndrico, pocas bifurcaciones, ramas fuertes y libres de problemas fitosanitarios, entre otras. Una vez identificados los árboles semilleros, se marcaron y georreferenciaron, con el fin de tenerlos como potenciales donantes para la realización de estudios de calidad de semillas, así como para conocer el manejo silvicultural de estas especies nativas.

Recolección y preparación de semillas

En la región Andina, el principal problema, es la propagación de especies leñosas nativas, debido a la dificultad para propagarse, fundamentalmente, por su baja capacidad germinativa, hay desconocimiento en los procesos de recolección de frutos y semillas, lo mismo que del proceso de maduración de los frutos, porque en la mayoría de las semillas hay un deterioro rápido una vez colectadas. Por otra parte, se desconoce los procesos de germinación y las semillas de algunas especies que logran germinar, presentan un lento crecimiento a nivel de vivero, en comparación con su medio natural, siendo poco aceptadas en programas de reforestación y restauración ecológica, por lo que se crea la necesidad de investigar aspectos básicos de la

propagación, apoyándose en el conocimiento desde el fruto, recolección y manejo de semillas y la producción de plántulas en el vivero, que satisfagan las necesidades de material vegetal adecuado, para programas de repoblación vegetal.

El proceso de recolección de frutos y semillas forestales, es mucho más complicado que su equivalente en la agricultura, por la complejidad que implica la recolección, en donde se debe considerar la distancia y accesibilidad de los árboles semilleros, especialmente, la altura de los árboles, cuando hay necesidad de escalar para recolectar el material vegetal directamente de los árboles en pie.

Otro aspecto a considerar, es el conocimiento de la Fenología de la especie, ya que la época de floración y fructificación, le permite al colector, determinar, cuál es el momento más adecuado para recolectar los frutos y semillas de determinada especie.

Existe una gran variedad de métodos y equipos para recolectar los frutos y semillas. Robbins *et al.*, (1981); Oliva *et al.*, (2014), indican que la elección depende de una serie de factores como:

Tamaño relativo y número de las unidades de dispersión natural y de las unidades que pueden ser recolectadas por el hombre con comodidad.

- Características del fruto
- Características del árbol
- Características del rodal
- Características del lugar
- Características fenológicas

Para la recolección de frutos y semillas, existe una gran variedad de técnicas desde sencillas y prácticas hasta las más complicadas, técnicas manuales y avanzadas mecanizadas (Imagen 13); las más utilizadas, son las siguientes (Suárez, 1996).

- Árboles en pie
- Árboles talados
- Recolección del suelo del bosque
- Superficie del agua

- Madrigueras de animales
- Excrementos dejados por aves en sitios de descanso y dormitorios



Imagen 13. Recolección de frutos de motilón silvestre.

Antes de iniciar el proceso de recolección de los frutos y semillas, se deben planificar todas las acciones, que permitan ejecutar esta actividad satisfactoriamente, como son, tener en cuenta las medidas de seguridad para evitar accidentes. En el caso del motilón silvestre, se requirió de un experto en escalar árboles, el cual fue asegurado adecuadamente y así se procedió a cosechar ramilletes de frutos. Debido a que los frutos están ubicados en los extremos de las ramas, esta labor fue complementada con una podadora de extensión, con el fin de no dañar las ramas del árbol al cosechar los frutos.

Para facilitar la recolección de los frutos, se dispuso de lonas colocadas estratégicamente en los lugares donde caen las ramas podadas, una vez apilado el material vegetal, se separó los frutos y se dispusieron en bolsas permeables para facilitar su transporte y disminuir los efectos de las condiciones adversas propias del transporte, lo mismo la alta humedad de los frutos y temperatura que se incrementa por efecto de la respiración de los frutos, factores que afectan la calidad de las semillas.

Debido a las condiciones adversas de campo y a las características inherentes de los frutos, se dificulta la recolección, por lo que, al empaquetar, se incluyen una serie de impurezas tales como frutos de otras especies, flores, ramas, hojas, insectos y otros materiales del medio natural. Estos elementos deben ser eliminados, por ser una posible fuente de contaminación; esta labor debe ser realizada antes de proceder a la extracción y beneficio de la semilla.

Los frutos se llevan a un lugar adecuado bajo techo y colocados en estantes, lugar con buena ventilación y protegidos del efecto directo de los rayos solares e igualmente deben estar aislados de posibles fuentes de contaminación y otros agentes externos como cambios bruscos de las condiciones del medio ambiente. Así mismo, los frutos colectados deben homogeneizarse, debido a la heterogeneidad del tamaño, estructura anatómica, estado de madurez fisiológica y características morfológicas de los frutos.

El motilón silvestre, tiene un fruto carnoso indehisciente, correspondiente a unas bayas, (Imagen 14); sus semillas deben extraerse, mediante un despulpado, que consiste en retirar la parte carnosa del fruto antes que inicie el proceso de descomposición y fermentación. Con el fin de facilitar esta labor, los frutos se colocan en un recipiente con agua por 24 horas, tras el remojo, igualmente, puede frotarse sobre un tamiz.

Para eliminar la pulpa y otros residuos de las semillas, se lavan y se tamizan, semillas livianas flotan en el agua, que son descartadas, posteriormente y para que las semillas pierdan el exceso de humedad, se colocan bajo sombra y protegidos del efecto directo de los rayos solares, para evitar su deshidratación. Las semillas permanecen bajo estas condiciones hasta que presentan un contenido de humedad, entre el 14 y 16%, condición adecuada para iniciar los estudios de calidad de la semilla.

Calidad de las semillas

Existe muy poca información sobre estudios de la calidad de semillas de especies forestales nativas de los bosques de alta montaña tropical, la gran mayoría, son de difícil propagación y muchas de ellas en peligro de extinción.

El potencial de una semilla para desarrollar una plántula, es conocido como calidad de la semilla y se estima utilizando distintos análisis,

para medir las características físicas y biológicas de un lote de semillas, lo que permite evaluar su calidad (Bonner, 1974). La calidad se puede subdividir en cuatro cualidades básicas: genética, fisiológica, sanitaria y física. La presencia de estas cuatro cualidades esenciales en su máximo nivel, permite que la semilla alcance la calidad integral (Terenti, 2004). Una semilla de calidad, es una semilla altamente viable, es una semilla susceptible de desarrollar una plántula normal, aún bajo condiciones ambientales no ideales, tal como puede ocurrir en campo (Peretti, 1994).



Imagen 14. Frutos de motilón silvestre.

Según la FAO (1991), la esencia de un buen ensayo de semillas, es la aplicación de metodologías de evaluación, que sean normalizados y fiables, de manera que los resultados que se obtengan sean uniformes, comparables y reproducibles, razón por la cual, diversos países adoptaron las Reglas Internacionales para el Ensayo de Semillas, formuladas por la Asociación Internacional para el Ensayo de Semillas, ISTA, (2016).

El primer paso para llevar a cabo un análisis de calidad de semillas de especies leñosas, es obtener una muestra uniforme, que represente el total del lote a considerar. Se toman porciones iguales de partes uniformemente distribuidas del lote a considerar. Las muestras de semillas, se mezclan y se subdividen en lotes más pequeños para obtener una muestra de trabajo; esta es la muestra sobre la que realmente se va a hacer el análisis (Hartmann & Kester, 1998).

Para la Asociación Internacional de Análisis de Semillas – ISTA, (2016); ISTA, (2003), la calidad de la semilla, se evalúa en función de las siguientes variables: pureza (física y genética), contenido de humedad, peso y tamaño, viabilidad, germinación, vigor, latencia y estado sanitario, fundamentalmente.

Pureza física

De acuerdo al ISTA, (2016) el objeto del análisis de pureza, es determinar el porcentaje de la composición, a través del peso de la muestra examinada y por deducción, la composición del lote de la semilla y la identificación de varias especies de semillas y partículas inertes que están constituyendo la muestra. Después de que se ha pesado la muestra de trabajo, la semilla puede ser escogida visualmente en: semillas puras, semillas de otras especies y material inerte, incluyendo estructuras como, semillas vanas o quebradas, paja, tierra, piedras y otras basuras. Al hacer la determinación de pureza, se puede calcular el número de semillas puras por unidad de peso. Este dato es necesario como guía en las cantidades a sembrar (Hartmann & Kester, 1998; Rodríguez & Nieto, 1999).

Para la evaluación de la pureza de las especies *Freziera canensces* Bonpl. y *Freziera suberosa* Tul., se consideró la metodología de ISTA, que consistió, en determinar el porcentaje en peso, de semillas puras presentes en la muestra, tomando dos repeticiones equivalentes al peso de 2000 semillas. En laboratorio de fisiología, tomando como referencia la muestra, se separó las semillas puras de otros materiales (hojas, ramas, tierra y semillas vanas), se pesaron sus componentes con aproximación al punto decimal y se calculó la pureza de las semillas, aplicando la siguiente fórmula (ISTA, 2016).

$$\% \text{ de Pureza} = \frac{\text{peso semilla pura}}{\text{peso total de la muestra}} \times 100$$

En el caso de semillas de *Freziera canensces* Bonpl., colectadas en árboles semilleros seleccionados en la cuenca alta del río Pasto, se obtuvo un porcentaje de pureza del 86,09% como se presenta en la Tabla 2.

Las semillas de *Freziera suberosa* Tul., presentan un porcentaje de pureza inferior al presentado por la especie *Freziera canensces* Bonpl.

Tabla 2

Porcentaje de pureza (%) de semillas de motilón silvestre, Pasto, Nariño.

Muestra	Porcentaje de pureza (%)	
	Freziera canensces Bonpl.	Freziera suberosa Tul.
1	86,38	81,72
2	85,79	83,61
Promedio	86,09	82,67

Fuente: Castelblanco & Palacios, (2008).

Peso

El peso de la muestra de trabajo, depende del tamaño que tengan las semillas de la especie de que se trate. El peso de la semilla, se mide en el componente de semilla pura, que se ha separado mediante el ensayo de pureza. Se expresa normalmente como el peso de 1000 semillas puras. Esta cifra se puede convertir en número de semillas puras por gramo o por kilogramo, según se requiera.

Como lo recomienda las normas ISTA, (1999), el peso de la semilla de motilón silvestre, se determinó sobre el componente de semilla pura que se obtuvo mediante el ensayo de pureza. Se tomaron 1000 semillas puras, subdivididas en 10 submuestras, lo que permitió estimar la variación que existe dentro de la muestra y estimar un promedio real. Las normas ISTA, (2016) recomiendan utilizar ocho submuestras de 100 semillas cada una, pesando individualmente con aproximación al punto decimal. Una vez se encontró el peso promedio de 100 unidades, se calculó para mil.

En la especie *F. canensces* Bonpl. se obtuvo un peso promedio de 0,0394 g/100 semillas; de igual manera se estableció, que 1 Kg de semillas de *F. canensces* Bonpl, contiene 2.538.071 semillas, en cambio, las semillas de la especie *Freziera suberosa* Tul., presentan un peso menor de 0,0177 g y el número promedio de semillas por kg es de 5.649.718, como se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3

Análisis de peso semillas de F. canensces Bonpl. y F. suberosa Tul.

Especie	Peso (g) 100 semillas	Número semillas por kg
<i>F. canensces</i> Bonpl	0,0394	2.538.071
<i>F. suberosa</i> Tul	0,0177	5.649.718

Fuente: Castelblanco & Palacios, (2008)

Vaneamiento

El vaneamiento de semillas, se evaluó mediante el método de semillas flotantes, que consistió en colocar 300 semillas de cada especie, en recipientes con agua durante una hora; posteriormente, se contabilizaron las semillas flotantes y se consideró a estas como semillas vanas, debido al bajo contenido de reservas o ausencia de embrión, se hacen más livianas, lo cual hace que floten en el agua.

El porcentaje se determinó mediante la siguiente fórmula propuesta por la ISTA, (2016).

$$\% \text{ de vaneamiento} = \frac{N^{\circ} \text{ de semillas flotantes}}{N^{\circ} \text{ de semillas totales}} \times 100$$

Los resultados obtenidos mediante la Prueba de Vaneamiento, permitió determinar que el porcentaje de semillas vanas para *Freziera canensces Bonpl.*, es de 19,4% (Tabla 4). En semillas de *Freziera suberosa Tul.*, la Prueba de Vaneamiento, determinó que el 35,54% de semillas fueron vanas (Tabla 5). Esto permite inferir, que, en estas especies, sus estructuras no se encuentran bien desarrolladas y posiblemente requieren de una etapa de postmaduración o que pueden presentar pudriciones, debido a daños mecánicos, ataque de plagas y enfermedades (Tabla 5).

Tabla 4

Porcentaje de vaneamiento en semillas de F. canensces Bonpl.

Repetición	Número semillas	Semillas vanas	%	Promedio
1	300	62	20,67	19,40

2	300	71	23,67
3	300	56	18,67
4	300	49	16,33
5	300	53	17,67

Fuente: Castelblanco & Palacios, (2008).

Tabla 5

Porcentaje de vaneamiento en semillas de F. suberosa Tul.

Repetición	Número semillas	Semillas vanas	%	Promedio
1	300	107	35,67	35,54
2	300	116	38,67	
3	300	98	32,67	
4	300	104	34,67	
5	300	108	36,00	

Fuente: Castelblanco & Palacios, (2008).

Viabilidad

La disponibilidad de semilla de alta calidad, es importante para todos los sectores del campo forestal y agroforestal, especialmente, cuando se requiere utilizar material vegetal proveniente de especies nativas, para lo cual, es necesario disponer de semillas viables tanto en calidad como en cantidad. La viabilidad, puede ser afectada por la madurez fisiológica inadecuada de las semillas en la planta, problemas fitosanitarios, lesiones producidas durante la cosecha, afectaciones durante la extracción y beneficio, almacenamiento inadecuado y grado de envejecimiento de las semillas.

Las semillas viables, son aquellas que son capaces de producir plántulas normales, en un ensayo de germinación bajo condiciones favorables, después de que se haya roto la dormición y si están afectadas por enfermedades, tras desinfectar las semillas (ISTA, 2016). Existen varios métodos para determinar la viabilidad de las semillas. La Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA), considera tres métodos rápidos de evaluación de la viabilidad como: la escisión del embrión, el ensayo topográfico de tetrazolio y el método de rayos x

(ISTA, 2014).

La viabilidad está representada, por el porcentaje de germinación, el cual expresa el número de plántulas que pueden producir una cantidad dada de semillas (Hartmann & Kester, 1998).

La Prueba Topográfica del Tetrazolio, es una prueba bioquímica de laboratorio, es confiable, fácil de aplicar y se obtiene los resultados confiables; se emplea para evaluar de forma rápida, la viabilidad de la semilla. Consiste en diferenciar tejidos metabólicamente activos de aquellos inactivos; las células vivas del embrión de las semillas respiran activamente, por lo que, las deshidrogenasas, enzimas implicadas en la respiración celular, reaccionan con la solución de Tetrazolio, que permite diferenciarlas de las células muertas, en las cuales, conserva su color blanco o incoloro, en cambio los tejidos vivos del embrión presentan una coloración roja ocasionada por la reducción del Tetrazolio en el proceso de respiración por la actividad deshidrogenasa (ISTA, 2003; Rodríguez *et al.*, 2008).

Para la evaluación de la viabilidad, se tomaron 50 semillas por tratamiento, las semillas se sometieron a la tinción a través del ensayo topográfico con Tetrazolio; para la especie *F. canescens* Bonpl., se encontró que el 22,67% de embriones, fueron completamente teñidos y un 46% de embriones parcialmente coloreados, para un total de 68,67% (viables y viabilidad declinante), estas últimas presentaron una tinción roja en gran parte de su eje embrionario (Tabla 6).

Tabla 6

Prueba de viabilidad en semillas de F. canescens Bonpl.

Viabilidad	Descripción	Repeticiones			%
		R1	R2	R3	
Viables	Embriones completamente coloreados, tinción roja	11	13	10	22,67
Viabilidad declinante	Embriones parcialmente teñidos, tinción pálida o moteada en los bordes	23	21	25	46
No viables	Semillas vacías, tejidos del embrión sin teñir o necróticos	16	16	15	31,33

Fuente: Castelblanco & Palacios, (2008).

Los resultados en las pruebas de viabilidad, permitieron determinar,

que las semillas de la especie *F. suberosa* Tul, presentaron una irregularidad en la tinción de los embriones con Tetrazolio. En la Tabla 7, se presentan los resultados, de las cuales, el 18,67% de sus semillas, presentan tinción total, consideradas viables y 40% de estas semillas, presentan embriones parcialmente teñidos o tinción pálida denominada viabilidad declinante; el 58,67% de las semillas de esta especie, presentan potencialidad para germinar. El 41,3% de las semillas sometidas a la tinción a través del ensayo topográfico con Tetrazolio, no presentaron ninguna tinción en la zona del eje embrionario, por tanto, se considera una semilla no viable.

Tabla 7

Prueba de viabilidad en semillas de F. suberosa Tul.

Viabilidad	Descripción	Repeticiones			%
		R1	R2	R3	
Viables	Embriones completamente coloreados, tinción roja	8	11	9	18,67
Viabilidad declinante	Embriones parcialmente teñidos, tinción pálida o moteada en los bordes	19	18	23	40
No viables	Semillas vacías, tejidos del embrión sin teñir o necróticos	23	21	18	41,33

Fuente: Castelblanco & Palacios, (2008)

En las pruebas de laboratorio, se observó, que el eje embrionario presenta una tinción roja, que demuestra la presencia de tejidos vivos, más no se diferencia ninguna estructura morfológicamente definida.

Los resultados de viabilidad para semillas de las especies del género *Freziera*, son un punto de partida para el análisis de semillas de especies silvestres del trópico de altura, ya que gran parte de los estudios de viabilidad, se realizan con semillas de especies agrícolas u hortícolas y forestales domesticadas; en algunos casos, las pruebas de viabilidad, no se realizan mediante ensayo topográfico con Tetrazolio y solo se remiten a resultados de pruebas de vaneamiento y germinación para determinar esta variable.

Morfología de semillas

La descripción y uso de rasgos morfológicos funcionales de las plantas, podrían mejorar mucho nuestro conocimiento, de las relaciones entre las especies y su medio ambiente (Luck *et al.*, 2012); estos rasgos afectan directamente los procesos de dispersión, colonización y establecimiento de las plántulas (Dalling, 2002).

La semilla constituye, una de las estructuras más complejas que se han originado en el reino vegetal y al ser analizada, se aprecia de manera evidente, características y estructuras propias de cada especie (Niembro, 1988). Sin embargo, la mayoría presentan caracteres morfológicos, anatómicos e histológicos estables, los cuales son utilizados como elementos de clasificación en Taxonomía, Arqueología y Paleobotánica (Triviño & Jara, 1990), el conocimiento de la Morfología de las semillas, además de mostrar las diferentes estructuras para su dispersión, permite entender la Filogenia y tendencias evolutivas de dichas estructuras (Moreno, 1996).

En las semillas se puede identificar y medir numerosos rasgos y atributos morfológicos, ya sean cuantitativos o cualitativos, que, unidos a otros rasgos funcionales, permiten conocer su comportamiento y posible manejo, que orienten el almacenamiento y alternativas de germinación y propagación; no obstante, los estudios de los rasgos de semillas de especies leñosas nativas de la región andina, es muy escaso y los pocos estudios, se han limitado a conocer algunos rasgos relacionados con la germinación, como peso y tamaño.

Las semillas presentan variadas formas y coloración; las células de los tegumentos poseen diversos pigmentos, que le dan el color característico. Los colores marrón y negro, son los más comunes y aproximadamente el 50% de las semillas los presentan; el rojo, el blanco y el amarillo, son menos frecuentes y sirven como medio de atracción para los animales. El tamaño varía mucho, desde las apenas visibles a simple vista y con un peso de unas pocas milésimas de gramo, hasta las semillas gigantes contenidas en enormes frutos uniseminados. La dureza de la cubierta seminal es variable, puede ser desde muy delgada hasta pétrea y está directamente relacionada con la naturaleza del fruto; si es una drupa, con endospermo leñoso, la cubierta seminal es muy delgada (Universidad Nacional del Nordeste, 2018).

Para el análisis morfológico de las semillas, los frutos fueron tomados de 10 árboles previamente identificados en los bosques secunda-

rios del municipio de Pasto; se recolectaron los frutos maduros directamente de árboles en pie, los cuales se despulparon para obtener las semillas, se lavaron y seleccionaron y colocaron en bandejas, se dispusieron bajo techo para facilitar su secado, aislado del efecto directo de la radiación solar, para evitar su deshidratación. Las semillas seleccionadas, se etiquetaron y se realizó el almacenamiento, colocándolas en bolsas impermeables debidamente etiquetadas y se dispusieron en un ambiente fresco sin cambios bruscos de temperatura, para posteriormente realizar las pruebas de laboratorio, según lo recomendado por Niembro (1988); Font Quer (2000); Moreno (1987); Becerra & Chaparro (1999).

La caracterización morfológica de las semillas de las especies de *F. canescens* Bonpl., *F. suberosa* Tul. y *F. reticulata* Bonpl. (Castelblanco & Palacios, 2008; Ibarra, 2010), se expresa, con base en los parámetros establecidos en la guía de caracterización e identificación de semillas, adaptado por la Universidad Nacional del Nordeste (2018).

En laboratorio a una muestra de 50 semillas debidamente seleccionadas por especie, se le midieron y evaluaron los diferentes rasgos morfológicos cuantitativos y cualitativos (Tabla 8). La descripción de la forma de la semilla y la textura de su superficie, se describió siguiendo la terminología propuesta por los autores anteriormente mencionados; el color, fue determinado a simple vista y a través del microscopio estereoscópico, se identificaron las estructuras, se realizaron cortes sagitales y longitudinales de la semilla, mediante un micrótopo; estos cortes se analizaron con el microscopio estereoscópico y se identificaron las estructuras internas y externas de las semillas.

Tabla 8

Caracterización morfológica de semillas de F. canescens Bonpl., F. suberosa Tul. y F. reticulata Bonpl.

Caracterización Morfológica Semillas Del Género Freziera			
Descripción	<i>F. canescens</i> Bonpl.	<i>F. suberosa</i> Tul.	<i>F. reticulata</i> Bonpl.
Las semillas se desarrollan en el interior	Frutos complejos	Frutos complejos	Frutos complejos
Frutos individuales en	Baya	Baya	Baya

Forma (contorno) de la semilla	Forma de "D"	Forma de "D"	Forma de D
En vista transversal las semillas son	Triangulares	Triangulares	Triangulares
El tamaño que presenta la semilla es	Pequeño (1,2mm largo)	Diminuto (<1 mm largo)	Diminuto (1mm de largo)
Presencia de arilo	No presenta	No presenta	No presenta
Presencia de sarcotesta	No presenta	No presenta	No presenta
Presencia de pelos y alas	No presenta	No presenta	No presenta
La semilla se encuentra	Desnuda	Desnuda	Desnuda
Consistencia de cubierta seminal	Coriácea	Coriácea	Coriácea
Superficie de la cubierta	Ornamentada	Ornamentada	Ornamentada
Las semillas presentan un hilo	Conspicuo	Conspicuo	Conspicuo
El hilo está en posición	Apical	Apical	Apical
El hilo presenta forma	Lineal	Lineal	Lineal
La semilla presenta micrópilo	Conspicuo	Conspicuo	Conspicuo
La posición del micrópilo es	Apical	Apical	Apical
La forma del micrópilo es	Puntiforme	Puntiforme	Puntiforme
Endospermo	Abundante	No presenta	Abundante
Endospermo presenta en forma	Uniforme	No presenta	uniforme
Coloración del endospermo	Blanquecina	No presenta	Blanquecina
El endospermo se encuentra	Rodeando embrión	No presenta	Rodeando embrión
Las semillas presentan embrión	Un embrión	No diferenciado	Un embrión

La forma que presenta la radícula es	Curva	No diferenciado	Basal rudimentario
La radícula se encuentra	Parcialmente incluida en cotiledón	No diferenciado	No diferenciada

Fuente: Castelblanco & Palacios (2008); Ibarra (2010).

En el análisis morfológico realizado en semillas de tres especies pertenecientes al género *Freziera*, se aprecia que muchas de sus estructuras son incompletas y poco desarrolladas, estos aspectos pueden afectar los procesos de germinación, razón por la cual, los datos de los estudios de germinación adelantados, no han dado resultados satisfactorios.

Referencias

- Allen, R. B., Mason, N. W., Richardson, S. J., & Platt, K. H. (2012). Synchronicity, periodicity and bimodality in inter-annual tree seed production along an elevation gradient. *Oikos*, 121(3), 367-376.
- Añazco, M. (2000). *Selección de especies y manejo de semillas*. (1ra. Edición). CAMAREN.
- Azcón-Bieto, J., y Talón, M. (2008). *Fundamentos de Fisiología vegetal*. (2 ed). Mc. Graw-Hill Interamericana de España.
- Becerra, N., & Chaparro, M. (1999). *Morfología y anatomía vegetal*. Universidad Nacional de Colombia.
- Bonner, F.T. (1974). Seed Testing. In C. S. Schopmeyer (Ed.), *Seeds of woody plants in the United States* (pp. 136-152). Forest Service, US Department of Agriculture.
- Castelblanco, M., & Palacios, J. (2008). *Evaluación de siete tratamientos pregerminativos en semillas de dos especies de motilón silvestre (Freziera spp) en el municipio de Pasto, departamento de Nariño*. [Tesis de pregrado, Universidad de Nariño]. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/5662>
- Ceballos, A. J., & López, J. A. (2007). Conservación de la calidad de semillas forestales nativas en almacenamiento. *Cenicafé*, 58(4), 265-292. <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc058%2804%29265-292.pdf>

- Chang, B. (1987). *Selección de especies y manejo de semillas forestales*. Turrialba. Costa Rica, Centro Agronómico Tropical y Enseñanza, CATIE.
- CONIF-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (1999). *Investigación en semillas forestales*. Serie técnica No. 43. 89 p. Bogotá, D.C., Colombia.
- Dalling, J. W. (2002). Ecología de semillas. En M. Guariguata., G. Kattan, (Eds.), *Ecología y conservación de bosques neotropicales* (pp 346-375. vol 1). Ediciones LUR
- García de la Cruz, Y., Ramos, J., & Becerra, J. (2011). Semillas forestales nativas para la restauración ecológica. *Biodiversitas*, 94, 12-15.
- Geilfus, F. (1994). *El árbol al servicio del agricultor: manual de agroforestería para el desarrollo rural. Volumen 1. Principios y técnicas*. CATIE.
- Font Quer, P. (2000). *Diccionario de Botánica*. Ediciones Península.
- Hartmann, H., & Kester, D. (1998). *Propagación de plantas. Principios y prácticas*. 6ª edición. México D. C., Compañía Editorial Continental S.A. 760p.
- Ibarra, Y. (2010). *Evaluación de la germinación del motilón silvestre (Freziera reticulata bonpl) bajo condiciones de vivero, en el municipio de Pasto, Nariño*. [Tesis de pregrado, Universidad de Nariño].
- ISTA. International Seed Testing Association. (2003). Bassersdorf, CH-Switzerland. *International Rules for Seed Testing. Rules ISTA*, 984(1), 7-22.
- ISTA. International Seed Testing Association. (2014). *International Rules for Seed Testing*. Bassersdorf. CH Switzerland.
- ISTA. International Seed Testing Association. (2016). Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas 2016. https://vri.umayor.cl/images/ISTA_Rules_2016_Spanish.pdf
- Jiménez, C. & Matías, M. L. (2010). "La sexualidad en las plantas". *Revista Digital Universitaria*, 11(8), 1-11. <http://www.revista.unam.mx/vol.11/num8/art75/index.html>>
- Luck, G.W., Lavorel, S., McIntyre, S. & Lumb, K. (2012). Improving the application of vertebrate trait-based frameworks to the study of ecosystem services. *Journal of Animal Ecology*, 81, 1065-1076.

- Meza, B. E. (2014). Identificación y selección de árboles plus de las especies *Tabebuia donnell-smithii* Rose y *Tabebuia rosea* Bertol en el Soconusco. [Tesis de maestría, el colegio de la frontera sur]. Chiapas, México, 95p.
- Moreno, C. P. (1996). *Vida y obra de granos y semillas*. Fondo de Cultura Económica.
- Moreno, P. N. (1987). *Glosario botánico ilustrado*. (Ed). CECSA. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos.
- Niembro, R. A. (1988). *Semillas de árboles y arbustos. Ontogenia y estructura*. Limusa.
- Oliva, M., Vacalla Ochoa, F., Pérez Chuquimez, D., & Tucto Chávez, A. (2014). *Recolección de semillas de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa, Amazonas-Perú*, Chachapoyas. <https://hdl.handle.net/20.500.12921/347>
- Palomeque, X., Maza, A., Uyaguari, J. P. I., Günter, S., Hildebrandt, P., Weber, M., & Stimm, B. (2017). Variabilidad intraespecífica en la calidad de semillas de especies forestales nativas en bosques montanos en el sur del Ecuador: Implicaciones para la restauración de bosques. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), 52-72. <https://doi.org/10.15359/rca.51-2.3>
- Peretti, A. (1994). *Manual Para Análisis de Semillas*. (1^{ra}. Ed.). Editorial hemisferio sur.
- Robbins, A. M. J., Rimeicu, M. J., y R. Calderón. (1981). *Recolección de Semillas Forestales*. Escuela Nacional de Ciencias Forestales.
- Rodríguez, I., Guilles, A., Durán, J. M. (2008). Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas. Agricultura. *Revista Agropecuaria*, 78(1), 836-842.
- Rodríguez, J., y Nieto, V. M. (1999). *Investigación En Semillas Forestales Nativas* (Serie Técnica No 43). Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal.
- Romero, J. M., & Pérez, C. (2016). Rasgos morfológicos de semillas y su implicación en la conservación ex situ de especies leñosas en los bosques secos tumbesinos. *Revista Ecosistemas*, 25(2), 59 -65. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-2.07>

- Sánchez, V., Salazar, J. G., Vargas, H. J., López, U., y Jasso, M. J. (2003). Parámetros genéticos y respuesta a la selección en características del crecimiento de *Cedrela odorata* L. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26(1), 19–27.
- Suárez, P. (1996). *Técnicas de Recolección de Semillas de Especies Típicas de Interés Nacional en Colombia* (Serie técnica No 34). Ministerio de Agricultura, CONIF, INSEFOR.
- Terenti, O. (2004). *Calidad de semilla, lo que implica y como evaluarla*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <http://www.inta.gov.ar/sanluis/info/tematica/>.
- Triviño Dias, T., y Jara, L. F. (1990). *Seminario-Taller Sobre Investigaciones en Semillas Forestales Tropicales* (Serie Documentación No 18). Editorial Gente Nueva.
- Universidad Nacional del Nordeste. (2018). *Tema 6: Semilla*. Morfología de Plantas Vasculares. http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema6/6_8embrion.htm

CAPÍTULO 3

Micorrizas Arbusculares (Hma) en cuatro especies del género *Freziera*.

Generalidades

En el municipio de Pasto, en la franja comprendida entre los 2800 y los 3400 metros de altitud, se encuentran bosques naturales sin intervenir y en diferentes estados sucesionales, ecosistemas de alta montaña, denominados bosques altoandinos, compuestos por una vegetación florística diversa y estructuralmente heterogénea. Se caracterizan por presentar grandes diferencias ambientales y por efecto de impacto generado por los fenómenos originados por la estructura social y política, se ha configurado a través del tiempo, un mosaico de paisajes, importantes en la oferta de servicios ambientales y satisfactores de las necesidades de la población asentada en esta región.

La tala no selectiva y actividades como la minería, la agricultura y la ganadería extensiva, han generado cambios en la calidad del suelo, el aire, fuentes hídricas y la biodiversidad; conflictos en el uso del suelo con la adaptación y multiplicación de cultivos, pastos naturales y mejorados en condiciones de alta fragilidad ambiental, fenómeno que se ha incrementado en algunas regiones, con la implementación de cultivos ilícitos. Las anteriores consideraciones, se han convertido en las mayores limitantes para la producción sostenible de los ecosistemas de alta montaña.

En estos ecosistemas, los suelos y los organismos asociados, son fundamentales en el establecimiento, adaptación, sustento y resiliencia de las comunidades animales y vegetales presentes. Dentro de la microbiota asociada, se ha determinado la presencia de asociaciones micorrízicas, en una gran cantidad de especies (Coba & Cogua, 1995)

donde son importantes el grupo de los hongos; en estas asociaciones, se destacan las simbiosis entre plantas y hongos micorrizógenos, los cuales desempeñan un papel importante en el reciclaje de nutrientes, siendo este tipo de asociación, lo que constituye un puente simbiótico entre la planta y el suelo (Guerrero, 1996), especialmente en estos suelos que presentan limitantes, debido a las condiciones climáticas extremas.

La importancia fundamental de la actividad simbiótica en el suelo, radica, en que el funcionamiento de los ecosistemas no se puede entender correctamente sin tener en cuenta la participación de estos procesos. Los beneficios más importantes que se presentan son: (i) una mayor absorción de elementos minerales, por las plantas, que se expresa en aumento de la producción y calidad, (ii) mayor tolerancia al estrés ambiental ocasionado por problemas de sequía, (iii) condiciones desfavorables de pH, (iv) alto contenido de sales y exceso de humedad, (v) tolerancia al ataque de organismos patogénicos (Montañez, 2005); además, son un aporte importante en el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, favoreciendo la agregación de partículas y su estructura (Sánchez de Prager, 2007).

Los sistemas de producción agropecuaria y silvícola, se han enfocado en promover la utilización de insumos biológicos, con el fin de hacer más sostenibles los recursos naturales y mantener la biodiversidad. Una estrategia válida para este tipo de agricultura, es la utilización de microorganismos (habitantes naturales del suelo) benéficos para la planta (Mejía & Palencia, 2003), entre los cuales se encuentran, las micorrizas arbusculares, que son asociaciones simbióticas entre ciertos hongos del suelo y las raíces de plantas agrícolas y forestales y su denominación universal como Hongos Micorrizicos Arbusculares (HMA).

En la región altoandina de Nariño, el motilón silvestre, hace referencia a cuatro especies pertenecientes al género *Freziera* (*F. candicans* Bonpl., *F. canensces* Bonpl., *F. nervosa* Bonpl. y *F. suberosa* Tul.), pertenecientes al orden Ericales y familia Pentaphragaceae, las cuales se desarrollan en suelos de baja fertilidad, en condiciones del bosque primario, en diferentes estados de la sucesión secundaria, taludes de carreteras y por sus beneficios agroecológicos; en los procesos biofísicos, químicos y microbiológicos, es común encontrar este género, en diferentes agroecosistemas.

Es un árbol nativo de relativo rápido crecimiento, si se le compara con otras especies nativas; por su crecimiento y bondades, esta especie

es utilizada por los habitantes en diferentes usos: leña, construcción de casas, barreras vivas, delimitación de linderos, en sistemas silvo-pastoriles tradicionales (árboles dispersos en potreros), en algunas ocasiones asociado a cultivos y las plántulas en la regeneración natural útil en procesos de restauración ecológica, especialmente para la protección de zonas de recarga hídrica. Por su funcionalidad en los diferentes ecosistemas y agroecosistemas, se la considera como una de las especies nativas promisorias de esta zona.

En estudios realizados con el objetivo de identificar especies con potencial para programas de reforestación o restauración ecológica, por sus bondades y capacidad de adaptación a las diversas condiciones ambientales y de suelos, sobre especies forestales nativas en diferentes sistemas naturales y antrópicos en el municipio de Pasto, Cuayal & Ramírez, (1993), así como también León & Miranda, (2001), recomiendan varias especies, entre las cuales se encuentran las correspondientes al género *Freziera* (motilón silvestre).

El motilón silvestre, es una especie nativa, con gran potencial forestal y agroforestal; tiene problemas de propagación sexual y asexual. Es aquí, que el conocimiento de las especies de Hongos formadores de Micorrizas Arbusculares (HMA) asociadas a estas especies leñosas, podría contribuir a favorecer su germinación y propagación, en condiciones de vivero y manejo de las mismas en plantación. En este capítulo, se recoge la información generada en cuanto a la presencia e identificación de HMA en la rizósfera y su cuantificación en raíces de cuatro especies de motilón silvestre: *F. candidans* Bonpl., *F. canensces* Bonpl., *F. nervosa* Bonpl y *F. suberosa* Tul., evaluadas bajo condiciones de bosque secundario, árboles en linderos de fincas y árboles dispersos en pasturas naturales en el municipio de Pasto.

Micorrizas

La micorriza, es una asociación mutualista, entre un hongo y una planta superior (Menge, 1983). Según Páez, (2006) la palabra "mycorrhiza" se deriva del griego mykes, que significa hongo y rhyza que hace referencia a las raíces de las plantas; el término de micorriza fue propuesto por el botánico alemán Albert Bernard Frank en 1885, para designar la asociación que se producía entre las hifas de algunos hongos del suelo, con los órganos subterráneos de la mayoría de las plantas superiores (Sánchez de Prager, 1997).

La micorriza, es la infección fúngica más extendida en el reino vegetal y los hongos micorrizógenos contribuyen de manera sustancial, a la biomasa del suelo (Guerrero, 1993). Estos hongos presentan una distribución amplia, ya que se encuentran en todos los ecosistemas y suelos, lo que hace que pueda ser muy heterogénea para un mismo sitio respecto a su variedad y cantidad (Van der Heijden *et al.*, 1998). Montanez, (2005) indica, que las micorrizas son tan antiguas como las propias plantas y se conoce su existencia desde hace más de 100 años, estimándose, que cerca del 95% de las especies vegetales conocidas, establecen de forma natural, este tipo de simbiosis con hongos del suelo.

Las primeras investigaciones reconocían como micorrizas, la asociación entre hongos y árboles, estudios posteriores indican que existía una gran diversidad de asociaciones entre la mayoría de los vegetales; se demostró, que la micorriza ayudaba a la planta a absorber los elementos minerales del suelo y no causaba daño a las raíces; en la asociación micorriza/hospedero, el hongo ofrece al hospedero varios beneficios reflejados en su crecimiento y mejora su habilidad para la toma de aminoácidos, nutrientes y agua a la vez que mejora la tolerancia al estrés tanto abiótico como biótico, en cambio, el hongo simbiote recibe de la planta material elaborado como carbohidratos y fotosintatos, ya que él es incapaz de realizar fotosíntesis, lo que permite una eficacia aproximadamente cuatro veces mayor que las plantas no micorrizadas (Smith & Read, 1997; Taiz & Zeiger, 2002); también permite el aumento en la diversidad y productividad de las plantas, en un ecosistema determinado (Montanez, 2005; Jaramillo, 2011; Rabie & Almadini, 2005).

Harley & Smith, (1983) definen tres tipos de asociaciones micorrízicas, teniendo en cuenta características morfoanatómicas y ultraestructurales: (Ectomicorrizas, Ectendomicorrizas y Endomicorrizas). Las anteriores asociaciones, están ampliamente distribuidas en diversas condiciones naturales; se dan en todos los suelos, incluyendo las minas abandonadas, suelos agrícolas, suelos de pantanos y en hábitat acuáticos. Las funciones de estos hongos del suelo son múltiples, entre los más importantes se mencionan dos: (i) degradan la materia vegetal, (ii) benefician a las plantas asociándose a sus raíces e incluso algunos, afortunadamente pocos, les producen enfermedades (Lynch, 2013).

Estos microorganismos presentan una elevada sensibilidad a disturbios antropogénicos, respondiendo en escalas de tiempo mucho

más cortas en comparación con los físicos o químicos (De la Paz-Jiménez *et al.* 2002). Adicionalmente, Feng *et al.*, (2003) indican, que las prácticas de manejo agrícolas, tienen un efecto sobre la calidad del suelo y la productividad; es poco conocido, el efecto que estas tienen sobre las comunidades microbianas edáficas y el impacto sobre el funcionamiento del suelo.

Micorrizas arbusculares

Los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA), son microorganismos simbióticos del suelo, que pertenecen al Phylum Glomeromycota (Schübler *et al.*, 2010); en esta asociación, el hongo coloniza la corteza de la raíz y emite una red de hifas en la rizósfera, que se extiende al área de exploración de las raíces en su ambiente circundante (Wang *et al.*, 2017). Forman arbusculos, vesículas (en algunas especies) e hifas, dentro de las células corticales de las plantas que colonizan (Douds & Millner, 1999); esta simbiosis es fundamental en el funcionamiento de las raíces de muchas especies de plantas (Brundrett & Tedersoo, 2018).

Nardini, *et al.*, (2011), establecen que, dentro de la gran diversidad de microorganismos del suelo, los hongos formadores de micorrizas arbusculares son de gran importancia agrícola y ambiental. Es el tipo más extendido del reino vegetal, son biótrofos obligados que se asocian aproximadamente al 71% de las plantas terrestres (Brundrett & Tedersoo, 2018); han sido encontrados en los seis continentes del globo (Davison *et al.*, 2015) y descritos en la mayoría de las Angiospermas (mono y dicotiledóneas, cultivos anuales y perennes, especies nativas o introducidas), junto con algunos géneros de Gimnospermas como *Cupressus*, *Thuja*, *Juniperus* y *Sequoia*, así como en helechos y briofitas (Sánchez de Prager, 2007).

Esta interacción se caracteriza por la baja especificidad entre su huésped-hospedante, que le permite al hongo colonizar un amplio rango de plantas hospedero y se basa, en un intercambio de recursos, donde la planta hospedera suministra fuentes de carbono a cambio de agua y nutrientes por parte del hongo (Barea *et al.*, 2002).

Entre los efectos beneficiosos de los HMA, están la mayor absorción de elementos poco móviles en el suelo como el fósforo, cobre y zinc por las plantas micorrizadas en comparación con las no micorrizadas (Smith & Read, 1997). Son fundamentales por sus mecanismos de captación de nutrientes esenciales para la planta, reduciendo el

estrés biótico y abiótico, la competencia entre plantas e incrementando su productividad (Sánchez de Prager, 2007; Guerrero, 1996; Sieverding, 1986; Rajan *et al.*, 2000); además, investigaciones han mostrado que estos hongos no solo actúan en el desarrollo y crecimiento de la planta, sino que contribuyen a la protección contra los patógenos (Bañuelos *et al.*, 2012).

En suelos infértiles, las plantas micorrizadas, crecen mejor que las no micorrizadas, por producir un incremento en la nutrición mineral, a través de las hifas, que ayudan a explorar un mayor volumen de suelo que los pelos radiculares de las mismas plantas (Pérez *et al.*, 2011). Según Baum *et al.*, (2015) el efecto benéfico de los HMA en los suelos agrícolas, se traduce en la cantidad y calidad de los productos vegetales, debido a que las plantas micorrizadas, son capaces de hacer un mejor uso de los fertilizantes orgánicos, debido a la producción de fosfatasas por parte de los hongos (Dodd *et al.*, 1987).

Por otra parte, también son conocidos los efectos en la formación de la estructura del suelo, a través de su papel en la constitución de agregados estables al agua, en los que el micelio externo de los HMA, tiene una notable participación (Miller & Jastrow, 2000).

Las prácticas agrícolas y ganaderas inadecuadas, generan daños visibles en la estructura y composición del suelo y afectan principalmente las poblaciones de microorganismos, al ejercer una presión selectiva especialmente sobre los HMA, considerados de gran importancia en los ecosistemas y agroecosistemas, por interactuar simbióticamente con las plantas terrestres, formando diferentes tipos de asociaciones micorrícicas (Honrubia, 2009).

Es importante destacar, que los HMA, están conservados en los sistemas productivos tradicionales, que por décadas, han sido mantenidos por los agricultores, especialmente en aquellos con nulos o bajos niveles de disturbio. No obstante, es importante conocer el potencial que poseen, para ser utilizados en los diferentes agroecosistemas y para futuros trabajos de investigación, antes que desaparezcan. En tal sentido, Pérez *et al.*, (2011) indican que las micorrizas arbusculares son un importante factor biológico dentro de la estructura y funcionamiento de los suelos e inciden sobre el comportamiento ecológico, productividad y composición de comunidades vegetales naturales, así como de cultivos agrícolas y plantaciones forestales.

Estudios realizados con micorrizas arbusculares en el departamento de Nariño.

Las investigaciones realizadas en la región, suministran información acerca de la relación entre la diversidad microbiana y plantas naturales y cultivadas; igualmente, aluden a las funciones ecosistémicas y las interacciones ecológicas entre grupos funcionales propios de estos ecosistemas y agroecosistemas. A continuación, se indican algunas investigaciones.

En estudios realizados por Erazo & Ortiz, (2000) en laurel de cera (*Morrellia pubescens* H & B. Ex Willd), en el municipio de San Pablo, encontraron asociaciones simbióticas con cuatro géneros de HMA: *Glomus*, *Acaulospora*, *Scutellospora* y *Gigaspora*, con porcentajes de colonización entre 26,66 y 41,16%, los cuales pueden considerarse bajos.

Ballesteros *et al.*, (2004) evaluaron en el municipio de Tumaco, Nariño, la presencia de hongos formadores de micorrizas (HMA), en cultivos de *Theobroma cacao* L., *Musa sp*, *Borojoa patinoi* Cuatrecasas y *Bactris gasipaes* Kunth, con el fin de determinar el grado de infección en las raíces y las especies de HMA presentes. Sus resultados permitieron concluir, que el cultivo con mayor infección fue *Musa sp*, seguido de *Bactris gasipaes* Kunt., mientras que *Theobroma cacao* L. y *Borojoa patinoi* Cuatrecasas, presentaron el menor grado de infección de HMA; los géneros encontrados en los cultivos fueron: *Scutellospora* y *Glomus* sp. en *Musa sp*; *Glomus* y *Acaulospora* en *Bactris gasipaes* Kunt. y *Glomus* sp en *Theobroma cacao* L. y *Borojoa patinoi* Cuatrecasas.

Cadena & Cadena, (2005) evaluaron la eficiencia infectiva de HMA, en un estudio en la etapa de almacigo, con inoculaciones sobre plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), borojó (*Borojoa patinoi* Cuatr.) y chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth.), utilizando los géneros *Acaulospora*, *Glomus* y *Glomus fasciculatim* y diferentes grados de fertilización con fósforo. Los autores concluyeron, que el mayor porcentaje de infección para las tres especies se obtuvo con la inoculación del género *Acaulospora*.

En el municipio de Pasto, Nariño, Gómez *et al.*, (2019) evaluaron el porcentaje de colonización de HMA, en tres usos del suelo: Bosque Secundario (BS), Pastura Tradicional (PT) y Sistema Silvopastoril (SSP), en dos profundidades de 0-10 cm y de 10-20 cm. Los resultados, mostraron diferencias significativas en el uso de suelo BS y PT, en donde la mayor colonización de las estructuras evaluadas, se presentó en el sistema de uso de BS con 66,67% de hifas, 52,38% de arbusculos y

42,86% de esporas. En cuanto a la variable de profundidad, la mayor colonización de HMA, se presentó de 10-20 cm.

Características de los suelos

En el trabajo de investigación de Muñoz (2008), los análisis de suelos realizados en los Laboratorios Especializados de la Universidad de Nariño, permitieron determinar algunas de las propiedades físicas y químicas de los suelos en las asociaciones de motilón silvestre y kikuyo presentes en la cuenca alta del río Pasto. En general, el análisis granulométrico, determinó un grado textural franco, para bosque secundario y árboles dispersos en potrero y para árboles en lindero. Las propiedades químicas de estos suelos, corresponden a una reacción del suelo (pH) muy fuertemente ácido (4,9 para bosque secundario y árboles dispersos en potrero y 4,7 en lindero). El contenido de materia orgánica es alto, al igual que la capacidad de intercambio catiónico.

El contenido de fósforo es bajo, con valores de 4,32 ppm para suelos de bosque secundario, de 4,63 ppm para suelos de árboles dispersos en potreros y de 2,16 ppm en sistemas de árboles en linderos. Estos suelos presentan bajos contenidos de Ca, Mg, B y S y un alto contenido de K. La relación Ca/Mg en general se considera estrecha (Muñoz, 2008).

El porcentaje de saturación de Al es muy alto con valores de 27%, 34% y 41.66% para bosque secundario, árboles dispersos en potrero y lindero, respectivamente; la relación C/N es alta (mayor de 17) (Muñoz, 2008).

Berch, (1987), citado por Sánchez de Prager, (1997) manifiesta, que diferentes cepas de hongos MA, pueden presentar distintos efectos en el crecimiento y niveles de colonización en una misma planta hospedera y que esto depende de factores nutricionales como pH, contenido de P, balance de nutrimentos, elementos tóxicos, contenido de materia orgánica, etc., los cuales afectan las cepas fungosas de manera diferente.

Los suelos correspondientes a bosque secundario, árboles dispersos en potrero y lindero, presentan bajos contenidos de Ca y Mg. Una práctica agronómica recomendada para suplir las necesidades de Ca y Mg en los cultivos, es el enclamiento que también se utiliza para reducir la acidez del suelo y la saturación de Al. Los resultados de algunos trabajos, sugieren que algunas especies de HMA son susceptibles al enclamiento, lo cual hace que se reduzca la diversidad de poblaciones (Sánchez de Prager, 1999; Romero, 1984; Arines, 1991).

De la interpretación de los análisis de suelo, de bosque secundario, árboles dispersos en potrero y lindero, se puede determinar, que son de baja fertilidad desde el punto de vista agrícola. Barea *et al.*, (1991) afirma que la formación de HMA se ve favorecida por baja a moderada fertilidad, aunque algunos se adaptan a altos niveles de fertilidad.

Porcentaje de infección en raíces

Los porcentajes de colonización por HMA en las raíces de motilón silvestre (*Freziera spp*) fueron evaluados por Muñoz, (2008) quien observó comportamiento similar en los porcentajes de infección de raíces de motilón silvestre con HMA (Tabla 9 y Figura 2); pueden observarse las estructuras infectivas en raíces de especies de motilón silvestre.

Tabla 9

Porcentaje de infección por HMA en raíces de motilón silvestre (Freziera spp).

Modalidad de crecimiento	Especies de motilón silvestre			
	<i>F. reticulata</i> Bonpl. (%)	<i>F. canensces</i> Bonpl. (%)	<i>F. nervosa</i> Bonpl. (%)	<i>F. suberosa</i> Bonpl. (%)
Bosque secundario	34,20	39,67	41,49	31,62
Árboles dispersos en potreros	39,60	29,76	42,58	37,76
Árboles en linderos	39,64	30,33	42,75	32,57

Fuente: Muñoz, 2008.

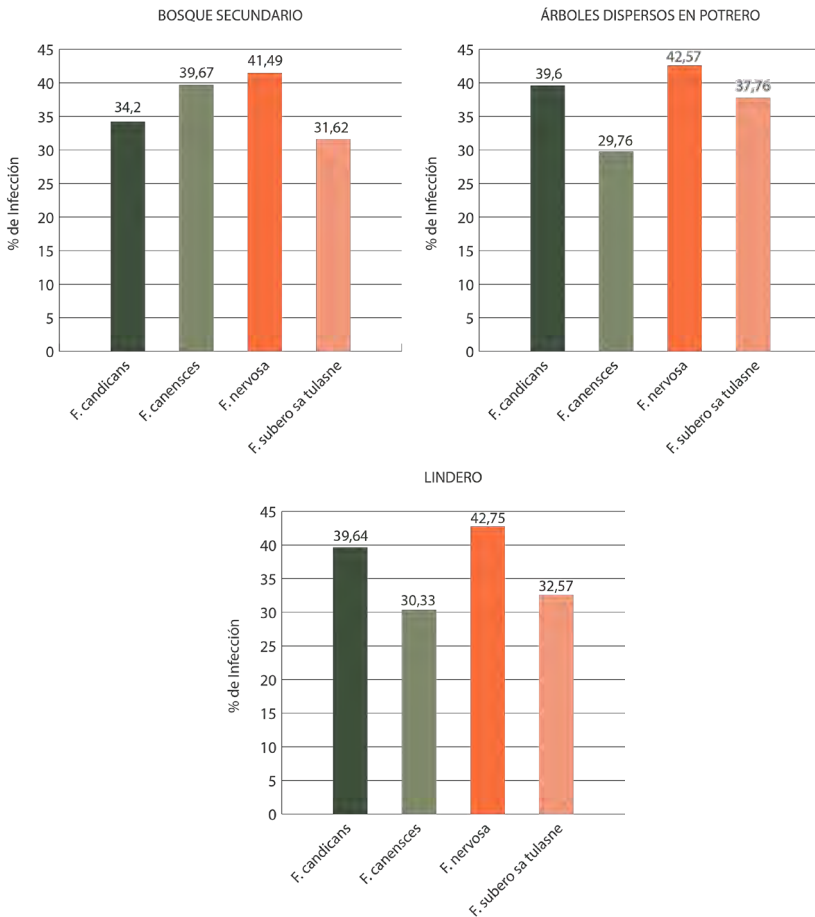
La similitud observada en la ineffectividad de HMA sobre las raíces de motilón silvestre (*Freziera spp*) se debe posiblemente, a que las condiciones ambientales y características físico-químicas de los suelos de las tres modalidades de crecimiento, son muy semejantes; además, hay similitud en el estado fitosanitario de los hospederos estudiados, la edad de los árboles, el grado de erosión del suelo y algunos otros factores abióticos, que posiblemente, pueden incidir sobre la presencia de HMA.

En el bosque secundario se encuentra, el mayor porcentaje de infección en *F. nervosa* Bonpl y el nivel más bajo en *F. suberosa* Bonpl; en árboles dispersos en potrero, se determinó que el porcentaje más

alto se encuentra en la especie *F. nervosa* Bonpl. y el porcentaje más bajo en *F. canensces* Bonpl.; en árboles ubicados en linderos, los porcentajes de infección más altos se encuentran en *F. nervosa* Bonpl. y los más bajos en *F. canensces* Bonpl.

Haciendo una relación entre las especies de motilón silvestre y las tres modalidades de crecimiento, se encontró que, los porcentajes más altos son para *F. nervosa* Bonpl, tanto en lindero como en árboles dispersos en potrero y, que los más bajos se presentaron en *F. canensces* Bonpl, para árboles dispersos en potrero y linderos (Figura 2).

Figura 2. Porcentaje de infección por HMA en raíces de motilón silvestre (*Freziera* spp), en tres modalidades de crecimiento.



Fuente: Muñoz, 2008.

Identificación de esporas de HMA

En los bosques secundarios, árboles dispersos en potrero y árboles en linderos de fincas de productores, se encontraron varios géneros de esporas nativas de HMA asociadas a la rizósfera de cada una de las especies de *Freziera* spp, evaluadas. La taxonomía de las esporas, se ha basado en sus características morfológicas; según Sieverding, (1983) la base para la determinación del género, son esporas que muestren conexiones hifales, si no las hay, es muy difícil decidir a cuál género pertenecen y mucho más difícil a que especie.

En este estudio se identificaron tres géneros de HMA: uno pertenece al orden Glomerales, género *Glomus* de la familia Glomeraceae y dos incluidas en el orden Diversisporales, género *Acaulospora* de la familia Acaulosporaceae y el género *Gigaspora* de la familia Gigasporaceae (Tabla 10).

Tabla 10

Géneros de HMA presentes en especies de motilón silvestre (Freziera spp.) bajo diferentes modalidades de crecimiento.

Modalidad de crecimiento	Especies	Géneros de HMA		
		<i>Glomus</i> sp.	<i>Acaulospora</i> sp.	<i>Gigaspora</i> sp.
Bosque secundario	<i>F. reticulata</i> Bonpl.	X	X	X
	<i>F. canensces</i> Bonpl.	X	X	X
	<i>F. nervosa</i> Bonpl.	X	X	
	<i>F. suberosa</i> Bonpl.	X	X	
Árboles dispersos en potreros	<i>F. reticulata</i> Bonpl.	X	X	X
	<i>F. canensces</i> Bonpl.	X	X	
	<i>F. nervosa</i> Bonpl.	X	X	X
	<i>F. suberosa</i> Bonpl.	X	X	

Árboles en linderos	<i>F. reticulata</i> Bonpl.	X	X	
	<i>F. canensces</i> Bonpl.	X	X	X
	<i>F. nervosa</i> Bonpl.	X	X	X
	<i>F. suberosa</i> Bonpl.	X	X	

Fuente: Muñoz, 2008.

Los géneros *Glomus* y *Acaulospora*, se presentan en la rizósfera de todas las especies del género *Freziera* y en cada una de los sistemas de crecimiento evaluados. El género *Gigaspora* se encontró en bosque secundario asociado a las especies *F. reticulata* Bonpl. y *F. canensces* Bonpl.; en árboles dispersos en potrero se halló en *F. reticulata* Bonpl. y *F. nervosa* Bonpl. y en lindero se presentó en *F. canensces* Bonpl. y *F. nervosa* Bonpl.

Las esporas del género *Glomus*, se encuentran en suelos tropicales naturales con pH entre 5,0 y 6,0 (Arines, 1991). Los suelos de las diferentes modalidades de crecimiento, presentan un pH entre 4,7 y 4,9, muy fuertemente ácidos, rango que se encuentra fuera de la máxima efectividad de este género. Probablemente, es por esta razón, que se presentan pocas esporas de este género, a pesar de que se encuentra en todos los tratamientos, sin embargo, Sieverding (1991) menciona, que algunas especies del género *Glomus* como *G. aggregatum* y *G. versiforme*, se han hallado en muy amplios rangos de pH, entre 3,8 y 8,0.

Tal como lo manifiestan Sieverding & Toro, (1988) a pesar de que los HMA se encuentran en forma natural en casi todos los suelos, su presencia cualitativa y cuantitativa puede variar considerablemente, aún en pequeñas áreas. Según Sieverding, (1991) las esporas del género *Acaulospora*, se caracterizan por ubicarse en rangos de pH muy amplios; este género se encontró en todas las especies de *Freziera* y en cada uno de los sistemas de crecimiento evaluados. Además, se observó un gran número de esporas pertenecientes a este género, asociadas a *Freziera* spp. La mayor presencia de este género, se debe a la adaptación del mismo a las características físico-químicas del suelo en el área de estudio

En cuanto al género *Gigaspora*, según Arines, (1991) se encuentra en suelos tropicales naturales con pH de 4,5 a 5. A pesar de que se dan

las condiciones físico-químicas para su establecimiento, hay una baja cantidad de esporas asociadas a *Freziera* spp. bajo diferentes condiciones de crecimiento en la Cuenca Alta del Río Pasto; estas observaciones coinciden con lo mencionado por Sieverding, (1991) cuando afirma que el género *Gigaspora*, se ha clasificado dentro del grupo de los hongos micorrízicos de moderada efectividad y baja eficiencia.

Bever *et al.*, (2001), citados por Van Der Heijden, *et al.*, (2003) mencionan, que las HMA están presentes en los ecosistemas no individualmente, sino como comunidades y se han encontrado hasta 37 taxas diferentes por sitio, los cuales pueden diferenciarse por su habilidad para suministrar nutrientes y promover el crecimiento de las plantas.

Actualmente, los HMA, tienen como base primordial, la identificación de especies nativas, asociadas a los agroecosistemas, por promover su actividad específica en virtud de su adaptación a determinadas especies y la prevalencia a través del tiempo (Botero, *et al.*, 2003).

Los resultados obtenidos por Muñoz, (2008) confirman, que existe cierto grado de diversidad en cuanto a la presencia de la HMA nativa en la rizósfera de motilón silvestre (*Freziera* spp), generando un ambiente propio, al interactuar con las condiciones edafoclimáticas que se presentan en la zona de presencia de la especie, siendo importantes en el crecimiento, la nutrición, la sanidad y como defensa a condiciones de estrés, de estas especies forestales nativas.

Botero *et al.*, (2003) indican, que en la actualidad se acepta, que la sostenibilidad, tanto de los ecosistemas naturales como de los agroecosistemas, depende del equilibrio entre los componentes biológicos del suelo, por eso, se considera que la investigación en microbiología del suelo, está adquiriendo interés en el contexto de sostenibilidad de los sistemas suelo planta. Es por ello, que, en el panorama de la agricultura sostenible, la micorriza constituye un factor de obligatorio manejo, puesto que no solo afecta positivamente la producción vegetal, sino que también produce beneficios ambientales en términos de un uso más racional de los fertilizantes.

La diversidad de HMA presentes en la zona de crecimiento del motilón silvestre, donde se destacan los géneros *Acaulospora* spp, *Glomus* spp y *Gigaspora* spp, genera la factibilidad de ser utilizados como inoculantes en programas de repoblación vegetal, con el propósito de recuperar suelos degradados en actividades de silvicultura y agroforestería entre otros.

Referencias

- Arines, J. (1991). Aspectos físico químicos de la fijación y movilización biológica en nutrientes en el suelo y su incidencia en la formación y efectos de las micorrizas MVA. Commission Science. *Research and Development. Brussels, Luxembourg*, 407-412.
- Ballesteros, W., Unigarro, A., Rosero, S., & Solarte, A. (2004). Determinación de hongos formadores de micorrizas (HMA) en *Theobroma cacao* L, *Musa* sp., *Simmonds*, *Borojoa patinoi* Cuatr. y *Bactris gasipaes* H.B.K. en el Municipio de Tumaco, Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 12, 1-2.
- Bañuelos, J., Trejo-Aguilar, D., Alarcon, A., Lara- Capistrán, L., Moreira, C., & Cruz-Sánchez, S. (2012). The reduction in proline buildup in mycorrhizal plants affected by nematodes. *Journal of soil science and plant nutrition*, 12(2), 263-270.
- Barea, J. M., Azcón, R., y Azcón-Aguilar, C. (2002). Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. *Antonie van Leeuwenhoek*, 81(1-4), 343-351.
- Barea, J. M., Azcón-Aguilar, C., Ocampo, J. A., & Azcón, R. (1991). Morfología, anatomía y citología de las micorrizas vesículo-arbusculares. *Fijación y movilización biológica de nutrientes*. En J. OLIVARES y J. M. BAREA (eds., Vol. II.), *Fijación y Movilización Biológica de Nutrientes. Colección Nuevas Tendencias* (pp .452). C.S.I.C. Madrid, España.
- Baum, C., El-Tohamy, W., & Gruda, N. (2015). Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: A review, *Scientia Horticulturae*, 187, 131-141.
- Bever, J. D., Schultz, P., Pringle, A., & Morton, J. (2001). Arbuscular mycorrhizal fungi: more diverse than meets the age, and the ecological tale of why. *Bioscience*, 51(11), 923-931.
- Botero, M., Castaño-Zapata, J., Castellanos, A., Vélez, P., & Rivillas, C. (2003). Microorganismos del suelo identificados en un sistema agroforestal. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –CORPOICA*.
- Brundrett, M. C., & Tedersoo, L. (2018). Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. *New Phytologist*, 220, 1108–1115.

- Cadena, C., & Cadena, J. (2005). *Evaluación de hongos formadores de micorrizas arbusculares en etapa de almacigo en cultivos de chontaduro (Bactris gasipaes H.B.K.) cacao, (Theobroma cacao L.) y borojó (Borojoa patinoi Cuatrecasas), en Tumaco, Nariño*. [Tesis de pregrado, Universidad de Nariño]. Pasto, Colombia.
- Coba, B., y Cogua, G. (1995). Reconocimiento de MVA en el Páramo y Bosque Altoandino en la Región de Monserrate. En L. E. Mora. (Ed.), *Estudios Ecológicos del Páramo y del Bosque Altoandino, Cordillera Oriental de Colombia* (pp. 439-448). Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Cuayal, J., & Ramírez, B. (1993). *Especies vegetales nativas aptas para la recuperación de áreas de protección de cuencas altas del municipio de Pasto*. [Tesis de Especialización en Ecología, Universidad de Nariño]. Pasto, Colombia.
- Davison, J., Moora, M., Öpik, M., Adholeya, A., Ainsaar, L., Ba, A., Bur-la, S., Diedhiou, A., Hiiesalu, I., & Jairus, T. (2015). Global assessment of arbuscular mycorrhizal fungus diversity reveals very low endemism. *Science*, 349(6251), 970-973.
- De La Paz-Jiménez, M., De La Horra, A. M., Pruzzo, L., & Palma, R. M. (2002). Soil quality: a new index based on microbiological and biochemical parameters. *Biology and Fertility of Soils*, 35(4), 302-306.
- Dodd, J. C., Burton, C. C., Burns, R. G., & Jeffries, P. (1987). Phosphatase activity associated with the roots and the rhizosphere of plants infected with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol*, 107, 163-172.
- Douds, D., y Millner, P. (1999). Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. *Agriculture, ecosystems & environment*, 74, 77- 93.
- Erazo, J., y Ortiz, J. (2000). *Determinación de la presencia de hongos formador de micorrizas de San Pablo, departamento de Nariño*. [Trabajo de grado, Universidad de Nariño]. Pasto, Colombia.
- Feng, Y., Motta, A. C., Reeves, D. W., Burmester, D. W., Van Santen, E., & Osborne, J. A. (2003). Soil microbial communities under conventional-till and no-till continuous cotton systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(12), 1693-1703.

- Gómez Molina, A. C., Ordóñez Gómez, C., Ordoñez, H. R., Chaves Jurado, G. E., & Navia Estrada, J. F. (2019). Evaluación de micorrizas arbusculares (hma) asociadas a tres sistemas de uso del suelo, zona altoandina de Nariño. *Facultad de Ciencias Agrícolas*. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/5910>
- Guerrero, E. (1996). Micorriza: fundamentos biológicos y estado del arte. En E. Guerrero (Ed.), *Micorriza. Recurso biológico del suelo* (pp. 3-46). Fondo FEN Colombia.
- Guerrero, E. (1993). *Evaluación de las micorrizas en ecosistemas andinos del Parque Nacional Natural Chingaza primera etapa: Páramo*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Harley, J., & L. Smith, S. E. (1983). *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press.
- Honrubia, M. (2009). Las micorrizas: una relación planta-hongo que dura más de 400 millones de años. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 66S1, 133-144.
- Jaramillo, R. I. (2011). La micorriza arbuscular (MA) centro de la rizosfera: comunidad microbológica dinámica del suelo. *Revista Contactos*, 81, 17-23.
<http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/revista/81/pdfs/micorriza.pdf>
- León, J., & Miranda, M. (2001). Estudio fenológico de 10 especies forestales nativas en la microcuenca las tiendas, municipio de Pasto, departamento de Nariño. [Trabajo de grado, Universidad de Nariño]. Pasto, Colombia.
- Lynch, J. M. (2013). *The Rhizosphere*. Biblioteca en línea Wiley. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9780470015902.a0000403.pub2>
- Mejía, L., & Palencia, G. (2003). *Abono orgánico: manejo y uso de un cultivo de cacao*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-CORPOICA.
- Miller, R.M., Jastrow, J. D. (2000). Mycorrhizal Fungi Influence Soil Structure. In Y. Kapulnik., Douds, D. D. (eds.), *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0776-3_1

- Menge, J. A. (1983). Utilization of vesicular-arbuscular extension of the phosphorus depletion zone in mycorrhizal fungi in agriculture. *Can. J. Bot*, 61, 1015-1024. <https://doi.org/10.1139/b83-109>
- Montanez, A. (2005). El estudio de las micorrizas arbusculares: limitantes y perspectivas. *Agrociencia*, 9(1-2), 311- 314.
- Muñoz, G. D. (2008). Identificación de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) en cuatro especies de motilón silvestre (*Freziera* sp H&B) en la cuenca alta del río Pasto, Departamento de Nariño. [Tesis de grado, Universidad de Nariño]. Pasto, Colombia.
- Nardini, C., Di Salvo, L., & García, I. (2011). Micorrizas arbusculares: asociaciones simbióticas e indicadores de calidad ambiental en sistemas de cultivos extensivos. *Revista Argentina de Microbiología*, 43(4), 311.
- Páez, O. (2006). *Las micorrizas: alternativa ecológica para una agricultura sostenible*. <http://www.soil-fertility.com/micohize/espegnol>
- Pérez, A., Rojas, J., & Montes, D. (2011). Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 3(2), 366-385.
- Rajan, S. K, Reddy, B. J. B., & Bagyaraj, D. J. (2000). Screening of arbuscular mycorrhizal fungi for their symbiotic efficiency with *Tectona grandis*. *Forest. Ecol. Manage*, 126(2), 91-95. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302946812>.
- Rabie, G. H., & Almadini, A. M. (2005). Role of bioinoculants in development of salt-tolerance of *Vicia faba* plants under salinity stress. *African Journal of Biotechnology*, 4(2), 210-222. <https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/6616/1/jb05039.pd>.
- Romero, G. (1984). *Efecto de la acidez en la eficiencia de la micorriza en yuca. Palmira*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia]. Palmira, Colombia.
- Sánchez de Prager, M. (2007). *En Las endomicorrizas: Expresión bioedáfica de importancia en el trópico*. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
- Sánchez de Prager, M. (1999). *Endomicorrizas en agroecosistemas colombianos*. Universidad Nacional de Colombia.

- Sánchez de Prager, M. (1997). Endomicorrizas y agroecosistemas [Conferencia]. *XVIII Congreso de fitopatología y ciencias afines*. CIAT, Palmira, Colombia.
- Smith, S. L., Read, D. (1997). *Mycorrhizal symbiosis* (2ª edición). Academic Press.
- Schübler, A., Walker, C. (2010). *The Glomeromycota. A species list with new families and new genera*. The Royal Botanic Garden Kew, Botanische Staatssammlung Munich, and Oregon State University. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20198647552>
- Sieverding, E. (1991). Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agroecosystems. *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit*.
- Sieverding, E., & Toro, T. S. (1988). Efecto de la inoculación de hongos micorrízicos vesículo-arbuscular en plántulas de café *Coffea arabica* L. y té *Camelia sinensis*. En H. Orozco. (Ed.), *Investigaciones sobre micorrizas en Colombia* (Vol. 2. 173p).
- Sieverding, E. (1986). El papel de las micorrizas en la agricultura. *Suelos Ecuatoriales*, 16(1), 52-59.
- Sieverding, E. (1983). *Manual de metodología para la investigación de la micorriza vesículo arbuscular en el laboratorio*. CIAT.
- Taiz, T., Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*. (3ª Edición). Sinauer Associates, Inc.
- Van Der Heijden, M., Wiemken, A., & Sanders, I. (2003). Different arbuscular mycorrhizal fungi alter coexistence and resource distribution between co-occurring plant. *New phytologist*, 159, 569-578.
- Van der Heijden, M. G., Boller, T., Wiemken, A., & Sanders, I. R. (1998). Different arbuscular mycorrhizal fungal species are potential determinants of plant community structure. *Ecology*, 79(6), 2082-2091. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1998\)079\[2082:DAMFSA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1998)079[2082:DAMFSA]2.0.CO;2)
- Wang, W., Shi, J., Xie, Q., Jiang, Y., Yu, N., & Wang, E. (2017). Nutrient Exchange and Regulation in Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. *Molecular Plant*, 10(9), 1147-1158. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2017.07.012>

CAPÍTULO 4

Almacenamiento de carbono en árboles de motilón silvestre en alta montaña de Nariño.

Generalidades

Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Los GEI, son compuestos químicos en el componente gaseoso de la atmósfera; son de origen natural y antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre, emitida por la superficie de la tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Estos compuestos en estado gaseoso, se acumulan en la atmósfera de la tierra, produciendo el efecto invernadero, que se origina, porque la energía que llega del sol está formada por ondas de frecuencias altas, las cuales traspasan la atmósfera, sin mucha resistencia y una parte de la energía solar devuelta por la tierra, es absorbida y retenida en forma de calor en la atmósfera y por lo tanto, la tierra, aumenta su temperatura.

En la atmósfera de la tierra, los principales gases de efecto invernadero, son de origen natural, además, la atmósfera contiene cierto número de gases de efecto invernadero enteramente antropógeno. Entre los gases de origen natural, se tienen: el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y ozono (O_3); entre los GEI producidos por efecto de las actividades humanas están: los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo. El Protocolo de Kyoto, contempla los siguientes: hexafluoruro de azufre SF_6 , clorofluorcarbonos (CFC), los hidrofluorcarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). (IPCC, 2007; Camilloni, 2008; Ñique, 2008).

La concentración de los gases en la atmósfera, es baja, pero tienen una importancia fundamental en el aumento de la temperatura del

aire próximo al suelo, haciéndola permanecer en un rango de valores aptos para la existencia de vida en el planeta. Las principales fuentes de aumento de GEI, corresponden en un 45% a las emisiones de GEI provenientes de procesos industriales y el 20% es producto de la deforestación y el cambio de uso de los suelos (IPCC, 2007).

Si tenemos en cuenta el contexto de las emisiones de gases de GEI a escala mundial, Colombia solo genera el 0,3 % de las emisiones que produce el planeta (IDEAM *et al.*, 2018). Las emisiones debidas a la deforestación y al desarrollo de la agricultura, corresponden aproximadamente al 20% del total de emisiones de GEI, siendo la segunda fuente más importante después de la combustión de fósiles (Menon *et al.*, 2007).

Almacenamiento de carbono

El carbono se almacena en sumideros, como los océanos, los bosques a través de un proceso biológico o físico. En el ciclo biológico donde se produce intercambios de carbono (CO_2) entre los seres vivos y la atmósfera, la retención del carbono, se produce a través de la fotosíntesis de las plantas y la emisión a la atmósfera, a través de la respiración animal y vegetal (FAO, 2017). Igualmente, existe un ciclo biogeoquímico más extenso que el biológico y que regula la transferencia entre la atmósfera, los océanos y el suelo (litosfera), (FAO, 2017; IPCC, 2005; Enkerlin, 1997).

Es un proceso mediante el cual, se capta y se almacena una gran cantidad de dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera, de la que se libera hacia la misma. Las plantas durante la fotosíntesis, absorben el CO_2 y lo convierten en O_2 , pero una parte del C queda inmovilizado en sus tejidos y otra parte regresa al suelo en forma de exudados (Anderegg *et al.*, 2012).

La cantidad de carbono almacenado, se relaciona con la capacidad de la cobertura vegetal, de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual está en función de su heterogeneidad y está determinado por las condiciones del suelo y clima (Arévalo, *et al.*, 2003), siendo los bosques y la vegetación en general, capturadores de carbono, mediante la fotosíntesis, proceso por el que los vegetales captan CO_2 de la atmósfera o disuelto en agua y con la ayuda de la luz solar, lo incorporan a su estructura. De esta manera, se puede almacenar carbono que, de otra forma, estaría libre en la atmósfera y así mantener el equilibrio climático del planeta (Clark, 2004; Ortiz & Riascos, 2006). Esto ha permitido, reconocer la importancia de los ecosistemas terrestres y, en particular, el papel que tiene la vegeta-

ción para captar el CO₂ atmosférico, ayudando en la mitigación a largo plazo y disminuyendo el cambio climático (Sullivan *et al.*, 2017)

La biomasa acumulada por el crecimiento de los árboles en los bosques, disminuye gradualmente, conforme aumenta la edad del bosque (Finegan, 1992) y por lo tanto, su potencial de captura de carbono, también disminuye por actividades, como la disminución y deforestación de las coberturas vegetales, que genera emisiones cuantificables de gases de efecto invernadero (IPCC, 2014; IPCC, 2003; Brown, 1997). Para capturar algunos gases efecto invernadero, existe un medio natural, siendo los bosques, un elemento que permite disminuir el dióxido de carbono en la atmósfera, en donde la biomasa de la vegetación leñosa, acumula C, en todo el material orgánico vivo que existe por arriba del suelo y bajo el suelo, la cual se expresa como peso anhidro (seco en estufa) en toneladas por unidad de área (Brown, 1997).

Mitigación

Para la mitigación de las emisiones de GEI, como producto del cambio climático, el Congreso de Colombia, (2018) promulgó la Ley 1931 de 2018, la cual establece “las directrices para la gestión del cambio climático, principalmente, en las acciones de adaptación al cambio climático, así como en mitigación de gases de efecto invernadero, con el objeto de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del país, frente a los efectos del mismo y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono”.

Una forma de mitigar los efectos de los GEI, es a través de la captura del carbono, manteniéndolo el mayor tiempo posible secuestrado, ya sea en el suelo o en forma de biomasa. Evaluar el carbono capturado en los bosques, permite calificar y cuantificar su contribución para mitigar los efectos de la modificación del clima y con ello, orientar y ejecutar prácticas de gestión que incrementen el carbono capturado en su biomasa (Barrionuevo *et al.*, 2013).

En la medición y el monitoreo de carbono en ecosistemas de alta montaña, se ha tornado un importante tópico de investigación, en los años recientes, siendo importante su cuantificación, para disponer de datos para planificar alternativas orientados a la reducción de las emisiones de GEI asociadas a deforestación y degradación forestal. A pesar de que el conocimiento de la dinámica de carbono en los

ecosistemas altoandinos es aún limitado, los pocos estudios realizados, estiman, que los ecosistemas andinos son reservorios importantes de carbono (Gibbon *et al.* 2010).

Para llenar vacíos en el conocimiento de la dinámica del carbono en los bosques altoandinos, se debe contar, con insumos y metodologías sólidas, que incorporen estándares internacionales, permitan monitorear la dinámica a largo plazo del carbono en estos ecosistemas y que, por su diseño costo efectivo, puedan replicarse en diferentes sitios a lo largo de la Cordillera de los Andes. Entre los insumos, está la formulación de ecuaciones alométricas, que son herramientas estadísticas, que permiten calcular los valores de biomasa, utilizando variables de fácil medición en campo, como el diámetro del fuste y la altura (Pinto & Cuesta, 2019) que hacen posible, determinar las variaciones en las existencias de C y las estimaciones de emisiones y remociones en los cinco reservorios de carbono (biomasa aérea, biomasa bajo el suelo, necromasa, hojarasca y la materia orgánica del suelo).

Estimación de captura de carbono en árboles de motilón silvestre *Freziera canescens*, en un sistema silvopastoril

La presente investigación se realizó en el municipio de Pasto, a una altitud de 2800 m.s.n.m, temperatura que oscila entre los 7°C y 14°C. y una precipitación media de 750 mm. incrementándose hasta los 1500 mm. Anuales (Cabrera & Mosquera, 2008). Según la clasificación de las zonas de vida de Holdridge, (1987), la zona de estudio se encuentra ubicada en el bosque seco montano bajo (bs-MB).

En un sistema silvopastoril tradicional, se evaluó el componente arbóreo que está formado por árboles dispersos de *Freziera canescens* Bonpl, en asocio con pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.

Parcelas de muestreo

Las áreas para el montaje de las parcelas de muestreo, fueron seleccionados con el apoyo de los propietarios y considerando la distribución irregular de los árboles en el campo, se aplicó la metodología descrita por MacDiken, (1997) para árboles dispersos; la información fue tomada, en cuatro unidades de muestreo de tamaño fijo de forma circular de 500 m², las cuales se georreferenciaron con un GPS.

VARIABLES DASOMÉTRICAS

Para la caracterización estructural, en el área de cada parcela de 500 m², se evaluaron todos los árboles, a partir de 10 m de Diámetro a la

Altura del Pecho (DAP); se registró las variables dasométricas, como altura total, área de copa y DAP en cm. Variables utilizadas para determinar el área basal (m^2), volumen (m^3) y la abundancia de individuos.

Biomasa fresca

Los métodos para determinar el carbono almacenado en los árboles, se basan en modelos alométricos y mediante procesos destructivos. En la presente investigación para determinar la biomasa fresca y no contar con estudios correspondientes a esta especie en el trópico de altura, se aplicó el método destructivo para lo cual fue necesario aprovechar los árboles.

El principal inconveniente destructivo, es que, en efecto, se requiere la destrucción de todos los árboles que se van a evaluar, con el fin de determinar la materia fresca vegetal, materia seca y carbono capturado. Se apeó la totalidad de los individuos, separando en tres componentes: fuste, ramas y hojas, Los componentes fueron pesados por separado en fresco, tomando una submuestra; para el caso de ramas y hojas, se tomó 600 gramos, para fuste se cortaron discos y se pesaron utilizando una balanza de precisión.

Biomasa seca

Las muestras se llevaron al Laboratorio de Maderas de la Universidad de Nariño y para poder extraer la humedad, se sometieron a secado en horno a $80^{\circ}C$, por un periodo de 2 a 3 días hasta que las muestras alcanzaron un peso constante.

Determinación de carbono en la biomasa

El carbono se calculó, por el factor de conversión, en el que los datos de biomasa se multiplican por un factor que involucre el contenido de carbono en la biomasa seca y la relación entre el peso de la molécula de CO_2 y el peso del átomo de carbono, de acuerdo a Brown, (1997) donde el contenido de carbono (CC) en un gramo de biomasa aérea es igual a 0,5 gramos de C.

Construcción de modelos de biomasa

Se efectuaron regresiones entre altura total vs biomasa aérea total, DAP vs biomasa aérea total, área basal vs. biomasa aérea total y volumen vs. biomasa aérea total y se determinaron los coeficientes de

correlación, probando diferentes modelos lineales, cuadráticos y logarítmicos, para lo cual se utilizó el programa Statgraphics Plus Versión 5,1. (Cabrera & Mosquera, 2008)

Selección y validación de los mejores modelos

Para escoger los modelos de mejor ajuste, se tuvo en cuenta estadígrafos, como el Coeficiente de Determinación (R^2), Error Estándar de Estimación o Raíz del Cuadrado Medio del Error (RMSE) y la Suma de Cuadrados del Error (PRESS), así como la lógica biológica del modelo (alometría). La validación de las ecuaciones, se realizó, mediante la Prueba de Comparación de Medias (Prueba de t) entre los valores predichos y los reales, según lo recomendado por Moret & Ruiz, (1998).

Caracterización estructural

El motilón silvestre (*Freziera canescens* Bonpl.) presentó una abundancia promedio de 65 árboles/ha⁻¹, distribuidos en un rango diamétrico que osciló entre los 12 y 23 cm., con una altura promedio de 8,8 m., comprendidas entre los 6 a 13,8 m., un área basal promedio por árbol de 0,0225 m² y volumen de 0,1306 m³ árbol⁻¹ (Tabla 11).

Tabla 11

Variables dendrométricas para árboles de F. canescens Bonpl., en un sistema silvopastoril tradicional, en 0,2 ha, municipio de Pasto, Nariño.

Área	No. árbol	D.A.P (cm)	Altura Total (m.)	Área Basal (m ²)	Volumen (m ³)
1	1	18	8,3	0,0254	0,1267
	2	20	10,5	0,0314	0,1979
	3	19	9	0,0284	0,1531
2	4	13	9,4	0,0133	0,0749
	5	14	8	0,0154	0,0739
	6	13	9,4	0,0133	0,0749
	7	16	6,7	0,0201	0,0808
	8	13	7,5	0,0133	0,0597

3	9	17,5	7	0,0241	0,1010
	10	13	6,4	0,0133	0,0510
	11	12	6	0,0113	0,0407
4	12	23	13,8	0,0415	0,3440
	13	23	12,8	0,0415	0,3191
Promedio/árbol		16,5	8,83	0,0225	0,1306

Fuente: Cabrera & Mosquera, 2008.

Biomasa y carbono almacenado

Se encontró 1913,36 kg de biomasa aérea en 2000 m², con un estimado por hectárea de 9566,80 kg., con un promedio de 147,18 kg.árbol⁻¹ de biomasa seca. Partiendo de la relación directa entre biomasa y carbono, en donde la biomasa de los árboles contiene aproximadamente un 50% de carbono, en la presente investigación se encontró, que el carbono almacenado por los árboles de motilón silvestre en el sistema silvopastoril evaluado, es de 4783,40 kg.ha⁻¹. (Cabrera & Mosquera, 2008)

Según la Tabla 12, el contenido de biomasa aérea en ramas, es mayor que el fijado por el fuste y hojas, esto se debe, a que los árboles de motilón silvestre cuando crecen a campo abierto (potreros) se bifurcan a una baja altura a partir de 1,5 m. y en este caso, el productor no realizó ninguna práctica silvicultural, como podas, generando a su vez una mayor cantidad de ramas incrementando la biomasa en este componente.

Tabla 12

Valores de biomasa aérea (peso seco) por árbol y por componente en F. canescens Bonpl., en 0,2 ha.

Parcela	No. Árbol	Biomasa (Kg.)			
		Fuste	Ramas	Hojas	Total
1	1	32,76	64,82	11,9	109,48
	2	62,76	171,04	26,38	260,18
	3	79,11	136,83	24,59	240,53
2	1	31,47	51,65	9,53	92,65
	2	39,34	59,12	9,96	108,42
	3	42,71	56,01	8,23	106,95
	4	45,01	59,12	11,91	116,04
	5	20	39,21	9,09	68,3

3	1	69,71	55,65	6,46	131,82
	2	30,5	50,29	6,47	87,26
	3	20,87	32,98	5,65	59,5
4	1	113,25	151,24	28,58	293,07
	2	120,13	101,97	17,06	239,16
Total parcela	13	707,62	1029,93	175,81	1913,36
Promedio/árbol		54,43	79,23	13,52	147,18
Promedio/ha		3538,1	5149,65	879,05	9566,8

Fuente: Cabrera & Mosquera, 2008.

Modelos de biomasa

La evaluación de la biomasa seca y del carbono acumulado en muestras de árboles individuales, tiene como objetivo, la formulación de modelos alométricos, que permiten calcular la biomasa con base en variables medibles, sin necesidad de la destrucción de la planta.

En la Tabla 13 se presenta los resultados de la estimación de los parámetros y del mejor modelo para estimar biomasa aérea total, en función de las variables predictoras (DAP, altura total, volumen y área basal) para la especie *Freziera canensces* Bonpl. en un sistema silvopastoril tradicional.

$$Biomasa = a + b^x$$

De los modelos evaluados y considerando la mayor facilidad para determinar el diámetro a la altura de pecho, puede definirse como mejor y más práctico modelo a la ecuación:

Siendo x el diámetro a la altura del pecho. Este modelo, como los demás modelos analizados, presentó una significancia altamente significativa.

Tabla 13

Ecuaciones de biomasa aérea total en función de (DAP, altura total, volumen y área basal) en F. canensces Bonpl.

Modelo	A	B	R²	RMSE	PRESS
Y = exp(a + b*x)	2,61282	13,9972	89,61	0.03323	0.2991
Y = exp(a + b*h)	3,40787	0,152818	71,807	0.06657	0.5991

$Y = \exp(a + b \cdot v)$	4,30996	3,43815	87,5984	0.025835	0.2066
$Y = \exp(a + b \cdot g)$	3,76886	51,3541	87,5742	0.03974	0.3577

Y: biomasa total (Kg); x: diámetro a la altura del pecho (1,3 m.) en cm.; h: altura total en m.; v: volumen en m³; g: área basal en m²; a y b: Coeficientes de Regresión; R²: Coeficiente de Determinación; RMSE: Raíz del Cuadrado Medio del error; PRESS: Suma de Cuadrados del Error

Fuente: Cabrera & Mosquera, (2008).

La relación entre biomasa total y las variables predictoras: DAP, altura total, volumen y área basal en los modelos ajustados, fue estadísticamente significativo, dado que el p-valor es inferior a 0,01 para un nivel de confianza del 99%, con Coeficientes de Determinación (R²) que explica, en un alto porcentaje, la variabilidad de los datos después de transformarlos a escala logarítmica para linealizar el modelo. Los valores de la Raíz del Cuadrado Medio del Error (RMSE) y la Suma de Cuadrados del Error (PRESS) del modelo, reafirman la confiabilidad de las ecuaciones para predecir la Biomasa Aérea Total con un bajo error de estimación como se indica en las Figuras: 3, 4, 5, 6 (Cabrera & Mosquera, 2008).

En las figuras 3, 4, 5 y 6, se observa el comportamiento de la variable Biomasa Seca cuando se estima mediante las variables: Diámetro a la Altura de Pecho (DAP), Altura Total (h), Volumen Total (v) y Área Basal (g), respectivamente; en los cuatro casos analizados, se presentan tendencias similares.

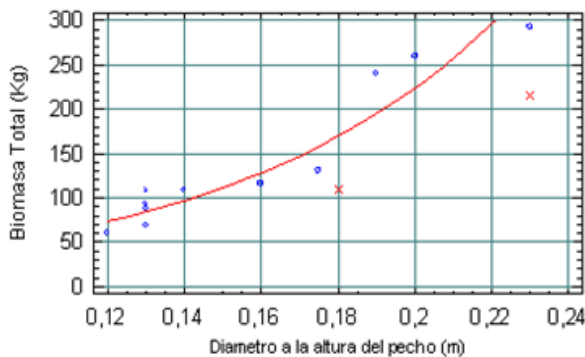


Figura 3. Ecuación de biomasa total en función del DAP: $(Y = 2,61282 + 13,9972^{DAP})$.

Fuente: Cabrera & Mosquera, 2008.

En este modelo, se eliminaron dos observaciones atípicas "outliers", teniendo en cuenta aquellos residuales estandarizados superiores a dos desviaciones estándar.

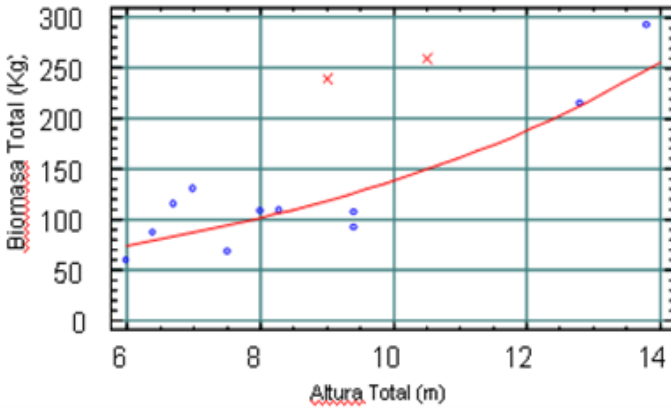


Figura 4. Tendencia de la biomasa Total en función de la Altura (h): $(Y = 3,40787 + 0,152818^h)$.

Fuente: Cabrera & Mosquera, 2008.

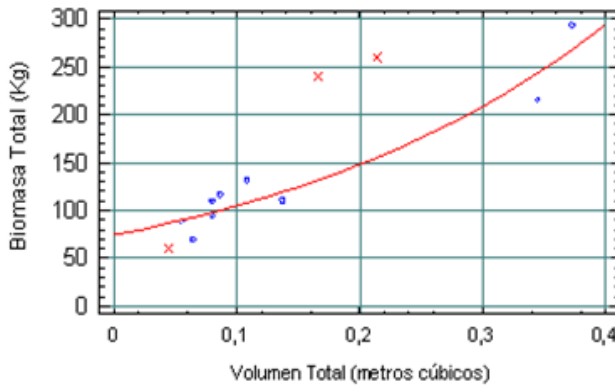


Figura 5. Tendencia de la Biomasa Total en función del Volumen (v): $(Y=4,30996+3,43815^v)$

Fuente: Cabrera & Mosquera, 2008.

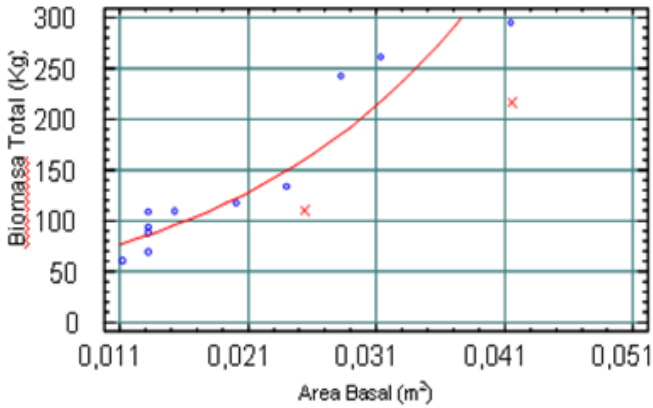


Figura 6. Tendencia de la Biomasa Total en función del Área Basal del árbol (g). ($Y = 3,76886 + 51,3541 \wedge g$)

Fuente: Cabrera & Mosquera, 2008.

Se estimó la cantidad de Biomasa aérea y Carbono presente en árboles de motilón silvestre *Freziera canescens* Bonpl. dispersos en potreros, obteniendo como resultado que en un área de 2000 m² se encontraron 1,91 t de biomasa y 0,96 t de carbono, que inferidos a 1 ha se estima en 9,57 t y 4,78 t/C, respectivamente. Igualmente, se pudo observar que la cantidad de carbono almacenado, fue superior en el compartimiento ramas con respecto a los componentes fuste y hojas, (Cabrera & Mosquera, 2008).

Del total de modelos generados para estimar la Biomasa Aérea en un sistema silvopastoril tradicional de árboles dispersos de motilón silvestre *Freziera canescens* Bonpl en asocio con pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov., los modelos que mejor explicaron la biomasa, fueron los de tipo exponencial, en donde la variable más predictora fue el Diámetro a la Altura de Pecho (DAP), con un alto Coeficiente de Determinación (R²) que explica un 89,61 % de la variabilidad de los datos.

Los anteriores resultados confirman la capacidad que tienen los árboles del género *Freziera*, en el almacenamiento de C en la biomasa, con gran potencial para la absorción de CO₂, mitigación de GEI y capacidad para afrontar el cambio climático global en ecosistemas de alta montaña, considerados frágiles, los cuales deberán cuidarse y mantenerse ya que brindan diversos servicios ecosistémicos.

Referencias

- Anderegg, W., Berry, J., Smith, D., Sperry, J., Anderegg, L., Field, C. (2012). The roles of hydraulic and carbon stress in a widespread climate-induced forest die-off. *PNAS*, 109(1), 233–237. <https://doi.org/10.1073/pnas.1107891109>
- Arévalo, L., Alegre J., & Palm, C. (2003). *Manual de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú*. INIA Instituto Nacional de Investigación Agraria.
- Barrionuevo, S. A., Pan, E., Medina, J. C., Taboada, R., & Ledesma, R. (2013). La contribución ambiental de rodales de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl. en la fijación de CO₂: bases para una gestión sustentable. *Foresta Veracruzana*, 15(1), 31–36.
- Brown, S. (1997). *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer*. Food & Agriculture Org.
- Cabrera, G., & Mosquera, J. (2008). *Estimación de la biomasa aérea y captura de carbono en árboles dispersos en potreros con motilón silvestre Freziera canescens* Bonpl. en el municipio de Pasto. Departamento de Nariño. [Tesis de pregrado, Universidad de Nariño]. Pasto, Colombia.
- Camilloni, I. (2008). *Gases de efecto Invernadero*. <https://www.mendoza.conicet.gov.ar/>
- Clark, D. A. (2004). Sources or sinks? The responses of tropical forests to current and future climate and atmospheric composition. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 359(1443), 477–491.
- Enkerlin, J. (1997). *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible Internacional*. México: Editorial Thompson.
- FAO. (2017). *Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.
- Finegan, B. (1992). *El potencial del manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de tierras bajas*. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/1589/El_potencial_de_manejo_de_los_bosques_humedos.pdf?sequence=1

- Gibbon, A., Silman, M. R., Malhi, Y., Fisher, J., Meir, P., Zimmermann, M., Dargle, G. C., Farfán, W. R., & García, K. (2010). Ecosystem Carbon Storage Across the Grassland– Forest Transition in the High Andes of Manu National Park, Peru. *Ecosystems*, 13(7), 1097-1111.
- Holdridge, L. R. (1987). *Ecología basada en zonas de vida. Life zones ecology* (No. IICA-LME 83 IICA-LME 34). IICA, San José (Costa Rica).
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLEERÍA. (2018). Segundo Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC). IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLEERÍA, FMAM. Bogotá, DC, Colombia.
- IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Suiza.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). Cambio climático 2007: las bases científicas y física” Grupo de trabajo I. Cuarto informe del IPCC. Ginebra.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Metz, O., Davidson, O., De Coninck, H., Loos, M., & Meyer, L. (Eds.). (2005). *La captación y el almacenamiento de Dióxido de Carbono*. Ginebra, Suiza.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2003). *Good practice guidance for land use, land-use change and forestry*. Institute for Global Environmental Strategies. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf
- Ley 1931. (7 de julio de 2018). Congreso de Colombia. Diario Oficial No. 50.667. Bogotá D.C., Colombia.
- Macdiken, K. A. (1997). *Guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects*. Winrock International Institute for Agricultural Development. <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/WinrockInternational.pdf>
- Menon, S., Denman, K. L., Brasseur, G., Chidthaisong, A., Ciais, P., Cox, P. M., & Jacob, D. (2007). *Couplings between changes in the cli-*

- mate system and biogeochemistry*. Lawrence Berkeley National Lab. (LBNL), Berkeley, CA (United States). <https://www.osti.gov/biblio/934721>
- Moret, Y., & Ruiz, P. (1998). Determinación de ecuaciones de volumen para mureillo (*Erisma uncinatum*) en la unidad C4 de la Reserva Forestal Imataca, Bolívar-Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 42(2), 187-197.
- Ñique, A. M. (2008). *Glosario Ambiental Multidisciplinario*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. <https://www.monografias.com/trabajos-pdf/glosario-ambiental-multidisciplinario/glosario-ambiental-multidisciplinario.pdf>
- Ortiz, A., & Riascos, L. (2006). *Almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal cacao Theobroma cacao L y laurel Cordia alliodora (Ruiz y Pavón) Oken en la reserva indígena de Talamanca, Costa Rica*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Nariño]. Pasto, Colombia.
- Pinto, E., y Cuesta, F. (2019). *Monitoreo de Biodiversidad, Contenidos de Carbono, Productividad Y Rasgos Funcionales en Bosque Montanos*. Ecuador: CONDESAN, Quito.
- Sullivan, M. J., Talbot, J., Lewis, S. L., Phillips, O. L., Qie, L., Begne, S. K., Chave, J., Cuni-Sanchez, A., Hubau, W., Lopez-Gonzalez, G., & Miles, L., (2017). Diversity and carbón storage across the tropical forest biome. *Scientific Reports*, 7(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/srep39102>

Los autores

Héctor Ramiro Ordóñez Jurado

Ingeniero Forestal de la Universidad del Tolima; Tecnólogo Forestal, Universidad Nacional de Colombia; Especialista en Docencia Universitaria, Especialista en Ecología, Universidad de Nariño; Magister en Bosques y Conservación Ambiental, Universidad Nacional de Colombia; Doctor en Agroecología, Universidad Nacional de Colombia. Profesor titular, investigador e integrante del Grupo de Investigación Agroforestería y Recursos Naturales (ARENA) y Grupo de Investigación en Producción en Frutales Andinos (GPFA) del Departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño; autor y coautor de diversas publicaciones nacionales e internacionales.

José Álvaro Castillo Marin

Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Nariño; Especialista en Ecología, Universidad de Nariño; Magister en Mercadeo Agroindustrial, Universidad Tadeo Lozano – Universidad de Nariño. Profesor Asistente, investigador e integrante del Grupo de Producción y Sanidad Vegetal del Departamento de Producción y Sanidad Vegetal y del Grupo de Investigación en Producción en Frutales Andinos (GPFA) del Departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño; autor y coautor de diversas publicaciones nacionales e internacionales.

Índice de tablas

Tabla 1 Identificación y distribución preferente de las especies del género <i>Freziera</i> reportadas en la cuenca alta del río Pasto.....	25
Tabla 2 Porcentaje de pureza (%) de semillas de motilón silvestre, Pasto, Nariño.....	50
Tabla 3 Análisis de peso semillas de <i>F. canensces</i> Bonpl. y <i>F. suberosa</i> Tul.....	51
Tabla 4 Porcentaje de vaneamiento en semillas de <i>F. canensces</i> Bonpl.	51
Tabla 5 Porcentaje de vaneamiento en semillas de <i>F. suberosa</i> Tul.....	52
Tabla 6 Prueba de viabilidad en semillas de <i>F. canensces</i> Bonpl.....	53
Tabla 7 Prueba de viabilidad en semillas de <i>F. suberosa</i> Tul.	54
Tabla 8 Caracterización morfológica de semillas de <i>F. canensces</i> Bonpl., <i>F. suberosa</i> Tul. y <i>F. reticulata</i> Bonpl.	56
Tabla 9 Porcentaje de infección por HMA en raíces de motilón silvestre (<i>Freziera</i> spp).....	70
Tabla 10 Géneros de HMA presentes en especies de motilón silvestre (<i>Freziera</i> spp.) bajo diferentes modalidades de crecimiento.....	72
Tabla 11 Variables dendrométricas para árboles de <i>F. canensces</i> Bonpl., en un sistema silvopastoril tradicional, en 0,2 ha, municipio de Pasto, Nariño.....	85
Tabla 12 Valores de biomasa aérea (peso seco) por árbol y por componente en <i>F. canensces</i> Bonpl., en 0,2 ha.....	86
Tabla 13 Ecuaciones de biomasa aérea total en función de (DAP, altura total, volumen y área basal) en <i>F. canensces</i> Bonpl.....	87

Índice de figuras

Figura 1. Principales usos del motilón silvestre (<i>F. canensces</i> Bonpl.), Pasto, Nariño, Colombia.....	35
Figura 2. Porcentaje de infección por HMA en raíces de motilón silvestre (<i>Freziera</i> spp), en tres modalidades de crecimiento.....	71
Figura 3. Ecuación de biomasa total en función del DAP: ($Y = 2,61282 + 13,9972^{\wedge}DAP$).....	88
Figura 4. Tendencia de la biomasa Total en función de la Altura (h): ($Y = 3,40787 + 0,152818^{\wedge}h$).....	89
Figura 5. Tendencia de la Biomasa Total en función del Volumen (v): ($Y=4,30996+3,43815^{\wedge}v$).....	89
Figura 6. Tendencia de la Biomasa Total en función del Área Basal del árbol (g). ($Y = 3,76886 + 51,3541^{\wedge}g$).....	90

Índice de imágenes

Imagen 1. Panorámica general de ecosistemas de alta montaña donde predomina el género <i>Freziera</i> , municipio de Pasto, Nariño.....	20
Imagen 2. Fragmentación de ecosistemas andinos.....	22
Imagen 3. Presencia de árboles de motilón en: A. bosques naturales; B. asociaciones agroforestales y C. sistemas silvopastoriles.....	25
Imagen 4. Especie <i>F. canensces</i> : hojas y árbol.....	26
Imagen 5. Especie <i>F. reticulata</i> : hojas y árbol.....	27
Imagen 6. Especie <i>F. nervosa</i> : hojas y árbol.....	28
Imagen 7. Especie <i>F. suberosa</i> : árbol y hojas.....	29
Imagen 8. Bosques secundarios donde predomina la especie <i>F. reticulata</i> Bonpl, con aprovechamientos selectivos, municipio de Pasto, Nariño, Colombia.....	32
Imagen 9. Bosque secundario con presencia de la especie <i>F. canensces</i> Bonpl., Pasto, Nariño, Colombia.....	33
Imagen 10. Árboles de <i>F. canensces</i> Bonpl., dispersos en potreros, Pasto, Nariño, Colombia.....	33
Imagen 11. Manejo de <i>F. canensces</i> Bonpl., Pasto, Nariño, Colombia.....	34
Imagen 12. Árbol semillero y rama con frutos.....	43
Imagen 13. Recolección de frutos de motilón silvestre.....	46
Imagen 14. Frutos de motilón silvestre.	48



Editorial

Universidad de **Nariño**

Fecha de publicación: Febrero de 2024

San Juan de Pasto - Nariño - Colombia

El libro Motilón silvestre (*Freziera* spp.), especie leñosa con potencial agroforestal, característica de los ecosistemas de alta montaña de Nariño, es considerado por los habitantes como una de las especies maderables nativas de rápido crecimiento, aparece en los primeros estados de la sucesión secundaria, tiene una alta capacidad de regeneración natural y crece en terrenos de baja fertilidad, especialmente, aquellos que han sido cultivados o utilizados en actividades ganaderas y posteriormente abandonados por su baja productividad.

El presente documento, es el producto de la investigación generada por un grupo de profesionales interesados en el conocimiento y manejo de especies leñosas nativas del bosque altoandino. Integra resultados de un trabajo pionero y original en nuestro medio; reúne la documentación básica y científica, utilizada en la identificación de las especies correspondientes a este género, las características ecológicas donde crece el motilón silvestre, las prácticas de manejo tradicional, calidad de la semilla, identificación de hongos formadores de micorrizas y la capacidad de almacenamiento de carbono.

Del género *Freziera*, se identificaron cuatro especies correspondientes al género *Freziera* de *F. canescens* Bonpl., que es la más abundante, por su fácil adaptación y comportamiento a las condiciones edafoclimáticas imperantes y que tiene diversos usos. *F. reticulata* Bonpl, *F. nervosa* Bonpl, *F. suberosa* Tul., que crecen en forma homogénea o asociadas con otras especies nativas. La escasa información sobre semillas de especies forestales ha limitado la implementación de las mismas en planes de conservación y multiplicación de las leñosas, así mismo se destaca la conservación in situ, que garantiza mejores fuentes de semilla para su evaluación y selección, a partir de árboles sobresalientes. La identificación de las Micorrizas arbusculares, es una opción para resolver problemas de fertilidad de los suelos de génesis volcánica, especialmente el fósforo, frecuentes en las zonas montañosas de Nariño. Se reporta la presencia de los géneros *Glomus*, *Acaulospora* y *Gigaspora*, frecuentes en los suelos de la región. Con el fin de contribuir a la mitigación de los efectos negativos del cambio climático, se presenta información inicial sobre la captura de carbono, por árboles de motilón silvestre *Freziera canescens* Bonpl., en un sistema silvopastoril tradicional.

Con la información generada, se pretende contribuir a la preservación y mantener vigente una especie tan propia de esta región, como el motilón silvestre; la cual servirá de referente y ayuda, para quienes se preocupan por la preservación de los ecosistemas de alta montaña.

ISBN: 978-628-7679-41-2



9 786287 679412



Universidad de Nariño
FUNDADA EN 1904

ai
Universidad de Nariño

ACREDITADA EN ALTA CALIDAD
RESOLUCIÓN MEN 00022 - ENERO 11 DE 2023

Editorial
Universidad de Nariño