

**Estimación de Biomasa y Fijación de Carbono del *Pinus patula* S.  
en la Vereda Cuzagueta, Municipio de Concepción –Santander.**

**Oscar Fabricio Medina Reatiga**

**Camilo Andrés Manzano León.**

**Trabajo de Grado para Obtener el Título de Ingeniería Forestal.**

**Director:**

**Jorge Andrés Rodríguez Toro.**

**Ingeniero Forestal, Ph.D.**

**Universidad Industrial de Santander**

**Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia**

**Ingeniería Forestal**

**Málaga**

**2016**

## **DEDICATORIA OSCAR FABRICIO MEDINA REATIGA**

Dedico el presente trabajo de grado:

A Dios y la santísima virgen por darme la fuerza, la voluntad y otras virtudes para luchar cada día por mis sueños, por acompañarme día a día y apoyarme para superar cada obstáculo que se presentó y llevarme triunfante a la realización de este logro.

A mi familia por su apoyo incondicional, mi madre LUZ ESTHER REATIGA REATIGA quien es la persona más importante en mi vida, por sus consejos y motivación que me brindo cada día y generar en mí el deseo de salir adelante y crecer como persona con el fin de que se sienta orgullosa y satisfecha de su trabajo como madre, mi hermano ELMER ALONSO REATIGA REATIGA por apoyarme con sus buenos deseos y alegría.

A mi padre GERMAN MEDINA CARVAJAL quien me ha enseñado por medio de su fortaleza y verraquera para afrontar la vida, luchar por salir adelante y superarse cada día.

A LEYDY JHOANA MENDEZ FAJARDO quien me acompañó durante todo el trascurso de mi carrera apoyándome de uno y otra manera. Quien en momentos difíciles siempre me dio un motivo de impulso para seguir adelante.

## **DEDICATORIAS CAMILO ANDRES MANZANO LEON**

A Dios por darme la oportunidad de cumplir mis sueños y metas y estar conmigo en todo momento.

A las personas más importantes en mi vida mis padres TERESA LEON y FERNEY MANZANO por su amor, cariño, colaboración, apoyo incondicional e inculcarme sus enseñanzas, porque gracias a ellos soy cada vez mejor persona y un futuro profesional. A mis hermanos SANDRA, GIOVANNI Y MAURICIO por su apoyo, consejos y enseñanzas en la vida. A mis sobrinos DANIELA, ALEJANDRO y en especial SARA CAMILA que son motivos de inspiración para cada vez salir más adelante.

A mis amigos, en especial EDWARD RIAÑO, SEBASTIÁN TORRES, JHON FERIA, LAURA RAMIREZ, HANS VELEZ, OSCAR MEDINA y compañeros de universidad por su compañía y colaboración en esta etapa de mi vida porque juntos logramos metas y sueños, aprendimos, paseamos, conocimos lugares y vivimos momentos inolvidables y en algunos momentos compartimos como hermanos, espero esos recuerdos siempre queden en nuestras mentes. A DANIELA PRIETO por su amor, cariño, ayuda, y ser esa voz de aliento desde que nos conocimos, porque desde ese momento ha estado conmigo.

A mis profesores que están con nosotros y los que ya no están DORA MACHUCA, HERIWN ROA, ANDRES RODRIGUEZ TORO, MANUEL MARIÑO, EDUARD MORENO, LUIS BERNARDO TORRES Y JAVIER MOYANO por sus enseñanzas e infundir en mi ser un excelente profesional, y tomarle amor a mi carrera y profesión.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen por acompañarnos y guiarnos en cada día de trabajo, brindándonos su aliento y protección para alcanzar cada meta propuesta con el día a día.

A nuestras familias por esa unión y apoyo con el que contamos incondicionalmente, las cuales son el motor fundamental de nuestra vida y por estar hay en cada momento que más los necesitamos.

A la Universidad Industrial de Santander por abrirnos las puertas de sus aulas y brindarnos la mejor educación profesional y ética, la cual nos durara para toda la vida.

Al doctor Jorge Andrés Rodríguez Toro director de nuestro trabajo de grado, por su acompañamiento, por brindarnos sus conocimientos como doctor en el tema y por su seguimiento durante la ejecución del proyecto.

A los estudiantes de medición forestal año 2017 primer semestre por brindarnos su acompañamiento y mano de obra en varias ocasiones durante salidas al campo.

## CONTENIDO

INTRODUCCION	16
1. OBJETIVOS	18
1.1 Objetivo general.	18
1.2 Objetivos específicos.	18
2. METODOLOGÍA	19
2.1 Condiciones del sitio.	19
2.1.1 Clima.	19
2.1.2 Suelo.	19
2.1.3 Zona de vida.	20
2.2 Área de estudio.	20
2.2.1 Delimitación.	20
2.2.2 Clasificación y caracterización.	21
2.3 Muestreo.	21
2.3.1 Estabilización de la muestra o pre-muestreo.	23
2.4 Determinación del carbono total de la plantación.	24
2.4.1 Carbono presente en el suelo.	24

2.4.2	Carbono en el componente vegetal.	25
2.5	Factibilidad de la utilización del método destructivo.	26
2.5.1	Selección del árbol muestra.	26
2.5.2	Medición de la biomasa aérea.	27
2.5.3	Medición de la biomasa subterránea..	28
2.5.7	Biomasa total del árbol.	29
3.	RESULTADOS Y DISCUSION	30
3.1	Generalidades del área de estudio.	30
3.1.1.	Localización.	30
3.2	Condiciones del sitio.	31
3.2.1	Clima.	31
3.2.2	Suelo.	32
3.2.3	Zona de vida.	37
3.3	Tipo de cobertura del área de estudio.	37
3.3.1	Clasificación..	37
3.3.2	Caracterización.	37
3.4	Inventario.	38
3.4.2	Pre-muestreo.	39

3.5 Carbono total de la plantación.	39
3.5.1 Carbono contenido en los árboles.	39
3.5.2 Carbono contenido en el suelo.	42
3.5.3 Carbono total y su distribución en los componentes de la plantación.	44
3.6 Método destructivo.	44
3.6.2 Biomasa aérea y subterránea.	44
3.7 Relación con otro estudio realizado en los andes.	46
4.    CONCLUSIONES	50
5.    RECOMENDACIONES	52
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	53
ANEXOS	57

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Forma de las parcelas establecidas.....	22
Figura 2. Componentes para la toma de la altura total de cada árbol .....	23
Figura 3. Localización de la plantación de <i>Pinus patula</i> .....	30
Figura 4. Valores de precipitación anual para el periodo 1993-2012. Adoptado de base climática años 1980-201. Bogota IDEAM (2012).....	31
Figura 5. Perfiles del suelo para la plantación limpia.....	33
Figura 6. Perfil del suelo de la plantación enmalezada.....	34
Figura 7. pH de cada muestra. ....	34
Figura 8. Cantidad de fosforo presente en cada muestra. ....	35
Figura 9. Porcentaje de carbono contenido en cada muestra .....	35
Figura 10. Contenido de otros nutrientes de cada una de las muestras.....	36
Figura 11. Resultado textural del análisis de laboratorio.....	36
Figura 12. Caracterización del área de estudio y localización de los puntos de muestreo. ....	38
Figura 13. Relación del contenido de carbono con el número de árboles en cada parcela para la plantación limpia.....	40
Figura 14. Relación del contenido de carbono con el número de árboles en cada parcela para la plantación enmalezada. ....	41
Figura 15. Diferencia en tC/ha presente en los árboles. ....	47
Figura 16. Diferencia de carbono contenido en el suelo por cada plantación en general.....	48
Figura 17. Contenido de carbono de cada componente para ambos estudios.....	49

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Contenido de carbono en cada tipo de plantación a diferentes profundidades.	43
Tabla 2. Carbono total por hectárea incluyendo el contenido en los árboles y el suelo	44
Tabla 3. Peso seco y húmedo en kg del fuste y cada una de las muestras.	45
Tabla 4. Peso húmedo y seco en kg de los demás componentes del árbol.	45

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Resultado del análisis del laboratorio para la muestra de suelo tomada en la plantación limpia en los primeros 20 cm de profundidad. ....	57
Anexo B. Resultado del análisis de laboratorio para la muestra tomada en la plantación limpia en los segundos 20 cm de profundidad.....	58
Anexo C. Resultado del análisis de laboratorio para la muestra de suelo tomada en la plantación enmalezada en los primeros 20 cm de profundidad.....	59
Anexo D. Resultado del análisis de laboratorio para la muestra de suelo tomada en la plantación enmalezada en los segundos 20 cm de profundidad. ....	60
Anexo E. Toma de muestras de suelo por medios de la utilización de una barreno.....	61
Anexo F. Plantación limpia.....	61
Anexo G. Plantación enmalezada. ....	62
Anexo H. Medición directa del DAP.....	62
Anexo I. Medición de la altura total de los árboles. ....	63
Anexo J. Diámetro, altura y cantidad de carbono en toneladas de cada árbol para la plantación limpia. ....	63
Anexo K. Diámetro, altura y cantidad de carbono en toneladas de cada individuo para la plantación enmalezada. ....	76
Anexo L. Número de árboles y cantidad de carbono en toneladas por parcela presentes en la plantación limpia.....	87
Anexo M. Número de árboles y cantidad de carbono en toneladas por parcela presentes en la plantación enmalezada. ....	88
Anexo N. Componentes del árbol por separado. ....	88

## RESUMEN

**TITULO:** ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y FIJACIÓN DE CARBONO DEL *PINUS PATULA* S. EN LA VEREDA CUZAGUETA, MUNICIPIO DE CONCEPCIÓN –SANTANDER.

**AUTOR:** OSCAR FABRICIO MEDINA REATIGA  
CAMILO ANDRÉS MANZANO LEÓN

**PALABRAS CLAVE:** INVENTARIO FORESTAL, MATERIA ORGÁNICA, SUELO, MODELO MATEMATICO, RAICES.

### DESCRIPCIÓN:

En este estudio se realizó un inventario donde se establecieron 36 parcelas circulares de 250 m<sup>2</sup>, en plantaciones limpias y enmalezadas de *Pinus patula*, en estas se tomaron medidas de DAP y altura de cada árbol las cuales fueron utilizadas en la metodología previamente establecida en plantaciones de *Pinus patula* ubicadas en los andes, el modelo basado en ([Loaiza, Rodríguez, Ramírez, & Lema, 2010](#)), el cual permite conocer la cantidad de carbono fijado por árbol introduciendo variables como DAP y altura. Para determinar la exactitud del estudio y del modelo utilizado, se estableció el carbono contenido en un árbol inventariado mediante el método destructivo, donde con el modelo matemático se estableció que este árbol tiene 0.19 toneladas de carbono (tC), mientras que por el otro método se determinó que contenía 0.207 tC, donde presenta una diferencia de 0.0017 toneladas, la cual esta diferencia es mínima por lo que el modelo matemático utilizado le brinda exactitud a este trabajo. Utilizando el modelo matemático la captación de carbono para la plantación limpia fluctuó en 167.92 tC/ha y la plantación enmalezada 124.8 tC/ha.

El carbono contenido en el suelo se determinó a diferentes profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm, haciendo uso de la densidad real y del volumen total de cada tipo de plantación, donde los suelos de la plantación limpia presentan 155.88 tC/ha en los primeros 20 cm y 153.5 tC/ha en los siguientes 20 cm, mientras que la plantación enmalezada presento 208.07 tC/ha y 195.84 tC/ha para cada profundidad.

Trabajo de grado

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Ingeniería Forestal. Director: Jorge Andrés Rodríguez Toro. Ingeniero Forestal, Ph.D.

## ABSTRACT

**TITLE:** BIOMASS ESTIMATION AND CARBON FIXATION OF *PINUS PATULA* S. IN THE FARMING AREA OF CUZAGUETA, MUNICIPALITY OF CONCEPCIÓN -SANTANDER.

**AUTHOR:** OSCAR FABRICIO MEDINA REATIGA  
CAMILO ANDRÉS MANZANO LEÓN

**KEY WORDS:** FOREST INVENTORY, ORGANIC MATERIAL, SOIL, MODEL MATEMATICO, ROOTS.

### DESCRIPTION:

In this study, an inventory was carried out in which 36 circular plots of 250 m<sup>2</sup> were established in clean plantations and *Pinus patula* plantations, they were measured in DAP and height of each tree, which were used in the methodology previously established in plantations of *Pinus patula* located in the Andes, the model based on ([Loaiza et al., 2010](#)), which allows to know the amount of carbon fixed per tree introducing variables such as DAP and height. In order to determine the accuracy of the study and the model used, the carbon contained in a tree was established by the destructive method, where with the mathematical model it was established that this tree has 0.19 tons of carbon (tC), while by the other method was determined to contain 0.207 tC, where it presents a difference of 0.0017 tons, which this difference is minimal so the mathematical model used gives accuracy to this work. Using the mathematical model carbon capture for clean plantation fluctuated at 167.92 tC / ha and the planted weed 124.8 tC / ha.

The carbon contained in the soil was determined at different depths of 0-20 cm and 20-40 cm, using the actual density and total volume of each type of plantation, where the soils of the clean plantation present 155.88 tC / ha In the first 20 cm and 153.5 tC / ha in the next 20 cm, while the planted weaning presented 208.07 tC / ha and 195.84 tC / ha for each depth.

Trabajo de grado

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Ingeniería Forestal. Director: Jorge Andrés Rodríguez Toro. Ingeniero Forestal, Ph.D

## INTRODUCCIÓN

El dióxido de carbono es uno de los gases más importantes de efecto invernadero que contribuye mayormente en el calentamiento global, su contribución calculada oscila entre el 50 a 75%, entre los demás gases de efecto invernadero. La concentración de este gas en la atmosfera para el 2004 fue de 379 ppm (partes por millón) como resultado del aumento de 99 ppm en los últimos 254 años y ha continuado incrementándose a una tasa superior a 1ppm ([Díaz et al., 2007](#))

Para reducir la cantidad de carbono en la atmosfera se han implementado estrategias de origen biótico y abiótico, el primer método hace referencia a la utilización de los ecosistemas forestales y su capacidad de fijación de carbono, en la que no se cuenta con un procedimiento definitivo para su estimación; esta capacidad varía en función de la composición florística, la edad y la densidad de la población vegetal ([Schulze, Wirth, & Heimann, 2000](#)). Respecto a la captura de carbono por procesos abióticos consiste en llevar el CO<sub>2</sub> producido por las industrias, empresas y cualquier otro productor hacia las profundidades del océano o dentro del manto freático o acuíferos ([Kimble, Lal, & Follett, 2002](#)).

Dentro de las estrategias de origen biótico, la medición de la cantidad de biomasa de un ecosistema boscoso requiere un análisis destructivo ([Brown, Gillespie, & Lugo, 1989](#)) para poder lograr su medición directa. O cálculos indirectos para hacer las estimaciones respectivas ([Huxley & Huxley, 1993](#)). Para la estimación de la biomasa se mide la cantidad total de materia orgánica presente en los árboles, incluyendo hojas, ramas, fuste, corteza y raíces ([Garzuglia & Saket, 2003](#)). El procedimiento más común es el método de estimación por regresión que consiste en la tala de

algunos árboles para relacionar algunas de sus variables fáciles de medir con la cantidad de biomasa, como por ejemplo el diámetro normal (dap a 1.3 m). esta técnica es conocida como análisis dimensional o alometría, lo cual estudia el cambio de proporción dimensional de un organismo ([López, 1988](#)). Este concepto ha sido utilizado para relacionar variables de difícil medición como biomasa, con variables más fáciles de medir como altura, diámetro y área basal, con el objeto de estimar la primera variable en función de las segundas; el parámetro que más se ha utilizado es el diámetro ([Cano, Velázquez, Vargas, Rodríguez, & Fierros, 1993](#)). Las ecuaciones de biomasa utilizadas son más precisas cuando se consideran al mismo tiempo las variables diámetro y altura ([Grier & Logan, 1977](#)).

En Colombia El presente trabajo se llevó a cabo con el objetivo de realizar la estimación de biomasa en la plantación de *Pinus patula* en la vereda Cuzagueta del municipio de Concepción (Santander), y por ende determinar la cantidad total de carbono presente en la plantación y en el suelo forestal.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 Objetivo general.

Estimar la cantidad de carbono acumulado en el suelo y en la biomasa de los árboles de la plantación de *Pinus patula* de la vereda Cuzagueta.

### 1.2 Objetivos específicos.

- Evaluar las características dendrométricas del árbol y dasométricas del rodal.
- Implementar un modelo matemático para la estimación de la cantidad de carbono fijado en el componente vegetal de la plantación.
- Calcular la cantidad de carbono almacenado en el suelo forestal en la plantación de *Pinus patula* en la vereda Cuzagueta.
- Determinar el rendimiento de la plantación en cuanto a la fijación de carbono en el componente vegetal y el suelo forestal

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Condiciones del sitio.

**2.1.1 Clima.** Esta caracterización se hizo por medio de información secundaria mediante revisión de literatura y reportes del instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) comprendidos entre los años de 1993 y 2012.

**2.1.2 Suelo.** Según [Alvarez, Estrada, y Cock \(2010\)](#) se ubicaron los sitios a estudiar y se dividió el área de estudio tomando como base la caracterización realizada para esta, siguiendo diferencias de cobertura y desarrollo de la misma, donde se encontró diferencias en el desarrollo de la plantación. Por esta razón se hicieron dos calicatas, una para la plantación limpia y otra para la plantación enmalezada.

Para la elaboración de las calicatas se evitó hacerlas cerca de caminos y de los bordes de la plantación. Las medidas de las cajuelas fueron de 1m de largo x 1m de ancho x 1.2m de profundo. Para la determinación de los horizontes se eligió una cara de la cajuela y se limpió raspándola con un machete. Ya teniendo esto se observó detenidamente y se ubicaron los puntos en los que se encontraban cambios evidentes de color, donde se marcaron con palillos y luego se nombraron utilizando la metodología propuesta por [Alvarez et al. \(2010\)](#) y se midió su espesor.

La toma de muestras de suelo se hizo aleatoriamente garantizando que fueran bien distribuidas dentro del área de estudio, las cuales posteriormente fueron llevadas a análisis de laboratorio. Se asignaron cuatro (4) puntos al azar al interior del bosque limpio y cuatro (4) puntos dentro del bosque enmalezado; en estos se limpió la capa de material vegetal hasta dejar el suelo desnudo y

se tomaron muestras de 0-20 cm y de 20-40 cm de profundidad, esto se hizo mediante la utilización de un barreno.

**2.1.3 Zona de vida.** Para la plantación de *Pinus patula* ubicada en la vereda Cuzagueta del municipio de Concepción (Santander) se determinó su zona de vida de acuerdo a la clasificación de zonas de vida y formaciones vegetales del mundo según [Holdridge \(1947\)](#).

## **2.2 Área de estudio.**

**2.2.1 Delimitación.** Para la delimitación del área de estudio se hizo uso de la tecnología de sistemas de posicionamiento global (GPS). Donde se utilizó un GPS Garmin 64s el cual fue previamente configurado utilizando el datum WGS84,

Se recorrió la periferia de cada una de las áreas boscosas registrando con el GPS los puntos más relevantes y diferenciables. Estos fueron procesados mediante sistemas de información geográficos con el programa QGIS ([Quantum GIS Development Team, 2014](#)), donde se crearon los polígonos uniendo los cada uno de los puntos tomados en campo.

**2.2.2 Clasificación y caracterización.** Esta se hizo siguiendo la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia ([IDEAM, 2010](#)), donde se tuvo en cuenta las principales características observables en campo a simple vista, que cumplieran con los requisitos Propuestos por esta metodología. Después de tener esta clasificación se hizo una caracterización más detallada del área, para lograr una diferenciación que nos permitirá trabajar por separado en cada una de estas áreas y alcanzar una mayor exactitud, la caracterización anterior se hizo mediante el procesamiento digital de imágenes Landsat 8 ([Cabrera, Galindo, & Vargas, 2011](#)) por medio de la utilización del programa libre QGIS y el reconocimiento en campo de estas aéreas.

En el procesamiento digital de la imagen se llevó a cabo la corrección pancromática y atmosférica para al final realizar la combinación de las bandas mediante la técnica tasseled cap greenness TCG ([She et al., 2015](#)), el cual está definida por la siguiente ecuación.

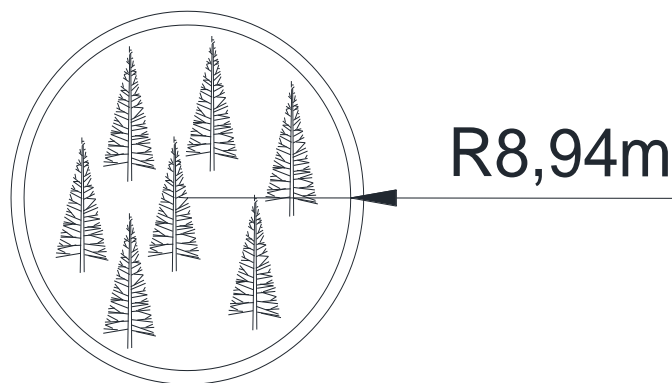
$$TCG = 0.2939 \times P_{blue} - 0.2491 \times P_{greenn} - 0.5482 \times P_{red} + 0.7184 \times P_{NIR} \\ + 0.0707 P_{SWIR1} - 0.1729 \times P_{SWIR2}$$

### 2.3 Muestreo.

El muestreo estratificado al azar nos muestra cómo se comporta una variable en una población, haciendo evidente sus cambios en sub-poblaciones o estratos en los que se ha dividido. El cual está sujeto a su ajuste a través de la realización de un pre-muestreo en campo. Para este se sortearon al azar 35 puntos garantizando su total distribución dentro del área de estudio.

En cada uno de los puntos, basados en [Vélez y Arango \(2001\)](#) se estableció una parcela circular de 250 m<sup>2</sup> donde se identificó un árbol como el principal y a partir de este se midió un radio de 8.94 m como lo muestra la Figura 1 . En cada parcela el diámetro normal (DAP) de cada árbol fue

medido directamente por medio de una cinta diamétrica a precisión del milímetro más cercano, con esta información se determinó el área basal de cada individuo y de cada parcela en general, que sería utilizado en el pre-muestreo.



*Figura 1. Forma de las parcelas establecidas.*

Las alturas fueron tomadas indirectamente con la ayuda del clinómetro suunto, con el cual se determinó el ángulo superior e inferior a una distancia horizontal como lo muestra la Figura 2, donde por medio de la siguiente ecuación se estableció la altura de cada árbol.

$$HT = DH(TAN^{-1}\theta - TAN^{-1}\alpha)$$

Donde

HT= altura total

DH= distancia horizontal

TAN<sup>-1</sup>= tangente inversa

$\theta$ = ángulo superior

$\alpha$ = ángulo inferior

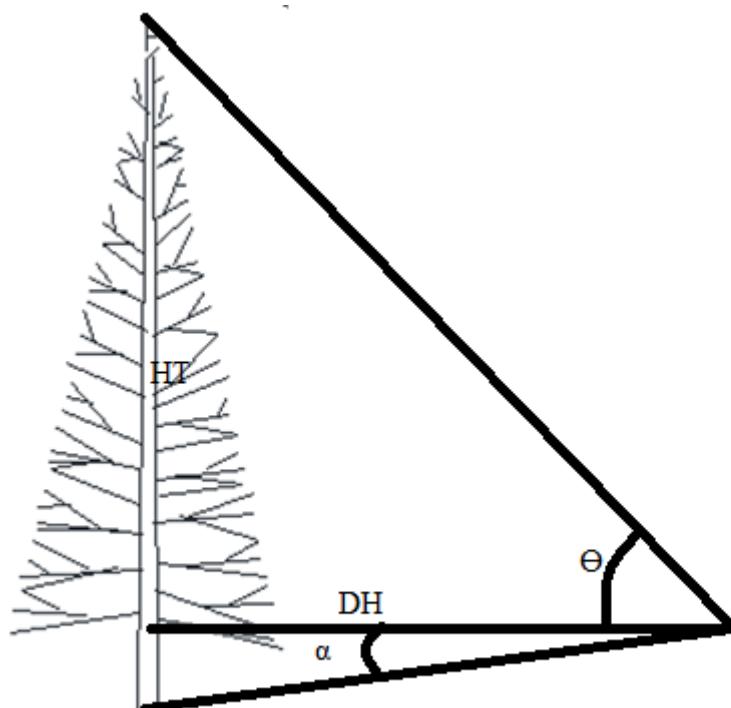


Figura 2. Componentes para la toma de la altura total de cada árbol

**2.3.1 Estabilización de la muestra o pre-muestreo.** Teniendo el área basal de cada una de las parcelas establecidas en el pre-muestreo se determinó la muestra representativa mediante la siguiente ecuación.

$$n = \frac{t^2(cv)^2}{e\%^2}$$

Teniendo la cantidad de parcelas que estabilizan la muestra se procede a la medición dasométrica del DAP y altura total mediante la utilización de cinta diamétrica y clinómetro suunto.

## 2.4 Determinación del carbono total de la plantación.

**2.4.1 Carbono presente en el suelo.** Se determinó el volumen del suelo del sitio de estudio utilizando el área y una profundidad de 0.20m, con la ecuación.

$$V = A * P$$

Dónde: V= volumen      A= área      P= profundidad

También se determinó la densidad real del suelo tomando una muestra a una profundidad de 0-20 cm y otra de 20-40cm en cada uno de los tipos de plantación, y por medio del método propuesto por [Jaramillo \(2002\)](#). Estas muestras fueron tomadas con recipientes de volumen conocido y fueron secadas a peso constante a 105°C durante 24 horas. Esta fue determinada mediante la siguiente ecuación.

$$Dr = \frac{M}{V}$$

Dónde:

Dr= densidad real

M= masa de la muestra

V= volumen de la muestra

Para determinar la masa del suelo de la totalidad del área de estudio, teniendo la densidad real y el volumen donde estos se relacionan mediante el despeje la ecuación anterior.

$$M = \frac{Dr}{V}$$

Con el porcentaje de carbono orgánico (%CO) del suelo determinado en análisis de laboratorio para cada una de las profundidades a las cuales fueron tomadas las muestras, se determinó la cantidad de carbono total presente en el suelo del área estudiada. Mediante la relación:

$$CTS = MS * \%CO$$

Dónde:

CTS= carbono total del suelo. MS= masa del suelo. %CO= porcentaje de carbono orgánico.

## 2.4.2 Carbono en el componente vegetal.

**2.4.2.1 Carbono de cada árbol.** Se determinó el carbono total de cada árbol de las parcelas inventariadas mediante la relación del DAP y la altura total por medio de la ecuación utilizada por [Loaiza et al. \(2010\)](#) para la Estimación de las reservas de biomasa y carbono en plantas, suelos y diferentes bosques tropicales para la región andina de Colombia utilizado para *Pinus patula* y *Tectona grandis*. Para nuestro interés se utilizó el modelo de Smalian para *Pinus patula* el cual es el siguiente.

$$Tc = \frac{DAP^2 * HT}{4.4334 + (3.8186 * DAP^2 * HT) - (1.0043 * (DAP^2 * HT)^2)}$$

Donde:

DAP= Diámetro a la altura de pecho

HT= Altura total

A=4.4340

B=3.8180

C=-1.0041

**2.4.2.2 Carbono de cada parcela y de la plantación.** Para esto se sumó la cantidad de carbono de cada árbol presente por parcela y esto nos indicó el carbono contenido en cada parcela. Los valores de la totalidad de las parcelas fueron promediados para determinar el factor con el cual se estableció la cantidad de carbono presente en la plantación.

## **2.5 Factibilidad de la utilización del método destructivo.**

Para el cálculo de la factibilidad del método destructivo se tomó como base la realización de una práctica de campo donde se evaluaron los costos por unidad muestreada en relación con el tiempo; tomando como referencia la siguiente metodología planteada.

**2.5.1 Selección del árbol muestra.** Debido a que nos puede utilizar todos los árboles para un análisis destructivo de biomasa, y por el costo que genera, se deben elegir una muestra de árboles a los cuales se le miden todas las variables requeridas. Dependiendo de la variabilidad del bosque, la exactitud deseada para el estudio, la cantidad de especies y los recursos disponibles. Teniendo en cuenta que toda la plantación presenta la misma edad por ende las características individuales de los árboles del rodal no presenta gran diferencia, lo cual hace que la elección del árbol muestra se realice por medio de un muestreo completamente al azar. Al cual se le realizó la tala siguiendo la metodología de [Schlegel, Gayoso, y Guerra \(2000\)](#).

**2.5.2 Medición de la biomasa aérea.** Siguiendo la metodología de [Schlegel \*et al.\* \(2000\)](#) una vez volteado el árbol se midieron variables como altura total, altura y diámetro al comienzo de la copa viva, diámetro a la altura del tocón y diámetro con y sin corteza a lo largo del fuste, tomando la medición en el mismo lugar donde fue troceado, el cual se hizo inicialmente a 1.3 m del tocón y las demás trosas cada 3 m a partir de ahí, hasta un diámetro límite de 10cm. Después de pesadas las trosas de cada una de estas se tomó una muestra de 3 cm de espesor en su extremo inferior.

También se separaron las ramas gruesas, ramillas, conos y acículas. Las gruesas tienen un diámetro superior a los 2 cm y las ramillas inferior a este, y de esta forma se pesa todo por separado.

De cada uno de estos componentes del árbol se tomaron muestras. Para las ramas gruesas se tomaron 3 muestras, Para las ramillas y hojas fue tomada como muestra un kilogramo, el cual se tomó de todas las partes del árbol.

Las muestras tomadas del fuste fueron secadas al horno hasta un peso constante a 105°C de temperatura y las demás muestras a 65 °C con un tiempo para todas de 72 horas.

Para cada muestra se determina la razón de peso seco/peso húmedo (Ps/Ph) y se calculó la razón promedio (Ps/Ph) de estas muestras, el cual nos indicó el contenido de humedad de cada uno de los componentes.

Teniendo el peso húmedo de cada componente y su contenido de humedad, estos factores fueron multiplicados para determinar el peso seco de cada una de estos. Y al sumar los pesos de todos los componentes del árbol determinamos el peso seco total del árbol, lo que nos indica su biomasa.

**2.5.3 Medición de la biomasa subterránea.** El tocón fue cortado a ras del suelo para de esta manera separar la biomasa aérea de la subterránea.

De igual forma siguiendo la metodología propuesta por [Schlegel et al. \(2000\)](#). Ya con la parte aérea del árbol removida y siguiendo el método tradicional de excavación.

Se identificó el área en el cual se removió el suelo, esta área de influencia de las raíces es proporcional al tamaño del árbol. Se delimito con mucho cuidado removiendo el suelo superficial con el fin de no dañar las raíces y lograr visualizarlas y conocer la tendencia y dirección de crecimiento.

Se realizó una excavación y teniendo desprendidas las raíces más gruesas, se puede extraer esta con la ayuda de una diferencial. Para esto instalamos un trípode utilizando tres fustes con un diámetro de más de 10 cm, estos fueron clavados en su base alrededor del tocón y sujetos en la punta con un lazo o manila de modo que su centro de gravedad quedara exactamente encima del tocón. En la parte más alta del trípode sujetamos una diferencial de una tonelada de arrastre.

Instalado el sistema trípode-diferencial amarramos la raíz con una cadena de 12 mm de espesor y 3 m de largo. Luego se conectó al gancho de la diferencial y se procedió a extraer toda la biomasa radicular.

Todas las raíces fueron juntadas y pesadas, también se tomó una muestra general que fue llevada al laboratorio, donde fue secada al horno a un peso constante a 105°C de temperatura durante 72 horas.

También determinamos la razón peso seco/peso húmedo (Ps/Ph) de esta muestra, el cual nos indica el contenido de humedad de esta y al ser multiplicada por el peso verde total de la raíz nos indicó el peso seco de esta la cual es su biomasa

**2.5.7 Biomasa total del árbol.** Esta se determinó sumando la biomasa aérea y subterránea del árbol medida anteriormente.

$$BT = Ba + Bs$$

Dónde:

BT= Biomasa total   Ba= Biomasa aérea   Bs= Biomasa subterránea

**3.5.8 Carbono contenido en el árbol.** Teniendo la biomasa o peso seco del árbol siguiendo la metodología propuesta por [Acosta, Carrillo, y Díaz \(2009\)](#), el cual para determinar la cantidad de carbono en bosques de *Pinus patula* mediante el método destructivo, estableció un modelo donde propone como factor de 0.5 para la conversión de biomasa a carbono contenido para estas plantaciones.

$$CC = 0.5 * MS$$

Dónde:    CC= carbono contenido.            MS= materia seca.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1 Generalidades del área de estudio.

**3.1.1. Localización.** El área de estudio se encuentra ubicada en la vereda Cuzagueta del municipio de concepción Santander, estos predios pertenecen a la alcaldía de Málaga (S). El cual se encuentra ubicado a 10 km del casco urbano del municipio de Málaga, donde se recorre hasta el km 5 sobre la vía Málaga-curos, desde este punto se desvía hacia la derecha 5 km por una vía terciaria. A partir del punto hasta el cual tienen acceso los vehículos se toma un camino de herradura y este a su término nos llevara a la plantación. (*Ver Figura 3*)

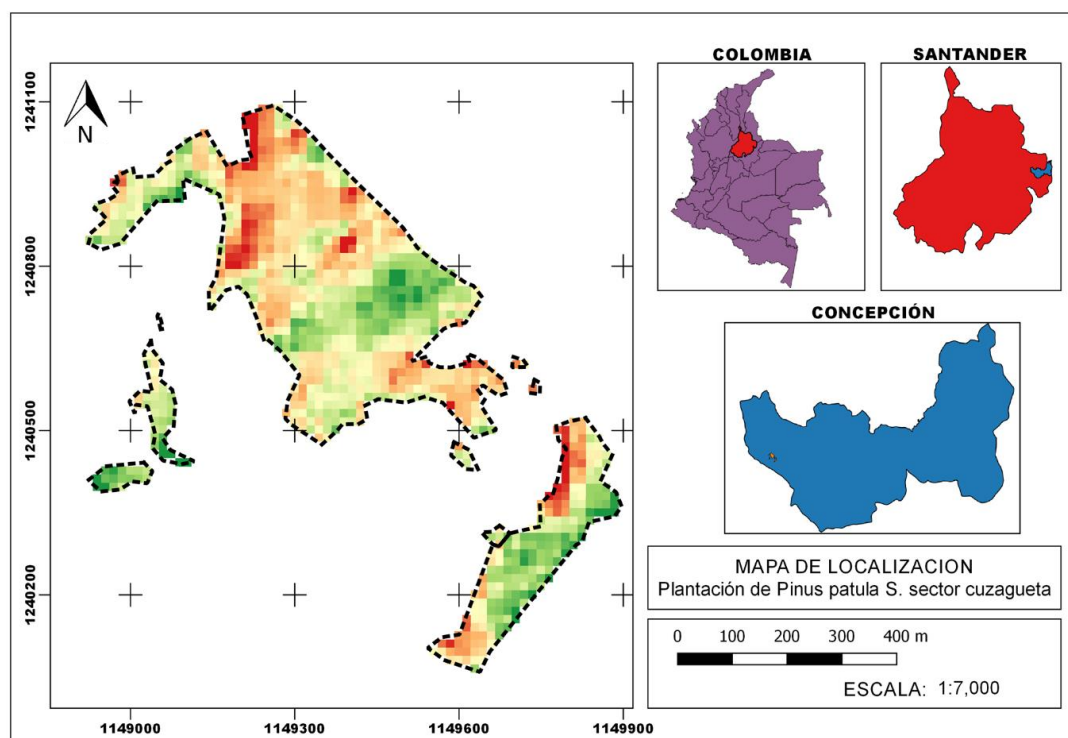


Figura 3. Localización de la plantación de *Pinus patula*.

El área total de la plantación es de aproximadamente 25.29 ha de las cuales 12.429 ha pertenecen al bosque limpio lo que equivale a un 49.146% del área total y 12.861ha al bosque enmalezado con un 50.85%.

### 3.2 Condiciones del sitio.

**3.2.1 Clima.** La estación climatológica más cercana al área de estudio para obtener los datos de temperatura y precipitación fue la estación Málaga 2, de código 24030950, ubicada en el municipio de Málaga (S). A una elevación de 2237 m.s.n.m. tomando registros desde el año 1993 hasta el 2012.

**3.2.1.1. Precipitaciones.** La Figura 4 muestra que la máxima precipitación se presentó en el año 2011 con un valor de 2667.7 mm y el registro más bajo se dio en el año 1996 con un valor de 500.7 mm. La precipitación promedio para este para estos 19 años es de 1593.51 mm anuales.

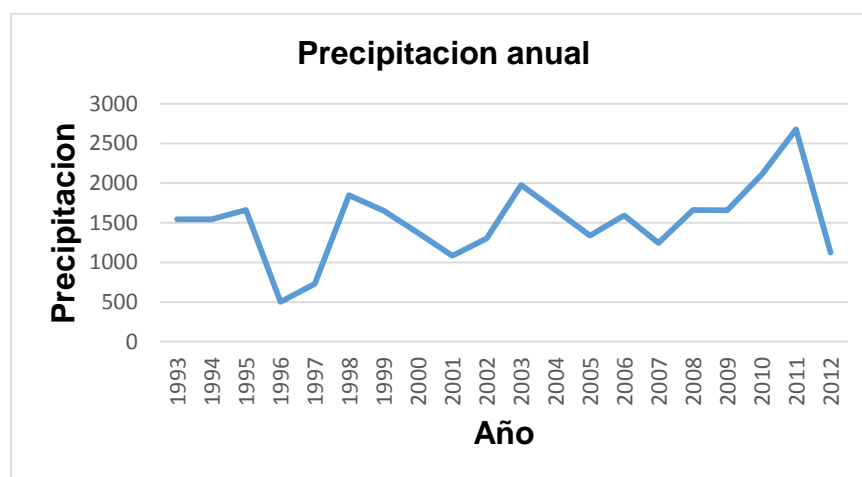


Figura 4. Valores de precipitación anual para el periodo 1993-2012. Adoptado de base climática años 1980-201. Bogota IDEAM (2012)

**3.2.1.2 Altitud.** La plantación de *Pinus patula* de la vereda Cuzagueta del municipio de concepción Santander presenta una altura máxima de 3000 m.s.n.m. y una mínima de 2800 m.s.n.m. con una altitud promedio de 2900 m.s.n.m.

**3.2.2 Suelo.** Para la plantación limpia los suelos son profundos ya que superan los 1.2 m de profundidad con baja presencia de rocas y presentan una textura franco-arenosa, La Figura 5 muestra el perfil del suelo de esta plantación donde se presenta un suelo desarrollado en el cual se pueden diferenciar fácilmente cada uno de los horizontes. Estos suelos con una profundidad de 0–20 cm (L20) es muy ácido con un pH de 4.6, de textura franco – arenosa, con contenidos normales de materia orgánica y 4.33 % de carbono, además con altas concentraciones de aluminio (*Anexo A. Resultado del análisis del laboratorio para la muestra de suelo tomada en la plantación limpia en los primeros 20 cm de profundidad.*

). Y para una profundidad de 20-40 cm (L40) presenta una textura franco-areno-arcillosa, un pH de 4.6, un porcentaje de carbono del 4.29 % y una variación muy mínima de aluminio con respecto a la muestra anterior (*¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*).

En la plantación enmalezada se presentan suelos más superficiales al alcanzar una profundidad 1.1m, la Figura 6 muestra el perfil del suelo de la plantación enmalezada donde se distingue un suelo rocoso en el cual se dificulta la diferenciación de sus horizontes. Para una profundidad de 0-20 cm (E20) son muy ácidos con una pH de 4.7, de textura franco-arenosa, con un contenido de materia orgánica superior a la de la plantación limpia, un porcentaje de carbono de 6.12 % y una concentración más baja de aluminio a la encontrada en el suelos de la plantación limpia a una profundidad de 0-20cm (Anexo C). Para la muestra tomada a una profundidad de 20-40 cm (E40) el pH no varía, de textura arenoso-franco, disminuye el contenido de materia orgánica y por ende

el porcentaje de carbono con un valor de 5.76 %, además presenta una disminución significativa de la concentración de aluminio con respecto a la muestra tomada de 0-20cm de profundidad (

Anexo D.).

La Figura 7 muestra los valores de pH para cada plantación a diferentes profundidades donde se observa que la plantación enmalezada presenta una mayor acidez, esto se puede observar a simple vista en campo ya que se encuentran malezas de hojas delgadas como los helechos. De igual forma en esta plantación se encuentra mayor cantidad de fósforo y carbono orgánico como lo indica la Figura 8 y la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Los elementos más representativos para ambos tipos de plantaciones son el calcio y aluminio, donde este último es el más abundante hasta el punto donde se puede llegar a presentar una toxicidad para cultivos (*Figura 10*).

Los resultados de las clases texturales se presentan en la Figura 11 donde se ven por separado el porcentaje de arenas, limos y arcillas, en el cual la arena es el mayor componente textural de cada una de las muestras, y se presentan como aptos en cuanto a su textura los suelos de ambos tipos de plantaciones en sus primeros 20 cm. En el Anexo E. se observa como fueron tomadas las muestras de suelo que posteriormente fueron llevadas al laboratorio.



Figura 5. Perfiles del suelo para la plantación limpia.

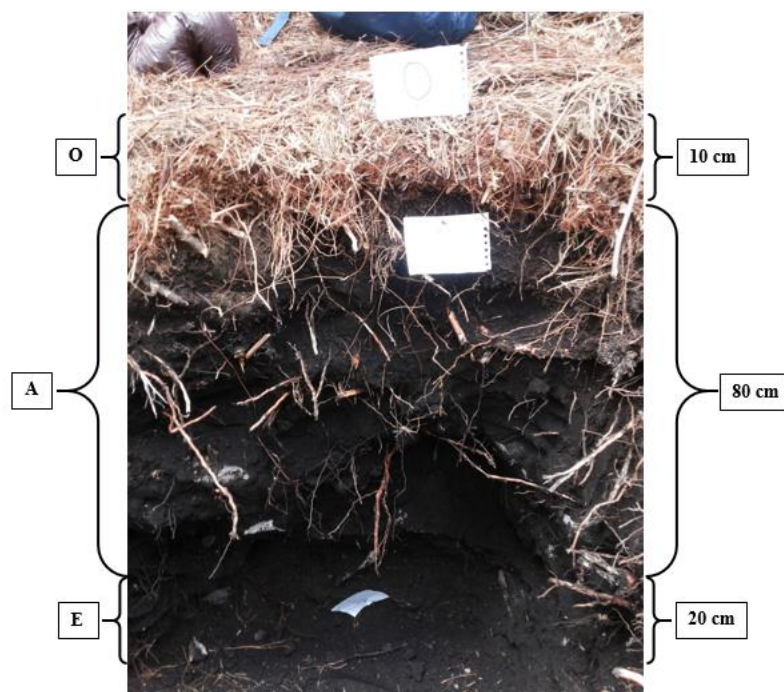
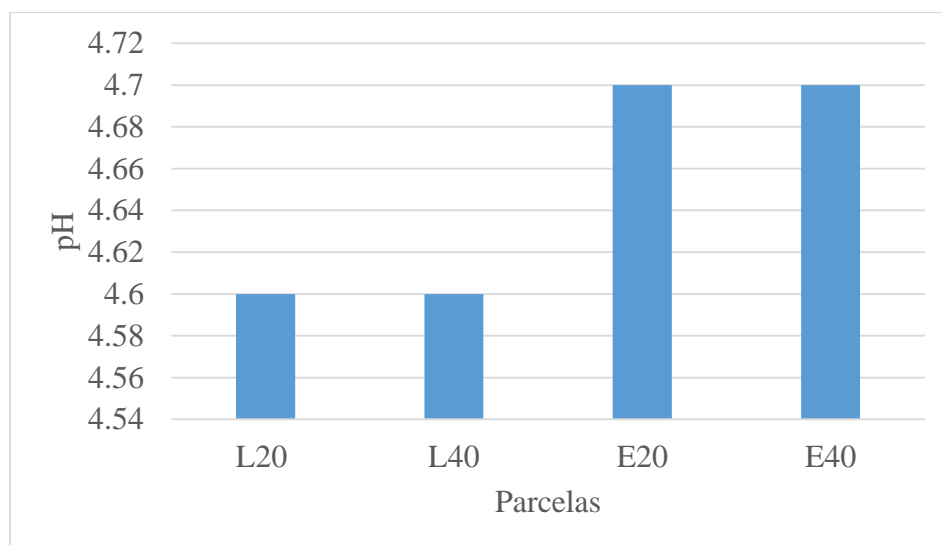
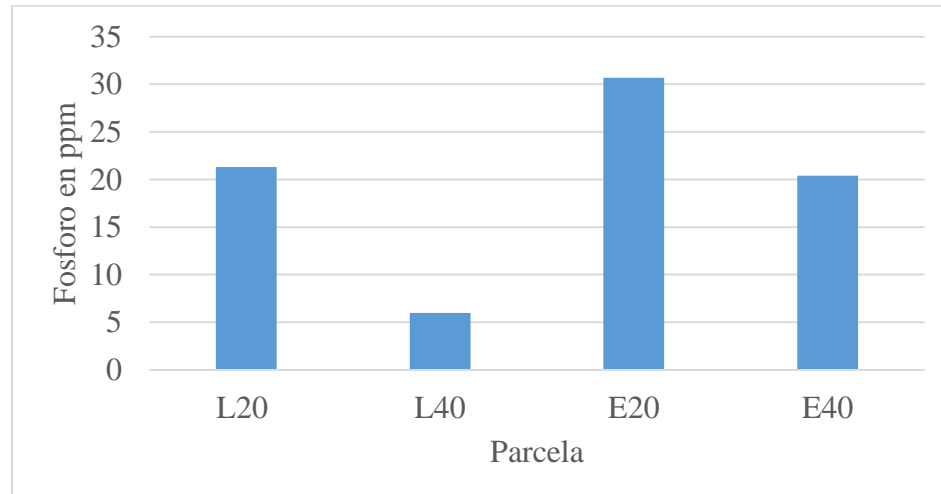


Figura 6. Perfil del suelo de la plantación enmalezada.

Las siguientes figuras muestran los resultados del análisis de laboratorio para cada una de las muestras.



*Figura 7. pH de cada muestra.*



*Figura 8. Cantidad de fosforo presente en cada muestra.*

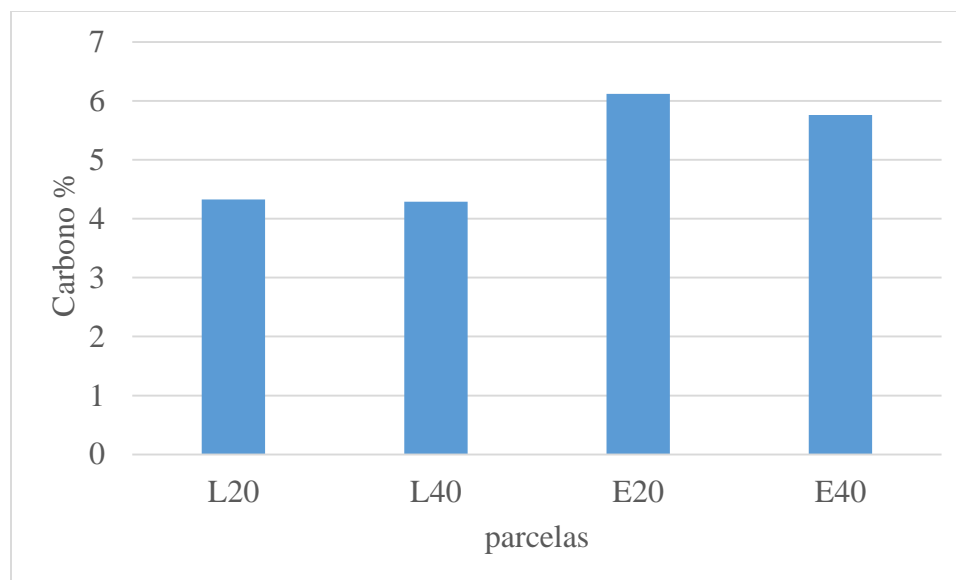


Figura 9. Porcentaje de carbono contenido en cada muestra

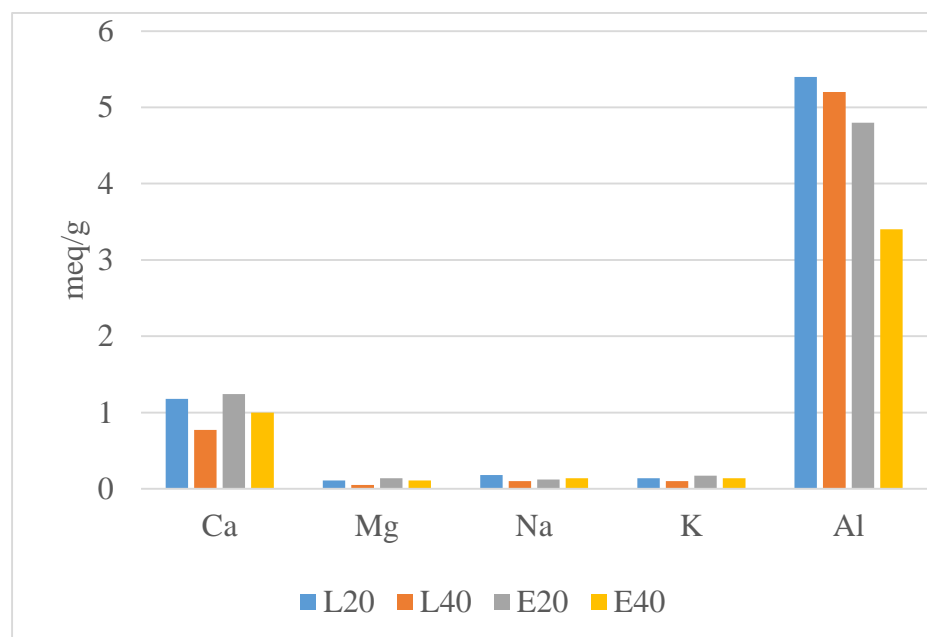


Figura 10. Contenido de otros nutrientes de cada una de las muestras.

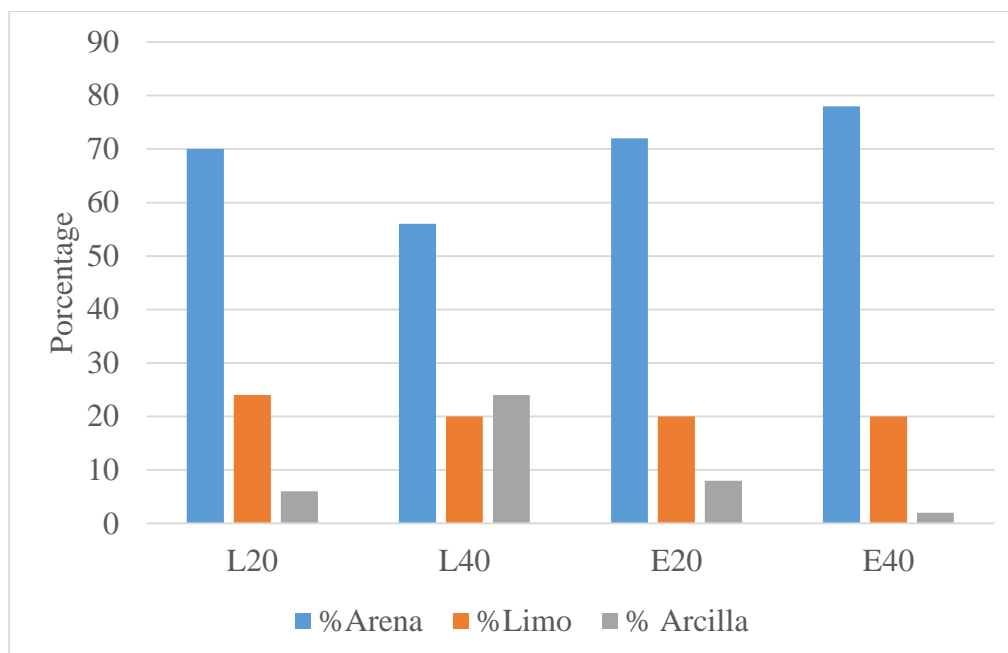


Figura 11. Resultado textural del análisis de laboratorio.

**3.2.3 Zona de vida.** La zona vida del área de estudio, es bosque muy húmedo montano (Bmh-M), ya que presenta una precipitación promedio de 1593.51 mm anuales, una temperatura de 12°C y una elevación promedio de 2900 m.s.n.m.

### 3.3 Tipo de cobertura del área de estudio.

**3.3.1 Clasificación.** Según la leyenda nacional de coberturas de la tierra, metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, el área de estudio pertenece a la siguiente clasificación.

Bosques y áreas seminaturales (3). Comprende coberturas de tipo boscoso, arbustivo, y herbáceo. También incluye coberturas que son resultado de la intervención del ser humano, como plantaciones forestales y vegetación secundaria o en transición.

Bosques (3.1). Áreas naturales o seminaturales de elementos arbóreos de especies nativas o exóticas. Estas plantas leñosas la altura del dosel supera los 5 mts.

Plantación forestal (3.1.5). Cobertura constituida por plantaciones arbóreas, realizada por el hombre con fines de manejo forestal para la producción de madera o de bienes y servicios.

Plantación de conífera (3.1.5.1).

**3.3.2 Caracterización.** Para diferenciar el área de estudio, estableciendo criterios propios se realizó la siguiente caracterización.

Plantación limpia con buen desarrollo (3.1.5.1). Zona de la plantación en la cual no se presenta ningún tipo de maleza, el colchón de acículas está bien formado y los arboles presentan un buen desarrollo en altura y diámetro (Anexo F).

Plantación enmalezada con menor desarrollo (3.1.5.1). Zonas en la cual los arboles presentan un menor desarrollo tanto en diámetro como en alturas y el colchón de acículas no se ha podido formar debido a la alta presencia de malezas (

Anexo G.).

La Figura 12 muestra la caracterización anteriormente mencionada donde las diferentes tonalidades de colores representan una característica de la plantación. Las partes de color rojo intenso hacen referencia a zonas de plantación limpia y bien desarrollada, mientras que las zonas de color verde se refieren a la plantación enmalezada y con menor desarrollo, y por último los colores intermedios son zonas de transición dentro de la plantación.

### 3.4 Inventario.

**3.4.1 Localización de los puntos de pre-muestreo y muestreo** Se observa la distribución espacial de cada una de las parcelas establecidas en el área de estudio. (Ver Figura 12).

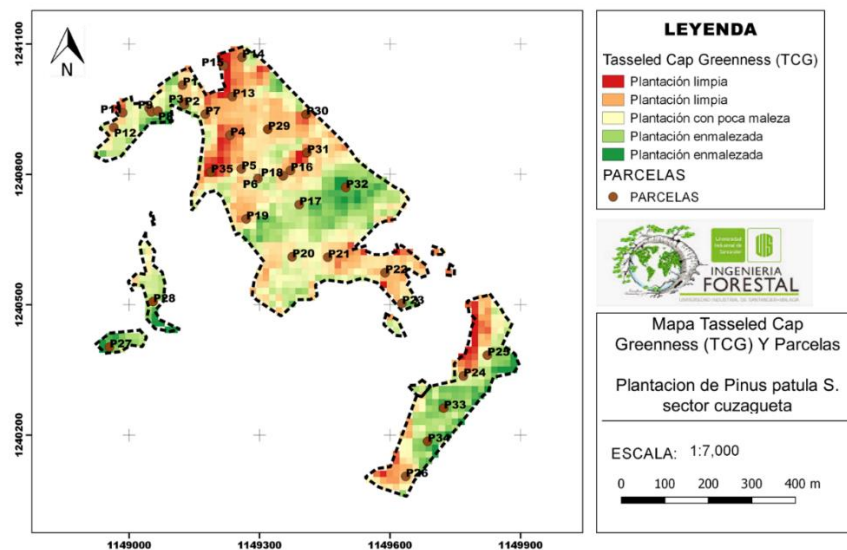


Figura 12. Caracterización del área de estudio y localización de los puntos de muestreo.

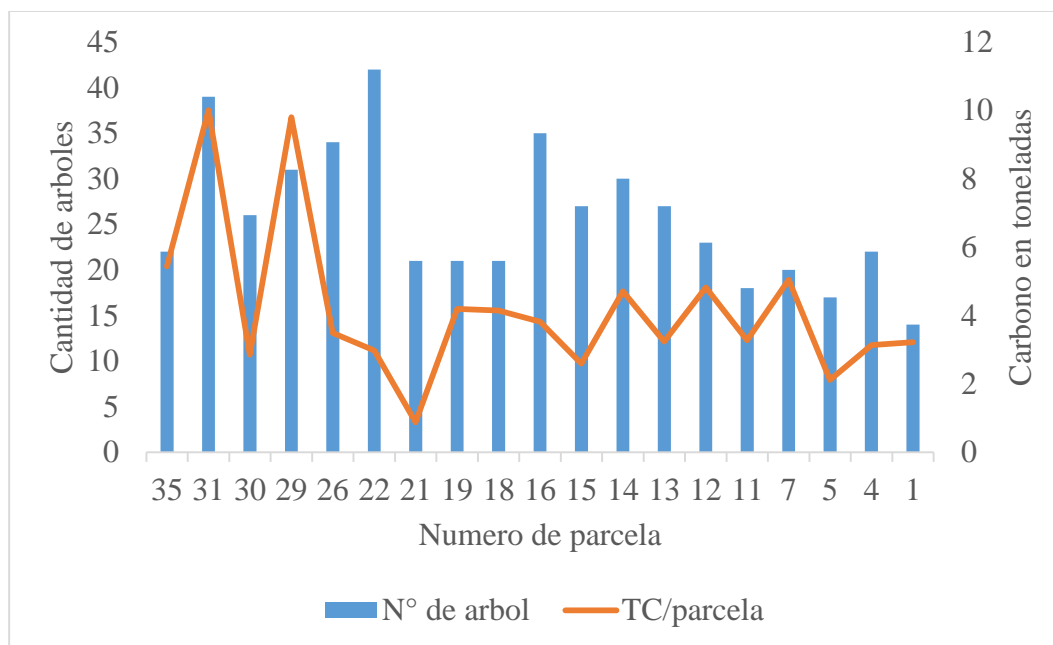
**3.4.2 Pre-muestreo.** Inicialmente se establecieron 35 parcelas al azar en la totalidad del área de estudio. De las cuales 19 fueron implementadas en la parte de la plantación clasificada como plantación limpia con buen desarrollo y 16 para la plantación enmalezada con menor desarrollo. A las cuales se midió solamente el diámetro normal a la altura del pecho y determino el área basal a cada uno de los arboles presentes.

**3.4.2.1. Numero de parcelas para la plantación.** Mediante la estabilización de la muestra se determinó que para la plantación limpia se hacen necesarias 16 parcelas y para la plantación enmalezada 13, debido a que el área de estudio se encuentra sobre-muestreada se decidió trabajar con la totalidad de las parcelas establecidas en el pre-muestreo, en las cuales se realizó la medición de las variables dasométricas.

### **3.5 Carbono total de la plantación.**

**3.5.1 Carbono contenido en los árboles.** Con los datos obtenidos directamente del DAP e indirectamente de altura total, se obtuvo la cantidad de carbono de cada árbol, parcela y de la plantación en general. El (Anexo J.) y el (Anexo K) muestran los valores para la cantidad de carbono contenido por cada árbol para la plantación limpia y enmalezada, mientras que en el (Anexo L.) y el (Anexo M) se observan la cantidad de árboles y los valores de la cantidad de carbono para cada parcela presente en cada tipo de plantación.

**3.5.1.1 Carbono total de cada parcela.** La Figura 13 y la Figura 14 muestran el contenido de carbono en toneladas (TC) en relación con el número de árboles presente en cada una de las parcelas de la plantación limpia y enmalezada.



*Figura 13. Relación del contenido de carbono con el número de árboles en cada parcela para la plantación limpia.*

En la plantación limpia las parcelas 31 y 29 presentan el mayor contenido de carbono con 10 y 9.8 toneladas y una cantidad de 39 y 31 árboles respectivamente. Mientras que la parcela 22 siendo la que tiene mayor cantidad de árboles con 42 individuos, presenta los menores contenidos de carbono teniendo 2.98 toneladas, debido a que las parcelas 31 y 29 presentan un buen desarrollo en cuanto a diámetro y altura, ya que el distanciamiento entre arboles es superior y permite un mayor desarrollo y la competencia por luz solar contribuye al desarrollo altitudinal. Mientras que en la parcela 22 aunque presenta alturas muy similares la densidad de siembra es superior lo que es una limitante para el desarrollo en cuanto al diámetro de los árboles.

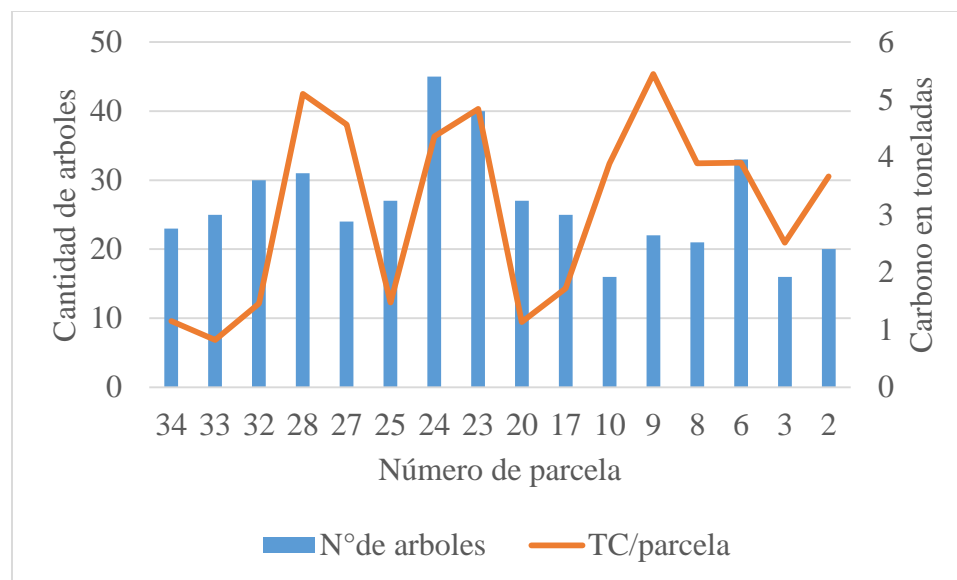


Figura 14. Relación del contenido de carbono con el número de árboles en cada parcela para la plantación enmalezada.

En la plantación enmalezada la parcela 9 y la parcela 28 presentan los más altos contenidos de carbono con 5.44 y 5.097 toneladas y una cantidad de árboles de 22 y 31 respectivamente, mientras que la parcela 33 con 25 individuos presenta la menor cantidad de carbono con 0.82 toneladas. Anqué la cantidad de individuos no presenta gran variación la diferencia en la cantidad de carbono se muestra ya que la parcela 9 y la parcela 28 se encuentran en límites de la plantación enmalezada, lo que podría ser llamado como una zona de transición hacia la plantación limpia, por el cual se ven afectados positivamente en el desarrollo de diámetro y altura por la baja competencia con malezas y una condición favorable del suelo en cuanto nutrientes y desarrollo. Mientras que las parcelas con menor cantidad de carbono como la parcela 33 se encuentra en la parte más interna de la plantación enmalezada, por lo que se ve afectado el desarrollo por la alta competencia con las malezas y un estado desfavorable del suelo.

**3.5.1.2. Carbono total por hectárea y de la plantación en general.** Para la plantación limpia se tiene un promedio por parcela de 4.19 toneladas de carbono para un área de 250 m<sup>2</sup> lo cual extrapolando estos valores para una hectárea, presenta 167.92 TC/ha, por lo cual para las 12.429 ha que comprenden esta área se registra un valor de 2087.07 toneladas. La plantación enmalezada presenta 3.12 toneladas en promedio por parcela de igual área y 124.8 TC/ha para un total de 1605.05 toneladas en las 12.861 ha de esta área. De este modo la plantación en general presenta un total de 3692.127 toneladas de carbono orgánico.

Si bien la plantación enmalezada tiene un área un poco mayor a la plantación limpia presenta una cantidad de carbono bastante menor, ya que en esta se encuentra limitado el crecimiento de los arboles por la alta competencia con las malezas y mal de desarrollo radicular debido a la gran pedregosidad que presentan estos suelos.

**3.5.2 Carbono contenido en el suelo.** La plantación limpia tiene un volumen de 24858 m<sup>3</sup> para cada una de las profundidades. Con una densidad real de 1800 y 1820 kg/m<sup>3</sup> para la profundidad de 0-20 cm y 20-40 cm respectivamente.

El carbono fijado en el suelo forestal es de 3845.244 toneladas para totalidad de la plantación el cual se encuentra distribuido en dos horizontes de igual volumen; el primero comprende los primeros 20 centímetros de profundidad que contiene 4.33% de carbono en las 44744.4 toneladas de masa que equivalen a 1937.43 Toneladas de carbono y un promedio de 155.88 TC/ha; El segundo horizonte se encuentra a partir de los 20 centímetros hasta los 40 centímetros de profundidad donde se encuentra una masa de 44724.4 toneladas, para este volumen el contenido de carbono es de 4.29% que corresponden a 1918.7 toneladas de carbono y 153.5 TC/ha en promedio.

La plantación enmalezada tiene un volumen de 25722 m<sup>3</sup> y una densidad real de 1.7 ton/m<sup>3</sup> para ambas profundidades, por lo que la masa para cada profundidad es de 43727.4 toneladas. En esta plantación el contenido de carbono es de 6.12% para los primeros 20 centímetros y 5.76% en el intervalo de 20 a 40 centímetros de profundidad, por lo cual en el primero horizonte de presentan 2676.1 toneladas de carbono que equivalen a 208.07 tC/ha, mientras que los siguientes 20 cm tienen 2518.7 toneladas que serían 195.84 tC/ha, obteniendo un total de 5194.8 toneladas en el suelo forestal de esta plantación. La Tabla 1 muestra estos valores y sus diferencias.

*Tabla 1.*

*Contenido de carbono en cada tipo de plantación a diferentes profundidades.*

Profundidad	Plantación		
	Limpia	Enmalezada	Total
0-20 cm	1937.4	2676.1	4613.5
20-40 cm	1907.9	2518.7	4426.6
Total	3845.3	5194.8	9040.1

Las diferencias entre profundidades son debidas principalmente a los contenidos en porcentaje de carbono de cada una de estas. Mientras que las existentes entre los tipos de plantación, se observa una cantidad superior en la plantación enmalezada, esto es debido la descomposición de material vegetal que se presenta en este lugar, que no solo es de acículas sino también de malezas y arbustos presentes.

La plantación en general presenta un total de carbono en el suelo hasta una profundidad de 40 cm de 9040.13 toneladas, de las cuales la plantación limpia contiene el 42.54%, y la plantación enmalezada presenta el 57.46%.

**3.5.3 Carbono total y su distribución en los componentes de la plantación.** La plantación en general presenta 12732.22 toneladas de carbono fijado, el cual se encuentra distribuido en el componente arbóreo y el suelo forestal, pertenecientes a la clasificación interna del rodal plantación limpia y plantación enmalezada. La mayor parte de almacenamiento de carbono se halla en el suelo forestal con 64.83% y 76.39% de la plantación limpia y enmalezada respectivamente; En la clasificación interna del rodal se encuentra el mayor promedio de fijación de carbono en la plantación enmalezada con 528.71 TC/ha, mientras que la plantación limpia presenta 477 TC/ha. La Tabla 2 muestra los valores totales de carbono fijada por componente y plantación.

*Tabla 2.*

*Carbono total por hectárea incluyendo el contenido en los árboles y el suelo.*

	limpia	%	enmalezada	%
suelo	309.38	64.81	403.91	76.39
arboles	167.92	35.18	124.8	23.60
Total	477.3		528.71	

### **3.6 Método destructivo.**

**3.6.2 Biomasa aérea y subterránea.** La Tabla 3 y la Tabla 4 muestran el peso húmedo y seco de cada uno de los componentes del árbol y de sus respectivas muestras.

Tabla 3.

*Peso seco y húmedo en kg del fuste y cada una de las muestras.*

Trozas Número	Peso húmedo	Rodelas		Contenido de humedad Rodelas	Peso seco
		P. Húmedo	P. Seco		
1	23.19	1.62	0.94	0.58	14.32
2	41.81	1.16	0.66	0.56	24.26
3	62.81	1.13	0.63	0.56	35.65
4	98.81	0.82	0.47	0.57	56.84
5	82.81	0.73	0.42	0.58	48.39
6	70.81	0.50	0.29	0.58	41.36
7	52.81	0.37	0.22	0.59	31.32
8	35.81	0.20	0.11	0.55	19.80
<b>Después DLU</b>	23.81	0.08	0.05	0.62	14.84
<b>Total</b>	<b>492.63</b>				<b>286.77</b>

Tabla 4.

*Peso húmedo y seco en kg de los demás componentes del árbol.*

	MUESTRAS				
	PESO TOTAL	PESO HUMEDO	PESO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD	PESO SECO TOTAL
<b>ACICULAS</b>	28.14	1.00	0.42	0.42	11.68
<b>RAMAS GRUESAS</b>	67.81	1.78	0.59	0.33	22.28
<b>RAMAS FINAS</b>	13.56	0.58	0.28	0.48	6.49
<b>CONOS</b>	48.14	1.28	1.00	0.78	37.61
<b>RAIZ</b>	109.48	0.97	0.45	0.46	50.23
<b>TOTAL</b>	<b>267.13</b>				<b>128.28</b>

Según el método destructivo este árbol tiene un peso seco o una biomasa de 0.415 toneladas lo que indica que tiene una cantidad de 0.207 toneladas de carbono contenido en su estructura. La factibilidad del método destructivo en cuanto a eficiencia es alta debido a que presenta una buena confiabilidad que cualquier modelo matemático, sin embargo los gastos en la aplicación de este método son elevados y el intervalo de tiempo muy amplio; además el uso de este método presenta

mayor utilidad en bosques heterogéneos disetaneos que en plantaciones homogéneas coetáneas, por ende el modelo matemático es el más apropiado para este tipo de investigaciones.

### **3.7 Relación con otro estudio realizado en los andes.**

En un estudio realizado en Colombia por [Vélez y Arango \(2001\)](#) para una plantación de *Pinus patula* en el departamento de Antioquia, llamado “metodología para la cuantificación de existencias y flujo de carbono en plantaciones forestales”, a una altura entre 1900 y 2300 m.s.n.m. con un promedio de temperatura anual máxima y mínima de 19 y 17°C respectivamente y una precipitación de 2000 mm/año. La zona de vida de esta área pertenece a bosque húmedo pre-montano (bh-PM) y bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB). En este se establecieron 41 parcelas circulares de 250m<sup>2</sup> ubicadas de manera que cubrieran un amplio rango de edades entre 6,47 y 29,61 años, del cual se tuvieron en cuenta para la comparación con nuestro estudio los datos de las plantaciones con la edad máxima, también se distribuyeron en rodales sin entresacas y con entresaca. Para el análisis de suelos fueron tomadas nueve muestras a una profundidad de 0-25 cm y otras nueve de 25-50 cm de profundidad, donde en el punto medio de cada profundidad se tomó una muestra de suelo con un cilindro para determinar la densidad aparente.

Para la plantación sin entresaca el carbono total por hectáreas presente en los árboles fue de 287.1 tC/ha para una edad de 29.6 años, mientras que para aquella con entresaca fue de 223.3 tC/ha. Para la plantación en general el suelo contiene en promedio 213.18 tC/ha para una profundidad de 50 cm. La Figura 15 y la Figura 16 muestran los resultados y relación de ambos estudios realizados para *Pinus patula* en relación con las tC/ha presente en los árboles, suelos y en conjunto de estos componentes del bosque para cada tipo de plantación respectivamente.

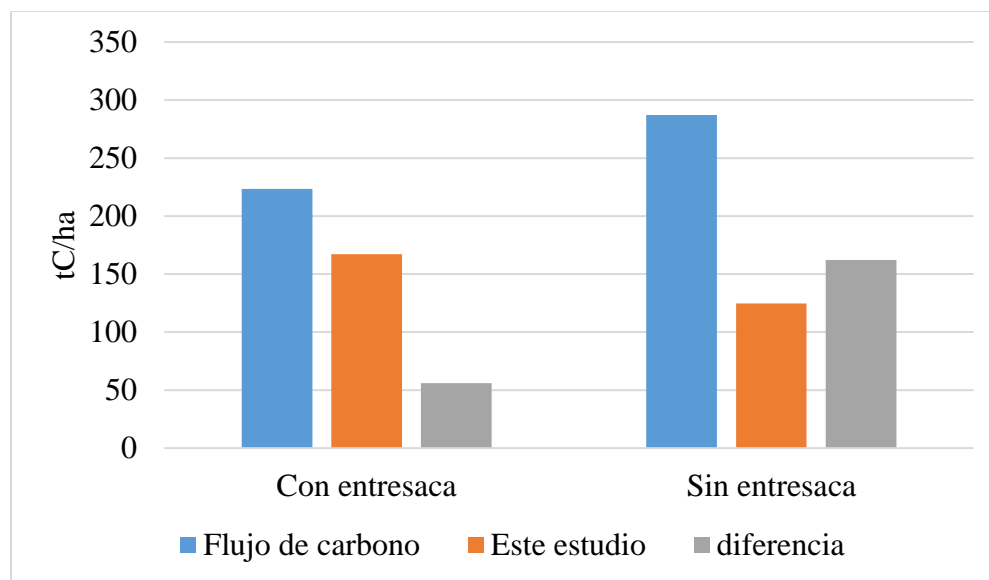


Figura 15. Diferencia en tC/ha presente en los árboles.

La plantación ubicada en el departamento de Antioquia presenta una mayor cantidad de carbono de 56.1 y 162.3 tC/ha para bosques con y sin manejo respectivamente. Estos puede ser debido a que aunque estas plantaciones hayan o no tenido entresacas a diferencia de la plantación en la vereda Cuzagueta tuvieron un mejor manejo en cuanto a la selección de las semillas, fertilización, limpieas y además están ubicadas en un clima que les permite mejor desarrollo.

Tomando como base que una plantación es viable en el servicio ambiental en cuanto a captura de carbono, la plantación de *Pinus patula* de la vereda Cuzagueta no tiene gran viabilidad y factibilidad debido a que la fijación de carbono es inferior a 200 TC/ha y en relación con la plantación de *Pinus patula* del estudio realizado en Antioquia muestra la diferencia que tiene una plantación en captura de carbono cuando está comercialmente activa.

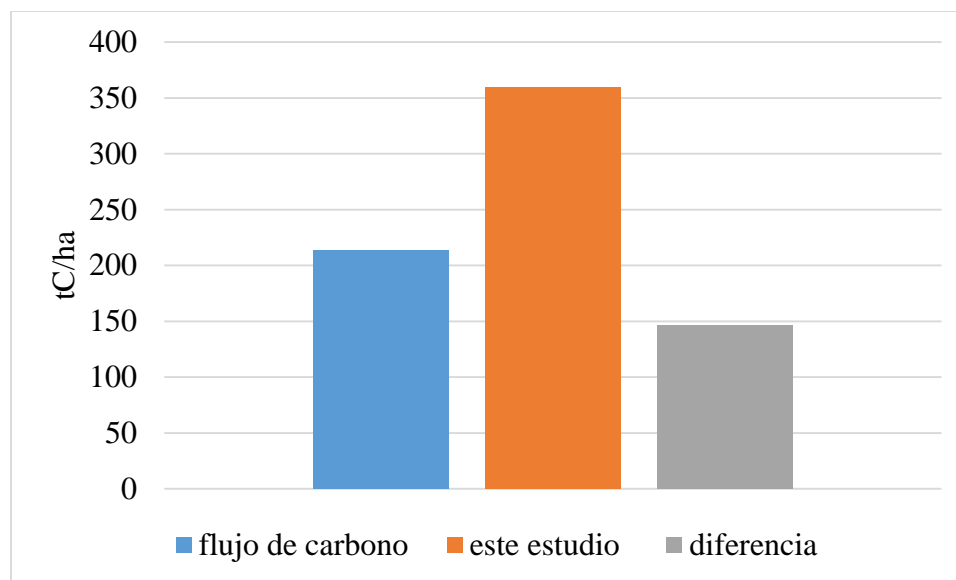


Figura 16. Diferencia de carbono contenido en el suelo por cada plantación en general.

La plantación de *Pinus patula* de la vereda Cuzagueta presenta un superioridad de 146.28 tC/ha presente en los suelos, esta superioridad se presenta debido a que la plantación antioqueña presenta un relieve de escarpado a muy escarpado con pendientes superiores al 45%, por lo que se puede presentar un arrastre de la materia orgánica por escorrentía. Además en la plantación de la vereda Cuzagueta se presenta una descomposición mayor en cantidad y variabilidad de materia orgánica a causa de la falta de manejo donde no solo se descomponen acículas, conos y demás componentes de la plantación sino también malezas y elementos de otras especies arbóreas.

Observando el porcentaje de carbono contenido en el suelo y árboles de cada tipo de plantación para ambos estudios, muestran en todos los casos que los suelos contienen más del 50% del carbono total (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

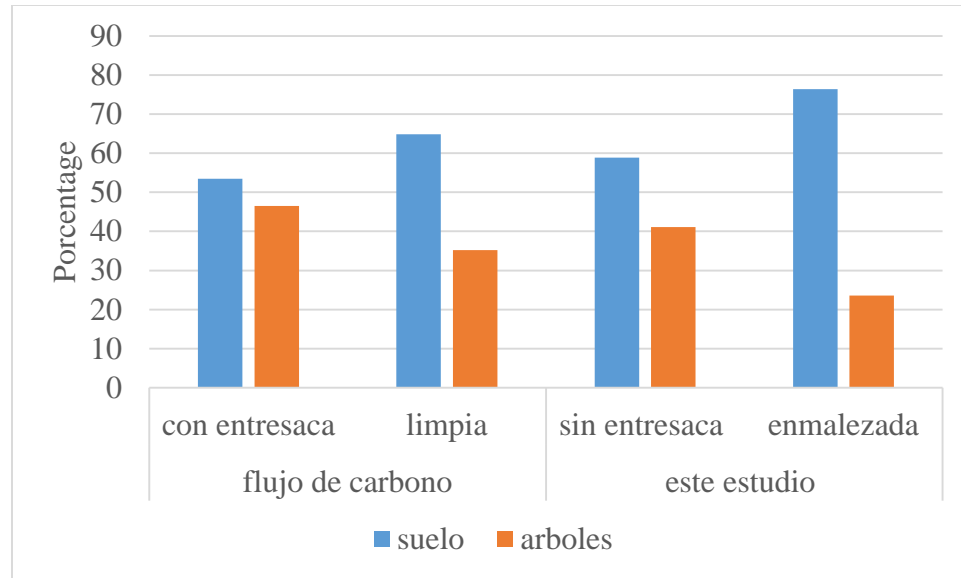


Figura 17. Contenido de carbono de cada componente para ambos estudios.

Esto es debido a la acumulación y descomposición de materia orgánica durante un periodo de tiempo de 30 años. El carbono obtenido por medio de esta descomposición es fijado en el suelo donde los suelos arcillosos pueden llegar a fijar mayor cantidad de este, este proceso es protegido por la cobertura forestal la cual impide la escorrentía, y el material vegetal depositado en los suelos por los arboles actúa como esponja y capta el agua introduciéndola a él suavemente; ello evita que el suelo sea lavado con la lluvia y así permitir una mayor fijación de carbono.

#### 4. CONCLUSIONES

Los datos obtenidos de diámetro y altura de cada individuo de la plantación limpia y enmalezada muestran que ambas plantaciones presentan las mismas clases diamétrica, la cual varía desde 0-50 cm dividida en cinco clasificaciones de igual rango, la diferencia presente entre estas plantaciones es la cantidad de individuos contenida en cada clase diamétrica, donde la plantación limpia presenta el mayor número de árboles en las clases diamétrica superiores. Para la plantación limpia la altura total oscila entre 5- 28 ms donde la mayor cantidad de individuos se concentran por encima de los 16 ms de altura, mientras que para la plantación enmalezada este rango es más pequeño ya que varía entre 5-21 ms. Estas diferencias entre diámetros y alturas son causadas por las condiciones de cada plantación en cuanto a la presencia de malezas, ya que estas compiten por nutrientes y limitan el desarrollo de los árboles, otra causa es el desarrollo de sus suelos donde la plantación limpia presenta el mejor suelo en cuanto a elementos, profundidad y pedregosidad.

La cantidad de carbono por hectárea contenido en los árboles se ve influenciado por factores que impiden el buen desarrollo de la plantación como lo son la presencia de elementos básicos, profundidad, pedregosidad y competencia con malezas, lo cual se ve reflejado en la menor fijación por parte de la plantación enmalezada en relación con la plantación limpia que presenta mayor acumulación de biomasa es su estructura radicular, leñosa y foliar y por ende presenta mayor fijación de carbono

La acumulación de carbono en suelo forestal tiene mayor presencia en la plantación enmalezada ya que la descomposición de material vegetal no solo hace parte del *Pinus patula* si no que tiene presencia del aporte orgánico de las maleza; sin embargo la plantación en general presenta una fijación de carbono aceptable en sus 30 años de servicio ambiental.

Tomando como base los resultados de captura de carbono y la viabilidad del estudio de la plantación realizada en Antioquia, la factibilidad de la plantación de Cuzagueta no presenta una fijación viable, ya que el carbono almacenado en la plantación limpia como la plantación enmalezada en el componente vegetal es inferior.

## 5. RECOMENDACIONES

Para aumentar el desarrollo vegetal y la captación de carbono en la plantación enmalezada se debería ejecutar una práctica de manejo silvicultural, realizando prácticas como podas, fertilización, limpias y entresacas. Ya que los arboles de esta plantación presentan una altura de comienzo de copa viva que no supera los 1.3 ms, también se puede observar una densidad de siembra muy alta y en algunos lugares la maleza llega a alcanzar la altura de los arboles más bajos. Estas labores mejorarían la dinámica de la plantación y aumentaría el contenido de carbono en el suelo.

Debido a que esta plantación tiene una edad alta y se encuentra gran cantidad de árboles muy bien desarrollados donde la fijación de carbono ya es lenta o quizás nula se puede realizar un aprovechamiento con fines maderables y/o para pulpa, donde deben ser respetados aquellos individuos que no tengan un desarrollo mínimo para el aprovechamiento e inmediatamente remplazados los individuos aprovechados, de esta manera prologando el tiempo de almacenamiento del carbono fijado en su estructura impidiendo su liberación a la atmosfera.

Ya que dentro de la plantación se encuentran algunos claros y en su periferia terrenos baldíos que presentan algún grado de pendiente y erosión, es viable que el área de la plantación sea ampliada por medio de una reforestación con lo que se vería un aumento en la captación de carbono y además se controlaría la erosión presente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M, Carrillo, F, & Díaz, M. (2009). Determinación del carbono total en bosques mixtos de *Pinus patula* Schl. et cham. *Terra Latinoamericana*, 27(2), 105-114. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792009000200003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792009000200003)
- Alvarez, D, Estrada, M, & Cock, J. (2010). RASTA Rapid Soil and Terrain Assessment: Guía práctica para la caracterización del suelo y del terreno. Recuperado de [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/69682/RASTA\\_2011.pdf](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/69682/RASTA_2011.pdf)
- Brown, S, Gillespie, A, & Lugo, A. (1989). Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest science*, 35(4), 881-902. Recuperado de <http://www.ingentaconnect.com/content/saf/fs/1989/00000035/00000004/art00003>
- Cabrera, E, Galindo, G, & Vargas, D. (2011). Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestación en Colombia nivel nacional escala gruesa y fina. Bogotá, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM.
- Cano, E, Velázquez, A, Vargas, J, Rodríguez, C, & Fierros, A. (1993). Relación alométrica entre el área foliar y el área de la albura en *Pinus patula* Schl et Cham., en Zacatlán, Puebla. Recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BCVER.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mf n=001587>
- Díaz, R, Acosta, M, Carrillo, F, Buendía, E, Flores, E, & Etchevers, J. (2007). Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus patula* Schl. et Cham. *Madera y Bosques*, 13(1). Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/617/61713103/>




- Garzuglia, M., & Saket, M. (2003). Wood volume and woody biomass: review of FRA 2000 estimates. Recuperado de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2008433649>
- Grier, C., & Logan, R. (1977). Old-Growth *Pseudotsuga menziesii* Communities of a Western Oregon Watershed: Biomass Distribution and Production Budgets. *Ecological monographs*, 47(4), 373-400. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/1942174/full>
- Holdridge, L. (1947). Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data. from Recuperado de <http://science.sciencemag.org/content/105/2727/367>
- Huxley, J., & Huxley, J. (1993). Problems of relative growth. Recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=AGRIUAN.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=024093>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá, Colombia: IDEAM 72p.
- Jaramillo, D. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/>
- Kimble, J., Lal, R., & Follett, R. (2002). Agricultural practices and policy options for carbon sequestration: what we know and where we need to go. Recuperado de <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=149979>

- Loaiza, J, Rodríguez, J, Ramírez, M, & Lema, Á. (2010). Estimation of biomass and carbon stocks in plants, soil and forest floor in different tropical forests. *Forest Ecology and Management*, 260(10), 1906-1913. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112710005116>
- López, C. (1988). Modelos para estimación de biomasa de *Pinus cembroides* Zuc. Recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=UACHBC.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=080230>
- Quantum GIS Development Team. (2014). Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project software. Recuperado de <http://www.qgis.org/es/site/>
- Schlegel, B, Gayoso, J, & Guerra, J. (2000). Manual de procedimientos muestreos de biomasa forestal: Universidad Austral de Chile. Recuperado de <http://www.uach.cl/proforma/carbono/manmuesbio.PDF>
- Schulze, E, Wirth, C, & Heimann, M. (2000). Managing forests after Kyoto. *Science*. 289(5487), 2058-2059. Recuperado de <http://science.sciencemag.org/content/289/5487/2058>
- She, X, Zhang, L, Cen, Y, Wu, T, Huang, C, & Baig, M. (2015). Comparison of the continuity of vegetation indices derived from Landsat 8 OLI and Landsat 7 ETM+ data among different vegetation types. *Remote Sensing*, 7(10), 13485-13506. Recuperado de <http://www.mdpi.com/2072-4292/7/10/13485/htm>

Vélez, V, & Arango, G. (2001). Metodología para la cuantificación de existencias y flujo de carbono en plantaciones forestales. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. . Recuperado de [http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio\\_carbono/15\\_Gutierrez.PDF](http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/15_Gutierrez.PDF)

## ANEXOS

*Anexo A. Resultado del análisis del laboratorio para la muestra de suelo tomada en la plantación limpia en los primeros 20 cm de profundidad.*

		LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS		
		CONVENIO UIS-GOBERNACIÓN DE SANTANDER.		
RESULTADO ANÁLISIS DE SUELOS				





Cliente:	Oscar Medina	Fecha de Ingreso de la muestra:	Mayo 19 de 2017	Departamento:	Santander					
Entidad:	N.S	Fecha de Análisis:	Mayo 30 de 2017	Vereda:	Cuzageta					
Dirección:	N.S	Fecha de Emisión de Resultado:	Mayo 30 de 2017							
Análisis solicitado:	Caracterización	x	Elementos Menores	x	Azúfre	x	C.I.C.	x	C.E.	x

## RESULTADO DEL ANÁLISIS DE SUELOS

Cód. Muestra	pH Unid	%C	P (ppm)	Ca	Mg	Na	K	Al	%Arena	%Limo	%Arcilla	Textura	B	Fe	Mn
				meq/100g suelo									(pp)		
17 - 0553	4.6	4.33	21.3	1.18	0.11	0.18	0.14	5.4	70	24	6	Franco – Arenoso	N.S.C	N.S.C	N.S.C

PARÁMETROS	MÉTODO ANALÍTICO	NOTAS
pH: Potencial de Hidrógeno C: Carbono P: Fósforo disponible Ca, Mg, Na, K % Textura B: Boro Fe, Mn, Cu, Zn S: Azufre CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico CE: Conductividad Eléctrica	Electrométrico: Relación 1:1 Agua destilada Colorimétrico: Walkley Black $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$ Colorimétrico: Bray II. HCl 0,1 N-NH <sub>4</sub> F 0,03 N Absorción Atómica; Extracción: Acetato de Amonio Bouyoucous: Agua destilada Colorimétrico: Extracción Fosfato Monocálcico Absorción Atómica: Extracción con DTPA Turbidimétrico: Extracción Fosfato Monocálcico Extracción: Acetato de Amonio Electrométrico: Agua destilada	Nota 1: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax ó e-mail se conservarán durante tres meses a partir de la entrega de los mismos. Nota 2: Prohibida la reproducción total o parcial de este documento. Nota 3: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras suministradas por el cliente. Nota 4: Los métodos analíticos aplicados en el laboratorio son válidos únicamente para muestras de suelos, y no a otros materiales de características físicas similares. Nota 5: La contramuestra de la muestra analizada se almacenará por un periodo de tiempo de 2 meses a partir de la fecha de emisión del resultado. Nota 6: Información y muestra suministrada por el cliente. Nota 7: Favor comunicar su sugerencia, observación o reclamo al teléfono 6324861 ó al correo electrónico: laboratorioquimicodesuelos_uis@yahoo.com

*Anexo B. Resultado del análisis de laboratorio para la muestra tomada en la plantación limpia en los segundos 20 cm de profundidad*

			LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS	
			CONVENIO UIS-GOVERNACIÓN DE SANTANDER.	
			RESULTADO ANÁLISIS DE SUELOS	




Cliente:	Oscar Medina	Fecha de Ingreso de la muestra:	Mayo 19 de 2017	Departamento:	Santander					
Entidad:	N.S	Fecha de Análisis:	Mayo 30 de 2017	Vereda:	Cuzageta					
Dirección:	N.S	Fecha de Emisión de Resultado:	Mayo 30 de 2017							
Análisis solicitado:	Caracterización	x	Elementos Menores	x	Azufre	x	C.I.C.	x	C.E.	x

**RESULTADO DEL ANÁLISIS DE SUELOS**

Cód. Muestra	pH Unid	%C	P (ppm)	Ca	Mg	Na	K	Al	%Arena	%Limo	%Arcilla	Textura	B	Fe	Mn
				meq/100g suelo									(pp)		
17 - 0550	4.6	4.29	5.99	0.77	0.05	0.10	0.10	5.2	56	20	24	Franco – Arcillo – Arenoso	N.S.C	N.S.C	N.S.C

PARÁMETROS	MÉTODO ANALÍTICO	NOTAS
pH: Potencial de Hidrógeno C: Carbono P: Fósforo disponible Ca, Mg, Na, K % Textura B: Boro Fe, Mn, Cu, Zn S: Azufre CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico CE: Conductividad Eléctrica	Electrométrico: Relación 1:1 Agua destilada Colorimétrico: Walkley Black $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$ Colorimétrico: Bray II. HCl 0,1 N-NH <sub>4</sub> F 0,03 N Absorción Atómica; Extracción: Acetato de Amonio Bouyoucous: Agua destilada Colorimétrico: Extracción Fosfato Monocálcico Absorción Atómica: Extracción con DTPA Turbidimétrico: Extracción Fosfato Monocálcico Extracción: Acetato de Amonio Electrométrico: Agua destilada	Nota 1: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax ó e-mail se conservarán durante tres meses a partir de la entrega de los mismos. Nota 2: Prohibida la reproducción total o parcial de este documento. Nota 3: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras suministradas por el cliente. Nota 4: Los métodos analíticos aplicados en el laboratorio son válidos únicamente para muestras de suelos, y no a otros materiales de características físicas similares. Nota 5: La contramuestra de la muestra analizada se almacenará por un periodo de tiempo de 2 meses a partir de la fecha de emisión del resultado. Nota 6: Información y muestra suministrada por el cliente. Nota 7: Favor comunicar su sugerencia, observación o reclamo al teléfono 6324861 ó al correo electrónico: laboratorioquimicodesuelos_uis@yahoo.com

*Anexo C. Resultado del análisis de laboratorio para la muestra de suelo tomada en la plantación enmalezada en los primeros 20 cm de profundidad.*

 	LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS CONVENIO UIS-GOVERNACIÓN DE SANTANDER.	
	RESULTADO ANÁLISIS DE SUELOS	





Cliente:	Oscar Medina	Fecha de Ingreso de la muestra:	Mayo 19 de 2017	Departamento:	Santander					
Entidad:	N.S	Fecha de Análisis:	Mayo 30 de 2017	Vereda:	Cuzageta					
Dirección:	N.S	Fecha de Emisión de Resultado:	Mayo 30 de 2017							
Análisis solicitado:	Caracterización	x	Elementos Menores	x	Azufre	x	C.I.C.	x	C.E.	x

**RESULTADO DEL ANÁLISIS DE SUELOS**

Cód. Muestra	pH Unid	%C	P (ppm)	Ca	Mg	Na	K	Al	%Arena	%Limo	%Arcilla	Textura	B	Fe	Mn
				meq/100g suelo											
17 - 0552	4.7	6.12	30.7	1.24	0.14	0.12	0.17	4.8	72	20	8	Franco – Arenoso	N.S.C	N.S.C	N.S.C

PARÁMETROS	MÉTODO ANALÍTICO	NOTAS
pH: Potencial de Hidrógeno C: Carbono P: Fósforo disponible Ca, Mg, Na, K % Textura B: Boro Fe, Mn, Cu, Zn S: Azufre CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico CE: Conductividad Eléctrica	Electrométrico: Relación 1:1 Agua destilada Colorimétrico: Walkley Black $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$ Colorimétrico: Bray II. HCl 0,1 N-NH <sub>4</sub> F 0,03 N Absorción Atómica; Extracción: Acetato de Amonio Bouyoucous: Agua destilada Colorimétrico: Extracción Fosfato Monocálcico Absorción Atómica: Extracción con DTPA Turbidimétrico: Extracción Fosfato Monocálcico Extracción: Acetato de Amonio Electrométrico: Agua destilada	Nota 1: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax ó e-mail se conservarán durante tres meses a partir de la entrega de los mismos. Nota 2: Prohibida la reproducción total o parcial de este documento. Nota 3: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras suministradas por el cliente. Nota 4: Los métodos analíticos aplicados en el laboratorio son válidos únicamente para muestras de suelos, y no a otros materiales de características físicas similares. Nota 5: La contramuestra de la muestra analizada se almacenará por un periodo de tiempo de 2 meses a partir de la fecha de emisión del resultado. Nota 6: Información y muestra suministrada por el cliente. Nota 7: Favor comunicar su sugerencia, observación o reclamo al teléfono 6324861 ó al correo electrónico: laboratorioquimicodesuelos_uis@yahoo.com

*Anexo D. Resultado del análisis de laboratorio para la muestra de suelo tomada en la plantación enmalezada en los segundos 20 cm de profundidad.*

  	LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS		
	CONVENIO UIS-GOVERNACIÓN DE SANTANDER.		
RESULTADO ANÁLISIS DE SUELOS			

Cliente:	Oscar Medina	Fecha de Ingreso de la muestra:	Mayo 19 de 2017	Departamento:	Santander
Entidad:	N.S	Fecha de Análisis:	Mayo 30 de 2017	Vereda:	Cuzageta
Dirección:	N.S	Fecha de Emisión de Resultado:	Mayo 30 de 2017		
Análisis solicitado:	Caracterización x	Elementos Menores x	Azufre x	C.I.C. x	C.E. x

**RESULTADO DEL ANÁLISIS DE SUELOS**

Cód. Muestra	pH Unid	%C	P (ppm)	Ca	Mg	Na	K	Al	%Arena	%Limo	%Arcilla	Textura	B	Fe	Mn
				meq/100g suelo											
17 - 0551	4.7	5.76	20.4	1.00	0.11	0.14	0.14	3.4	78	20	2	Arenoso – Franco	N.S.C	N.S.C	N.S.C

PARÁMETROS	MÉTODO ANALÍTICO	NOTAS
pH: Potencial de Hidrógeno C: Carbono P: Fósforo disponible Ca, Mg, Na, K % Textura B: Boro Fe, Mn, Cu, Zn S: Azufre CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico CE: Conductividad Eléctrica	Electrométrico: Relación 1:1 Agua destilada Colorimétrico: Walkley Black $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$ Colorimétrico: Bray II. HCl 0,1 N-NH <sub>4</sub> F 0,03 N Absorción Atómica; Extracción: Acetato de Amonio Bouyoucous: Agua destilada Colorimétrico: Extracción Fosfato Monocálcico Absorción Atómica: Extracción con DTPA Turbidimétrico: Extracción Fosfato Monocálcico Extracción: Acetato de Amonio Electrométrico: Agua destilada	Nota 1: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax ó e-mail se conservarán durante tres meses a partir de la entrega de los mismos. Nota 2: Prohibida la reproducción total o parcial de este documento. Nota 3: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras suministradas por el cliente. Nota 4: Los métodos analíticos aplicados en el laboratorio son válidos únicamente para muestras de suelos, y no a otros materiales de características físicas similares. Nota 5: La contramuestra de la muestra analizada se almacenará por un periodo de tiempo de 2 meses a partir de la fecha de emisión del resultado. Nota 6: Información y muestra suministrada por el cliente. Nota 7: Favor comunicar su sugerencia, observación o reclamo al teléfono 6324861 ó al correo electrónico: laboratorioquimicodesuelos_uis@yahoo.com

*Anexo E. Toma de muestras de suelo por medios de la utilización de una barreno.*



*Anexo F. Plantación limpia.*



*Anexo G. Plantación enmalezada.*



*Anexo H. Medición directa del DAP.*



*Anexo I. Medición de la altura total de los árboles.**Anexo J. Diámetro, altura y cantidad de carbono en toneladas de cada árbol para la plantación limpia.*

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
1	PPC1	0.296	17.259	0.191
1	P1-1	0.274	17.259	0.168
1	P1-2	0.197	18.950	0.110
1	P1-3	0.286	17.259	0.181
1	P1-4	0.331	17.259	0.235
1	P1-5	0.274	17.259	0.168
1	P1-6	0.226	17.259	0.126
1	P1-7	0.315	17.259	0.213
1	P1-8	0.309	17.259	0.206
1	P1-9	0.312	17.259	0.210
1	P1-10	0.468	17.259	0.836
1	P1-11	0.360	17.259	0.281
1	P1-12	0.216	15.917	0.111
1	P1-13	0.296	16.564	0.185

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
4	PPC4	0.255	17.108	0.149
4	P4-1	0.248	17.108	0.144
4	P4-2	0.220	17.108	0.120
4	P4-3	0.274	17.108	0.167
4	P4-4	0.334	17.108	0.237
4	P4-5	0.382	17.108	0.324
4	P4-6	0.210	17.108	0.112
4	P4-7	0.258	17.108	0.152
4	P4-8	0.248	17.108	0.144
4	P4-9	0.261	17.108	0.155
4	P4-10	0.201	17.108	0.104
4	P4-11	0.210	17.108	0.112
4	P4-12	0.312	17.108	0.208
4	P4-13	0.251	17.108	0.146
4	P4-14	0.255	17.108	0.149
4	P4-15	0.137	17.108	0.058
4	P4-16	0.095	17.108	0.031
4	P4-17	0.134	17.108	0.056
4	P4-18	0.271	17.108	0.164
4	P4-19	0.306	17.108	0.200
4	P4-20	0.226	17.108	0.125
4	P4-21	0.166	17.108	0.078
5	ppc5	0.248	14.817	0.129
5	P5-1	0.146	14.817	0.057
5	P5-2	0.150	14.817	0.059
5	P5-3	0.264	14.817	0.142
5	P5-4	0.216	14.817	0.105
5	P5-5	0.229	14.817	0.114
5	P5-6	0.210	14.817	0.101
5	P5-7	0.312	14.817	0.184
5	P5-8	0.239	14.817	0.122
5	P5-9	0.290	14.817	0.163
5	P5-10	0.271	14.817	0.147
5	P5-11	0.204	14.817	0.096
5	P5-12	0.350	14.817	0.225
5	P5-13	0.242	14.817	0.124
5	P5-14	0.153	18.476	0.073
5	P5-15	0.271	14.817	0.147
5	P5-16	0.245	14.817	0.126
7	PPC7	0.283	19.756	0.199

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
7	P7-1	0.436	19.756	0.816
7	P7-2	0.271	19.756	0.184
7	P7-3	0.232	19.756	0.145
7	P7-4	0.267	19.756	0.181
7	P7-5	0.261	19.756	0.174
7	P7-6	0.226	19.756	0.139
7	P7-7	0.134	16.659	0.054
7	P7-8	0.248	19.756	0.160
7	P7-9	0.302	19.756	0.224
7	P7-10	0.296	19.756	0.215
7	P7-11	0.331	19.756	0.271
7	P7-12	0.251	19.756	0.164
7	P7-13	0.302	19.756	0.224
7	P7-14	0.216	16.739	0.115
7	P7-15	0.277	19.084	0.186
7	P7-16	0.344	19.756	0.296
7	P7-17	0.442	19.756	0.925
7	P7-18	0.286	19.756	0.203
7	P7-19	0.286	15.958	0.170
11	PPC11	0.290	16.195	0.175
11	P11-1	0.210	16.195	0.107
11	P11-2	0.398	16.195	0.336
11	P11-3	0.296	16.195	0.181
11	P11-4	0.347	16.195	0.242
11	P11-5	0.191	16.195	0.093
11	P11-6	0.251	16.195	0.140
11	P11-7	0.321	16.195	0.209
11	P11-8	0.353	16.195	0.251
11	P11-9	0.353	16.195	0.251
11	P11-10	0.306	16.195	0.191
11	P11-11	0.137	16.195	0.055
11	P11-12	0.274	16.195	0.160
11	P11-13	0.312	16.195	0.198
11	P11-14	0.376	16.195	0.289
11	P11-15	0.267	16.195	0.154
11	P11-16	0.223	16.195	0.117
11	P11-17	0.232	16.195	0.125
12	PPC12	0.388	17.564	0.353
12	P12-1	0.194	17.682	0.102
12	P12-2	0.449	17.682	0.673

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
12	P12-3	0.239	17.682	0.139
12	P12-4	0.232	17.682	0.133
12	P12-5	0.404	17.682	0.408
12	P12-6	0.382	17.682	0.339
12	P12-7	0.277	17.682	0.175
12	P12-8	0.318	17.682	0.223
12	P12-9	0.118	17.341	0.045
12	P12-10	0.420	17.341	0.456
12	P12-11	0.255	17.341	0.151
12	P12-12	0.271	17.341	0.166
12	P12-13	0.181	16.274	0.087
12	P12-14	0.089	16.274	0.026
12	P12-15	0.210	16.274	0.108
12	P12-16	0.108	16.800	0.038
12	P12-17	0.166	17.943	0.081
12	P12-18	0.379	17.943	0.338
12	P12-19	0.181	15.304	0.083
12	P12-20	0.379	15.304	0.275
12	P12-21	0.264	15.304	0.145
12	P12-22	0.382	15.304	0.281
13	PPC13	0.423	14.817	0.354
13	P13-1	0.239	15.459	0.126
13	P13-2	0.216	14.416	0.103
13	P13-3	0.388	12.935	0.242
13	P13-4	0.210	14.946	0.101
13	P13-5	0.401	12.708	0.254
13	P13-6	0.223	12.210	0.095
13	P13-7	0.143	13.217	0.050
13	P13-8	0.210	14.982	0.101
13	P13-9	0.178	15.514	0.081
13	P13-10	0.306	13.304	0.163
13	P13-11	0.150	13.779	0.056
13	P13-12	0.229	13.901	0.109
13	P13-13	0.185	14.270	0.080
13	P13-14	0.156	15.477	0.066
13	P13-15	0.251	14.993	0.133
13	P13-16	0.191	14.817	0.087
13	P13-17	0.086	13.481	0.021
13	P13-18	0.172	13.737	0.070
13	P13-19	0.134	13.816	0.046

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
13	P13-20	0.321	12.358	0.166
13	P13-21	0.248	14.416	0.126
13	P13-22	0.261	14.946	0.140
13	P13-23	0.229	14.961	0.115
13	P13-24	0.229	16.629	0.125
13	P13-25	0.309	15.492	0.187
13	P13-26	0.108	14.961	0.035
14	PPC14	0.274	16.577	0.163
14	P14-1	0.131	16.443	0.052
14	P14-2	0.331	15.180	0.208
14	P14-3	0.223	16.011	0.116
14	P14-4	0.102	17.959	0.036
14	P14-5	0.280	15.768	0.162
14	P14-6	0.232	15.608	0.121
14	P14-7	0.242	17.090	0.138
14	P14-8	0.127	16.554	0.050
14	P14-9	0.344	15.786	0.231
14	P14-10	0.127	16.659	0.050
14	P14-11	0.274	17.876	0.173
14	P14-12	0.379	15.271	0.275
14	P14-13	0.347	15.534	0.232
14	P14-14	0.423	15.009	0.362
14	P14-15	0.341	13.988	0.203
14	P14-16	0.458	12.210	0.337
14	P14-17	0.201	14.747	0.093
14	P14-18	0.201	15.000	0.095
14	P14-19	0.201	13.988	0.090
14	P14-20	0.175	15.271	0.078
14	P14-21	0.290	14.352	0.159
14	P14-22	0.264	14.555	0.140
14	P14-23	0.264	14.747	0.141
14	P14-24	0.325	16.845	0.221
14	P14-25	0.178	16.582	0.085
14	P14-26	0.337	17.108	0.242
14	P14-27	0.344	16.577	0.243
14	P14-28	0.239	16.312	0.131
14	P14-29	0.166	17.401	0.079
15	PPC15	0.318	15.873	0.202
15	P15-1	0.169	16.300	0.077
15	P15-2	0.121	15.335	0.043

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
15	P15-3	0.315	15.768	0.197
15	P15-4	0.150	15.943	0.063
15	P15-5	0.127	15.768	0.048
15	P15-6	0.271	16.035	0.156
15	P15-7	0.118	15.231	0.041
15	P15-8	0.306	15.231	0.182
15	P15-9	0.143	15.231	0.057
15	P15-10	0.236	14.413	0.117
15	P15-11	0.143	14.413	0.054
15	P15-12	0.185	14.034	0.079
15	P15-13	0.166	15.501	0.072
15	P15-14	0.232	15.231	0.119
15	P15-15	0.121	15.608	0.043
15	P15-16	0.080	15.768	0.021
15	P15-17	0.105	14.688	0.032
15	P15-18	0.229	14.688	0.114
15	P15-19	0.210	15.231	0.103
15	P15-20	0.169	14.688	0.071
15	P15-21	0.223	14.688	0.109
15	P15-22	0.159	17.623	0.075
15	P15-23	0.191	16.554	0.095
15	P15-24	0.290	17.779	0.189
15	P15-25	0.299	16.609	0.188
15	P15-26	0.118	17.876	0.047
16	PPC16	0.350	15.478	0.235
16	P16-1	0.105	15.863	0.035
16	P16-2	0.175	15.223	0.078
16	P16-3	0.264	17.321	0.159
16	P16-4	0.127	15.478	0.047
16	P16-5	0.131	14.677	0.047
16	P16-6	0.309	14.677	0.179
16	P16-7	0.226	15.478	0.116
16	P16-8	0.172	15.341	0.076
16	P16-9	0.169	15.478	0.074
16	P16-10	0.150	15.478	0.061
16	P16-11	0.232	15.863	0.123
16	P16-12	0.245	15.455	0.131
16	P16-13	0.245	14.438	0.124
16	P16-14	0.248	15.863	0.136
16	P16-15	0.274	15.083	0.151

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
16	P16-16	0.220	15.083	0.109
16	P16-17	0.188	15.083	0.086
16	P16-18	0.201	15.083	0.095
16	P16-19	0.341	15.083	0.218
16	P16-20	0.178	16.240	0.084
16	P16-21	0.172	16.558	0.081
16	P16-22	0.302	14.264	0.169
16	P16-23	0.293	14.847	0.166
16	P16-24	0.118	15.863	0.042
16	P16-25	0.197	15.122	0.093
16	P16-26	0.134	16.420	0.054
16	P16-27	0.146	16.350	0.062
16	P16-28	0.207	19.302	0.120
16	P16-29	0.210	18.986	0.121
16	P16-30	0.302	17.321	0.199
16	P16-31	0.204	18.986	0.116
16	P16-32	0.140	17.321	0.061
16	P16-33	0.150	15.478	0.061
16	P16-34	0.216	15.478	0.109
18	PPC18	0.360	17.673	0.289
18	P18-1	0.414	16.888	0.409
18	P18-2	0.210	15.963	0.106
18	P18-3	0.083	17.717	0.025
18	P18-4	0.353	16.362	0.254
18	P18-5	0.286	16.362	0.173
18	P18-6	0.283	16.853	0.174
18	P18-7	0.086	17.498	0.026
18	P18-8	0.140	17.321	0.061
18	P18-9	0.092	17.970	0.031
18	P18-10	0.127	16.500	0.050
18	P18-11	0.430	17.606	0.522
18	P18-12	0.350	16.800	0.256
18	P18-13	0.290	15.459	0.169
18	P18-14	0.220	15.502	0.111
18	P18-15	0.232	19.302	0.142
18	P18-16	0.474	15.478	0.627
18	P18-17	0.347	12.417	0.189
18	P18-18	0.232	17.074	0.130
18	P18-19	0.360	16.283	0.263
18	P18-20	0.261	15.231	0.142

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
19	PPC19	0.337	16.608	0.234
19	P19-1	0.446	16.608	0.540
19	P19-2	0.436	16.608	0.488
19	P19-3	0.226	16.240	0.120
19	P19-4	0.134	16.100	0.053
19	P19-5	0.309	17.000	0.203
19	P19-6	0.191	16.400	0.094
19	P19-7	0.350	15.976	0.243
19	P19-8	0.175	16.608	0.083
19	P19-9	0.213	17.321	0.116
19	P19-10	0.210	18.400	0.118
19	P19-11	0.392	16.968	0.344
19	P19-12	0.299	16.968	0.192
19	P19-13	0.337	16.968	0.240
19	P19-14	0.248	16.240	0.138
19	P19-15	0.369	16.608	0.286
19	P19-16	0.236	16.304	0.128
19	P19-17	0.283	16.558	0.172
19	P19-18	0.264	15.478	0.146
19	P19-19	0.223	16.608	0.120
19	P19-20	0.251	16.240	0.141
21	PPC21	0.175	7.036	0.041
21	P21-1	0.162	7.820	0.040
21	P21-2	0.156	5.663	0.028
21	P21-3	0.169	6.840	0.038
21	P21-4	0.146	7.597	0.032
21	P21-5	0.197	7.836	0.055
21	P21-6	0.178	6.955	0.042
21	P21-7	0.191	6.279	0.044
21	P21-8	0.315	6.689	0.102
21	P21-9	0.178	7.365	0.044
21	P21-10	0.258	9.502	0.098
21	P21-11	0.127	5.723	0.019
21	P21-12	0.156	6.597	0.032
21	P21-13	0.166	5.319	0.029
21	P21-14	0.146	5.817	0.025
21	P21-15	0.191	6.822	0.047
21	P21-16	0.159	5.669	0.029
21	P21-17	0.166	6.640	0.036
21	P21-18	0.162	6.329	0.033

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
21	P21-19	0.118	6.329	0.018
21	P21-20	0.172	7.664	0.043
22	PPC22	0.251	21.144	0.173
22	P22-1	0.134	17.876	0.058
22	P22-2	0.143	15.007	0.056
22	P22-3	0.223	19.905	0.137
22	P22-4	0.162	19.200	0.083
22	P22-5	0.159	16.690	0.072
22	P22-6	0.086	19.905	0.030
22	P22-7	0.115	16.084	0.041
22	P22-8	0.159	12.586	0.057
22	P22-9	0.181	20.646	0.104
22	P22-10	0.181	14.474	0.079
22	P22-11	0.070	17.811	0.018
22	P22-12	0.302	17.868	0.204
22	P22-13	0.105	14.416	0.032
22	P22-14	0.162	14.817	0.068
22	P22-15	0.236	17.811	0.137
22	P22-16	0.137	15.379	0.053
22	P22-17	0.073	16.360	0.018
22	P22-18	0.115	14.559	0.037
22	P22-19	0.108	14.559	0.034
22	P22-20	0.105	14.127	0.031
22	P22-21	0.280	14.559	0.153
22	P22-22	0.127	13.532	0.042
22	P22-23	0.140	17.876	0.062
22	P22-24	0.226	17.876	0.129
22	P22-25	0.153	15.350	0.062
22	P22-26	0.118	24.530	0.109
22	P22-27	0.150	14.559	0.058
22	P22-28	0.232	13.436	0.109
22	P22-29	0.134	15.379	0.051
22	P22-30	0.124	15.958	0.046
22	P22-31	0.178	15.958	0.083
22	P22-32	0.076	17.876	0.022
22	P22-33	0.166	15.492	0.072
22	P22-34	0.194	14.946	0.090
22	P22-35	0.127	14.946	0.046
22	P22-36	0.140	14.946	0.054
22	P22-37	0.140	14.474	0.052

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
22	P22-38	0.095	14.993	0.028
22	P22-39	0.156	14.474	0.062
22	P22-40	0.134	19.197	0.061
22	P22-41	0.156	16.659	0.070
26	PPC26	0.220	17.321	0.121
26	P26-1	0.248	15.345	0.132
26	P26-2	0.111	17.321	0.041
26	P26-3	0.162	18.048	0.079
26	P26-4	0.099	18.048	0.035
26	P26-5	0.379	16.608	0.304
26	P26-6	0.178	16.029	0.083
26	P26-7	0.251	16.968	0.145
26	P26-8	0.111	16.968	0.041
26	P26-9	0.178	16.608	0.086
26	P26-10	0.267	16.564	0.157
26	P26-11	0.118	15.863	0.042
26	P26-12	0.137	16.304	0.055
26	P26-13	0.204	16.558	0.104
26	P26-14	0.169	16.608	0.079
26	P26-15	0.306	15.345	0.183
26	P26-16	0.140	15.863	0.056
26	P26-17	0.347	17.016	0.255
26	P26-18	0.258	16.304	0.147
26	P26-19	0.236	16.029	0.126
26	P26-20	0.251	15.478	0.136
26	P26-21	0.185	16.636	0.090
26	P26-22	0.258	16.608	0.149
26	P26-23	0.248	16.608	0.140
26	P26-24	0.143	15.577	0.058
26	P26-25	0.236	16.650	0.130
26	P26-26	0.181	16.608	0.088
26	P26-27	0.175	15.619	0.079
26	P26-28	0.076	13.774	0.017
26	P26-29	0.175	16.689	0.084
26	P26-30	0.169	16.368	0.078
26	P26-31	0.143	15.309	0.057
26	P26-32	0.076	11.014	0.014
26	P26-33	0.201	16.303	0.101
29	PPC29	0.405	16.308	0.358
29	P29-1	0.381	16.843	0.315

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
29	P29-2	0.372	16.772	0.294
29	P29-3	0.326	19.783	0.262
29	P29-4	0.204	17.232	0.108
29	P29-5	0.200	17.131	0.104
29	P29-6	0.195	17.131	0.100
29	P29-7	0.169	16.105	0.077
29	P29-8	0.394	16.857	0.347
29	P29-9	0.275	17.013	0.167
29	P29-10	0.470	17.523	0.929
29	P29-11	0.349	17.267	0.262
29	P29-12	0.265	17.432	0.161
29	P29-13	0.329	16.904	0.227
29	P29-14	0.499	16.871	1.527
29	P29-15	0.173	9.683	0.053
29	P29-16	0.116	15.792	0.041
29	P29-17	0.462	17.058	0.725
29	P29-18	0.337	17.468	0.246
29	P29-19	0.431	17.579	0.527
29	P29-20	0.369	16.506	0.283
29	P29-21	0.227	16.557	0.123
29	P29-22	0.208	16.769	0.109
29	P29-23	0.198	16.177	0.098
29	P29-24	0.400	18.961	0.448
29	P29-25	0.352	17.175	0.266
29	P29-26	0.256	17.746	0.155
29	P29-27	0.308	17.515	0.208
29	P29-28	0.354	17.233	0.270
29	P29-29	0.458	17.933	0.820
29	P29-30	0.294	17.878	0.195
30	PPC30	0.180	17.321	0.090
30	P30-1	0.196	16.420	0.098
30	P30-2	0.291	16.548	0.179
30	P30-3	0.219	17.403	0.121
30	P30-4	0.234	16.717	0.129
30	P30-5	0.140	17.365	0.061
30	P30-6	0.266	16.178	0.153
30	P30-7	0.142	17.121	0.061
30	P30-8	0.173	16.178	0.080
30	P30-9	0.268	16.103	0.154
30	P30-10	0.156	17.321	0.072

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
30	P30-11	0.287	16.836	0.178
30	P30-12	0.216	16.608	0.114
30	P30-13	0.219	17.321	0.120
30	P30-14	0.252	16.304	0.142
30	P30-15	0.122	16.103	0.045
30	P30-16	0.243	18.986	0.150
30	P30-17	0.223	15.782	0.115
30	P30-18	0.142	16.968	0.061
30	P30-19	0.083	17.321	0.024
30	P30-20	0.317	15.362	0.194
30	P30-21	0.161	15.560	0.069
30	P30-22	0.140	15.455	0.055
30	P30-23	0.171	15.560	0.076
30	P30-24	0.299	15.963	0.182
30	P30-25	0.243	16.420	0.134
31	PPC31	0.227	23.206	0.158
31	P31-1	0.226	21.658	0.149
31	P31-2	0.223	21.409	0.145
31	P31-3	0.148	19.607	0.073
31	P31-4	0.301	24.346	0.277
31	P31-5	0.225	22.186	0.151
31	P31-6	0.229	20.607	0.146
31	P31-7	0.312	26.954	0.348
31	P31-8	0.295	24.835	0.270
31	P31-9	0.256	25.905	0.212
31	P31-10	0.309	24.627	0.299
31	P31-11	0.092	9.075	0.016
31	P31-12	0.323	25.909	0.364
31	P31-13	0.271	23.911	0.218
31	P31-14	0.154	21.757	0.084
31	P31-15	0.190	19.607	0.107
31	P31-16	0.269	25.662	0.230
31	P31-17	0.128	17.822	0.053
31	P31-18	0.176	20.025	0.097
31	P31-19	0.181	25.400	0.120
31	P31-20	0.152	19.519	0.076
31	P31-21	0.281	25.980	0.255
31	P31-22	0.177	20.297	0.099
31	P31-23	0.269	18.179	0.170
31	P31-24	0.250	24.383	0.192

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
31	P31-25	0.268	17.898	0.167
31	P31-26	0.158	24.266	0.095
31	P31-27	0.407	25.095	1.408
31	P31-28	0.170	24.752	0.108
31	P31-29	0.296	25.619	0.283
31	P31-30	0.408	25.051	1.442
31	P31-31	0.206	22.383	0.133
31	P31-32	0.143	20.168	0.071
31	P31-33	0.152	18.632	0.073
31	P31-34	0.178	27.834	0.126
31	P31-35	0.267	27.215	0.241
31	P31-36	0.350	23.258	1.029
31	P31-37	0.389	17.506	0.353
31	P31-38	0.238	23.245	0.171
35	PPC35	0.321	15.772	0.204
35	P35-1	0.382	21.962	0.504
35	P35-2	0.350	20.378	0.324
35	P35-3	0.433	21.303	1.087
35	P35-4	0.369	18.270	0.323
35	P35-5	0.318	18.064	0.227
35	P35-6	0.220	18.219	0.125
35	P35-7	0.223	19.986	0.137
35	P35-8	0.076	17.645	0.021
35	P35-9	0.302	15.180	0.178
35	P35-10	0.089	14.428	0.024
35	P35-11	0.137	14.774	0.051
35	P35-12	0.344	17.090	0.251
35	P35-13	0.385	14.635	0.272
35	P35-14	0.369	18.775	0.336
35	P35-15	0.293	20.397	0.218
35	P35-16	0.264	18.665	0.169
35	P35-17	0.283	16.548	0.172
35	P35-18	0.293	17.638	0.191
35	P35-19	0.347	17.970	0.271
35	P35-20	0.274	16.304	0.161
35	P35-21	0.290	18.338	0.194

*Anexo K. Diámetro, altura y cantidad de carbono en toneladas de cada individuo para la plantación enmalezada.*

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
2	PPC2	0.191	17.024	0.097
2	P2-1	0.331	19.323	0.264
2	P2-2	0.197	14.630	0.091
2	P2-3	0.299	19.323	0.215
2	P2-4	0.805	19.323	0.119
2	P2-5	0.382	19.323	0.391
2	P2-6	0.286	17.024	0.179
2	P2-7	0.223	17.024	0.122
2	P2-8	0.166	17.024	0.078
2	P2-9	0.385	19.323	0.402
2	P2-10	0.251	19.323	0.161
2	P2-11	0.232	19.323	0.142
2	P2-12	0.299	19.323	0.215
2	P2-13	0.407	19.323	0.505
2	P2-14	0.172	17.024	0.082
2	P2-15	0.245	19.323	0.155
2	P2-16	0.242	19.323	0.151
2	P2-17	0.283	19.323	0.195
2	P2-18	0.280	19.323	0.192
2	P2-19	0.239	19.323	0.148
3	PPC3	0.328	15.012	0.202
3	P3-1	0.251	15.012	0.133
3	P3-2	0.280	15.012	0.156
3	P3-3	0.369	15.012	0.254
3	P3-4	0.306	15.012	0.179
3	P3-5	0.220	17.345	0.121
3	P3-6	0.178	17.345	0.088
3	P3-7	0.328	17.345	0.231
3	P3-8	0.242	17.345	0.140
3	P3-9	0.251	17.345	0.148
3	P3-10	0.242	17.345	0.140
3	P3-11	0.242	17.345	0.140
3	P3-12	0.286	17.345	0.182
3	P3-13	0.255	17.345	0.151
3	P3-14	0.271	15.012	0.148
3	P3-15	0.191	17.345	0.098
6	ppc6	0.226	16.031	0.119

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
6	P6-1	0.181	16.031	0.086
6	P6-2	0.280	16.031	0.164
6	P6-3	0.172	16.031	0.079
6	P6-4	0.267	16.031	0.153
6	P6-5	0.239	16.031	0.129
6	P6-6	0.207	16.031	0.104
6	P6-7	0.185	16.031	0.088
6	P6-8	0.207	16.031	0.104
6	P6-9	0.166	16.573	0.076
6	P6-10	0.232	16.573	0.127
6	P6-11	0.334	16.573	0.230
6	P6-12	0.213	16.573	0.112
6	P6-13	0.239	16.573	0.132
6	P6-14	0.261	16.573	0.151
6	P6-15	0.334	16.573	0.230
6	P6-16	0.306	16.573	0.195
6	P6-17	0.274	16.573	0.163
6	P6-18	0.156	12.909	0.057
6	P6-19	0.267	12.909	0.130
6	P6-20	0.248	12.909	0.116
6	P6-21	0.073	15.926	0.018
6	P6-22	0.216	16.056	0.112
6	P6-23	0.131	15.379	0.049
6	P6-24	0.111	15.054	0.037
6	P6-25	0.283	15.054	0.159
6	P6-26	0.280	15.054	0.157
6	P6-27	0.302	15.054	0.177
6	P6-28	0.172	15.054	0.075
6	P6-29	0.188	15.054	0.086
6	P6-30	0.207	15.054	0.099
6	P6-31	0.162	15.054	0.069
6	P6-32	0.239	15.054	0.123
8	PPC8	0.185	19.880	0.103
8	P8-1	0.162	14.993	0.068
8	P8-2	0.197	19.880	0.114
8	P8-3	0.280	19.880	0.196
8	P8-4	0.306	19.880	0.230
8	P8-5	0.248	19.880	0.161
8	P8-6	0.258	19.880	0.171
8	P8-7	0.226	11.037	0.090

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
8	P8-8	0.236	13.272	0.110
8	P8-9	0.236	19.880	0.149
8	P8-10	0.216	19.880	0.131
8	P8-11	0.264	19.880	0.178
8	P8-12	0.248	19.880	0.161
8	P8-13	0.185	20.776	0.107
8	P8-14	0.229	19.880	0.143
8	P8-15	0.392	19.880	0.452
8	P8-16	0.283	19.880	0.200
8	P8-17	0.350	19.880	0.314
8	P8-18	0.245	10.737	0.100
8	P8-19	0.395	19.880	0.467
8	P8-20	0.318	19.880	0.250
9	PPC9	0.395	17.975	0.386
9	P9-1	0.299	17.975	0.202
9	P9-2	0.341	17.975	0.260
9	P9-3	0.267	21.442	0.193
9	P9-4	0.420	17.975	0.493
9	P9-5	0.337	17.975	0.254
9	P9-6	0.201	17.975	0.108
9	P9-7	0.353	17.975	0.282
9	P9-8	0.331	17.975	0.244
9	P9-9	0.433	17.975	0.571
9	P9-10	0.271	17.975	0.170
9	P9-11	0.341	17.975	0.260
9	P9-12	0.296	17.975	0.198
9	P9-13	0.255	17.975	0.155
9	P9-14	0.334	17.975	0.249
9	P9-15	0.309	17.975	0.213
9	P9-16	0.197	14.993	0.092
9	P9-17	0.131	17.975	0.056
9	P9-18	0.360	17.975	0.295
9	P9-19	0.306	17.975	0.209
9	P9-20	0.395	17.975	0.386
9	P9-21	0.264	17.975	0.164
10	PPC10	0.439	18.615	0.692
10	P10-1	0.242	18.615	0.147
10	P10-2	0.293	18.615	0.200
10	P10-3	0.255	18.615	0.159
10	P10-4	0.302	18.615	0.212

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
10	P10-5	0.315	17.352	0.215
10	P10-6	0.395	17.352	0.364
10	P10-7	0.376	17.352	0.315
10	P10-8	0.185	18.001	0.096
10	P10-9	0.251	18.766	0.157
10	P10-10	0.369	18.766	0.335
10	P10-11	0.299	18.766	0.210
10	P10-12	0.280	18.766	0.187
10	P10-13	0.248	18.766	0.154
10	P10-14	0.360	18.766	0.312
10	P10-15	0.223	18.766	0.131
17	PPC17	0.207	16.581	0.107
17	P17-1	0.201	15.557	0.097
17	P17-2	0.172	15.557	0.077
17	P17-3	0.127	16.605	0.050
17	P17-4	0.124	15.557	0.045
17	P17-5	0.178	13.054	0.071
17	P17-6	0.159	14.443	0.064
17	P17-7	0.146	14.692	0.057
17	P17-8	0.115	14.023	0.036
17	P17-9	0.181	14.876	0.081
17	P17-10	0.181	15.774	0.084
17	P17-11	0.169	14.980	0.073
17	P17-12	0.181	14.730	0.080
17	P17-13	0.137	15.966	0.055
17	P17-14	0.150	15.361	0.061
17	P17-15	0.191	14.245	0.085
17	P17-16	0.134	14.663	0.049
17	P17-17	0.137	14.183	0.049
17	P17-18	0.162	14.597	0.067
17	P17-19	0.191	14.947	0.088
17	P17-20	0.178	15.819	0.082
17	P17-21	0.175	15.233	0.078
17	P17-22	0.178	15.527	0.081
17	P17-23	0.188	14.043	0.081
17	P17-24	0.083	15.340	0.022
20	PPC20	0.204	7.414	0.056
20	P20-1	0.204	9.098	0.066
20	P20-2	0.124	9.383	0.029
20	P20-3	0.185	7.227	0.046

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
20	P20-4	0.159	8.341	0.041
20	P20-5	0.118	9.376	0.026
20	P20-6	0.178	8.890	0.052
20	P20-7	0.131	8.343	0.029
20	P20-8	0.131	8.794	0.030
20	P20-9	0.178	8.327	0.049
20	P20-10	0.105	8.278	0.019
20	P20-11	0.191	8.226	0.055
20	P20-12	0.185	9.660	0.059
20	P20-13	0.111	8.878	0.023
20	P20-14	0.169	7.800	0.042
20	P20-15	0.191	7.598	0.051
20	P20-16	0.194	8.100	0.055
20	P20-17	0.131	8.683	0.030
20	P20-18	0.172	11.918	0.062
20	P20-19	0.150	7.688	0.034
20	P20-20	0.156	8.046	0.038
20	P20-21	0.159	7.587	0.037
20	P20-22	0.162	7.875	0.040
20	P20-23	0.153	8.903	0.040
20	P20-24	0.150	9.289	0.040
20	P20-25	0.194	8.530	0.058
20	P20-26	0.124	8.775	0.027
23	PPC23	0.248	17.121	0.144
23	P23-1	0.267	16.836	0.159
23	P23-2	0.095	16.836	0.031
23	P23-3	0.111	17.403	0.041
23	P23-4	0.118	16.283	0.043
23	P23-5	0.216	17.682	0.120
23	P23-6	0.220	18.234	0.125
23	P23-7	0.248	18.234	0.151
23	P23-8	0.204	17.457	0.109
23	P23-9	0.166	17.730	0.080
23	P23-10	0.137	16.990	0.057
23	P23-11	0.210	17.183	0.112
23	P23-12	0.242	17.403	0.140
23	P23-13	0.242	18.234	0.145
23	P23-14	0.283	17.730	0.182
23	P23-15	0.220	17.682	0.123
23	P23-16	0.169	17.959	0.083

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
23	P23-17	0.286	16.906	0.178
23	P23-18	0.191	17.652	0.099
23	P23-19	0.414	15.182	0.343
23	P23-20	0.283	16.626	0.172
23	P23-21	0.255	17.682	0.153
23	P23-22	0.223	17.457	0.124
23	P23-23	0.185	18.797	0.099
23	P23-24	0.204	19.986	0.120
23	P23-25	0.204	18.219	0.112
23	P23-26	0.169	17.121	0.080
23	P23-27	0.223	17.937	0.127
23	P23-28	0.242	17.937	0.143
23	P23-29	0.197	17.937	0.106
23	P23-30	0.220	16.626	0.117
23	P23-31	0.134	17.403	0.056
23	P23-32	0.166	17.403	0.079
23	P23-33	0.309	16.345	0.196
23	P23-34	0.131	16.548	0.052
23	P23-35	0.188	17.121	0.095
23	P23-36	0.229	16.548	0.124
23	P23-37	0.210	16.060	0.107
23	P23-38	0.156	16.548	0.069
23	P23-39	0.341	16.548	0.238
24	PPC24	0.306	17.121	0.201
24	P24-1	0.194	17.321	0.100
24	P24-2	0.137	18.599	0.062
24	P24-3	0.143	18.599	0.066
24	P24-4	0.290	17.321	0.185
24	P24-5	0.181	17.582	0.092
24	P24-6	0.293	17.582	0.191
24	P24-7	0.150	16.895	0.066
24	P24-8	0.166	15.231	0.071
24	P24-9	0.207	17.654	0.112
24	P24-10	0.080	11.333	0.015
24	P24-11	0.213	17.654	0.117
24	P24-12	0.236	16.304	0.128
24	P24-13	0.204	16.767	0.105
24	P24-14	0.239	18.603	0.144
24	P24-15	0.166	18.180	0.082
24	P24-16	0.232	18.082	0.136

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
24	P24-17	0.131	15.814	0.050
24	P24-18	0.325	19.945	0.262
24	P24-19	0.153	17.715	0.071
24	P24-20	0.105	13.555	0.030
24	P24-21	0.137	16.400	0.056
24	P24-22	0.274	17.715	0.172
24	P24-23	0.115	17.606	0.044
24	P24-24	0.124	17.168	0.049
24	P24-25	0.242	18.691	0.148
24	P24-26	0.296	18.603	0.204
24	P24-27	0.166	15.814	0.073
24	P24-28	0.166	14.669	0.069
24	P24-29	0.095	14.491	0.027
24	P24-30	0.216	18.691	0.125
24	P24-31	0.099	13.906	0.027
24	P24-32	0.191	17.654	0.099
24	P24-33	0.102	13.502	0.028
24	P24-34	0.274	17.207	0.168
24	P24-35	0.271	18.114	0.172
24	P24-36	0.105	16.853	0.036
24	P24-37	0.153	16.481	0.067
24	P24-38	0.258	17.221	0.153
24	P24-39	0.185	17.221	0.093
24	P24-40	0.140	16.082	0.057
24	P24-41	0.111	17.582	0.042
24	P24-42	0.099	15.411	0.030
24	P24-43	0.131	17.927	0.055
24	P24-44	0.175	15.231	0.078
25	PPC25	0.207	6.996	0.055
25	P25-1	0.181	5.356	0.035
25	P25-2	0.229	7.698	0.070
25	P25-3	0.140	7.376	0.029
25	P25-4	0.143	10.111	0.040
25	P25-5	0.201	10.750	0.073
25	P25-6	0.248	10.499	0.100
25	P25-7	0.223	8.872	0.074
25	P25-8	0.201	8.639	0.062
25	P25-9	0.175	8.486	0.049
25	P25-10	0.216	9.083	0.072
25	P25-11	0.143	8.961	0.036

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
25	P25-12	0.181	11.308	0.065
25	P25-13	0.207	8.759	0.066
25	P25-14	0.181	7.800	0.048
25	P25-15	0.175	9.738	0.054
25	P25-16	0.197	9.960	0.067
25	P25-17	0.156	7.050	0.034
25	P25-18	0.236	9.839	0.088
25	P25-19	0.127	9.235	0.030
25	P25-20	0.207	8.606	0.065
25	P25-21	0.172	5.774	0.034
25	P25-22	0.191	5.833	0.041
25	P25-23	0.191	7.779	0.052
25	P25-24	0.162	8.506	0.043
25	P25-25	0.181	8.606	0.052
25	P25-26	0.156	8.606	0.040
27	PPC27	0.265	15.478	0.147
27	P27-1	0.377	16.554	0.299
27	P27-2	0.314	16.327	0.202
27	P27-3	0.243	16.304	0.134
27	P27-4	0.263	16.345	0.151
27	P27-5	0.364	17.321	0.290
27	P27-6	0.277	16.608	0.166
27	P27-7	0.220	16.492	0.117
27	P27-8	0.315	15.591	0.195
27	P27-9	0.210	17.321	0.113
27	P27-10	0.132	16.304	0.052
27	P27-11	0.163	17.321	0.077
27	P27-12	0.243	16.304	0.134
27	P27-13	0.500	16.029	1.111
27	P27-14	0.219	16.558	0.116
27	P27-15	0.160	15.345	0.068
27	P27-16	0.357	17.183	0.274
27	P27-17	0.296	15.786	0.177
27	P27-18	0.168	12.762	0.063
27	P27-19	0.318	16.842	0.212
27	P27-20	0.230	15.037	0.116
27	P27-21	0.185	15.037	0.084
27	P27-22	0.300	17.376	0.197
27	P27-23	0.153	16.049	0.066
28	PPC28	0.349	16.415	0.248

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
28	P28-1	0.333	16.345	0.225
28	P28-2	0.349	16.554	0.250
28	P28-3	0.200	16.011	0.099
28	P28-4	0.254	16.827	0.147
28	P28-5	0.289	15.886	0.172
28	P28-6	0.260	16.947	0.153
28	P28-7	0.194	15.664	0.093
28	P28-8	0.275	15.560	0.156
28	P28-9	0.178	16.468	0.085
28	P28-10	0.233	16.420	0.127
28	P28-11	0.230	15.560	0.119
28	P28-12	0.402	18.986	0.458
28	P28-13	0.200	17.352	0.105
28	P28-14	0.247	17.365	0.144
28	P28-15	0.211	16.086	0.108
28	P28-16	0.241	16.836	0.136
28	P28-17	0.367	16.011	0.270
28	P28-18	0.152	16.609	0.067
28	P28-19	0.208	16.564	0.108
28	P28-20	0.286	16.564	0.175
28	P28-21	0.350	15.772	0.240
28	P28-22	0.317	11.027	0.149
28	P28-23	0.199	12.194	0.080
28	P28-24	0.227	16.304	0.121
28	P28-25	0.260	15.299	0.142
28	P28-26	0.271	15.524	0.152
28	P28-27	0.386	16.469	0.316
28	P28-28	0.338	15.533	0.221
28	P28-29	0.249	15.037	0.131
28	P28-30	0.210	15.147	0.102
32	PPC32	0.268	7.890	0.090
32	P32-1	0.174	9.360	0.052
32	P32-2	0.143	7.270	0.030
32	P32-3	0.182	7.200	0.045
32	P32-4	0.203	7.760	0.058
32	P32-5	0.163	9.780	0.048
32	P32-6	0.176	7.140	0.042
32	P32-7	0.121	9.870	0.029
32	P32-8	0.184	9.120	0.056
32	P32-9	0.223	8.670	0.073

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
32	P32-10	0.187	7.540	0.049
32	P32-11	0.197	8.120	0.057
32	P32-12	0.171	9.950	0.053
32	P32-13	0.128	9.700	0.032
32	P32-14	0.191	9.440	0.061
32	P32-15	0.178	7.310	0.044
32	P32-16	0.106	9.290	0.022
32	P32-17	0.179	7.960	0.048
32	P32-18	0.116	7.590	0.021
32	P32-19	0.245	7.010	0.072
32	P32-20	0.203	9.650	0.069
32	P32-21	0.145	8.290	0.034
32	P32-22	0.146	9.990	0.041
32	P32-23	0.189	9.620	0.061
32	P32-24	0.154	8.440	0.039
32	P32-25	0.151	8.990	0.040
32	P32-26	0.132	9.840	0.034
32	P32-27	0.162	7.200	0.037
32	P32-28	0.221	8.320	0.070
32	P32-29	0.189	7.860	0.052
33	PPC33	0.225	6.199	0.057
33	P33-1	0.190	9.370	0.060
33	P33-2	0.231	6.293	0.060
33	P33-3	0.180	6.245	0.039
33	P33-4	0.175	7.653	0.044
33	P33-5	0.150	6.366	0.029
33	P33-6	0.215	6.830	0.057
33	P33-7	0.195	6.784	0.048
33	P33-8	0.115	6.834	0.019
33	P33-9	0.150	6.216	0.028
33	P33-10	0.120	7.532	0.022
33	P33-11	0.170	7.824	0.043
33	P33-12	0.185	6.375	0.042
33	P33-13	0.093	6.629	0.012
33	P33-14	0.143	4.762	0.020
33	P33-15	0.160	7.565	0.038
33	P33-16	0.130	7.027	0.024
33	P33-17	0.070	6.424	0.007
33	P33-18	0.125	6.559	0.021
33	P33-19	0.165	7.525	0.040

Parcela	Árbol	dap (m)	Altura (m)	tC/árbol
33	P33-20	0.097	7.517	0.015
33	P33-21	0.107	7.780	0.019
33	P33-22	0.135	6.939	0.026
33	P33-23	0.160	8.216	0.041
33	P33-24	0.070	8.035	0.009
34	PPC34	0.113	8.288	0.022
34	P34-1	0.163	6.113	0.032
34	P34-2	0.194	6.373	0.045
34	P34-3	0.207	9.228	0.068
34	P34-4	0.132	7.539	0.027
34	P34-5	0.182	8.508	0.052
34	P34-6	0.200	9.774	0.068
34	P34-7	0.135	7.772	0.029
34	P34-8	0.130	8.000	0.027
34	P34-9	0.325	7.655	0.118
34	P34-10	0.225	8.412	0.072
34	P34-11	0.165	7.835	0.041
34	P34-12	0.185	6.363	0.042
34	P34-13	0.110	6.215	0.016
34	P34-14	0.185	9.147	0.057
34	P34-15	0.200	9.940	0.069
34	P34-16	0.190	6.649	0.045
34	P34-17	0.140	10.545	0.040
34	P34-18	0.220	7.730	0.065
34	P34-19	0.165	7.713	0.040
34	P34-20	0.160	8.238	0.041
34	P34-21	0.240	9.855	0.090
34	P34-22	0.170	7.745	0.043

*Anexo L. Número de árboles y cantidad de carbono en toneladas por parcela presentes en la plantación limpia.*

<b>Parcela</b>	<b>N° de árboles</b>	<b>TC/parcela</b>
35	22	5.439
31	39	10.008
30	26	2.857
29	31	9.805
26	34	3.491
22	42	2.981
21	21	0.877
19	21	4.197
18	21	4.148
16	35	3.817
15	27	2.593
14	30	4.705
13	27	3.234
12	23	4.825
11	18	3.276
7	20	5.046
5	17	2.114
4	22	3.135
1	14	3.220

*Anexo M. Número de árboles y cantidad de carbono en toneladas por parcela presentes en la plantación enmalezada.*

<b>PARCELA</b>	<b>N° de arboles</b>	<b>TC/parcela</b>
34	23	1.149
33	25	0.820
32	30	1.458
28	31	5.097
27	24	4.563
25	27	1.473
24	45	4.358
23	40	4.836
20	27	1.136
17	25	1.720
10	16	3.887
9	22	5.443
8	21	3.895
6	33	3.905
3	16	2.511
2	20	3.667

*Anexo N. Componentes del árbol por separado.*

