

**ESTIMACION DE LA BIOMASA Y EL CARBONO EN EL SISTEMA
AGROFORESTAL, CERCOS VIVOS EN LA VEREDA MOCONDINO MUNICIPIO
DE PASTO**

**WILLIAM ROSAS ENRÍQUEZ
MILENA SALAZAR ENRÍQUEZ**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA INGENIERÍA AGROFORESTAL
PASTO – COLOMBIA
2004**

**ESTIMACION DE LA BIOMASA Y EL CARBONO EN EL SISTEMA
AGROFORESTAL, CERCOS VIVOS EN LA VEREDA MOCONDINO MUNICIPIO
DE PASTO**

**WILLIAM ROSAS ENRÍQUEZ
MILENA SALAZAR ENRÍQUEZ**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el título de
INGENIERO AGROFORESTAL**

**Presidente de Tesis
LUZ AMALIA FORERO PEÑA MSc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA INGENIERÍA AGROFORESTAL
PASTO – COLOMBIA
2004**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”.

Artículo 1°. Del Acuerdo N° 324 del 11 de octubre de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota Aceptación:

Luz Amalia Forero Peña
Presidente de Tesis

Héctor Ordóñez
Delegado Asesor

William Ballesteros
Jurado

Carlos Mosquera
Jurado

San Juan de Pasto, Mayo del 2004

DEDICO A:

A mi MADRE y a mi Padre por su entrega
y colaboración.

A mi Abuela Laura López.

A mis hermanos en especial a Patricia y
Omar por prestarme su apoyo
incondicional.

A la familia Salazar Enríquez por
brindarme su amistad.

A mi compañera MILENA por brindarme
su amor.

A mi amigo Mauricio.

A mis compañeros.

A Jesús por dármelo todo.

WILLIAM ROSAS ENRÍQUEZ

DEDICO A:

A Jesús: por ser la energía que me da la fuerza para estar viva.

A mis padres: Nidia del Socorro y Tomás Alfredo por su esfuerzo, comprensión y apoyo incondicional.

A mi hermano Christian David por su entusiasmo y aprecio.

A William por su valiosa amistad y dedicación.

A mis amigos Elvia Enríquez y Carlos Rosas por su sincera amistad.

A Lukas por su alegría.

A todos mis familiares y apreciados amigos que colaboraron para que se lleve a cabo este trabajo.

MILENA SALAZAR ENRÍQUEZ

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

LUZ AMALIA FORERO PEÑA. Ingeniero Forestal M.sc, por su amistad y orientación en este trabajo de investigación, en calidad de presidente de tesis.

JORGE FERNANDO NAVIA. Ingeniero Agrónomo M.sc, por su iniciativa y dedicación, docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas.

HÉCTOR ORDÓÑEZ. Ingeniero Forestal M.sc, docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas.

CARLOS MOSQUERA QUIJANO. Ingeniero Agrónomo M.sc, docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas.

WILLIAM BALLESTEROS. Ingeniero Agroforestal M.sc. docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas.

Al cabildo indígena de la vereda Mocondino.

CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN	22
1. MARCO TEORICO	23
1.1 EL CAMBIO CLIMATICO	23
1.1.1 Efecto Invernadero	23
1.1.2 Calentamiento Global	24
1.1.3 Indicadores del Efecto Invernadero	24
1.1.4 Protocolo de Kioto	25
1.2 CICLO DEL CARBONO	25
1.2.1 Dióxido de Carbono	26
1.2.2 Adiciones a la Atmósfera	27
1.3 ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN BOSQUES SECUNDARIOS	28
1.4 CARACTERIZACIÓN DE LAS CERCAS VIVAS	28
1.5 CERCOS VIVOS DEL MUNICIPIO DE PASTO	28
1.6 CARACTERIZACION ECOLOGICA	30
1.6.1 Riqueza y diversidad florística	30
1.6.2 Cociente de mezcla	30
1.6.3 Cuadro de la vegetación	30
1.7 DETERMINACION DE LA BIOMASA	30
1.7.1 Método	30

1.7.2 Modelo alométrico	30
1.8 DETERMINACION DE CARBONO	31
1.9 OTROS ESTUDIOS	31
2. METODOLOGIA	34
2.1 LOCALIZACION	34
2.2 AREA DE ESTUDIO	34
2.3 SELECCIÓN DE LAS ESPECIES	37
2.4 DISEÑO DE MUESTREO	37
2.5 INVENTARIO FORESTAL	37
2.5.1 Caracterización florística y estructural de los cercos vivos	37
2.5.1.1 Caracterización Florística	37
2.5.1.2 Caracterización estructural	38
2.6 ESTIMACION DE LA BIOMASA Y EL CARBONO	38
2.6.1. Método directo para estimar el carbono de la biomasa	38
2.6.2 Estimación del carbono	40
2.7 CONSTRUCCION Y SELECCION DE MODELOS DE BIOMASA PARA LAS ESPECIES	40
3. RESULTADOS y DISCUSION	43
3.1 FISIONOMIA VEGETAL DE LOS CERCOS VIVOS NATURALES	43
3.2 CARACTERIZACION ECOLOGICA Y ECONOMICA DE LOS CERCOS VIVOS	44
3.2.1 La riqueza y diversidad florística	44
3.2.2 Cociente de mezcla	44

3.2.3 Cuadro de la vegetación	44
3.2.4 Importancia	47
3.2.5 Relación entre la importancia económica y ecológica	48
4. CARACTERIZACION ESTRUCTURAL DE LOS CERCOS VIVOS	48
4.1 Estructura horizontal	48
4.2 Estructura vertical	48
5. MODELOS DE BIOMASA	52
5.1 Modelo de biomasa para <i>V. arbórea</i>	52
5.2 Modelo de biomasa para <i>B. latifolia</i>	55
5.3 Modelo de biomasa para <i>R. glaucus</i>	58
5.4 Modelo de biomasa para <i>C. tumentosum</i>	63
6. ESTIMACION DE LA BIOMASA Y EL CARBONO	66
7. CONCLUSIONES	69
8. RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFIA	71

LISTA DE CUADROS

	pág
Cuadro 1. Descripción de la comunidad vegetal en cercos vivos de aproximadamente 4 años de edad en la vereda Mocondino, Pasto, Nariño.	43
Cuadro 2. Lista de especies por familias con sus diferentes usos, encontradas en cercos vivos. Vereda Mocondino, Pasto, Nariño	45
Cuadro 3. Índice de valor de importancia (IVI) de los cercos vivos presentes en la vereda Mocondino, Pasto, Nariño.	46
Cuadro 4. Especies de mayor importancia local, encontradas en los cercos vivos según la comunidad de la Vereda Mocondino, Pasto, Nariño.	47
Cuadro 5. Caracterización estructural por especies, encontradas en los cercos vivos de la vereda Mocondino, Pasto, Nariño.	51
Cuadro 6. Ecuaciones de biomasa por órganos (follaje, ramas, fuste) y biomasa aérea total para <i>V. arbórea</i> , vereda Mocondino, Pasto, Nariño.	52
Cuadro 7. Parámetros y ecuaciones de biomasa por órganos (follaje, ramas, fuste) y biomasa aérea total para <i>B. latifolia</i> , vereda Mocondino, Pasto, Nariño.	56
Cuadro 8. Parámetros y ecuaciones de biomasa por órganos (follaje, ramas, fuste) y biomasa aérea total para <i>R. glaucus</i> vereda Mocondino, Pasto, Nariño.	59
Cuadro 9. Parámetros y ecuaciones de biomasa por órganos (follaje, ramas, fuste) y biomasa aérea total para <i>C. tumentosum</i> vereda Mocondino, Pasto, Nariño.	63
Cuadro 10. Biomasa y Carbono aéreo por componentes y total medido en especies de importancia local de los cercos vivos del bs-MB en Mocondino, Pasto, Nariño.	68

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Vereda Mocondino, (Microcuenca Dolores). Municipio de Pasto, Nariño Colombia	36
Figura 2. Histograma de frecuencia por clases diamétricas para cercos vivos, vereda Mocondino, Pasto, Nariño.	50
Figura 3. Histograma de frecuencias por clases de altura para cercos vivos, vereda Mocondino, Pasto, Nariño.	50
Figura 4. Modelo alométrico simple de la forma $Y = a + b X$, ajustado por regresión para la relación biomasa aérea total (Bt) vs. área basal (G), n = 41árboles.	54
Figura 5. Histograma de frecuencia por clases diamétrica área basal para cercos vivos, vereda Mocondino, Pasto, Nariño.	55
Figura 6. Modelo alométrico simple de la forma $Y = a + b X$, ajustado por regresión para la relación biomasa aérea total (Bt) vs. altura (G). n = 65 árboles.	57
Figura 7. Histograma de frecuencia por clases diamétrica área basal para cercos vivos, vereda Mocondino, Pasto, Nariño.	58
Figura 8. Modelo alométrico simple de la forma $Y = a + b X$, ajustado por regresión para la relación biomasa de hojas (Bh) vs. altura (H). n = 10 árboles	60
Figura 9. Modelo alométrico de la forma $\ln Y = a + b \ln X$, ajustado por regresión para la relación $\ln$ biomasa de hojas (Bh) vs. $\ln$ altura (H). n = 10 árboles.	61
Figura 10. Histograma de distribución de la altura por frecuencias, datos originales de la altura sin transformación para cercos vivos, vereda Mocondino, Pasto, Nariño.	62
Figura 11. Histograma de distribución de la altura por frecuencias con transformación logarítmica para cercos vivos, vereda Mocondino, Pasto, Nariño.	62

Figura 12. Modelo alométrico de la forma $\ln Y = a + b \ln X$, ajustado por regresión para la relación $\ln$ biomasa de fuste (Bf) vs $\ln$ área basal (G). n = 13 árboles

64

Figura 13. Histograma de distribución del área basal por frecuencias datos originales del área basal, para cercos vivos, vereda Mocondino, Pasto, Nariño.

65

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Formato de encuesta realizado para la comunidad de Mocondino	76
Anexo B. Andeva para <i>Verbesina arbórea</i> (Biomasa total vs Área basal)	77
Anexo C. Andeva para <i>Baccharis latifolia</i> (Biomasa total vs Área basal)	78
Anexo D. Andeva para <i>Rubus glaucus</i> (Biomasa de hojas vs Altura)	79
Anexo E. Andeva para <i>Rubus glaucus</i> (ln Biomasa de hojas vs ln Altura)	80
Anexo F. Andeva para <i>Cestrum tumentosum</i> (ln Biomasa de fuste vs ln Area basal)	81

GLOSARIO

AGROFORESTERIA: es un nombre colectivo para todos los sistemas de uso de la tierra, donde plantas leñosas, perennes se siembran deliberadamente en la misma unidad de tierra con cultivos agrícolas y/o animales, en combinaciones espaciales o en secuencia temporal.

ALOMETRÍA: estudia los patrones de crecimiento o sea la proporcionalidad entre razones específicas o relativas del crecimiento

BIOMASA: Masa seca total, incluye follaje, ramas, troncos y raíces, pero excluye la hojarasca caída y la materia orgánica en descomposición

CERCO VIVO: franja de vegetación arbórea natural o plantada, que tiene por fin principal delimitar áreas.

CROMATOGRFÍA: técnica de análisis químico utilizada para separar sustancias puras de mezclas complejas.

DIVERSIDAD: se representa como la riqueza o diversidad alfa (α) de la comunidad de un área, siendo ésta el número de especies presentes para un nivel taxonómico prefijado.

ESTIMACIÓN: determinación de datos a partir de estudio o investigación

HETEROCEDASTICIDAD: es el incremento de la varianza con el aumento de una variable sobre el rango de los datos.

HOMOGENEIDAD: Ordenamiento de la vegetación según sus características comunes (ecológicas, edáficas, fisiográficas, etc.)

RELACIONES DENDROMÉTRICAS: son relaciones matemáticas o graficas que expresan dimensiones del árbol en función de otras.

SUMIDERO: bosques y masas forestales capaces de absorber los gases de efecto invernadero.

RESUMEN

Existe una preocupación a nivel mundial por el calentamiento de la atmósfera como consecuencia del aumento de la concentración de los gases efecto invernadero, especialmente el CO₂ el cual ha aumentado desde la era preindustrial.

Ante los procesos de fragmentación y eliminación de bosques para dar paso a la agricultura, ganadería y la baja tasa de reforestación en zonas altoandinas, los cercos vivos se constituyen en el único reducto boscoso presente en estos paisajes, de importancia para la conservación de la biodiversidad regional e indispensable fuente de recursos locales como la provisión de leña, madera, forraje y medicinas; además constituyen conectores entre parches boscosos para el intercambio de información genética.

Sin embargo, se necesitan elementos para sustentar el fomento de este sistema de uso de la tierra, cada vez más escaso por la ideología de los cultivos limpios especialmente de las nuevas generaciones. Esta sustentación podría ser de tipo económico por la venta de servicios ambientales, especialmente el de fijación de C, para este tipo de proyectos se requiere tener un conocimiento sobre la productividad y su capacidad de almacenamiento de C.

En el presente estudio se estimó la biomasa total aérea y la cantidad de carbono almacenada en los cercos vivos y en cinco especies de importancia local. Se estableció tres parcelas de muestreo de 64 m² (2*32 m), calculados mediante el método de área mínima representativa donde se realizó el inventario florístico y se caracterizó la estructura mediante la medición de variables dasométricas.

Para determinar la biomasa aérea y el C en las parcelas de muestreo se cosecho la vegetación (árboles y arbustos) y se obtuvo la materia seca por órganos (follaje, ramas y fuste), con lo anterior se desarrolló modelos estadísticos obtenidos al correlacionar las mediciones destructivas de peso seco de los árboles así como de sus órganos con las variables independientes (diámetro, altura, área basal). Una vez realizadas estas regresiones, permitieron estimar la biomasa y el carbono.

En la caracterización y encuestas realizadas a la comunidad de Mocondino se observó que dentro de las 21 especies existentes en los cercos vivos se destacaron cinco de mayor importancia local: *Baccharis latifolia*, *Verbesina arborea*, *Cestrum tumentosum*, *Rubus glaucus* y *Miconia Sentimodium*

Los mejores modelos estadísticos para estimar la biomasa aérea de estas especies, en función de las variables fueron los del tipo alométrico las cuales se obtuvieron con información proveniente del aprovechamiento de árboles en las

parcelas. La variable predictora más significativa de la biomasa aérea de *Baccharis latifolia*, *Verbesina arborea* y *Cestrum tumentosum* fue el área basal, en cambio para *Rubus glaucus* fue la altura, para *Miconia sentinodiu* no se realizaron modelos alométricos debido al bajo ajuste de las transformaciones

La cantidad de biomasa aérea en un kilómetro de cerco vivo fue de 3,86 toneladas de biomasa y 1,96 ton de carbono. Para las especies de valor local la biomasa y el carbono fue de 2.38 ton de biomasa y 1.19 ton de carbono en 1 Km, representado en 61,6% de biomasa y 30,8 % de carbono del total del cerco vivo.

ABSTRACT

At the world level, there is prejudice about heating of the atmosphere resulting from increasing the concentration of gases which cause hothouse effect, especially CO₂ which has increased from preindustrial time

In front of fragmentation and forests elimination processes which open the way to agriculture, cattle raising and low reforestation rate in Andean high areas; the alive fences are constituted in the only current wooded redoubt in these landscapes. They are important to regional and biodiversity conservation and essential as a source of local recourses as firewood provision, wood, forage and medicines. Moreover, they are constituted as connectors among wooded plasters for interchanging genetic information.

Nevertheless, it is needed some elements to support the development of this system soil use, more and more scarce for the ideology of clean cultivations, especially of new generations. This support could be one of economical type due to environmental service sale, especially, carbon fixation. To these types of projet, a knowledge about productivity and its carbon sotorage capacity is needed.

In the present study the air total biomass was estimated as well as the stored carbon quantity in alive fences and in five species of local importance. Three sampling 64 square meter (2*32m) plot were established calculed through the representative minimal area method where it was done the floristic inventory and it was characterized the structure through the measurement of dasometric variables.

To determine the aerial biomass and carbon in sampling plots, it was harvest the vegetation (trees and bushes) and it was obtained dry matter by organs (foliage, branches and wood). Whit the abovementioned, it was developed statistical patterns resulted from correlating destructive measurements of tree dried weight as well as its organs with indepent variables (diameter, height, basal area). Once those regressions were carried out, they allowed estimating biomass and carbon.

In the characterization and surreys carried out to Mocondino's community, it was seen that inside a group of 21 existing species in alive fences five with a higher importance are underlined: *Baccharis latifolia*, *Verbesina arbórea*, *Cestrum tumentosum*, *Rubus glaucus* and *Miconia Sentimodiu*

The best statistical patterens to estimate aerial biomass of these species in function of variables were those of alometric type which were obtained with informing comong from tree use in plots the most meaningful predictor variable and *Cestrum tumentosum* was the basal area. In contrst, to *Rubus glaucus* was

the height, to *Miconia sentinodiu*, it was not carried out allometric patterns due to its.

The aerial biomass quantity in one alive fence kilometer was 3,86 tons of biomass and 1,9 ton of carbon. To species with a local value, the biomass and carbon were 2,38 tons of biomass and 1,19 tons of carbon in one kilometer, which represented 61,6 biomass and 30,8% carbon of total alive fence.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las diversas clasificaciones a que esta sujeta la agroforestería encontramos los cercos vivos predominantes en el trópico de altura, los cuales tienen por objeto delimitar y proteger el suelo, además pueden contribuir a la generación de servicios ambientales entre los cuales cabe destacar el secuestro de carbono (Extracción y almacenamiento de carbono de la atmósfera por plantas).

En este contexto los cercos vivos pueden adquirir protagonismo por su capacidad de fijar carbono y su reconocimiento dentro de los mecanismos de flexibilidad para mitigar emisiones de Dióxido de Carbono (CO_2), el cual actualmente es producido por: la quema de combustibles fósiles y la producción de cemento en los países industrializados, así como la deforestación y cambio de uso de la tierra en países tropicales, quienes son una fuente importante de emisión de CO_2 .

De esta manera es cada vez más importante poder cuantificar la fijación de carbono (C), en ecosistemas naturales, plantaciones y en sistemas agroforestales como cercos vivos. Mocondino es una de las veredas del municipio de Pasto que se caracteriza por conservar estos sistemas de vegetación los cuales son de gran importancia como sumideros de C, razón por la cual se escogió este lugar para realización de la investigación donde el objetivo principal es estimar la biomasa y el C mediante el método directo (cosecha de la vegetación de un área conocida) y se cumplió otros objetivos como conocer el valor que la comunidad le asigna a las especies, caracterizar florística y estructural todas las especies del cerco vivo por medio del inventario, construir modelos alométricos de biomasa por especie y por órganos utilizando regresiones, finalmente estimar la cantidad de carbono fijado en la biomasa de las especies de valor local.

La generación de información del potencial de fijación de C en estos sistemas, es necesaria para implementar los procesos de valoración económica y a su vez es útil para incentivar a los propietarios de fincas productivas, el establecimiento y mantenimiento de cercas vivas.

1. MARCO TEORICO

1.1 EL CAMBIO CLIMATICO

Según Del Valle citado por IPCC:

“En enero de 2001 la prestigiosa revista Science publicó una noticia titulada “Es Oficial: el hombre es responsable de la mayoría del calentamiento global”. Aunque parece extraño que haya verdades oficiales en la ciencia el autor se refiere a que en los últimos cinco años transcurridos desde el Panel Intergubernamental Sobre el Cambio Climático”¹.

Para Del Valle:

Los científicos han logrado demostrar una influencia discernible del hombre en el cambio climático. Ello llevó a que Robert Watson, director anterior del IPCC, declarara oficialmente durante el panel realizado en Shanghai en enero de 2001, que la mayoría del calentamiento observado en la tierra durante los últimos cincuenta años se debe probablemente al aumento de la concentración de los gases con efecto invernadero (GEI) emitidos por el hombre. El panel cuyo informe representa el consenso de cientos de científicos participantes, fue aprobado por 100 gobiernos².

1.1.1 Efecto Invernadero

Para Ballesteros:

El término invernadero se aplica al papel que desempeña la atmósfera en el calentamiento de la superficie terrestre. La atmósfera es prácticamente transparente a la radiación solar de onda corta, absorbida por la superficie de la Tierra. Gran parte de esta radiación se vuelve a emitir hacia el espacio exterior con una longitud de onda correspondiente a los rayos infrarrojos, pero es reflejada de vuelta por gases como el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso, los clorofluorocarbonos (CFC) y el ozono, presentes en la atmósfera. Este

¹ IPCC. Specialreport on emissions scenarios. [en línea]. [EEUU]. Cambridge University Press, Abril 13 1998. [citado el 15 de Diciembre 2003]. Disponible en internet: URL: < [Inwww.grida.no/climate/ipcc/emission/index.htm](http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/index.htm).>

² DELVALLE, MORENO y ORREGO, S. Generalidades sobre el cambio climático y el mecanismo de desarrollo limpio. Medellín : Universidad Nacional, 2003. p. 115.

efecto de calentamiento es la base de las teorías relacionadas con el calentamiento global³.

1.1.2 Calentamiento Global

Según Figueredo:

El dióxido de carbono CO₂ es el principal subproducto de la combustión de los combustibles fósiles. Es lo que los científicos llaman un gas invernadero. Los gases de invernadero absorben el calor del sol reflejado en la superficie de la tierra y lo retienen, manteniendo la tierra caliente y habitable para los organismos vivos. No obstante, el rápido desarrollo industrial de los siglos XIX Y XX ha provocado un incremento de las emisiones procedentes de la combustión de los combustibles fósiles, elevando el porcentaje de dióxido de carbono en la atmósfera en un 28%. Este dramático incremento ha llevado a algunos científicos a predecir un escenario de calentamiento global que puede causar numerosos problemas medioambientales, como la alteración de los modelos climáticos y la función del casquete polar⁴

1.1.3 Indicadores del Efecto Invernadero. Para Urrutia, “los diez años más calurosos jamás registrados han ocurrido todos desde 1980; Durante el último siglo, el nivel de dióxido de carbono atmosférico subió un 25%; Desde el año 1900, la temperatura media de la tierra subió entre 0.3 a 0.6 °C; Los científicos aseguran que es necesario reducir las emisiones de gases de un 50% a 70%”⁵.

Según Medeiros:

América Latina es una de las regiones del mundo que más sufre por el efecto invernadero; Aumentan las sequías y las tormentas tropicales, especialmente los países de la Costa Pacífica, como Perú, Ecuador, Colombia y Chile, están sufriendo lluvias e inundaciones. En cambio, los países Atlánticos como Brasil y Uruguay podrán sufrir más sequías; El número de especies amenazadas aumentará en especial en los bosques tropicales. Los bosques de neblina de Centro América

³ BALLESTEROS, J. Libro electrónico, ciencias de la tierra y el medio ambiente. [en línea]. [Madrid, España]. Agencia europea de medio ambiente, Marzo 15 1999. [citado el 6 de Mayo 2004]. Disponible en internet: URL: < www.esi.unav.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/10catm.htm.>

⁴ FIGEREDO, G. Calentamiento global. [en línea]. [Londres]. BBC, 2002 Febrero, 2001. [citado el 6 de Mayo 2004]. Disponible en internet: URL: < News.bbc.co.uk/hi/spanish/spanish/foruns/newsid-1170000/1170512.stm>

⁵ URRUTIA, J. Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. [en línea]. [Temuco, Chile]. Universidad Austral de Chile, Octubre 5, 1998. [citado el 11 de Enero 2004]. Disponible en internet: URL: < www.CONYCIT.cl/bases/fondef/proyecto/98/1/09821076.htm.>

sufrirá por la sequía; La deforestación en la Amazonía ya ha conducido a una disminución del 20% en las lluvias de toda la región⁶.

Para Salazar y Rojas, “uno de los mayores limitantes para el secuestro del carbono es el cambio de uso de la tierra, principalmente en el Sur de Colombia (Putumayo), gran parte de esta tierra que hace parte de la selva amazónica se está talando el bosque para la siembra de cultivos ilícitos, causando grandes emisiones de gases hacia la atmósfera”⁷.

1.1.4 Protocolo de Kioto

Se reúnen en Kioto representantes de los países integrantes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, creada en el seno de la Cumbre sobre la Tierra, celebrada en Río de Janeiro en 1992. El Protocolo de Kioto establece que los países desarrollados deben reducir sus emisiones de gases causantes del efecto invernadero en un 5,2% para el año 2012 respecto a las emisiones del año 1990. Sin embargo, este protocolo debe ser ratificado por al menos 55 países desarrollados cuyas emisiones de gases de efecto invernadero sumen entre sí el 55% del total⁸.

1.2 CICLO DEL CARBONO

Para Ville:

El ciclo del carbono, es el ciclo de utilización del carbono por el que la energía fluye a través del ecosistema terrestre. El ciclo básico comienza cuando las plantas, a través de la fotosíntesis, hacen uso del CO₂ presente en la atmósfera o disuelto en el agua. Parte de este carbono pasa a formar parte de los tejidos vegetales en forma de hidratos de carbono, grasas y proteínas; el resto es devuelto a la atmósfera o al agua mediante la respiración. Así, el carbono pasa a los herbívoros que comen las plantas y de ese modo utilizan, reorganizan y degradan los compuestos de carbono. Gran parte de éste es liberado en forma de CO₂ por la respiración, como producto secundario del metabolismo, pero parte se almacena en los tejidos

⁶ MEDEIROS, A. Un proyecto internacional estudio la influencia de la Amazonía en el cambio climático. [en línea]. [Colombia]. INFOCIENCIASNET, Noviembre 4, 2002. [citado el 7 de Mayo 2004]. Disponible en internet: URL: <www.infociencia.net/http://www.infociencia.net/>

⁷ SALAZAR, M. Y ROSAS, W. Estimación del almacenamiento de carbono en la biomasa de corredores biológicos, ubicados en la zona de vida (bosque montano bajo) del municipio de Pasto. En : Trabajo en el sistema de investigación de la Universidad de Nariño. Pasto : Universidad de Nariño, 2003. p. 32.

⁸ BIBLIOTECA DE CONSULTA ENCARTA. Protocolo de Kioto. En : Artículo, Efecto invernadero. ENCARTA : Microsoft Corporation, 2004. 1 p.

animales y pasa a los carnívoros, que se alimentan de los herbívoros. En última instancia, todos los compuestos del carbono se degradan por descomposición, y el carbono es liberado en forma de CO₂, que es utilizado de nuevo por las plantas⁹.

1.2.1 Dióxido de Carbono

Según Yague:

El dióxido de carbono es un gas incoloro, inodoro y con un ligero sabor ácido, cuya molécula consiste en un átomo de carbono unido a dos átomos de oxígeno "CO₂". El químico escocés Joseph Black lo denominó "aire fijo", y lo obtuvo a partir de la descomposición de la marga y la caliza, como parte de la composición química de esas sustancias.

El químico francés Antoine Lavoisier lo identificó como un óxido de carbono al demostrar que el gas obtenido por la combustión del carbón de leña es idéntico en sus propiedades al "aire fijo" obtenido por Black. El dióxido de carbono es 1,5 veces aproximadamente más denso que el aire. Es soluble en agua en una proporción de un 0,9 de volumen del gas por volumen de agua a 20 °C.

El dióxido de carbono se produce por diversos procesos: por combustión u oxidación de materiales que contienen carbono, como el carbón, la madera, el aceite o algunos alimentos; por la fermentación de azúcares, y por la descomposición de los carbonatos bajo la acción del calor o los ácidos. Comercialmente el dióxido de carbono se recupera de los gases de hornos de calcinación y de los procesos de fermentación. La atmósfera contiene dióxido de carbono en cantidades variables, aunque normalmente es de 300 a 400 (ppm) y aumenta un 0,4% al año. Es utilizado por las plantas verdes en el proceso conocido como fotosíntesis, por el cual se fabrican los carbohidratos, dentro del ciclo del carbono¹⁰.

⁹ VILLE, C. El ciclo del carbono En : Biología. 7ª. ed. México : INTERAMERICANA, 1990. p. 56.

¹⁰ YAGUE, P. Dióxido de carbono. [en línea]. [Mendoza, Argentina]. Revista Chicos net, Octubre 20 2000. [citado el 10 de Mayo 2004]. Disponible en internet: URL: < www.chicos.net/chicosnet/html/corresponsales/ecologia28 >

1.2.2 Adiciones a la Atmósfera

Según Soto y John:

Debido a la combustión de los combustibles fósiles, la destrucción de los bosques y otras prácticas similares, la cantidad de CO₂ atmosférico ha ido aumentando desde la Revolución Industrial. La concentración atmosférica ha aumentado de unas 260 a 300 partes por millón (ppm) estimadas en el periodo preindustrial, a más de 350 ppm en la actualidad. Este incremento representa sólo la mitad del dióxido de carbono que, se estima, se ha vertido a la atmósfera. El otro 50% probablemente haya sido absorbido y almacenado por los océanos. Aunque la vegetación del planeta puede absorber cantidades considerables de carbono, es también una fuente adicional de CO₂.

El CO₂ atmosférico actúa como un escudo sobre la Tierra. Es atravesado por las radiaciones de onda corta procedentes del espacio exterior, pero bloquea el escape de las radiaciones de onda larga. Dado que la contaminación atmosférica ha incrementado los niveles de CO₂ de la atmósfera, el escudo va engrosándose y retiene más calor, lo que hace que las temperaturas globales aumenten en un proceso conocido como efecto invernadero.

Aunque el incremento aún no ha sido suficiente para destruir la variabilidad climática natural, el incremento previsto en la concentración de CO₂ atmosférico debido a la combustión de combustibles fósiles sugiere que las temperaturas globales podrían aumentar entre 2 y 6 °C a comienzos del siglo XXI. Este incremento sería suficientemente significativo para alterar el clima global y afectar al bienestar de la humanidad¹¹.

1.3 ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN BOSQUES SECUNDARIOS

Para López, et al:

La estimación del potencial de fijación Carbono por bosques secundarios y plantaciones forestales es de gran importancia frente al incremento de CO₂ en la atmósfera y su efecto en el clima global.

¹¹ SOTO, L y JOHN, B. Proyecto piloto internacional para la captura de carbono y desarrollo silvicultural comunitario en Chiapas, México. [en línea]. [Chiapas, Mexico]. ECOSUR - Universidad de Edimburgo , Abril 5 2000. [citado el 6 de Mayo 2004]. Disponible en internet: URL: < www.ecosur.org.htm >

Varios estudios han estimado la acumulación de biomasa total aérea y la consecuente fijación de C de bosques no intervenidos, plantaciones forestales y bosques secundarios usando y desarrollando modelos estadísticos¹².

1.4 CARACTERIZACIÓN DE LAS CERCAS VIVAS

Para Salazar, las cercas vivas se agruparon en tres categorías:

Cercas Incipientes: en estas cercas la vegetación dominante está compuesta por agregados de vegetación herbácea a lo largo de los alambrados y arbustos de porte pequeño y enredaderas en su mayoría que aparecen eventualmente a lo largo del alambrado. Presentan un solo estrato arbustivo y carecen de canales de drenaje al interior de estas pero pueden aparecer zanjas a los lados para evitar inundaciones en la época de invierno.

Cercas Medias: Son cercas vivas con una estructura mas definida donde aparecen dos estratos de vegetación diferenciables y ocasionalmente tres estratos (herbáceo, arbustivo y arbóreo bajo). El estrato arbustivo domina, mientras la abundancia de enredaderas disminuye. Poseen canal de drenaje interno en su mayoría, pero la presencia de agua está determinada por la época de lluvias.

Cercas Avanzadas: Aparecen tres estratos claramente diferenciados (herbáceo, arbustivo y arbóreo) donde domina el estrato arbóreo y las enredaderas se localizan hacia las copas de los árboles. Presentan sin excepción drenajes o canales de agua constantes con niveles fluctuantes según la estacionalidad climática. El estrato arbóreo forma una bóveda sobre el estrato herbáceo y arbustivo; este espacio permite un fácil acceso al ganado, el cual va en búsqueda de agua y sombra y de esta manera forma caminos al interior de las cercas¹³.

1.5 CERCOS VIVOS DEL MUNICIPIO DE PASTO

En muchas veredas del municipio de Pasto es muy común mirar franjas de vegetación por regeneración natural alrededor de los cultivos, potreros, quebradas y caminos con el fin de delimitar los predios. Esta vegetación tiene un tamaño medio ya que los agricultores no dejan que estas especies tengan mayor altura, por lo

¹² LOPEZ, M. et al. Estimación de carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el noroccidente del Ecuador. [en línea]. [Quito, Ecuador]. GTZ, Diciembre 3, 2002. [citado el 6 de Mayo 2004]. Disponible en internet: URL: < www.gtz.carb/bosq.com >

¹³ SALAZAR, Op.cit., p. 52.

tanto este material vegetal es cortado y dejado en el suelo para la protección de este, fertilización por la hojarasca y protección contra el viento. De esta manera se gana en la producción, mediante la diversificación de productos, disminución de costos de mantenimiento de los árboles. Además tiene una amplia variedad de especies nativas (brinzales, latizales y fustales), quienes en muchos casos son utilizadas por las madres de familia para remedios caseros y alimento para especies menores.

Para Salazar:

Es muy común en la zona andina encontrar extensas franjas de diferentes especies conectando varios parches de vegetación unas adaptadas, otras nativas de la región quienes sufren el impacto de las actividades del hombre como la tala, quema etc., separadas por grandes distancias de tierra utilizadas para cultivos o en ganadería.

En si generalmente las franjas de vegetación o plantaciones juegan un papel importante en la captura y almacenaje de grandes cantidades de carbono atmosférico. Las plantaciones con especies de rápido crecimiento tropicales son un sumidero de carbono por la relativa pequeña área en relación a otras formas de uso del suelo. El área anualmente plantada en los trópicos es menos del 10% de la cantidad del área deforestada simultáneamente y sólo podría capturar un 0.3% del carbono liberado por la deforestación. La reforestación con plantaciones puras tiene inconvenientes financieros que la han limitado en la mayoría de países Latinoamericanos. La reforestación con árboles maderables a densidades bajas, ha dado incrementos en los ingresos de los productores¹⁴.

Según Botero, “existe la posibilidad de que los árboles tengan la capacidad de fijar cantidades importantes de carbono en la madera. Si las especies son utilizadas para leña, postes o actividades de la casa como la realización de corrales, adornos etc. Lo anterior asegura que el carbono secuestrado, quedará inmovilizado en la madera por una gran cantidad de tiempo”¹⁵.

¹⁴ Ibid., p. 105.

¹⁵ BOTERO, J. Contribución de los sistemas ganaderos tropicales al secuestro de carbono. [en línea]. [San José, Costa Rica]. CATIE, Enero 16 2001. [citado el 6 de Mayo 2004]. Disponible en internet: URL: <www.LEAD.virtualcentre.or/es/ese.conferencia/htm>

1.6 CARACTERIZACION ECOLOGICA

1.6.1 Riqueza y diversidad florística. Para la UNESCO¹⁶, se la expresa a través del número de especies encontradas en el área de estudio.

1.6.2 Cociente de mezcla. Es la manera de representar la diversidad florística, a través de la expresión matemática que relaciona el número de individuos por especie.

$$CM = \frac{Na}{na}$$

Donde:

CM = Cociente de mezcla

Na = Número de especies

na = Número de individuos presentes en el área

1.6.3 Cuadro de la vegetación. La importancia ecológica de cada especie arbórea, se la determina mediante el índice de valor de Importancia (IVI).

1.7 DETERMINACION DE LA BIOMASA

1.7.1 Método directo. Según Overman y Saldarriaga, “consiste en cosechar la totalidad de la vegetación, a cada individuo se lo apea y se recolecta cada órgano como el follaje (hojas, frutos, flores), ramas y fuste en bolsas plásticas. Práctica que se realiza sobre un área conocida y se extrapola a una hectárea, es la más precisa y dispendiosa a medida que se trabaja con coberturas de estados sucesionales avanzados”¹⁷.

1.7.2 Modelo alométrico. Para Brown, “consiste en relacionar la masa seca de un árbol, o la masa de uno de sus órganos, con alguna variable de fácil medición (diámetro normal, altura, densidad de la madera, entre otras)”¹⁸.

Igualmente para Brown, “dentro de los modelos de regresión los alométricos derivados de una muestra de árboles son los más recomendables para la

¹⁶ UNESCO, PNUD, FAO. Ecosistemas de los bosques tropicales. En : Informe sobre el estado de conocimientos. Madrid : FAO, 1980. p. 24.

¹⁷ OVERMAN, M y SILDARRIAGA, J. Evaluación de los modelos de regresión. Amazonas, Colombia : Ecología Tropical, 1994. p. 28.

¹⁸ BROWN, S. Estimating biomass and biomass change of tropicales forests. Roma, Italia : FAO, 1997. p. 98.

estimación de biomasa, es la mejor aproximación adoptándose en casi todas las investigaciones”¹⁹.

Para Zapata, “al realizar las regresiones se encuentra por lo general residuales que con valores de +3 y -3 afectan el ajuste del modelo, según Zapata (2003) estos valores pueden ser puntos palanca y otros son datos que no se aproximan a la realidad”²⁰.

1.8 DETERMINACION DE CARBONO

La fracción de carbono se estima por categoría de vegetación, hojarasca y necromasa. Las estimaciones de la cantidad de carbono almacenado en diversos tipos de bosques naturales, bosques secundarios y plantaciones forestales por lo general asumen un valor de 50% para la fracción de carbono en materia seca en todas las especies.

Según Duarte y Segura, citados por Orozco proponen:

Que un método para determinar carbono mediante la estimación de la energía con un calorímetro adiabático y realizando las conversiones respectivas. Con este método se han encontrado fracciones de carbono de 0.43 a 0.47 en diferentes especies forestales. Las normas establecidas por el IPCC (1996), para realizar estimaciones de contenidos de carbono en diferentes escenarios naturales, recomienda utilizar el mínimo valor de 0.50 en caso de que no hayan datos disponibles. El carbono también se puede determinar en forma de dióxido de carbono mediante métodos químicos gravimétricos directos e indirectos²¹.

1.9 OTROS ESTUDIOS

Lopez, Schlönvoigt y Ibrahim²², realizaron estudios de cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica. El estudio indica que en suelos de fertilidad media y bien drenados, el sistema silvopastoril de *P. maximum* y *C. alliodora* tiene el potencial de acumular carbono en la biomasa, sin disminuir el carbono en el suelo durante los primeros

¹⁹ Ibid., p. 84.

²⁰ ZAPATA, M. et al. Estimación de biomasa aérea en los bosques secundarios por el método del árbol medio. Medellín : Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 2003, p. 54.

²¹ OROZCO, L, BROMER, C y HENDRIK. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América central. Costa Rica : CATIE, 2002. p. 121.

²² LOPEZ, A., SCHLONVOIGT, A Y IBRAHIM, M. Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica. En : Revista Agroforestería de las Américas. Vol. 8, No. 3 (1998); p. 3.

siete a diez años de crecimiento. En el sistema silvopastoril, además se genera ingresos para el productor, la madera producida almacena el carbono por muchos años (si se utiliza como madera de construcción) y a la vez se reduce la presión sobre el carbono almacenado en la madera de los bosques naturales.

Lopez, Schlönvoigt y Ibrahim²³, en otros estudios de estimación de carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el noroccidente del Ecuador, se concluyó que la estimación de biomasa por el método basado en el cálculo de la biomasa del fuste y un factor de expansión para la biomasa en ramas y en hojas provee una mejor estimación de carbono. La relación entre edad y biomasa estimada para toda la zona indica que bosques secundarios pueden llegar a una biomasa de 223 t/h en 30 años, lo cual representa 112 t/h de carbono.

Según Salazar y Rosas²⁴, en estudios sobre estimación del almacenamiento de carbono en la biomasa de corredores biológicos, ubicados en la zona de vida (Bosque seco montano bajo) del municipio de Pasto, se obtuvieron los siguientes datos, la biomasa total aérea por kilómetro de corredor equivale a 3.86 toneladas siendo el carbono total de 1.96 toneladas; igualmente se pudo observar que la cantidad de carbono fue superior en el fuste con 0.436 t, las ramas con 0.310 t, y las hojas con 0.221 t.

Componente	Biomasa (t)	Carbono (t)
Hojas (km-1)	0.882	0.440
Ramas (km-1)	1.240	0.620
Fuste (km-1)	1.74	1.74
Aérea total (km-1) *	3.86	1.93
Aérea total (km-1)**	3.94	1.97

Según Forero²⁵, en estudios de estimación del potencial de la captura de carbono por la *Acacia mágnun* (*Recasopema mágnun ex Acacia mágnun*) en diferentes densidades de siembra de un sistema silvopastoril. Cauca, Antioquia, mostró los modelos que mejor estimaron la biomasa aérea, radical y total fueron de tipo logarítmico a partir del diámetro, con coeficientes de determinación altos y

* Observada

** Calculada a partir de la ecuación ajustada y corregida corrección por sesgo: $Bt = 1021,62 \cdot G^{0.894660}$

²³ Ibid., p. 1.

²⁴ SALAZAR Y ROSAS, Op.cit., p. 23.

²⁵ FORERO, A. Estimación del potencial de la captura de carbono por la *Acacia mágnun* (*Recasopema mágnun ex Acacia mágnun*) en diferentes densidades de siembra de un sistema silvopastoril. Cauca, Antioquia. En: Programa de maestrías en ciencias agrarias. Medellín: Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 2003. p. 48.

bajos cuadrados medios del error; tanto el modelo como los parámetros fueron altamente significativo ($p > 0.001$). El diámetro es la variable de fácil obtención, además se registra en la mayoría de inventarios forestales.

Según Forero, “a los cinco años, en promedio la cantidad acumulada de biomasa aérea derivada de la suma de los componentes (Follaje, ramas y fuste) para los árboles de SSP (sistema silvopastoril), fue de 168, 8 Kg Á⁻¹ y de 148 Kg Á⁻¹ para alta densidad (AD) y baja densidad (BD) respectivamente, sin diferencias estadísticas”²⁶.

La estimación por componentes del árbol, las hojas correspondieron a 20 Kgr por árbol para AD y 18 Kg para BD, las ramas a 49,6 Kg para AD y 44,9 Kg para BD, y el fuste a 95,1Kg y 87,5 respectivamente, sin diferencias estadísticas entre poblaciones.

El carbono total acumulado durante 5 años por A. mágnum, tuvo valor de 18 t ha⁻¹ para alta densidad y de 15,6 t ha⁻¹ para baja densidad. Esta variable se incrementó positivamente por el alto crecimiento diametral de la especie, para el cual se pudo apreciar cambio significativo de un año a otro.

Según Alegre y Arevalo²⁷, en estudios realizados sobre reservas de carbono con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sistemas de la amazonía peruana, con algunas diferencias en clima e intensidad de uso de la tierra, presentaron que la foresta y los barbechos antiguos tuvieron los contenidos más altos en carbono C, mientras el nivel de carbono en todos los sistemas manejados es más bajo que en los bosques naturales. En los sistemas manejados como los sistemas perennes con árboles y coberturas de pastoreo el contenido de C fue muy alto, para palma aceitera fluctuó desde 41 ton ha⁻¹ hasta 74 ton ha⁻¹, para plantación de caucho y el sistema agroforestal multiestrato estos valores fueron intermedios con 59 ton ha⁻¹.

²⁶ Ibid., p. 50.

²⁷ ALEGRE, J y AREVALO, L. Reservas de carbono con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la amazonía peruana. [en línea]. [Yurimaguas, Perú]. ICRAF, Julio 20 2000. [citado el 6 de Mayo 2004]. Disponible en internet: URL: < www.fao.org/WAICENT/FAOINP/AG/AGAP/FRG/espa%F101/document/boterusso/18htm-25k >

2. METODOLOGIA

2.1 LOCALIZACION

La vereda Mocondino se localiza en el municipio de Pasto, Nariño. Se encuentra en la cuenca alta del río Pasto entre las microcuencas Dolores y el Barbero, al oriente en el sector perimetral de la ciudad de Pasto.

Para Betancur y Lagos:

La ubicación geográfica se encuentra entre los 3° 12' 10" de longitud oeste y a 1°13'15" de la latitud norte, su altura es 2750 msnm y su temperatura es de 13° centígrados, con una extensión superficial de 700 Ha.

Las fuentes principales de agua para suplir sus necesidades (riego, consumo humano y animal) son: las quebradas la Chorrera Negra, el Madural y el Motilón²⁸

Según la clasificación de las zonas de vida propuesta por Holdridge²⁹, la zona de estudio pertenece a una zona de vida de bosque seco montano bajo (bs-MB) Ver figura 1.

2.2 AREA DE ESTUDIO

Para Salazar y Rosas³⁰, esta zona se caracteriza por la abundancia de corredores biológicos o cercos vivos que sirven para delimitar los predios, formando diferentes arreglos agroforestales: silvopastoriles y silvoagricolas, ofreciendo varios servicios ambientales, entre ellos la protección de cuencas, control de la erosión, descontaminación del aire y belleza paisajística. Además son franjas de vegetación que se conectan con el bosque y albergan una alta biodiversidad (banco de germoplasma) resultado de la interacción permanente con el mismo.

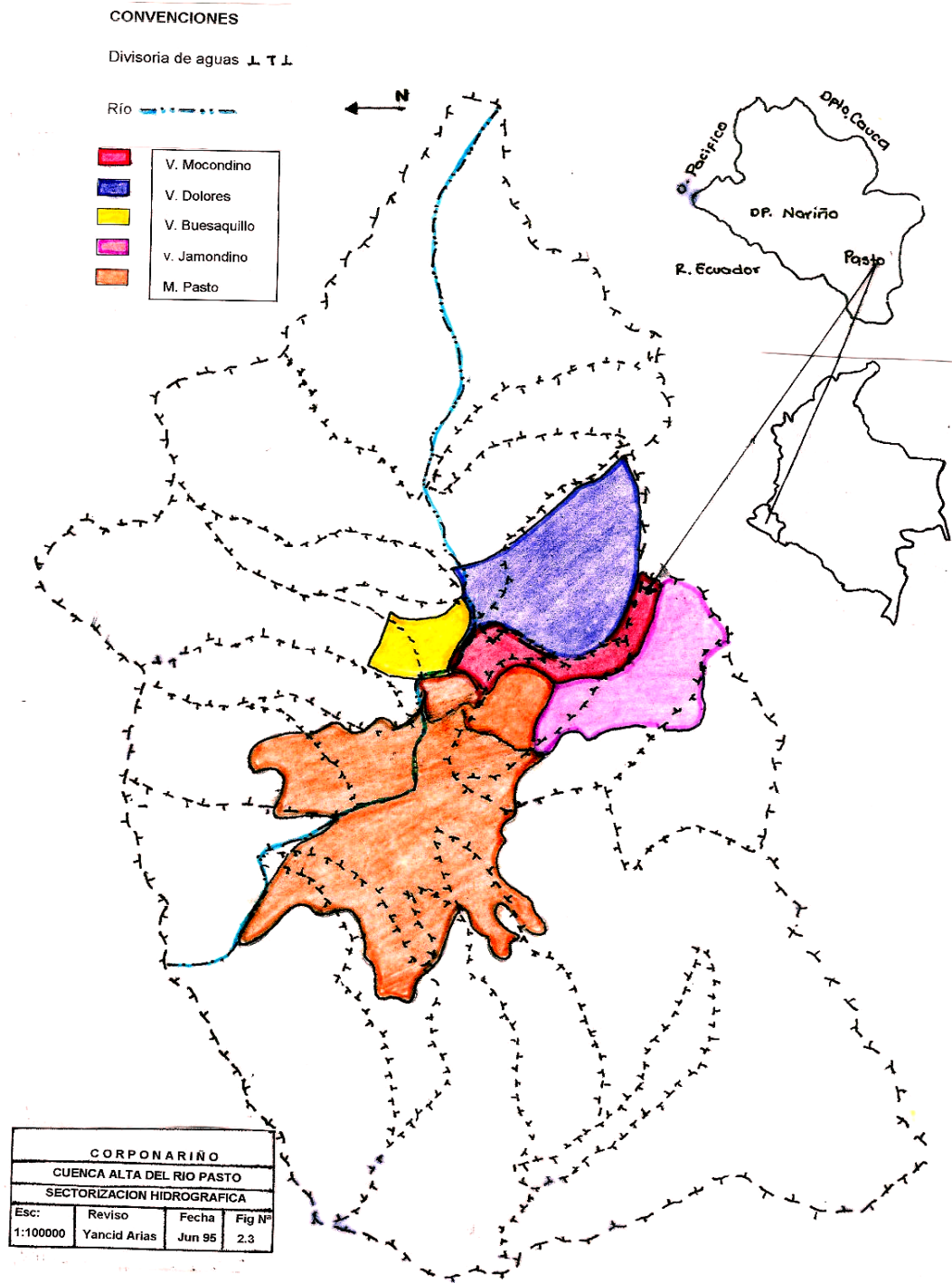
²⁸ BETANCUR, J. Y LAGOS, I. Estrategias que permitan la conservación y protección del medio ambiente del sector de Mocondino, Municipio de Pasto. Pasto, 2001. p. 29. Trabajo de grado (Licenciatura en ciencias naturales). Universidad de Nariño. Facultad de Educación.

²⁹ HOLDRIDGE, Leslie. Ecología Basada en Zonas de Vida. San José de Costa Rica : IICA, 1978. p. 110.

³⁰ SALAZAR Y ROSAS, Op.cit., p. 36.

El trabajo de campo se realizó en el sistema agroforestal cercos vivos naturales, quines son mantenidos de tal forma que no afecten los cultivos asociados a praderas y cultivos de clima frío (pasto kikuyo (*Penisetum clandestinum*), maíz (*Zea mays*) y papa (*Solanum tuberosum*) en predios de campesinos, los cuales se manejan de manera tradicional.

Figura 1. Vereda Mocondino, (Microcuenca Dolores). Municipio de Pasto, Nariño Colombia



2.3 SELECCIÓN DE LAS ESPECIES

La estimación de la biomasa y el Carbono (C), se realizó para especies las cuales se seleccionaron con base en el estudio de Forero y Ordóñez³¹, cuya importancia se corrobora a través de encuestas realizadas a la comunidad de Mocondino (Anexo 1), en la cual se escogieron las especies : Chilca *Baccharis latifolia*, Colla blanca *Verbesina arborea*, Morochillo *Miconia sentimodiu*, Sauco negro *Cestrum tumentosum*, Mora *Rubus glaucus*; que crecen en las cercas vivas naturales, y son muy utilizadas por la comunidad, para la obtención de forraje, madera, postes, leña, medicinales y servicios ambientales como la protección de las riveras de agua, barreras rompevientos, conservación de suelos, protección de la biodiversidad.

2.4 DISEÑO DE MUESTREO

Se tomó la información proveniente del trabajo de investigación realizado por Salazar y Rosas³², en el cual se determinó el área de muestreo para corredores biológicos en parcelas rectangulares (fajas) de 2 m de ancho por 32 m de longitud para una área de 64 m², el cual se determinó teniendo en cuenta el área mínima.

Se realizó tres repeticiones y a cada una se le tomó la información de todos los árboles por especie, información que sirvió para estimar la biomasa y el C.

2.5 INVENTARIO FORESTAL

Para Lema³³, es importante que las parcelas delimitadas sean caracterizadas en su composición florística y estructural.

2.5.1 Caracterización florística y estructural de los cercos vivos

2.5.1.1 Caracterización Florística. Se realizó un inventario la 100% de vegetación en cada una de las franjas, las especies se listaron por familia, género y uso y con la información de este se caracterizó la estructura horizontal y vertical de los cercos vivos.

³¹ FORERO, A y ORDOÑEZ, H. Identificación de especies de valor local en corredores biológicos con participación comunitaria. Pasto : Universidad de Nariño, 2004. p. 40.

³² SALAZAR Y ROSAS, Op.cit., p. 29.

³³ LEMA, A. Elementos teórico prácticos de inventarios forestales. En : Proyecto Bosque Guandal. Medellín : Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 1994. p. 71.

2.5.1.2 Caracterización estructural

- **Estructura diamétrica.** Para describir la estructura horizontal de la vegetación de los cercos vivos se utilizó el diámetro (Dc), y el número de árboles por especie (N). Esta también se realizó para cada una de las especies seleccionadas.
- **Estructura altimétrica.** La estructura vertical se describió a través de las clases de altura total (H) de los cercos vivos. Y el porcentaje de árboles también se realizó por especie.

Los datos obtenidos de la caracterización se organizaron en una tabla de Índice de Valor e Importancia (IVI) que permitieron conocer el valor y posición ecológica de las especies seleccionadas.

2.6 ESTIMACION DE LA BIOMASA Y EL CARBONO

2.6.1. Método directo para estimar el carbono de la biomasa. A los árboles en pie se les tomó la variable diámetro según la categoría de vegetación, también se tuvo en cuenta que por debajo de los 30 cm las ramificaciones son individuos diferentes.

Según metodología propuesta por Ovintong y Forrest:

- **Brinzales.** Se tomaron las especies que no sobrepasaron 1.5 mt de altura quienes fueron medidos con una vara graduada en metros, el diámetro fue medido con nonio a 30 cm del suelo.
- **Latizales.** Se tomaron las especies que no sobrepasaron 10 cm de diámetro, el cual fue medido con nonio a 30 cm del suelo.
- **Fustales.** Se tomaron las especies que sobrepasaron los 10 cm de diámetro, el cual fue tomado a 1.30 mt de la base³⁴.

Según Zapata³⁵, es importante, cosechar la totalidad de los árboles (tala rasa) en el área determinada por especie y por órgano (follaje, ramas y fuste).

³⁴ OVINTONG, J y FORREST, G. Estimación de la biomasa en árboles. En : Simposio en productividad primaria y ciclos minerales en ecosistemas naturales. New Cork : Universidad de Maine, 1967. p. 3.

³⁵ ZAPATA, Op.cit., p. 43.

Se tomó la siguiente información.

Árboles apeados

- Longitud del fuste. Se tomo desde su base hasta el ápice, con cinta métrica.
- Peso fresco. Se peso en una balanza de 25 Kgr cada uno de los órganos por separado: fuste, ramas y follaje por árbol; posteriormente se colectaron muestras representativas de estos componentes, las cuales se transportaron en bolsas plásticas (para evitar que se pierda la humedad) al laboratorio.

Según Pearsus, “este proceso se aplica a toda la vegetación del cerco vivo, incluyendo las especies seleccionadas”³⁶.

Peso de las muestras.

Para la toma del peso de las muestras, se apoyo en la metodología propuesta por Pearsus³⁷, donde se pesó cada muestra fresca en laboratorio en una balanza electrónica y luego se llevó al horno a una temperatura de 80 °C para extraer el agua, durante 2 días para luego conocer los siguientes parámetros.

- Peso Seco. Para cada uno de los órganos fuste, ramas y follaje se tomo el peso con una balanza electrónica.
- Biomasa de cada órgano.

Para determinar la biomasa total de cada órgano se utilizo la ecuación propuesta por Overman y Saldarriaga³⁸.

$$P_{so} = \frac{P_{sm}}{P_{fm}} \times P_{fo}$$

Donde:

P_{so} = peso seco de cada órgano (fuste, ramas y follaje).

P_{sm} = peso seco de la muestra tomada en cada órgano.

³⁶ PEARSUS, D. Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Zaragoza, España : ACRIBIA, 1986. p. 29.

³⁷ Ibid., p. 19.

³⁸ OVERMAN y SALDARRIAGA, Op.cit., p. 30.

P_{fm} = peso fresco de la muestra

P_{fo} = peso fresco del órgano.

Para Zapata, et al, “la sumatoria de todos los pesos secos de todos los órganos P_{so} representa la biomasa total del árbol”³⁹.

2.6.2 Estimación del carbono. Los datos de biomasa fueron multiplicados por un factor que involucro contenido de C en la biomasa seca (factor de conversión) y la relación entre el peso de la molécula de CO₂ y el peso del átomo de Carbono, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$CO_2 = B * (CC * 44 / 12)$$

Donde:

CO₂ = dióxido de carbono fijado por la vegetación.

B = biomasa seca.

CC = contenido de carbono en la biomasa seca

Para Brown, “el contenido del carbono (CC) en un gramo de biomasa = 0.5 g de C”⁴⁰.

2.7 CONSTRUCCION Y SELECCION DE MODELOS DE BIOMASA PARA LAS ESPECIES

Una vez lograda la anterior información se procedió a desarrollar los correspondientes modelos de biomasa.

Para Zapata, “la biomasa del componente follaje, ramas, fuste y biomasa total aérea se relaciona en función de las variables dendrométricas como Altura (H), Diámetro (Dc) y Área Basal (G)”⁴¹

³⁹ ZAPATA, M, et al, , Op.cit., p. 59.

⁴⁰ BROWN, Op.cit., p. 100.

⁴¹ ZAPATA, M, et al, , Op.cit., p. 61.

El modelo alométrico empleado fue el propuesto por Zapata:

$$B = a X^b * V$$

Donde:

B = biomasa del componente (follaje, ramas, fuste o total aéreo)

a y b = parámetros estimados de la regresión.

X = variable independiente que puede ser el D, H, G.

V = término multiplicativo del error $(CME/2)^{42}$.

Como forma linealizada del modelo alométrico se utilizó el logaritmo natural (ln), lo cual sirvió para corregir la heterocedasticidad de los modelos de regresión y para incrementar la validación estadística del análisis, al homogenizar la varianza sobre el rango de datos:

$$\ln(W) = \ln a + b * \ln(X)$$

Para Sprugel citado por Del Valle⁴³. Para solucionar el problema del sesgo sistemático en las predicciones, introducido al recuperar el modelo original; al tomar antilogaritmos se adiciona un factor de corrección (fc) el cual incluye al cuadrado medio del error (CME).

$$fc = CME/2$$

Para seleccionar los mejores modelos se utilizó los siguientes criterios: lógica biológica del modelo (alometría), el CME (se utiliza entre varios modelos el que tenga menor valor y con este hacer predicciones), coeficiente de determinación (R^2) es uno de los más utilizados para la elección de un modelo, se define como la proporción de la variación alrededor de la media, explicada por el modelo de regresión, prueba de F (se utiliza análisis de varianza para ofrecer un medio alternativo de probar la hipótesis de que la pendiente es cero), para cada modelo y parámetro.

⁴² Ibid., p. 65.

⁴³ Del Valle, Op.cit., p. 124.

También se probaron los supuestos de normalidad, homocedasticidad (distribución normal de los datos) e independencia, mediante el análisis gráfico de los residuales (este análisis es la manera más efectiva de detectar los posibles deficiencias del modelo y se realiza sobre la grafica que resulta de comparar los residuales con las variables independientes).

Se calculo el valor esperado con los modelos y se comparo con los valores reales de biomasa total, según propone Brown⁴⁴.

⁴⁴ BROWN, Op.cit., p. 85.

3. RESULTADOS y DISCUSION

La investigación realizada se basó en resultados obtenidos en cercos vivos en donde se estimó la biomasa y el carbono existente en estos sistemas, Salazar y Rosas⁴⁵, la inexistencia de modelos desarrollados para estas coberturas sucesionales y la carencia de información para estas zonas, sigue justificando la investigación en estos lugares, especialmente en las regiones altoandinas.

3.1 FISIONOMIA VEGETAL DE LOS CERCOS VIVOS NATURALES

La comunidad vegetal presente en los cercos vivos de la vereda Mocondino son pluriformes de aproximadamente cuatro años de edad. Se encontraron árboles a partir de 0,88 cm hasta los 10 cm de diámetro con un promedio de 2,4 cm y alturas que van de 1,10cm a 7 m con un promedio de 2,3 m. Se contabilizó un total de 3440 árboles por kilómetro de corredor o (0.2 ha) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de la comunidad vegetal en cercos vivos de aproximadamente 4 años de edad en la vereda Mocondino, Pasto, Nariño.

Variable	Mínimo	Promedio	Máximo	Desviación estándar	IMA (año ⁻¹)	Coefficiente de Variación %
Altura (m)	0.4	2.3	7.0	0,88	0.58	38
Diámetro (cm)	0.4	2.4	10.2	1.23	0.6	51
Área basal(m ²)	-----	0,0006	0,0082	-----	0.00015	-----
Area basal m ² Km ⁻¹	-----	1,032	-----	-----	0,258	-----
Volumen(m ³)	-----	0,00093	0,0172	-----	0.0002	-----
Volumen m ³ Km ⁻¹	-----	1,599	-----	-----	0,344	-----

Fuente: IMA, Incremento medio anual

⁴⁵ SALAZAR Y ROSAS, Op.cit., p. 39.

3.2 CARACTERIZACION ECOLOGICA Y ECONOMICA DE LOS CERCOS VIVOS

3.2.1 La riqueza y diversidad florística. El número de especies encontrado en los cercos vivos fue 21, que correspondió a 14 familias. La familia más predominante es la Asteraceae con 3 especies y le siguen las familias Solanaceae, Myrsinaceae, Melastomataceae, Rosaceae con 2 especies respectivamente (Cuadro 2). Similar a lo reportado por Forero et al⁴⁶, para bosques secundarios de la cuenca alta del río Pasto para un total de 38 especies, repartidas en 24 familias y 28 géneros diferentes.

La familia Melastomatacea, junto con la Asteraceae y Cunnoniaceae fueron las más importantes en ese ecosistema, a lo estudiado por Ordoñez⁴⁷, en la evaluación de la diversidad florística y estructural de los bosques altoandinos, encontrando 33 familias de las cuales las más importantes son Melastomataceae, Myrsinaceae y Ericaceae, similar a lo reportado en este estudio.

3.2.2 Cociente de mezcla. En los cercos vivos de 4 años de edad, el conjunto de individuos menores de 10 cm de diámetro presentó un cociente de mezcla de 1:16, lo que indicó una mezcla poco intensa, pues en promedio cada especie está representada por 16 individuos, dando características de homogeneidad. Sin embargo a pesar de la mezcla, la dominancia de la especie chaquilulo *Cavendishia querome* (0.0082 m²), reflejada en el área basal total (Cuadro 3) le dio ciertas características de homogeneidad.

3.2.3 Cuadro de la vegetación. En el cuadro 3 se destaca la importancia ecológica y dominio florístico de algunas especies en el cerco vivo. Cinco especies representaron el 48% del peso ecológico (chilca *Baccharis latifolia*, chaquilulo *Cavendishia querome*, colla blanca *Verbesina arborea*, charmuelan *Geissanthus serrulatus* e ivilan *Monnima sp.*),

La predominancia de las especies mencionadas corrobora que se trata de una comunidad con cierta tendencia a la homogeneidad lo cual puede ser explicado a características comunes como ecológicas, edáficas, fisiográficas, etc, como lo reporta Vincent⁴⁸, de estas, la especie mas abundante es: *B. latifolia* con 24.7%, le sigue en el orden de importancia, *Monnima sp* con 13.1%, *V. arborea* con 12,50%, *G. serrulatus* con 10.5%. (Cuadro 3).

⁴⁶ FORERO, et al. Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca alta del río Pasto. Pasto : CORPONARIÑO, 1995. p. 156.

⁴⁷ ORDOÑEZ, H. Evaluación de la diversidad florística y estructura de los bosques secundarios altoandinos del municipio de Pasto Nariño. Medellín : Universidad Nacional de Colombia, 2002. p. 129.

⁴⁸ VINCENT, L. Estudio sobre la tipificación del bosque con fines de manejo en la unidad 1 de la reserva forestal de Caparo. Caracas Venezuela, 1970. p. 38. Trabajo de grado. (Tipificación de bosques Mag. Sc). Universidad de los Andes. Ingeniería Forestal.

Estas especies nativas se destacan por el rápido crecimiento y alta capacidad para establecerse, no solo en lugares con plena radiación solar sino también en lugares con determinado grado de competencia en donde se las encuentra creciendo en altas densidades en concordancia con el estudio de Forero, et al⁴⁹.

Cuadro 2. Lista de especies por familias con sus diferentes usos, encontradas en cercos vivos. Vereda Mocondino, Pasto, Nariño.

NV	ESPECIE	FAMILIA	USOS			
			Leña	Forraje	Medi.	Otros
Chilca	<i>Baccharis latifolia</i>	Asteraceae		X		
Ivilan	<i>Monnima sp.</i>	Polygalaceae			X	
Colla blanca	<i>Verbesina arborea</i>	Asteraceae		X		
Charmuelan	<i>Geissanthus serrulatus</i>	Myrsinaceae			X	X
Sauco negro	<i>Cestrum tumentosum</i>	Solanaceae			X	X
Morochillo	<i>Miconia sentinodiu</i>	Melastomataceae	X			
Cedrillo	<i>Brumellia comocladifolia</i>	Brunelliaceae	X			
Tarta	<i>Psoralea mutisii</i>	Fabaceae				X
Pelotillo	<i>Viburnum sp</i>	Caprifoliaceae	X			
Mora	<i>Rubus glaucus</i>	Rosaceae			X	X
Cerote	<i>Hesperomeles glabrata</i>	Rosaceae			X	X
Espino	<i>Barnadesia espinosa</i>	Asteraceae	X			X
Flor de Mayo	<i>Tibouchina mollis</i>	Melastomataceae				X
Campesina	<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae				X
Tipo	<i>Mihthostachys sp</i>	Labiatae			X	
Arrayan	<i>Myrcianthes luocoxila</i>	Miyrtaceae	X		X	X
Majua	<i>Palicourea amesthystena</i>	Rubiaceae				X
Chaquilulo	<i>Cavendishia querome</i>	Ericaceae				X
Surapanga	<i>Siparuna echinata</i>	Myrcinaceae			X	
Mote	<i>Cordia rhopaloides</i>	Borraginaceae	X			X
Cujaca	<i>Solanum ovalifolium</i>	Solaneceae				X
Otros usos: frutos, uso domestico (barrer), postes, ritos, ornamental						

El valor más alto en área basal por especie correspondió a *C. querome* con 0.0082 m² km⁻¹ de cerco, que equivale al 41.4%, debido a que esta especie es conservada por la comunidad para la obtención de madera. Este hecho hace que la especie sea la más importante dentro del IVI dado su alto diámetro, a pesar de su baja abundancia y frecuencia; en orden importancia le siguieron *Myrcianthes luocoxila* 8 %, *M. sentinodiu* 5.9 %, *Geissanthus serrulatus* 4.71%.

⁴⁹ FORERO, et al, Op.cit., p. 105.

Cuadro 3. Índice de valor de importancia (IVI) de los cercos vivos presentes en la vereda Mocondino, Pasto, Nariño.

N.V	ESPECIE	N	F	G(m ²)	A%	F%	G%	% IVI
Chaquilulo	<i>Cavendishia querome</i>	1	0,33	0,0082	0,29	2,94	41,35	44,58
Chilca	<i>Baccharis latifolia</i>	85	1,00	0,0004	24,71	8,83	2,18	35,71
Ivilan	<i>Monnima sp.</i>	45	1,00	0,0002	13,08	8,83	1,11	23,02
Charmuelan	<i>Geissanthus serrulatus</i>	36	0,67	0,0009	10,47	5,88	4,71	21,06
Colla blanca	<i>Verbesina arborea</i>	43	0,33	0,0006	12,50	2,94	3,21	18,65
Morochillo	<i>Miconia sentinodiu</i>	18	0,67	0,0012	5,23	5,88	5,89	17,01
Sauco Negro	<i>Cestrum tumentosum</i>	20	1,00	0,0005	5,81	8,83	2,31	16,95
Cerote	<i>Hesperomeles glabrata</i>	9	0,67	0,0009	2,62	5,88	4,53	13,03
Cedrillo	<i>Brumellia comocladifolia</i>	17	0,67	0,0004	4,94	5,88	1,92	12,74
Arrayan	<i>Myrcianthes lucoxila</i>	2	0,33	0,0016	0,58	2,94	8,00	11,52
Flor de Mayo	<i>Tibouchina mollis</i>	6	0,67	0,0006	1,74	5,88	3,27	10,90
Tarta	<i>Psoralea mutisii</i>	17	0,33	0,0006	4,94	2,94	2,91	10,79
Mora	<i>Rubus glaucus</i>	10	0,67	0,0001	2,91	5,88	0,64	9,43
Pelotillo	<i>Viburnum sp</i>	13	0,33	0,0004	3,78	2,94	1,96	8,68
Campesina	<i>Lantana camara</i>	6	0,33	0,0008	1,74	2,94	3,90	8,58
Espino	<i>Barnadesia espinosa</i>	9	0,33	0,0005	2,62	2,94	2,73	8,29
Surapanga	<i>Siparuna echinata</i>	1	0,33	0,0008	0,29	2,94	4,07	7,30
Tipo	<i>Mihthostachys sp.</i>	2	0,67	0,0001	0,58	5,88	0,33	6,80
Mote	<i>Cordia rhopaloides</i>	1	0,33	0,0007	0,29	2,94	3,58	6,81
Majua	<i>Palicourea amesthystena</i>	2	0,33	0,0002	0,58	2,94	1,08	4,61
Cujaca	<i>Solanum ovalifolium</i>	1	0,33	0,0001	0,29	2,94	0,34	3,57
TOTAL		344	11,33	0,0198	100	100	100	300

Donde:

N: N° de Árboles
F: Frecuencia
G: Área basal
A%: Abundancia

F%: Frecuencia
G%: Área basal
IVI %: Índice de valor de importancia
 (A%+F%+G%)

3.2.4 Importancia económica. Las especies nativas, arbustivas y semiarbustivas que se mencionan a continuación son las más importantes para la comunidad de Mocondino ya que proporcionan varios productos (Cuadro 4):

➤ *B. latifolia* y *V. arborea*. Planta arborea son utilizadas como forraje (alimento para especies menores). Según estudios de estas especies realizados por Rodríguez⁵⁰, hay evidencia de la gran aceptabilidad por los animales debido a sus propiedades organolépticas y además son recomendadas por su alto valor nutricional.

➤ *B. latifolia*, *R. glaucus*, *C. tumentosum*. Para Duran⁵¹, estas especies son de gran importancia medicinal, son utilizadas como infusión para el dolor de estómago, combatir la fiebre y quitar manchas en la piel. *R. glaucus* provee fruta que se comercializa localmente o se consume en el hogar.

➤ *M. sentinodiu*. Para Mendez⁵², esta planta es útil como leña, así como otras especies de los cercos, ya que la mayoría de la comunidad no utiliza el gas, también se usa en la construcción de jaulas para especies menores, como estacas y posteadura.

Cuadro 4. Especies de mayor importancia local, encontradas en los cercos vivos según la comunidad de la Vereda Mocondino, Pasto, Nariño.

NV	ESPECIE	FAMILIA	USOS			
			Leña	Forraje	Medi.	Otros
Chilca	<i>Baccharis latifolia</i>	Asteraceae		X	X	X
Colla blanca	<i>Verbesina arborea</i>	Asteraceae		X		X
Mora	<i>Rubus glaucus</i>	Rosaceae			X	X
Sauco negro	<i>Cestrum tumentosum</i>	Solanaceae			X	X
Morochillo	<i>Miconia sentinodiu</i>	Melastomataceae	X			X

⁵⁰ RODRIGUEZ, P. Evaluación nutricional de especies forrajeras y degradabilidad "in situ" de algunas arbóreas arbustivas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en altiplano de Nariño. Pasto, 2000. p. 41. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

⁵¹ DURAN, F. Manual de cultivos orgánicos y alelopatía. Bogotá : Grupo Latino, 2003. p. 457.

⁵² MENDEZ, et al. Plantaciones en línea. Costa Rica : CATIE, 2000. p. 80.

3.2.5 Relación entre la importancia económica y ecológica. Para Méndez, “los cercos vivos, además de ofrecer bienes, ofrecen servicios ambientales, especialmente el de protección a la biodiversidad y su importancia ecológica para mantener el equilibrio ecológico de esta zona de vida”⁵³.

Según Méndez:

- *V. arbórea* y *B. latifolia*. Son especies importantes para la recuperación y conservación de las microcuencas, mientras que *Rubus glaucus*, *Cestrum tumentosum* y *Miconia sentinodiu* proporciona un microclima importante para mantener la humedad del cultivo, debido a que funcionan como barreras rompevientos, son hospederos de insectos benéficos como los controladores biológicos y protegen de la erosión.
- *Monnima sp.* y *G. serrulatus*. Estas especies están presentes en los cercos y poseen un alto valor ecológico, este no coincide con el uso que le asigna el agricultor, debido probablemente a la cultura del no uso (no conocen beneficios) ya que en otras veredas estas especies son utilizadas⁵⁴.

4. CARACTERIZACION ESTRUCTURAL DE LOS CERCOS VIVOS

4.1 Estructura horizontal

En la distribución de los individuos por clases diamétricas en los cercos vivos (Figura 2), el mayor porcentaje 38% se encontró en la clase 1.5 – 2.6 cm, con 130 individuos lo cual es usual en este tipo de sistemas y la clase con menor porcentaje 1.2% se encuentran especies con diámetros mayores a 8.1cm. En cuanto a las especies de importancia local, su rango diamétrico se encuentra entre 0.4 y 3.7 cm, lo que indica que se trata de árboles jóvenes.

4.2 Estructura vertical

En la Figura 3 se pudo observar que la mayor concentración de individuos de la vegetación en cercos se presentó en la segunda y tercera clase de altura, cuyos rangos oscilaron entre 1.5 a 3.5 m

* Comunicación personal.

⁵³ Ibid., p. 91.

⁵⁴ Ibid., p. 115.

El mayor porcentaje de alturas (48%) se concentró entre la clase 1.5 – 2.5 m, mientras que el menor porcentaje (3%) se encontró mayor a 4.5 m de altura, atribuido a que la vegetación es intervenida aproximadamente cada 4 años para obtener productos como leña, forraje, estacas y otros, por tal razón se encuentran con menor frecuencia árboles de estados sucesionales avanzados. Lo anterior es posiblemente atribuido a que la mayoría de especies son arbustivas y son manejadas por los agricultores*.

El histograma muestra una distribución de frecuencias tendiente a lo normal, característico en comunidades vegetales naturales.

Las características por especie, se detallan en el cuadro 5. La especie con mayor diámetro fue *C. querome* (10,2 cm), y con menor diámetro fue el Tipo *Mihthostachys sp.* La especie de mayor altura fue Surapanga *Siparuna echinata* (5 m) y la de menor *Monnima sp* (1,10 m). La especie con mayor área basal fue *C. querome*, y por tanto la de mayor volumen (0,0172 m³). La especie con mayor y menor abundancia correspondió a *B. latifolia* (85) y *C. querome* respectivamente (1).

Figura 2. Histograma de frecuencia por clases diamétricas para cercos vivos, vereda Mocondino, Pasto, Nariño.

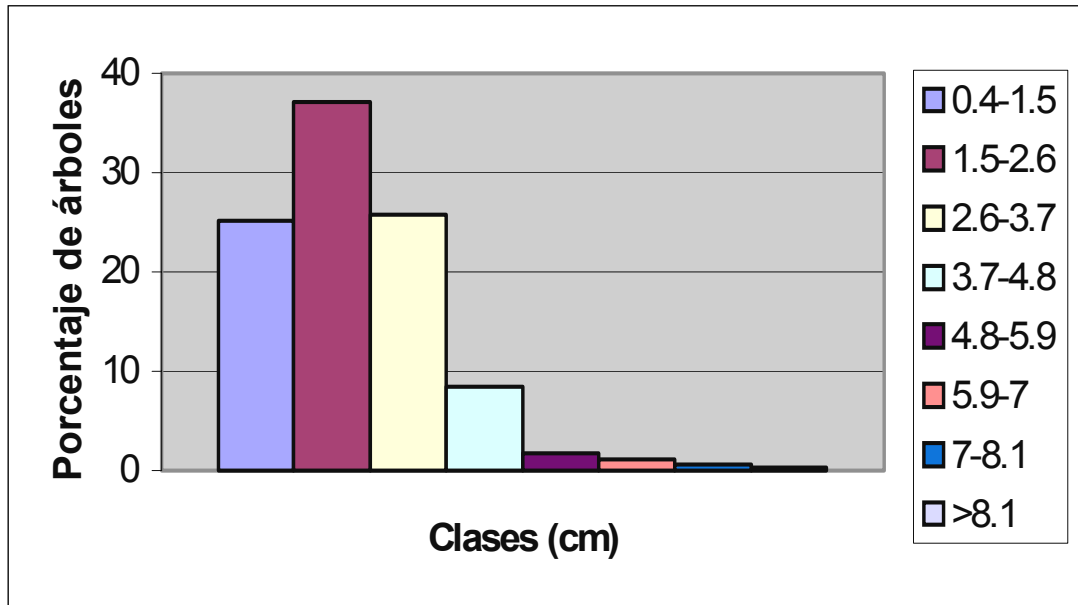
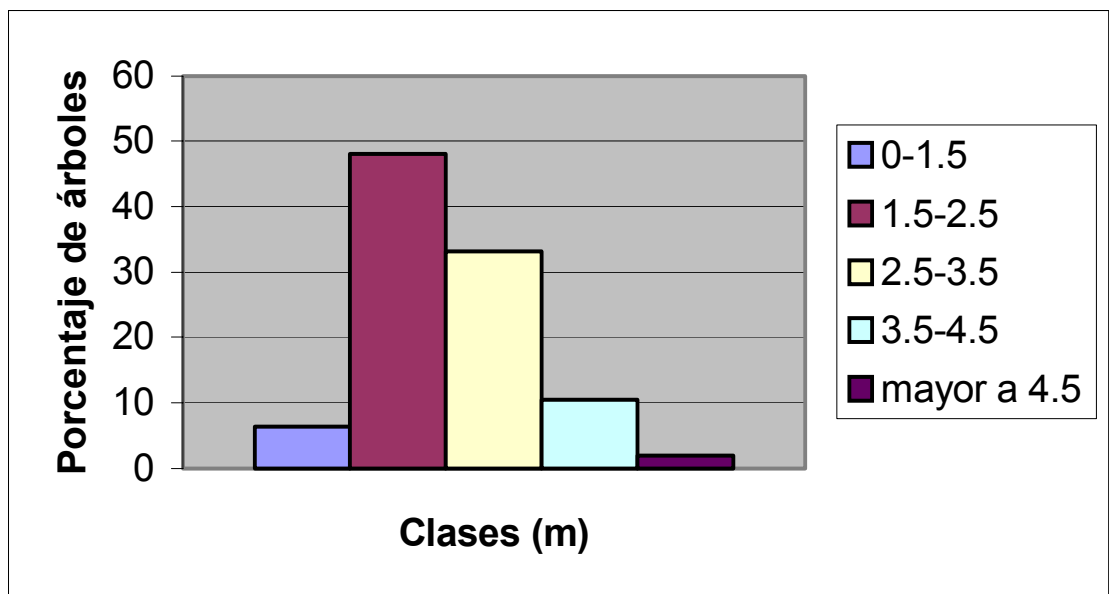


Figura 3. Histograma de frecuencias por clases de altura para cercos vivos, vereda Mocondino, Pasto, Nariño.



Cuadro 5. Caracterización estructural por especies, encontradas en los cercos vivos de la vereda Mocondino, Pasto, Nariño.

NV	ESPECIE	N	Dc	H	G(m ²)	Vol m ³
Chaquilulo	<i>Cavendishia querome</i>	1	10,2	3,5	0,008171	0,0172
Chilca	<i>Baccharis latifolia</i>	85	2,16	2,03	0,000430	0,0006
Ivilan	<i>Monnima sp.</i>	45	1,46	1,10	0,000219	0,0004
Colla blanca	<i>Verbesina arborea</i>	43	2,7	2,32	0,000635	0,0009
Morochillo	<i>Miconia sentinodiu</i>	18	3,45	2,74	0,001164	0,0020
Sauco Negro	<i>Cestrum tumentosum</i>	20	2,22	2,34	0,000456	0,0008
Cerote	<i>Hesperomeles glabrata</i>	9	2,78	2,62	0,000894	0,0022
Cedrillo	<i>Brumellia comocladifolia</i>	17	1,95	1,98	0,000379	0,0006
Flor de Mayo	<i>Tibouchina mollis</i>	6	2,87	2,62	0,000743	0,0014
Arrayan	<i>Myrcianthes lucoxila</i>	2	4,42	3,05	0,001581	0,0034
Tarta	<i>Psoralea mutisii</i>	17	2,55	2,63	0,000575	0,0010
Mora	<i>Rubus glaucus</i>	10	1,21	1,83	0,000127	0,0002
Pelotillo	<i>Viburnum sp</i>	13	2,07	2,67	0,000388	0,0007
Campesina	<i>Lantana camara</i>	6	2,96	1,8	0,000770	0,0008
Espino	<i>Barnadesia espinosa</i>	9	2,47	2,69	0,000539	0,0008
Surapanga	<i>Siparuna echinata</i>	1	3,2	5	0,000804	0,0024
Tipo	<i>Mihthostachys sp</i>	2	0,88	1,45	0,000066	0,0001
Mote	<i>Cordia rhopaloides</i>	1	3	3	0,000707	0,0013
Majua	<i>Palicourea amesthystena</i>	2	1,65	2,15	0,000214	0,0003
Cujaca	<i>Solanum ovalifolium</i>	1	0,92	3	0,000066	0,0001
TOTAL		344			0,019860	0,0386
					0,000946	0,0018

Donde:

N: Numero de árboles por especie
G: Área basal en metros cuadrados
Dc: Diámetro en centímetros
Vol: Volumen en metros cúbicos
H: Altura

5. MODELOS DE BIOMASA

En los cuadros siguientes se presentan los resultados de los modelos seleccionados para estimar la biomasa aérea total y por órganos de las especies de mayor importancia local, encontradas en los cercos vivos. Algunos modelos alométricos fueron obtenidos linearizando los datos con transformaciones logarítmicas.

5.1 Modelo de biomasa para *V. arbórea*. El cuadro 6 contiene los resultados de la estimación de los parámetros y de los mejores modelos para estimar biomasa aérea total y por órganos. En el modelo de biomasa para follaje la variable predictora fue el diámetro; para el fuste, ramas y biomasa total aérea, la variable predictora de los modelos fue el área basal.

Cuadro 6. Ecuaciones de biomasa por órganos (follaje, ramas, fuste) y biomasa aérea total para *V. arbórea*, vereda Mocondino, Pasto, Nariño.

Órganos	Modelo lineal $Y = a + bx$	P	EE	N	CME	F	% R ²
Follaje	$Bh = -0,82287 + 0,474255 * Dc$	$a = 0,0000$ $b = 0,0000$	0,229	35	0,053	111,9	76,7
Ramas	$Br = -0,116635 + 825,613 * G$	$a = 0,0251$ $b = 0,0000$	0,186	37	0,035	170,8	82,59
Fuste	$Bf = 0,0899264 + 1180,19 * G$	$a = 0,3846$ $b = 0,0000$	0,392	41	0,153	79,86	66,63
Biomasa total	$Bt = -0,0228884 + 2836,3 * G$	$a = 0,8704$ $b = 0,0000$	0,533	40	0,289	247,7	86,4

Donde:

Dc: Diámetro (cm)
G: Área basal (m²)
Bh: Biomasa de hojas
EE: Error de estimación
n: Tamaño de la muestra
Br: Biomasa de ramas

CME: Cuadrado medio del error
F: F calculado (**99%) (*95%)
Bf: Biomasa de fuste
R²: Coeficiente de determinación
p: Nivel de significancia
Bt: Biomasa total

En la Figura 4 se muestra la línea ajustada del modelo alométrico de biomasa aérea total, en la escala original. Como puede observarse el patrón lineal no mostró heterocedasticidad en los datos como se ha manifestado en gran número de trabajos Zapata⁵⁵, donde al graficar la nube de puntos se muestra el problema de heterocedasticidad reflejada en el incremento de la varianza con el aumento del diámetro.

El valor de P en el análisis de varianza es menor que 0.01 lo cual indica una relación estadísticamente significativa entre biomasa de total y área basal, el R² indica que el modelo explica el 86,40% de la variabilidad de la biomasa, el coeficiente de correlación igual a 0,93 indica una relación fuerte entre las variables, el error normal de la estimación muestra la desviación normal de los residuos al ser 0,53 (Anexo B). Este valor se usó para construir límites de predicción. Similar a lo obtenido por Forero⁵⁶, donde los coeficientes de determinación son altos (88%) y bajos promedios de error (0.48 a 1.149) igualmente a lo reportado por Zapata⁵⁷.

El modelo se ajustó con 43 datos de los cuales se excluyeron 2 observaciones cuyos residuales estandarizados tuvieron valores absolutos superiores a tres. Similar al estudio realizado por Zapata⁵⁸, donde se eliminaron observaciones remotas “outliers” .

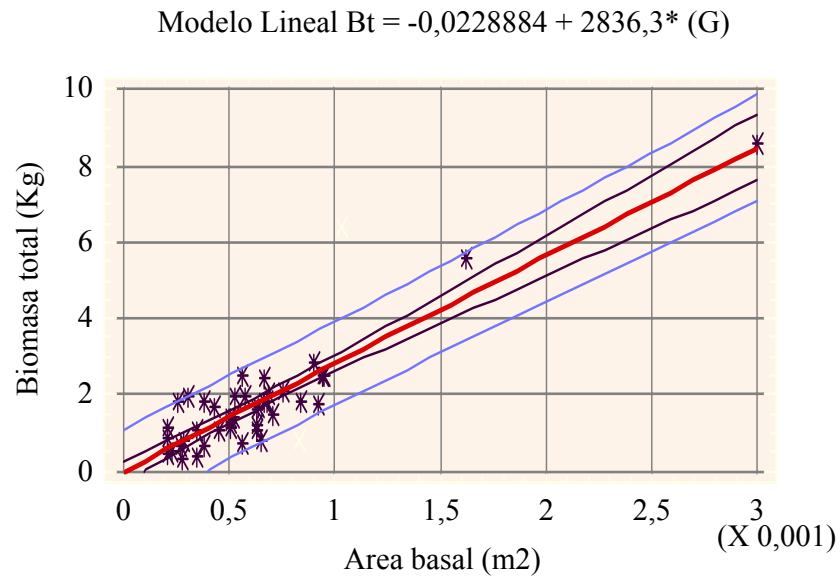
⁵⁵ Zapata, Op.cit., p. 61.

⁵⁶ FORERO, A, Op.cit., p. 49.

⁵⁷ Zapata, Op.cit., p. 66.

⁵⁸ Ibid., p. 70.

Figura 4. Modelo alométrico simple de la forma $Y = a + b X$, ajustado por regresión para la relación biomasa aérea total (Bt) vs. área basal (G), $n = 41$ árboles.

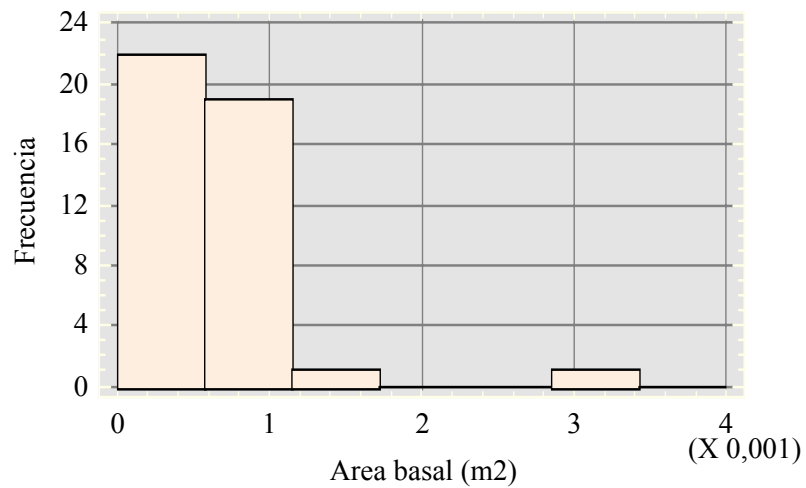


Donde

Predicción: —
 Nivel de confianza 99%: —
 Observaciones: *
 Nivel de confianza 95%: —

En la figura 5 se observa la distribución de la frecuencia por rangos de área basal, la mayor cantidad de árboles se agrupan en los rangos 0.0001 a 0.017 m² reduciéndose a medida que se avanza debido a que el estado sucesional de la especie se encuentra intervenido

Figura 5. Histograma de frecuencia por clases diamétrica área basal para cercos vivos, vereda Mocondino, Pasto, Nariño.



5.2 Modelo de biomasa para *B. latifolia*. El cuadro 7 contiene los resultados de la estimación de los parámetros y de los mejores modelos para estimar biomasa aérea total y por órganos de *B. latifolia*. Para los modelos de biomasa de follaje, ramas, fuste y biomasa total la variable predictora fue el área basal sin transformación logarítmica.

Cuadro 7. Parámetros y ecuaciones de biomasa por órganos (follaje, ramas, fuste) y biomasa aérea total para *B. latifolia*, vereda Mocondino, Pasto, Nariño.

Órganos	Modelo lineal $Y = a + bX$	P	EE	N	CME	F	% R ²
Follaje	$Bh = 0,0559587 + 261,152 * G$	$a = 0,0009$ $b = 0,0000$	0,078	64	0,006	60,03	48,79
Ramas	$Br = -0,0446722 + 872,44 * G$	$a = 0,1608$ $b = 0,0000$	0,165	69	0,027	193,2	73,97
Fuste	$Bf = -0,0548953 + 1536,78 * G$	$a = 0,2984$ $b = 0,0000$	0,266	67	0,071	176,4	72,77
Biomasa total	$Bt = -0,0804662 + 2835,11 * G$	$a = 0,3238$ $b = 0,0000$	0,407	65	0,166	275,6	81,15

Donde:

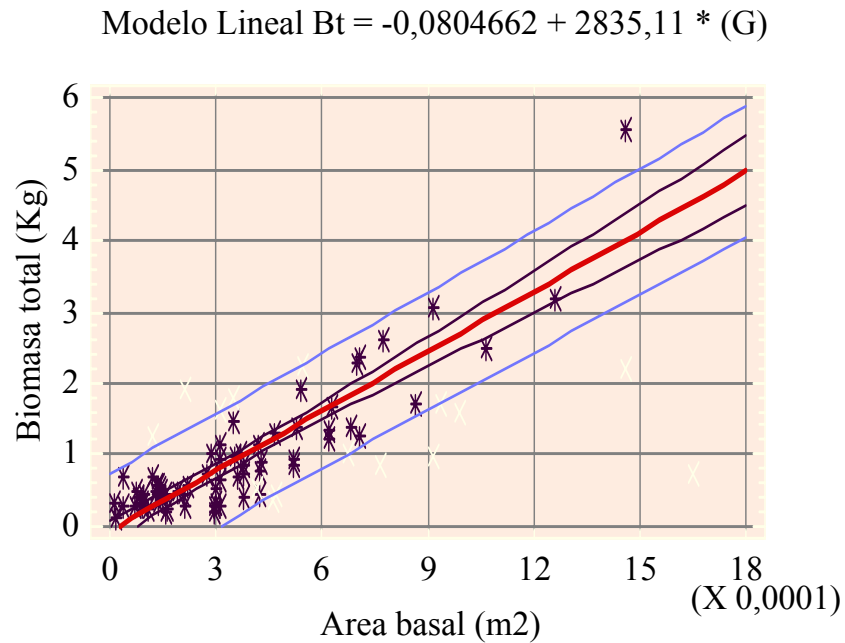
G: Área basal (m ²)	F: F calculado (**99%) (*95%)
Bh: Biomasa de hojas	Bf: Biomasa de fuste
EE: Error de estimación	R²: Coeficiente de determinación
n: Tamaño de la muestra	p: Nivel de significancia
Br: Biomasa de ramas	Bt: Biomasa total
CME: Cuadrado medio del error	

En la Figura 6 se muestra la línea ajustada del modelo alométrico de biomasa aérea total, en la escala original. Como puede observarse el patrón lineal no mostró heterocedasticidad, probablemente por la juvenilidad del estado de la sucesión natural que ocurre en esta especie por el permanente manejo a que es sometida (obtención de forraje).

El valor de P en el análisis de varianza es menor que 0.01 lo cual indica una relación estadísticamente significativa entre biomasa total y área basal, el R² indica que el modelo explica el 81,2% de la variabilidad de la biomasa, el coeficiente de correlación igual a 0,90 indica una relación fuerte entre las variables, el error normal de la estimación muestra la desviación normal de los residuos al ser 0,41 (Anexo C).

El modelo se ajustó con 80 datos de los cuales se excluyeron 14 observaciones cuyos residuales estandarizados tuvieron valores absolutos superiores a tres.

Figura 6. Modelo alométrico simple de la forma $Y = a + b X$, ajustado por regresión para la relación biomasa aérea total (Bt) vs. área basal (G). $n = 65$ árboles.

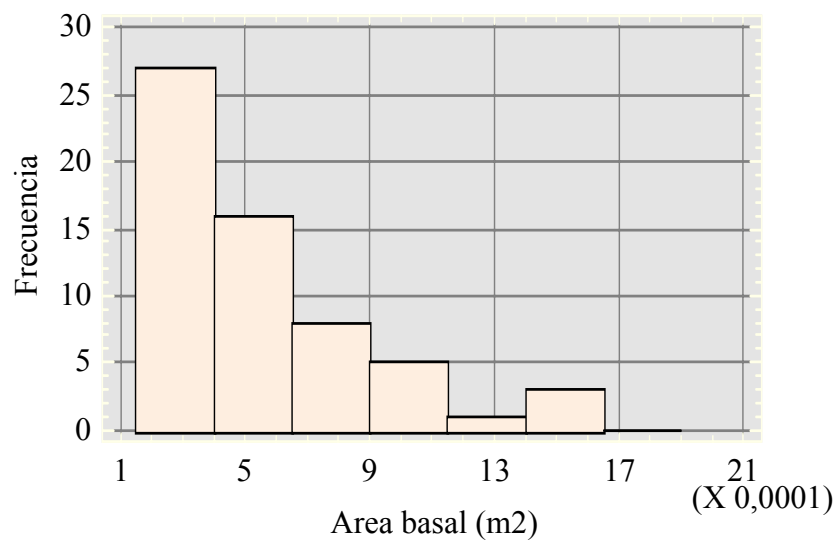


Donde:

Predicción: —
 Nivel de confianza 99%: —
 Observaciones: *
 Nivel de confianza 95%: —

En la figura 7 se observa la distribución de la frecuencia por área basal, la mayor cantidad de árboles se agrupan en los dos primeros rangos: alto número de individuos con baja área basal y reduciéndose para áreas superiores, similar a lo encontrado para V. arborea.

Figura 7. Histograma de frecuencia por clases diamétrica área basal para cercos vivos, vereda Mocondino, Pasto, Nariño.



5.3 Modelo de biomasa para *R. glaucus*. En el cuadro 8 se presentan los mejores modelos para estimar la biomasa de *R. glaucus*. En todos los modelos la variable predictora fue la altura, para biomasa de follaje se requirió transformación logarítmica, para el caso de biomasa de ramas, fuste y biomasa total los mejores modelos se ajustaron sin transformación.

Cuadro 8. Parámetros y ecuaciones de biomasa por órganos (follaje, ramas, fuste) y biomasa aérea total para *R. glaucus* vereda Mocondino, Pasto, Nariño.

Órganos	Modelos $Y = a + bX$ $\ln Y = a + bX \ln *$	P	EE	N	CME	F	% R ²
Follaje	$\ln Bh = -3,7112 + 1,32559 * \ln H$	$a = 0,000$ $b = 0,000$	0,15	7	0,023	162,1	96,4
	$Bh = -0,01559346 + 0,0433291 * H$	$a = 0,3400$ $b = 0,0006$	0,02	8	4E-04	34,69	83,2
Ramas	$Br = -0,153132 + 0,381736 * H$	$a = 0,5177$ $b = 0,0097$	0,027	7	7E-04	13,92	69,92
Fuste	$Bf = 0,0957261 + 0,10589 * H$	$a = 0,0447$ $b = 0,0007$	0,051	8	0,003	32,64	82,3
Biomasa total	$Bt = 0,147996 + 0,192767 * H$	$a = 0,0518$ $b = 0,0005$	0,076	7	0,006	47,24	88,7

Donde:

H: Altura (mts)

ln: Logaritmo natural

Bh: Biomasa de hojas

EE: Error de estimación

n: Tamaño de la muestra

Br: Biomasa de ramas

CME: Cuadrado medio del error

F: F calculado (**99%) (*95%)

Bf: Biomasa de fuste

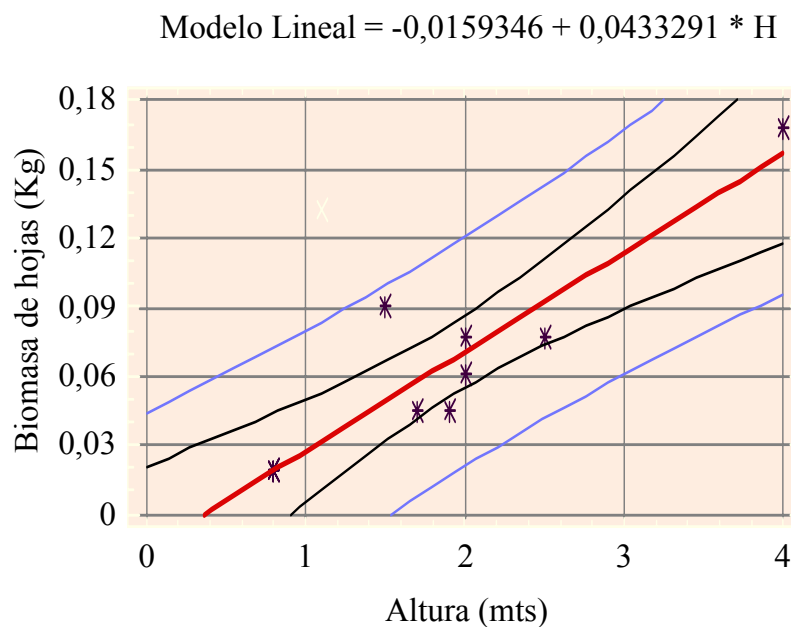
R²: Coeficiente de determinación

p: Nivel de significancia

Bt: Biomasa total

En la figura 8 se muestra el modelo alométrico en escala original Biomasa de follaje vs altura de *R. glaucus* (Anexo D), la ecuación se mejoró al usar la transformación logarítmica (Figura 9) incrementando la validación estadística del análisis (Anexo E). El modelo se ajustó con 7 datos de los cuales se excluyeron 2 observaciones, cuyos residuales estandarizados tuvieron valores absolutos superiores a tres. El valor de P en el análisis de varianza es menor que 0.01 lo que indica una relación estadísticamente significativa entre $\ln$ biomasa de follaje y $\ln$ Altura, el R² indica que el modelo explica el 96,4% de la variabilidad de la biomasa en fuste, el coeficiente de correlación igual a 0,98 indica una relación fuerte entre las variables, el error normal de la estimación muestra la desviación normal de los residuos al ser 0,15.

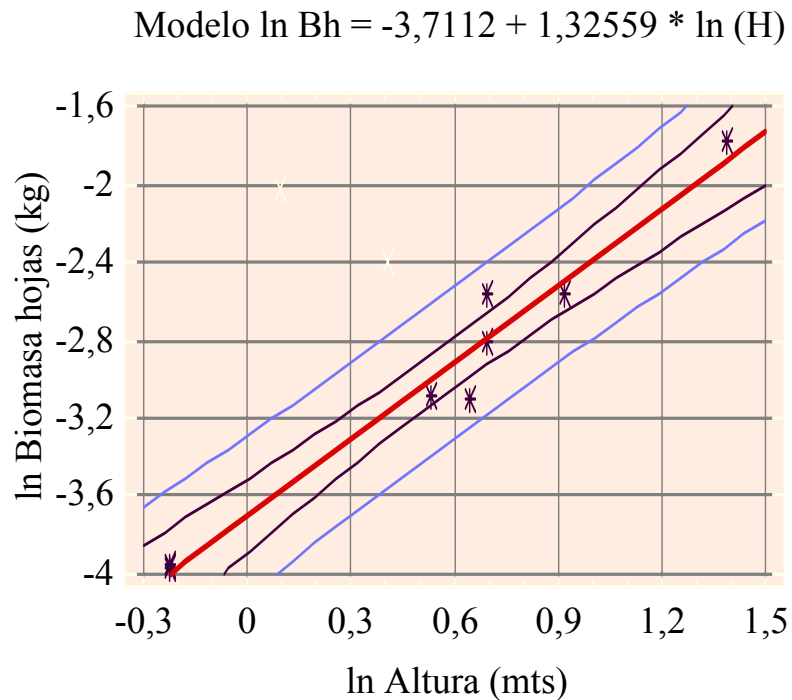
Figura 8. Modelo alométrico simple de la forma $Y = a + b X$, ajustado por regresión para la relación biomasa de hojas (Bh) vs. altura (H). n = 10 árboles



Donde:

Predicción: —
 Nivel de confianza 99%: —
 Observaciones: *
 Nivel de confianza 95%: —

Figura 9. Modelo alométrico de la forma $\ln Y = a + b \ln X$, ajustado por regresión para la relación $\ln$ biomasa de hojas (Bh) vs. $\ln$ altura (H). n = 10 árboles.



Donde:

Predicción: —
 Nivel de confianza 99%: —
 Observaciones: *
 Nivel de confianza 95%: —

En la figura 10 se observa la distribución de la frecuencia por altura, la mayor cantidad de árboles se agrupan en los dos primeros rangos entre 0 y 2 metros de altura reduciéndose a medida que avanza el número de árboles con alturas superiores. En la figura 11 se transformaron los datos originales a escala logarítmica natural con el objeto de observar la distribución normal de los datos

Figura 10. Histograma de distribución de la altura por frecuencias, datos originales de la altura sin transformación para cercos vivos, vereda Mocondino, Pasto, Nariño.

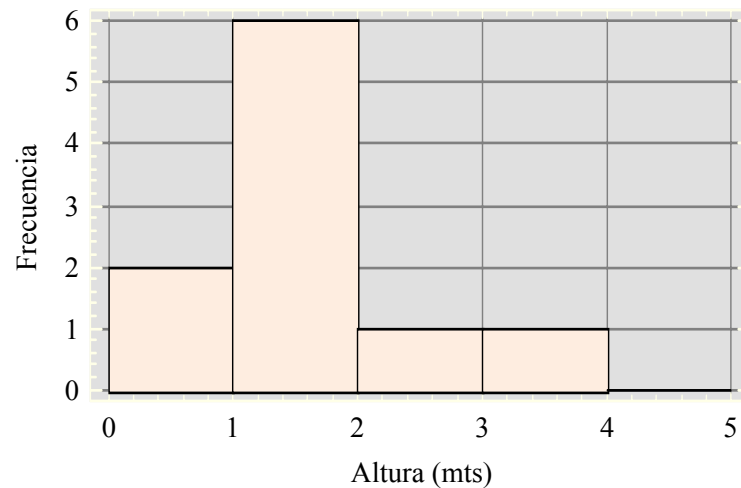
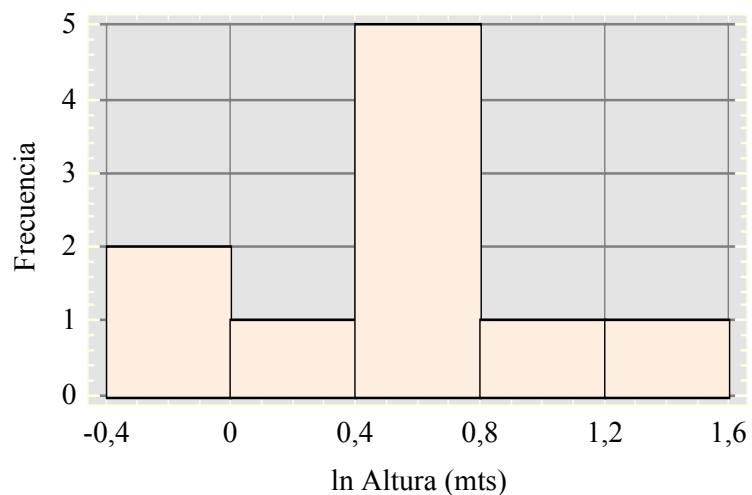


Figura 11. Histograma de distribución de la altura por frecuencias con transformación logarítmica para cercos vivos, vereda Mocondino, Pasto, Nariño.



5.4 Modelo de biomasa para *C. tumentosum*. En el cuadro 9 se presentan los mejores modelos para estimar la biomasa de *C. tumentosum*. En los modelos de biomasa follaje y biomasa fuste la variable predictora fue el área basal con transformación logarítmica, para los modelos de biomasa ramas y biomasa total la variable predictora fue el diámetro con transformación logarítmica.

Cuadro 9. Parámetros y ecuaciones de biomasa por órganos (follaje, ramas, fuste) y biomasa aérea total para *C. tumentosum* vereda Mocondino, Pasto, Nariño.

Órganos	Modelos $\ln Y = a + b \ln X$ * $Y = a + bX$	P	EE	N	CME	F	% R ²
Follaje	$\ln Bh = 6,2098 + 1,12945 * \ln G$ *	$a = 0,0194$ $b = 0,0020$	0,986	13	0,972	15,48	56,3
Ramas	$\ln Br = -3,44373 + 2,44761 * \ln Dc$ *	$a = 0,0000$ $b = 0,0004$	0,747	13	0,558	23,42	66,1
Fuste	$\ln Bf = 11,867 + 1,53316 * \ln G$ *	$a = 0,000$ $b = 0,000$	0,566	13	0,32	63,11	84
	$Bf = 0,223336 + 383,675 * G$	$a = 0,088$ $b = 0,226$	0,175	13	0,031	6,83	36,3
Biomasa total	$\ln Bt = -0,452322 + 2,72328 * \ln Dc$ *	$A = 0,1291$ $b = 0,0001$	0,517	12	0,267	40,33	78,6

Donde:

Dc: Diámetro (cm)

ln: Logaritmo natural

Bh: Biomasa de hojas

EE: Error de estimación

n: Tamaño de la muestra

Br: Biomasa de ramas

CME: Cuadrado medio del error

F: F calculado (**99%) (*95%)

Bf: Biomasa de fuste

R²: Coeficiente de determinación

p: Nivel de significancia

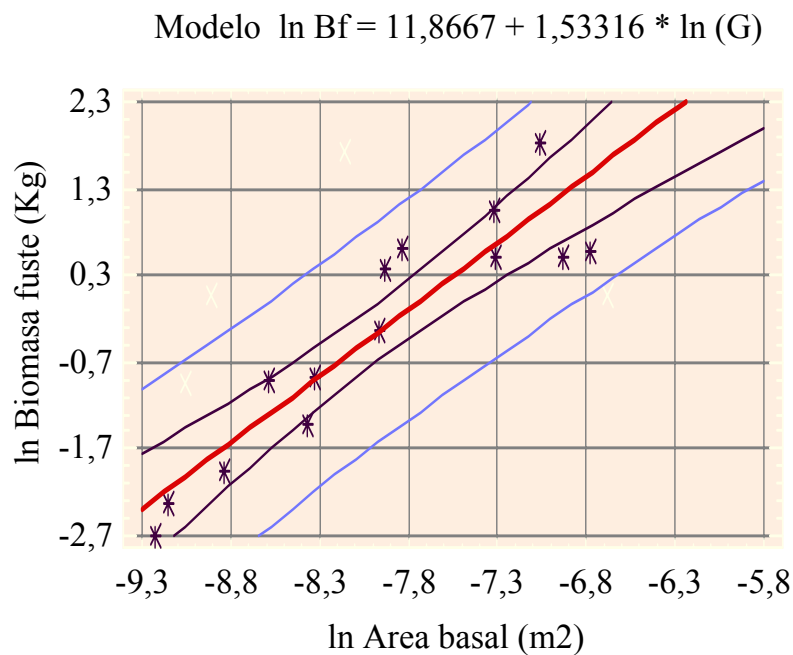
Bt: Biomasa total

G: Área basal (m²)

En la figura 12 se muestra el modelo alométrico con transformación logarítmica de sus variables biomasa de fuste vs área basal de *C. tumentosum* (Anexo 6). El modelo se ajustó con 13 datos de los cuales se excluyeron 4 observaciones cuyos residuales estandarizados tuvieron valores absolutos superiores a tres. El valor de P en el análisis de varianza menor que 0.01 lo cual indica una relación estadísticamente significativa entre ln biomasa de fuste y ln área basal, el R² indica que el modelo explica el 84% de la variabilidad de la biomasa en fuste, el coeficiente de correlación igual a 0,92 indica una relación fuerte entre las

variables, el error normal de la estimación muestra la desviación normal de los residuos al ser 0,56.

Figura 12. Modelo alométrico de la forma $\ln Y = a + b \ln X$, ajustado por regresión para la relación $\ln$ biomasa de fuste (Bf) vs $\ln$ área basal (G). n = 13 árboles

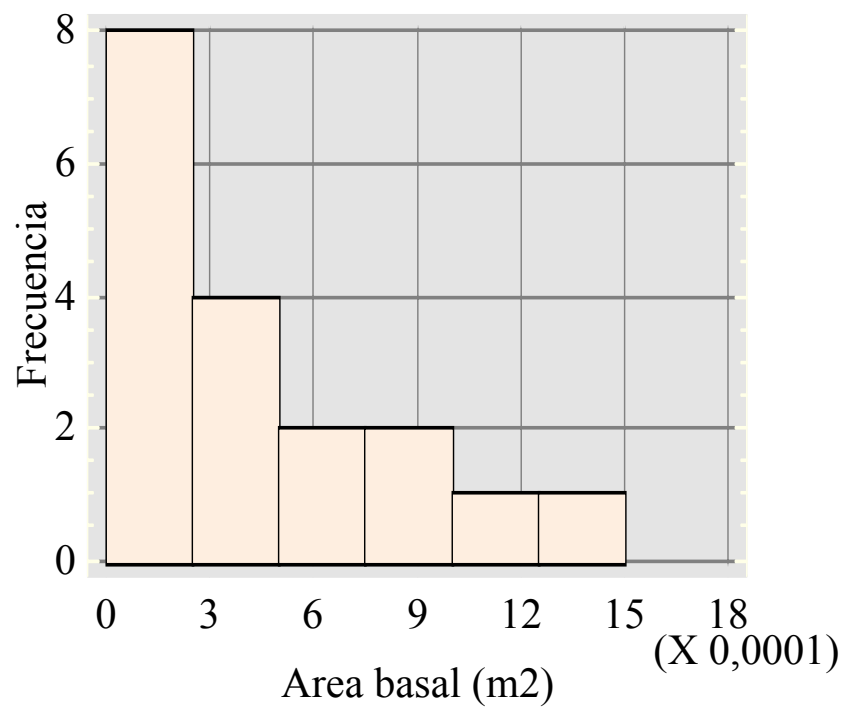


Donde:

Predicción: —
 Nivel de confianza 99%: —
 Observaciones: *
 Nivel de confianza 95%: —

En la figura 13 se observa la distribución en forma de J invertida del área basal sin transformar, la mayor parte del área basal se agrupa en las clases inferiores y se va reduciendo a medida que se avanza, lo cual puede ser debido al estado juvenil de los árboles, a la alta densidad que puede obstruir el normal crecimiento, a factores edáficos, entre otros.

Figura 13. Histograma de distribución del área basal por frecuencias datos originales del área basal, para cercos vivos, vereda Mocondino, Pasto, Nariño.



6. ESTIMACION DE LA BIOMASA Y EL CARBONO

A los cuatro años de edad la cantidad acumulada de biomasa aérea derivada de la suma de los órganos (follaje, ramas y fuste) para los cercos vivos en un km (0.2 ha) fue de 3,86 ton de biomasa representadas en 1.96 toneladas de carbono. Para una hectárea es de 19.30 ton de biomasa y 9,65 ton de carbono, que a los cinco años serían 24 ton de biomasa ha^{-1} y 12 ton de carbono ha^{-1} en comparación con estudios a la misma edad Forero, A⁵⁹, obtuvo 15 ton de biomasa y 7.5 ton de carbono, y Arias et al⁶⁰, obtuvo 6.5 ton de biomasa y 3.25 ton de carbono. Esto demuestra que los contenidos de biomasa y carbono en este estudio se encuentran en un nivel superior.

En el cuadro 10 se presentan los resultados de la cantidad de biomasa y carbono aéreo por órganos y total de especies de importancia local:

Para *B. latifolia*, en follaje se encontró 0,163 ton de biomasa y 0,081 ton de carbono, para ramas 0,246 ton de biomasa y 0.124 de carbono, para fuste 0,400 ton de biomasa y 0,200 ton de carbono, para un total de 0.812 ton de biomasa y 0.406 ton de carbono, representado en 21,03% de biomasa y 10,51% de carbono, del total del cerco vivo.

Para *V. arbórea*, en follaje se encontró 0,210 ton de biomasa y 0,105 ton de carbono, para ramas 0,194 ton de biomasa y 0.097 ton de carbono, para fuste 0,376 ton de biomasa y 0,188 ton de carbono, para un total de 0.782 ton de biomasa y 0.391 ton de carbono, representado en 20,25% de biomasa y 10,12 de carbono, del total del cerco vivo.

Para *C. tumentosum*, en follaje se encontró 0,026 ton de biomasa y 0,013 ton de carbono, para ramas 0,066 ton de biomasa y 0.033 ton de carbono, para fuste 0,096 ton de biomasa y 0,048 ton de carbono, para un total de 0.191 ton de biomasa y 0.095 ton de carbono, representado en 4,95% de biomasa y 2,47% de carbono, del total del cerco vivo.

Para *R. glaucus*, en follaje se encontró 0,006 ton de biomasa y 0,003 ton de carbono, para ramas 0,008 ton de biomasa y 0.004 ton de carbono, para fuste 0,011 ton de biomasa y 0,006 ton de carbono, para un total de 0.026 ton de

⁵⁹ FORERO, A, Op.cit., p. 58.

⁶⁰ ARIAS, K. et al. Almacenamiento de carbono por *Gliricidia sepium* en sistemas agroforestales de Yaracuy. [en línea]. [San Felipe, Venezuela], Instituto universitario de tecnología, Febrero, 2001. [citado el 6 de Mayo 2004]. Disponible en internet: URL: < www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/5/ruiz135.h >

biomasa y 0.013 ton de carbono, representado en 0,67% de biomasa y 0,33% de carbono, del total del cerco vivo.

Para *M. sentinodiu*, en follaje se encontró 0,079 ton de biomasa y 0,039 ton de carbono, para ramas 0,100 ton de biomasa y 0.050 ton de carbono, para fuste 0,396 ton de biomasa y 0,198 ton de carbono, para un total de 0.575 ton de biomasa y 0,287 ton de carbono, representado en 14.87% de biomasa y 7.44% de carbono, del total del cerco vivo.

El aporte de las especies de importancia local en biomasa es de 2,38 ton y 1,19 ton de carbono, representado en 61,6% de biomasa y 30,8 % de carbono del total del cerco vivo. Lo anterior indica la gran importancia ambiental de estas especies dentro de los cercos vivos y su gran potencial para almacenar carbono.

Cuadro 10. Biomasa y Carbono aéreo por componentes y total medido en especies de importancia local de los cercos vivos del bs-MB en Mocondino, Pasto, Nariño.

Especie	Órganos	Biomasa ton km ⁻¹	Carbono ton km ⁻¹
<i>Baccharis latifolia</i> Bt = -0,0804662 + 2835,11 * G	Follaje	0,163	0,081
	Ramas	0,246	0,124
	Fuste	0,4	0,2
	Aérea total *	0,812	0,406
	Aérea total **	0,908	0,454
<i>Verbesina arborea</i> Bt = -0,0804662 + 2835,11 * (G)	Follaje	0,21	0,105
	Ramas	0,196	0,098
	Fuste	0,378	0,189
	Aérea total *	0,783	0,392
	Aérea total **	0,764	0,382
<i>Cestrum tumentosum</i> ln Bf = 11,867 + 1,53316 * ln (G)	Follaje	0,026	0,013
	Ramas	0,067	0,034
	Fuste *	0,098	0,049
	Fuste **	0,27	0,135
	Aérea total	0,191	0,96
<i>Rubus glaucus</i> ln Bh = -3,7112 + 1,32559 * ln (H)	Follaje*	0,006	0,003
	Follaje**	0,006	0,003
	Ramas	0,008	0,004
	Fuste	0,011	0,006
	Aérea total	0,026	0,013
<i>Miconia sentinodiu</i>	Follaje	0,079	0,039
	Ramas	0,100	0,050
	Fuste	0,396	0,198
	Aérea total	0,575	0,287

* Observada

** Calculadas a partir de ecuaciones lineales y logarítmicas

7. CONCLUSIONES

Se identificaron cinco especies de mayor valor local para la comunidad de Mocondino, las cuales fueron: *Baccharis latifolia*, *Verbesina arbórea*, *Cestrum tumentosum*, *Rubus glaucus* y *Miconia sentinodiu*.

Las comunidades vegetales encontradas en los cercos vivos del bs-MB de la vereda Mocondino son pluriformes, se encontraron 14 familias y 21 especies arbustivas de las cuales *Baccharis latifolia*, *Verbesina arbórea*, *Cavendishia querome*, *Geissanthus serrulatus*, *Monima sp.* concentran un alto valor ecológico (48%) representado en el IVI.

El 85% de los árboles del cerco vivo se distribuyen en las categorías de diámetro menores (0,4 a 3,7cm), referente a la altura el 80% se distribuye en las categorías entre 1,5 a 3,5mts.

Los modelos alométricos que mejor explicaron la biomasa para la especie *Baccharis latifolia* y *Verbesina arbórea* fueron los modelos simples sin transformación logarítmica; en estos ajustes la variable predictora fue el área basal, para el caso de las especies *Cestrum tumentosum* y *Rubus glaucus* los modelos que mejor explicaron la biomasa fueron los del tipo logarítmico, siendo la variable predictora la altura en *Rubus glaucus* y el área basal en *Cestrum tumentosum*; para *Miconia sentinodiu* los datos obtenidos, no representaron buen ajuste, por lo tanto no se realizaron modelos de biomasa.

La cantidad de biomasa aérea en un kilómetro de cerco vivo fue de 3,86 toneladas y 1,96 ton de carbono. Para las especies de valor local la biomasa y el carbono fue de 2.38 ton de biomasa y 1.19 ton de carbono en 1 Km, representado en 61,6% de biomasa y 30,8 % de carbono del total del cerco vivo.

8. RECOMENDACIONES

Es de gran importancia continuar realizando estudios en especies nativas del trópico de altura, las cuales permitan seguir descubriendo otros beneficios.

Es necesario continuar con la valoración económica de esta investigación con el fin de impulsar el mercado de carbono en Colombia.

Para continuar realizando trabajos de biomasa y carbono en esta zona se recomienda utilizar los modelos reportados en este estudio con el propósito de no realizar trabajos destructivos y permitir la conservación de estos sistemas de vegetación natural.

Evaluar el comportamiento de *B. latifolia*, *V. arbórea*, *C. tumentosum*, *R. glaucus* y *M. sentinodium* en arreglos agroforestales.

BIBLIOGRAFIA

ALEGRE, J y AREVALO, L. Reservas de carbono con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la amazonía peruana. [en línea]. [Yurimaguas, Perú]. ICRAF, Julio 20 2000. [citado el 6 de Mayo 2004]. Disponible en internet: URL: < www.fao/WAICENT/FAOINF/AG/AGAP/FRG/español/document/boterusso/18htm-25k >

ARIAS, K. et al. Almacenamiento de carbono por Gliricidia sepium en sistemas agroforestales de Yaracuy. [en línea]. [San Felipe, Venezuela], Instituto universitario de tecnología, Febrero, 2001. [citado el 6 de Mayo 2004]. Disponible en internet: URL: < www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/5/ruiz135.h >

BALLESTEROS, J. Libro electrónico, ciencias de la tierra y el medio ambiente. [en línea]. [Madrid, España]. Agencia europea de medio ambiente, Marzo 15 1999. [citado el 6 de Mayo 2004]. Disponible en internet: URL: < www.esi.unav.es/asignaturas/ecología/Hipertexto/10catm.htm >

BETANCUR, J. Y LAGOS, I. Estrategias que permitan la conservación y protección del medio ambiente del sector de Mocondino, Municipio de Pasto. Pasto, 2001. 119 p. Trabajo de grado (Licenciatura en ciencias naturales). Universidad de Nariño. Facultad de Educación.

BIBLIOTECA DE CONSULTA ENCARTA. Protocolo de Kioto. En : Artículo, Efecto invernadero. ENCARTA : Microsoft Corporation, 2004. 1 p.

BOTERO, J. Contribución de los sistemas ganaderos tropicales al secuestro de carbono. [en línea]. [San José, Costa Rica]. CATIE, Enero 16 2001. [citado el 6 de Mayo 2004]. Disponible en internet: URL: < www.LEAD.virtualcentre.or/es/ese.conferencia/htm >

BROWN, S. Estimating biomass and biomass change of tropicales forests. Roma, Italia : FAO, 1997. 134 p.

DEL VALLE, MORENO y ORREGO, S. Generalidades sobre el cambio climático y el mecanismo de desarrollo limpio. Medellín : Universidad Nacional, 2003. 287 p.

DURAN, F. Manual de cultivos orgánicos y alelopatia. Bogota : Grupo Latino, 2003. 737 p.

FIGEREDO, G. Calentamiento global. [en línea]. [Londres]. BBC, 2002 Febrero, 2001. [citado el 6 de Mayo 2004]. Disponible en internet: URL: < News.bbc.co.uk/hi/espanish/ espanish/foruns/newsid-1170000/1170512.stm>

FORERO, A. Estimación del potencial de la captura de carbono por la *Acacia mágnun* (*Recascopea mágnun ex Acacia mágnun*) en diferentes densidades de siembra de un sistema silvopastoril. Caucasia, Antioquia. En : Programa de maestrías en ciencias agrarias. Medellín : Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 2003. 105 p.

_____ y ORDOÑEZ, H. Identificación de especies de valor local en corredores biológicos con participación comunitaria. Pasto : Universidad de Nariño, 2004. 70 p.

_____, et al. Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca alta del río Pasto. Pasto : CORPONARIÑO, 1995. 347 p.

HOLDRIDGE, Leslie. Ecología Basada en Zonas de Vida. San José de Costa Rica : IICA, 1978. 216 p.

IPCC. Specialreport on emissions scenarios. [en línea]. [EEUU]. Cambridge University Press, Abril 13 1998. [citado el 15 de Diciembre 2003]. Disponible en internet: URL: < Inwww.grida.no/climate/ipcc/emission/index.htm.>

JOHN, B y SOTO, L. Proyecto piloto internacional para la captura de carbono y desarrollo silvicultural comunitario en Chiapas, México. [en línea]. [Chiapas, Mexico]. ECOSUR - Universidad de Edimburgo , Abril 5 2000. [citado el 6 de Mayo 2004]. Disponible en internet: URL: < www.ecosur.org.htm.>

LEMA, A. Elementos teórico prácticos de inventarios forestales. En : Proyecto Bosque Guandal. Medellín : Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 1994. p. 59 – 81.

LOPEZ, A., SCHLONVOIGT, A Y IBRAHIM, M. Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica. En : Revista Agroforesteria de las Américas. Vol. 8, No. 3 (1998); p. 1-3.

LOPEZ, M. et al. Estimación de carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el noroccidente del Ecuador. [en línea]. [Quito, Ecuador]. GTZ, Diciembre 3, 2002. [citado el 6 de Mayo 2004]. Disponible en internet: URL: < www.gtz.carb/bosq.com>

MEDEIROS, A. Un proyecto internacional estudio la influencia de la Amazonía en el cambio climático. [en línea]. [Colombia]. INFOCIENCIASNET, Noviembre 4,

2002. [citado el 7 de Mayo 2004]. Disponible en internet: URL: <[www.infociencia.net/http://www.Infociencia. Net/](http://www.infociencia.net/http://www.Infociencia.Net/)>

MENDEZ, et al. Plantaciones en línea. Costa Rica : CATIE, 2000. 135 p.

ORDOÑEZ, H. Evaluación de la diversidad florística y estructura de los bosques secundarios altoandinos del municipio de Pasto Nariño. Medellín : Universidad Nacional de Colombia, 2002. 178 p.

OROZCO, L, BROMER, C y HENDRIK. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América central. Costa Rica : CATIE, 2002. 264 p.

OVERMAN, M y SALDARRIAGA, J. Evaluación de los modelos de regresión. Amazonas, Colombia : Ecología Tropical, 1994. p. 22-35.

OVINTONG, J y FORREST, G. Estimación de la biomasa en árboles. En : Simposio en productividad primaria y ciclos minerales en ecosistemas naturales. New Cork : Universidad de Maine, 1967. p. 4-3..

PEARSUS, D. Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Zaragoza, España : ACRIBIA, 1986. 41 p.

RODRIGUEZ, P. Evaluación nutricional de especies forrajeras y degradabilidad "in situ" de algunas arbóreas arbustivas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en altiplano de Nariño. Pasto, 2000. 69 p. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

SALAZAR, M. Y ROSAS, W. Estimación del almacenamiento de carbono en la biomasa de corredores biológicos, ubicados en la zona de vida (bosque montano bajo) del municipio de Pasto. En : Trabajo en el sistema de investigación de la Universidad de Nariño. Pasto : Universidad de Nariño, 2003. 60 p.

UNESCO, PNUD, FAO. Ecosistemas de los bosques tropicales. En : Informe sobre el estado de conocimientos. Madrid : FAO, 1980. 26 p.

URRUTIA, J. Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. [en línea]. [Temuco, Chile]. Universidad Austral de Chile, Octubre 5, 1998. [citado el 11 de Enero 2004]. Disponible en internet: URL: < www.CONYCIT.cl/bases/fondef/proyecto/98/1/09821076.htm.>

VILLE, C. El ciclo del carbono En : Biología. 7ª. ed. México : INTERAMERICANA, 1990. 112 p.

VINCENT, L. Estudio sobre la tipificación del bosque con fines de manejo en la unidad 1 de la reserva forestal de Caparo. Caracas Venezuela, 1970. 63 p.

Trabajo de grado. (Tipificación de bosques Mag. Sc). Universidad de los Andes. Ingeniería Forestal

YAGUE, P. Dióxido de carbono. [en línea]. [Mendoza, Argentina]. Revista Chicos net, Octubre 20 2000. [citado el 10 de Mayo 2004]. Disponible en internet: URL: < www.chicos.net/chicosnet/html/corresponsales/ecologia28 >

ZAPATA, M, et al. Estimación de biomasa aérea en los bosques secundarios por el método del árbol medio. Medellín : Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 2003, 95 p.

ANEXO

Anexo A. Formato de encuesta realizado para la comunidad de Mocondino

**ESPECIES DE IMPORTANCIA LOCAL PARA LA VEREDA MOCONDINO,
MUNICIPIO DE PASTO**

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL

Nombre completo:

Edad:

Sexo:

Ocupación:

Fecha:

Que especies conoce de los cercos vivos?

RTA/

Cuales considera de mayor importancia?

RTA/

Cual es el uso que les asigna a estas especies

RTA/

Anexo B. Andeva para *Verbesina arborea* (Biomasa total vs Área basal)

Análisis de regresión - modelo lineal: $Y = a + b \cdot X$

Variable dependiente: Biomasa total

Variable dependiente: Área basal

Parámetros	Estimadores	Error estándar	T - Estadístico	P> T
Intercepto	-0,0228884	0,139346	-0,164255	0,8704
Pendiente	2836,3	180,211	15,7388	0,0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Cuadrado medio	razón – F	P>F
Modelo	70,4191	1	70,4191	247,71	0,0000
Residual	11,0869	39	0,284281		

Total (Corr.) 81,5061 40

Coefficiente de correlación = 0,929502

R- cuadrado = 86,3974%

Error estandar = 0,53318

Modelo: biomasa total = $-0,0228884 + 2836,3 \cdot \text{Área basal}$

Observaciones excluidas: 2

Anexo C. Andeva para *Baccharis latifolia* (Biomasa total vs Área basal)

Análisis de regresión - modelo lineal: $Y = a + b \cdot X$

Variable dependiente: Biomasa total

Variable dependiente: Área basal

Parámetros	Estimadores	Error estándar	T - Estadístico	P> T
Intercepto	-0,0804662	0,0809307	-0,994261	0,3238
Pendiente	2835,11	170,786	16,6004	0,0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Cuadrado medio	razón – F	P>F
Modelo	45,6063	1	45,6063	275,57	0,0000
Residual	10,5918	64	0,165496		
Total (Corr.)	56,198	65			

Coefficiente de correlación = 0,900848

R- cuadrado = 81,1528%

Error estandar = 0,406812

Modelo: biomasa total = -0,0804662 + 2835,11* Área basal

Observaciones excluidas: 14

Anexo D. Andeva para *Rubus glaucus* (Biomasa de hojas vs Altura)

Análisis de regresión - modelo logarítmico: $\ln Y = a + b \cdot \ln X$

Variable dependiente: $\ln$ Biomasa de hojas

Variable dependiente: $\ln$ Altura

Parámetros	Estimadores	Error estándar	T - Estadístico	P> T
Intercepto	-0,0159346	0,0155632	-1,02386	0,3400
Pendiente	0,0433291	0,00735656	5,88987	0,0006

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Cuadrado medio	razón – F	P>F
Modelo	0,0139096	1	0,0139096	34,69	0,0006
Residual	0,00280673	7	0,0004009		

Total (Corr.) 0,0167163 8

Coefficiente de correlación = 0,912193

R- cuadrado = 83,2096%

Error estandar = 0,020024

Modelo: $\ln$ biomasa de hojas = -0,159346 + 0,0433291* $\ln$ Altura

Observaciones excluidas: 1

Anexo E. Andeva para *Rubus glaucus* (ln Biomasa de hojas vs ln Altura)

Análisis de regresión - modelo logarítmico: $\ln Y = a + b \cdot \ln X$

Variable dependiente: ln Biomasa de hojas

Variable dependiente: ln Altura

Parámetros	Estimadores	Error estándar	T - Estadístico	P> T
Intercepto	-3,7112	0,0782108	-47,4513	0,0000
Pendiente	1,32559	0,104103	12,7334	0,0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Cuadrado medio	razón – F	P>F
Modelo	3,6528	1	3,65284	162,14	0,0000
Residual	0,135173	6	0,0225289		
Total (Corr.)	3,78802	7			

Coefficiente de correlación = 0,981996

R- cuadrado = 96,4316%

Error estandar = 0,150096

Modelo: $\ln \text{biomasa de hojas} = -3,77112 + 1,372559 \cdot \ln \text{Altura}$

Observaciones excluidas: 2

Anexo F. Andeva para *Cestrum tumentosum* (ln Biomasa de fuste vs ln Área basal)

Análisis de regresión - modelo lineal: $Y = a + b \cdot X$

Variable dependiente: ln Biomasa de fuste

Variable dependiente: ln Área basal

Parámetros	Estimadores	Error estándar	T - Estadístico	P> T
Intercepto	11,8667	1,54653	7,67309	0,0000
Pendiente	1,53316	0,192994	7,94409	0,0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Cuadrado medio	razón – F	P>F
Modelo	20,2016	1	20,2016	63,11	0,0000
Residual	3,84131	12	0,320109		
Total (Corr.)	24,0429	13			

Coefficiente de correlación = 0,916641

R- cuadrado = 84,0231%

Error estandar = 0,565782

Modelo: ln biomasa de fuste = 11,8667 + 1,53316*ln Área basal

Observaciones excluidas: 4