REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA

ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TEMA:

“Caracterización del desarrollo de dos especies amazónicas *Ocotea quixos* y *Myroxylon balsamum* como un aporte a la reducción de dióxido de carbono atmosférico”

CARRERA:

Ingeniería Ambiental

AUTOR:

Jairo Geovanny Agurto Arias

DIRECTOR DE TESIS:

MSc. Pedro Ríos

Pastaza-Ecuador

2016

PRESENTACIÓN DEL TEMA

“CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO DE DOS ESPECIES AMAZÓNICAS *Ocotea quixos* Y *Myroxylon balsamum* COMO UN APORTE A LA REDUCCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO ATMOSFÉRICO”

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

_____

Dr. David Neill

_____

MSc. Bolier Torres

_____

MSc. Angélica Tasambay

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento especial a mi madre pilar fundamental en esta etapa de mi vida por su apoyo constante e incondicional, de igual forma a mi familia por todo su apoyo y confianza brindada para que puede llegar a concluir esta fase de aprendizaje.

También mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas; amigos, conocidos y demás prójimos de buen corazón que con sus palabras de aliento, apoyo moral y sabios consejos me animaron a continuar y luchar hasta conseguir el objetivo propuesto y darme esa fortaleza y empuje emocional para culminar con este proyecto.

A La Universidad Estatal Amazónica por darme la oportunidad de llenarme de conocimientos en sus aulas y a sus docentes que de una u otra manera supieron brindarme su apoyo.

Al Ms.C Pedro Ríos le agradezco por su asesoramiento técnico, consejos, colaboración y tutoría en la dirección de esta tesis.

A la Dra. Verena Torres y al Ing. Ricardo Abril por su apoyo y asesoría oportuna, a la Dra. Margarita Jara quien en todo momento me brindó su apoyo y sobre todo mucha paciencia, así como a mi compañera y amiga Lesslye Silva, quien me apoyo incondicionalmente durante todo el trayecto de esta investigación.

Gracias a todos.

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada para todas aquellas personas que creyeron en mí, que confiaron en que sobresaldría con éxito de este proyecto.

Que llenar su corazón de felicidad, deleite y que se sientan orgullosos de mí por haber obtenido este triunfo, me es grato y satisfactorio, porque a pesar de lo obstáculos no deserte, no defraude su confianza y continúe batallando hasta llegar al final, hasta alcanzar victorioso el objetivo propuesto.

A mi madre ***Edelmira Felicidad Arias*** *un agradecimiento especial por su apoyo y confianza total, a mi pequeña pero muy unida familia* ***César Agurto****,* ***Rocío Agurto y familia, Jacqueline Agurto y familia, Nely Valle y familia y Wilmer Papa****, quienes día a día están conmigo en todo momento, porque son el motor que me mueve a continuar luchando y ser la inspiración para alcanzar ésta superación personal y profesional. Infinitamente agradecido con todos.*

Jairo Agurto, 14 de abril del 2016

RESPONSABILIDAD

Yo Jairo Geovanny Agurto Arias, declaro que soy el único autor de la presente Tesis y el contenido es de mi responsabilidad exclusiva.

_____

Jairo Geovanny Agurto Arias

C.I. 1600418436

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Director de tesis tengo a bien certificar que el presente trabajo de investigación fue desarrollado por el Sr. Jairo Geovanny Agurto Arias, egresado de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica, bajo mi supervisión.

_____

MSc. Pedro Ríos

DIRECTOR DE TESIS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PRESENTACIÓN DEL TEMA 1
MIEMBROS DEL TRIBUNAL 2
AGRADECIMIENTO 3
DEDICATORIA 4
RESPONSABILIDAD 5
CERTIFICACIÓN 6
ÍNDICE DE FIGURAS 10
ÍNDICE DE TABLAS 12
ÍNDICE DE ANEXOS 13
CAPITULO I 14
I. INTRODUCCIÓN 14
1.1. Objetivos 16
1.2. Objetivo General 16
1.3. Objetivos específicos 16
1.4. Hipótesis 16
CAPITULO II 17
II. REVISIÓN DE LITERATURA 17
2.1. Biomasa de la Amazonia 17
2.2. Biomasa de la Amazonia Ecuatoriana 18
2.3. Captura de carbono 19
2.4. Deforestación en la Amazonia Ecuatoriana 21
2.5. Bosque nativo del Ecuador 22
2.6. Crecimiento de plantas 23
2.7. *Ocotea quixos* 25
2.8. *Myroxylon balsamum* 25
CAPITULO III 27
MATERIALES Y MÉTODOS 27
3.1. Localización y duración del experimento 27
3.2. Condiciones meteorológicas 28
3.3. Materiales y equipos 28
3.4. Factores de estudio 29
3.5. Diseño experimental 29
3.6. Mediciones experimentales 30
3.6.1. Método de muestreo 30
3.6.1.1. Altura de las plantas 31

3.6.1.2. Número de hojas 31
3.6.1.3. Diámetro del tallo 31
3.6.1.4. Biomasa aérea circundante al ensayo 31
3.6.1.5. Carbono almacenado en biomasa aérea de las plantas. 32
3.7. Manejo del experimento 32
3.7.1. Selección del sitio 32
3.7.2. Demarcación y limpieza de parcelas 32
3.7.3. Establecimiento del diseño de bloques en la parcela 32
3.7.4. Plantado de especies 33
3.7.5. Medición y manejo de variables 33
3.7.5.1. Altura de las plantas 33
3.7.5.2. Diámetro del tallo 33
3.7.5.3. Conteo del número de hojas 33
3.7.5.4. Colecta de biomasa aérea circundante al ensayo y determinación de carbono 34
a) Cálculo de la materia seca de la muestra 34
b) Cálculo de la cantidad de carbono en la muestra de la vegetación no arbórea 35
c) Cálculo de la cantidad de carbono en la muestra de la vegetación no arbórea por hectárea 35
3.7.5.5. Colecta y determinación de carbono almacenado en biomasa aérea de las plantas 35
a) Método de calcinación para la obtención de materia orgánica y estimación del porcentaje de carbono 37
b) Estimación del porcentaje de carbono 37
3.7.6. Procesamiento de muestras, datos y análisis de información 38
3.7.7 Análisis de la información 39
CAPITULO IV 42
IV RESULTADOS 42
4.1. Nivel de prendimiento 42
4.2. Crecimiento en altura y diámetro 42
4.3. Análisis estadístico 43
4.3.1. Análisis estadístico de altura 43
4.3.2. Análisis estadístico de diámetro 44
4.3.3. Análisis estadístico del número de hojas 45
4.3.4. Análisis estadístico de biomasa aérea circundante al ensayo 45
4.4. Análisis del crecimiento de altura y diámetro en los diferentes tratamientos . 46
4.4.1. Altura en parcela alta 46

4.4.2. Altura en parcela baja 48
4.4.3. Diámetro en parcela alta 50
4.4.4. Diámetro en parcela baja 52
4.5. Relación de variables 54
4.5.1. Relación altura vs diámetro en parcela alta y baja 55
4.5.2. Relación altura vs número de hojas 56
4.5.3. Relación altura vs biomasa 57
4.5.4. Relación diámetro vs número de hojas 59
4.5.5. Relación diámetro vs biomasa 60
4.5.6. Relación número de hojas vs biomasa 61
4.6. Carbono en biomasa aérea no arbórea circundante al ensayo 63
4.7 Carbono en biomasa aérea de las plantas del ensayo 64
5. DISCUSIÓN 66
5.1. Variables analizadas 66
6. CONCLUSIONES 70
7. RECOMENDACIONES 71
8. RESUMEN 72
9. SUMARY 73
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 74
9. ANEXOS 79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Ejemplificación de la curva y etapas del crecimiento de una planta. 24
Figura 2.- Mapa de ubicación del experimento..... 27
Figura 3.- Diseño de los bloques parcela alta, con sus respectivos tratamientos. 29
Figura 4.- Diseño de los bloques parcela baja, con sus respectivos tratamientos. 30
Figura 5.- Especímenes colectados en parcela alta. X = *Myroxylon balsamum*; O = *Ocotea quixos*..... 36
Figura 6.- Especímenes colectados en parcela baja. X = *Myroxylon balsamum; O* = *Ocotea quixos.*..... 36
Figura 7.- Gráfico de dispersión, Altura de T1 = Puro *O. quixos* en parcela alta. 47
Figura 8.- Gráfico de dispersión, Altura de T2 = Puro *M. balsamum* en parcela alta.. 47
Figura 9.- Gráfico de dispersión, Altura de T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum en parcela alta. 48
Figura 10.- Gráfico de dispersión, Altura de T1 = Puro O. quixos en parcela baja. 49
Figura 11.- Gráfico de dispersión, Altura de T2 = Puro M. balsamum en parcela baja. 49
Figura 12.- Gráfico de dispersión, Altura de T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum* en parcela baja. 50
Figura 13.- Gráfico de dispersión, Diámetro de T1 = Puro O. quixos en parcela alta. . 51
Figura 14.- Gráfico de dispersión, Diámetro de T2 = Puro M. balsamum en parcela alta..... 51
Figura 15.- Gráfico de dispersión, Diámetro de T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum en parcela alta. 52
Figura 16.- Gráfico de dispersión, Diámetro de T1 = Puro O. quixos en parcela baja. 53
Figura 17.- Gráfico de dispersión, Diámetro de T2 = Puro M. balsamum en parcela baja..... 53
Figura 18.- Gráfico de dispersión, Diámetro de T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum en parcela baja. 54
Figura 19.- Correlación Altura vs Diámetro parcela alta. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum. 55
Figura 20.- Correlación Altura vs Diámetro parcela baja. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum. 56
Figura 21.- Correlación Altura vs Número de hojas en parcela alta. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum.... 57
Figura 22.- Correlación Altura vs Número de hojas en parcela baja. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum.... 57
Figura 23.- Correlación Altura vs Biomasa en parcela alta. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum. 58

Figura 24.- Correlación Altura vs Biomasa en parcela baja. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum. 58
Figura 25.- Correlación Diámetro vs Número de hojas en parcela alta. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum.... 59
Figura 26.- Correlación Diámetro vs Número de hojas en parcela baja. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum.... 60
Figura 27.- Correlación Diámetro vs Biomasa en parcela alta. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum. 60
Figura 28.- Correlación Diámetro vs Biomasa en parcela baja. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum. 61
Figura 29.- Correlación Número de hojas vs Biomasa en parcela alta. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum.... 62
Figura 30.- Correlación Número de hojas vs Biomasa en parcela baja. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum.... 62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Usos agrícolas y superficie en las seis provincias amazónicas. 19
Tabla 2.- Manejos del bosque para captura de carbono. 21
Tabla 3.- Alternativas para mejorar la captura de carbono. 21
Tabla 4.- Materiales usados en la investigación. 28
Tabla 5.- Equipos usados en la investigación. 28
Tabla 6.- Detalle de tratamientos. 29
Tabla 7.- Edades en días después del trasplante. 30
Tabla 8.- Ecuaciones de regresión, altura y diámetro. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum 40
Tabla 9.- Variables a correlacionarse. 41
Tabla 10.- Rangos de clasificación de correlación. 41
Tabla 11.- Porcentaje de prendimiento en parcela alta y baja. 42
Tabla 12.- Incremento de altura. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum 43
Tabla 13.- Incremento de diámetro. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum 43
Tabla 14.- ANAVA de altura en parcela alta y baja. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum. 44
Tabla 15.- ANAVA de diámetro en parcela alta y baja. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum. 44
Tabla 16.- ANAVA de número de hojas en parcela alta y baja. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum*. 45
Tabla 17.- ANAVA de biomasa en parcela alta y baja. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum. 46
Tabla 18.- Matriz de correlación de variables parcela alta. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum. 54
Tabla 19.- Matriz de correlación de variables parcela baja. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum. 55
Tabla 20.- Stock de carbono en cada tratamiento a diferentes edades en parcela alta. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum. 63
Tabla 21.- Stock de carbono en cada tratamiento a diferentes edades en parcela baja. T1 = Puro O. quixos. T2 = Puro M. Balsamum. T3 = Asocio 50% O. quixos y 50% M. balsamum. 63
Tabla 22.- Carbono en biomasa aérea de las plantas del ensayo en parcela alta. 64
Tabla 23.- Carbono en biomasa aérea de las plantas del ensayo en parcela baja. 65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.- Tabla de análisis de suelo. 79
Anexo 2.- Comparación de incrementos en parcela alta, entre altura y biomasa aérea circundante al ensayo. 80
Anexo 3.- Precipitación y temperatura durante el periodo de experimentación; Noviembre 2013 - Noviembre 2014. 81
Anexo 4.- Biomasa aérea pionera circundante al ensayo en parcela alta y baja. 82
Anexo 5.- Preparación de parcelas y plantación de ejemplares. 83
Anexo 6.- Medición de variables y colecta de información en campo. 83
Anexo 7.- Actividades de laboratorio, secado y pesado de muestras. 85
Anexo 8.- Arbusto de Myroxylon balsamum, 2 años luego de la plantación. 86

CAPITULO I

I. INTRODUCCIÓN

La deforestación y el cambio de uso del suelo en la Amazonía ecuatoriana es un tema del que mucho se habla pero poco se hace.

Existen varios factores a los que se atribuye la deforestación, uno de ellos fue en el año 1967, la Compañía Petrolera Texaco realizó apertura de vías para transportar el crudo producto de la explotación hidrocarburífera, con ello llego la colonización, con lo cual se provocó principalmente la ampliación de la frontera agrícola y tala ilegal de madera, lo que nos permite deducir que gracias al fácil acceso existente la destrucción del bosque incrementó su taza; en ese sentido la industria del petróleo atrae mano de obra y servicios lo cual genera necesidades que alimentan los índices de la deforestación (Mena, 2010).

Se estima que entre el 25 al 30% de los gases producto de la deforestación, son los causantes del efecto invernadero, es decir también juega un papel importante la destrucción del bosque por diversos motivos, lo que produce cambios en la temperatura del planeta (FAO, 2006).

Como parte de una solución para reducir los efectos causados por los gases emitidos por derivados del petróleo, un grupo de expertos y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) coinciden que proyectos encaminados hacia forestación y reforestación, compensarían en un 15% las emisiones producidas por los gases de combustibles fósiles en los próximos 50 años (FAO, 2006).

Históricamente Ecuador se ha caracterizado por ser un país productor de bienes primarios para un mercado internacional, sin embargo en la actualidad el Gobierno Nacional del Ecuador mediante su propuesta de cambio de Matriz Productiva pretende no solo generar riqueza basada en la explotación de los

recursos naturales, sino también a través del aprovechamiento de los conocimientos y capacidades de la población (SENPLADES, 2012). En este sentido, esto nos permitiría investigar productos cotidianos o ancestrales que puedan contribuir a modificar la generación productividad del Ecuador como es el caso de *Ocotea quixos* y *Myroxylon balsamum,* que habitualmente son utilizadas en medicina tradicional en la región amazónica del Ecuador, especialmente *O. quixos* que han pasado a formar parte en la producción de productos con valor agregado como shampoo, cremas, aceites, jabones, lociones y otros (Fundación Chankuap, 2006), acoplándonos a los lineamientos establecidos en las estrategias para el cambio de matriz productiva del Ecuador (SENPLADES, 2015).

Tomando en cuenta que se estima que el 43% de las especies arbóreas en la Amazonia podrían desaparecer (PACC–MAE y CAMAREN, 2011); que investigaciones sobre edafología de la Amazonia Ecuatoriana señalan que los suelos de ésta región mayoritariamente no son aptos para actividades agrícolas, ya que la mayor parte están constituidos por suelos mal drenados, carentes de contenidos básicos como calcio y nitrógeno e capacidad de fijar nutrientes (Bustamante, 1993); y en función de contribuir al cambio de la Matriz Productiva en la Amazonia ecuatoriana y además aportar a reducir los efectos del cambio climático, se realiza el estudio de éstos dos ejemplares de especies, implantándolos en dos tipos de suelos. Estas especies fueron elegidas por su potencial como productos forestales no maderables, que en arreglos silvícolas-industriales pueden generar una fuente alternativa de ingreso al aprovechar las propiedades de hojas y sabia, los cuales pueden ser incluidos en procesos productivos agroindustriales y además de aportar al ambiente capturando carbono atmosférico y almacenándolo (Ríos, 2013; Ríos, 2014).

En este sentido la presente investigación se enfoca en el ámbito ambiental, realizando un estudio de caracterización del crecimiento de las especies en su fase inicial y su estimación de captura de carbono en etapas tempranas, así como el comportamiento y su tasa o razón de crecimiento. Permitiendo obtener una línea base de conocimientos que a futuro puedan servir para cuantificar su potencial como secuestradores y como productos forestales no maderables.

1.1. Objetivos

1.2. Objetivo General

Realizar la caracterización del desarrollo de dos especies nativas de la amazonia, *Ocotea quixos* y *Myroxylon balsamum,* desde su trasplante hasta los doce meses después de su implantación en campo en dos tipos de suelo.

1.3. Objetivos específicos

a) Determinar la tasa de crecimiento y desarrollo de *Ocotea quixos* y *Myroxylon balsamum* en términos forestales.

b) Cuantificar la captura de carbono existente en biomasa aérea dentro de cada tratamiento del ensayo tanto de las especies plantadas como la adyacente, en dos tipos de suelo.

c) Establecer la sinergia existente en el ensayo en términos de biomasa aérea entre las especies plantadas y la adyacente.

1.4. Hipótesis

Mediante la caracterización del desarrollo de *Ocotea quixos* y *Myroxylon balsamum* cultivadas en dos tipos de suelo, se logrará determinar la sinergia en términos de biomasa entre éstas dos especies vegetativas, así como deducir su potencial como sumidero de carbono y producto forestal no maderable.

CAPITULO II

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Biomasa de la Amazonia

Biomasa comprende toda materia orgánica aérea o subterránea que se encuentre viva o muerta, ya sea sobre el suelo como tronco, ramas, corteza, hojas y semillas; o por debajo del suelo como las raíces (FAO, 2010).

La estimación de biomasa presente en los bosques se considera una herramienta útil que permite valorar qué cantidad de carbono se almacena en las estructuras vivas, siendo importante para evaluar su contribución al ciclo del carbono (Brown, 1997).

Uno de los mayores depósitos de carbono de los ecosistemas de la Tierra se encuentra en la selva amazónica, su almacenamiento es de alrededor de 150-200Pg C en la biomasa y los suelos (Brienen *et al*, 2015); éste aloja el 50% de los bosques tropicales del planeta, conteniendo la mayor selva lluviosa del mundo, su biomasa abarca 6.7 millones de km^2 y está compartida en ocho países (Brasil, Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela, Guyana y Surinam), además alberga otros tipos de vegetación como bosques inundables, ciénagas, sabanas, bosques secos, cerrado, puna y bosques de niebla; y por su puesto el sistema hidrográfico más grande de la Tierra; el río Amazonas que recorre desde sus cabeceras hasta el océano Atlántico aproximadamente 6.600km y vierte al mar el 16% de la descarga mundial de agua dulce. Esta inmensa estructura de ecosistemas terrestres y acuáticos posee la mayor riqueza biológica del mundo, acogiendo a más del 10% de la diversidad biológica del globo terráqueo (Flores *et al.* 2010).

Debido a su tamaño, estructura ecológica y ubicación, la amazonia actúa como un motor hidrológico que genera condiciones favorables a escalas regional y

global. Sin embargo su ciclo hidrológico es sensible a los cambios, principalmente en su bioma, debido a la deforestación y degradación que en conjunto con los cambios climáticos globales afectan a su capacidad de regular el clima (Visión Amazónica. s.f.).

2.2. Biomasa de la Amazonia Ecuatoriana

En Ecuador la Amazonía cubre aproximadamente 116.284 km^2, equivalente al 46.7% del territorio nacional, comprende el 2% de la cuenca del río Amazonas, se extiende desde los 1300 msnm en los bosques andino-amazónicos de la Cordillera Real Oriental hasta los 300msnm de las planicies Amazónicas (WWF. 2006). Se encuentra distribuida en las provincias de Sucumbíos, Francisco de Orellana, Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe. La Amazonia es muy heterogénea y frágil, tanto desde la perspectiva ecológica como por sus particularidades socio-culturales de la población; el uso del suelo está enlazado a la colonización facilitada por vías de acceso creadas para la exploración y aprovechamiento de hidrocarburos, que luego permitirían la extracción del bosque y la posterior implementación de pastizales y cultivos. El uso del suelo amazónico se agrupa en cuatro clases principales: cultivos, pastos, bosques y sin uso agropecuario; la tabla 1 nos muestra que la provincia de Sucumbíos presenta un mayor uso del suelo para cultivos, seguida de Pastaza y Francisco de Orellana, en tanto que para la producción de pasto, Morona Santiago, Pastaza y Orellana son las que presentan una mayor cobertura por esta actividad. En relación al uso del suelo para bosques, Pastaza y Morona Santiago son las que más destacan. Las jurisdicciones que presenta la mayor área sin uso agropecuario son Napo y Pastaza (INIAIP, 2010).

Tabla 1.- Usos agrícolas y superficie en las seis provincias amazónicas.

Provincias	Aptitudes agrícolas							
	Cultivos		Pastos		Bosques		Sin Uso Agrop.	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Sucumbíos	328.421	43	157.676	10	1.220.334	15	75.765	9
Napo	11.570	1	183.700	11	824.932	10	219.029	26
Orellana	116.439	15	375.891	23	1.497.710	18	122.494	15
Pastaza	195.544	26	385.566	23	2.116.123	26	172.206	21
Morona S.	26.901	4	471.643	29	1.746.567	21	146.263	18
Zamora Ch.	85.855	11	67.391	4	808.235	10	91.558	11
Total Región	**764.730**	**100**	**1.641.867**	**100**	**8.213.901**	**100**	**827.315**	**100**

Fuente: Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria SIGAGRO, 2007.

2.3. Captura de carbono

Se calcula que en el mundo se deforestan anualmente 17 millones de hectáreas, equivalente a una liberación anual de aproximadamente de 1.8 GtC; lo que representa el 20% de las emisiones antropogénicas totales (Ordoñez y Masera, 2001).

Los bosques del mundo contienen un estimado de 340 Pg de C (1 Pg = 10^{15} g) en vegetación y 620 Pg de C en suelo (Brown *et al*., 1996), es por ello que los cambios en los sumideros de carbono podrían ocasionar un desbalance global del carbono.

Es transcendental dar a conocer la importancia del porque la captura de carbono (CC) en la actualidad es vital para el planeta, los sistemas naturales de CC se encuentran relacionados con las funciones ecológicas de los ecosistemas naturales; y aunque por mucho tiempo se ha conocido que los océanos y los bosques juegan un rol importante en el ciclo del carbono y su absorción, no fue sino hasta 1976 que se propuso por primera vez la idea de que los bosques funcionan como sistemas de almacenamiento de emisiones de combustibles fósiles (Vargas *et al,* 2004)

Ésta función ecológica de los ecosistemas terrestres cobra interés para investigadores y administradores públicos cuando empiezan a entender el valor total de la naturaleza (VTN), es decir los servicios ecosistémicos y los bienes ambientales que puede brindar la naturaleza y el valor económico que pueden adquirir en función de su utilidad; según Costanza *et al.* (2014) se estima que el valor total de estos beneficios es de 145 billones de dólares por año; de allí el interés por desarrollar proyectos que permitan conservar y restaurar dicho valor. El VTN se considera como la suma del valor de uso directo e indirecto, opción y existencia de la naturaleza, lo que en términos contables se traduciría en que la naturaleza hoy en día también forma parte de las finanzas como un bien económico al cual hay que prestarle especial atención (Vargas *et al,* 2004).

Es así que la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio en su publicación del 2005, diferencia entre Servicios de abastecimiento (alimentos, agua o madera); Servicios de regulación (regulación de inundaciones y enfermedades); Servicios culturales (áreas recreativas y espirituales) y Servicios de apoyo (formación del suelo y ciclo de nutrientes), es decir la mayoría de los ecosistemas brindan una variedad de servicios en beneficio del ser humano (MEA, 2005), por ello no sería un caso aparte el buscar alternativas que brinden una integración de actividades que permitan contribuir a la captura de carbono atmosférico; conociendo que los sumideros superficiales de C en sistemas agroforestales son similares a aquellos encontrados en bosques secundarios. De igual manera, los sumideros de C en el suelo aumentan en los sistemas agroforestales (FAO, 2001).

Por otra parte Tipper (1996) menciona que mediante la implementación de varios tipos de manejo del bosque y sistemas agroforestales se puede obtener resultados favorables en la captura de carbono (tabla 2).

Tabla 2.- Manejos del bosque para captura de carbono.

Tipo de manejo	Captura de carbono	
Plantación de árboles en pastizales o terrenos degradados	120-250	tC Ha^{-1}
Introducción de árboles maderables entre cultivos anuales o perennes	80	tC Ha^{-1}
Mejoramiento de bosques semidegradados hacia bosques de alta productividad	80-200	tC Ha^{-1}
Introducción de árboles forrajeros y de sombra en pastizales	40-100	tC Ha^{-1}
Conservación y mejoramiento de suelos	60-110	tC Ha^{-1}
Establecimiento de cercas vivas	20-60	tC Ha^{-1}
Conservación de bosques naturales amenazados por deforestación	150-300	tC Ha^{-1}

Fuente: Hacia un Programa Nacional de Captura de Carbono y Desarrollo Agro-forestal. Tipper, 1996.

Mientras que Schroeder *et al* (1993) nos presenta cinco de las mejores alternativas para almacenar la mayor cantidad de CO_2 por unidad de área (tabla 3).

Tabla 3.- Alternativas para mejorar la captura de carbono.

Alternativa	Captura de carbono	
Regeneración natural en zonas tropicales	195	tC Ha^{-1}
Repoblación en zonas templadas	120	tC Ha^{-1}
Agro silvicultura en zonas tropicales	95	tC Ha^{-1}
Reforestación en zonas tropicales	65	tC Ha^{-1}
Reforestación en zonas templada	56	tC Ha^{-1}
Practicas silvícolas en latitudes boreales	10	tC Ha^{-1}
Practicas silvícolas en latitudes templadas	26	tC Ha^{-1}
Practicas silvícolas en latitudes tropicales	34	tC Ha^{-1}

Fuente: Ordenación forestal y agrosilvicultura para reducir el dióxido de carbono atmosférico. Schroeder *et al*, 1996.

2.4. Deforestación en la Amazonia Ecuatoriana

En los últimos 50 años la Amazonía perdió el 17% de su vegetación original a causa del cambio de uso del suelo; y dependiendo de las políticas que se implemente a futuro sobre deforestación, se estima que posiblemente se pierda hasta la mitad de la vegetación original entre los años 2030 y 2050 (Visión Amazónica, s.f.)

De acuerdo a la evaluación llevada a cabo por la Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada (RAISG), Ecuador contaba con 97.530 km^2 originalmente, pero hasta el año 2000 perdió 9.343 km^2, en el periodo 2000-2005 desaparecieron 487 km^2, para el 2005-2010 se eliminó 424 km^2 y para 2010-2013 estuvo en 216 km^2 dándonos un total de pérdida acumulada del 10.470km^2 equivalente al 10.7% (RAISG, 2015).

Estudios realizados por el Ministerio del Ambiente, para el programa Socio Bosque determinaron que la tasa de deforestación en la Amazonía ecuatoriana entre el año 1990-2000 en promedio fue de 89.944 ha/año, mientras que para el periodo 2000 a 2008 el promedio fue de 77.647 ha/año y para el 2008-2012 fue de 65.880 ha/año (MAE, 2014), estos resultados nos muestran que aunque la deforestación ha disminuido ésta aún se mantiene; las causas se las atribuye también al cambio del uso del suelo, implementación de sistemas agrícolas y pecuarios; extracción de madera ilegal, construcción de vías y un crecimiento poblacional no ordenado (Barrantes *et al,* 2001).

El (IPCC, 2001) sugiere que el cambio climático en la Amazonía contribuido también por la pérdida de cobertura vegetal, afectará a la agricultura y sistemas silvícolas por la posible disminución de las precipitaciones, una menor lluvia tendrá impactos negativos sobre el crecimiento y rendimiento de la vegetación.

2.5. Bosque nativo del Ecuador

Se estima que más de un tercio del área total de la superficie boscosa del planeta, es decir el 36%, corresponde a bosque nativo en donde no existe actividad antropogénica. Hay que destacar que la mayor extensión de bosque primario se encuentra en Sudamérica específicamente en la Amazonía (FAO, 2010).

En Ecuador 11.31 millones de ha. corresponden a bosque nativo (MAE, 2014) y las materias primas que de él se extraen han servido desde la antigüedad para múltiples propósitos, como en la alimentación, vivienda, medicinas, entre muchos otros; ha sido utilizado para el desarrollo de los pueblos en varios países, e incluso forma parte de la cosmovisión de varias culturas ancestrales.

Ecuador contiene 25 de las 32 zonas de vida según la clasificación de Zonas de Vida y Formaciones Vegetales de Holdridge; es considerado uno de los países de alta variación biogeográfica a nivel mundial; se menciona que en él existen más de 16 mil especies agrupadas en 273 familias de plantas vasculares, 1.200 especies de helechos y 3.251 de orquídeas, asimismo se han registrado 1.616 especies de aves, 369 de mamíferos, 415 de anfibios y 394 de reptiles (FAO, s.f.). Esa inmensa riqueza natural es la que ha promovido el sustento para el desarrollo social y económico del Ecuador, por lo tanto en necesario buscar los mecanismos para promover un uso sustentable de la misma, garantizando la satisfacción de las necesidades de las futuras generaciones (Barrantes *et al*. 2001).

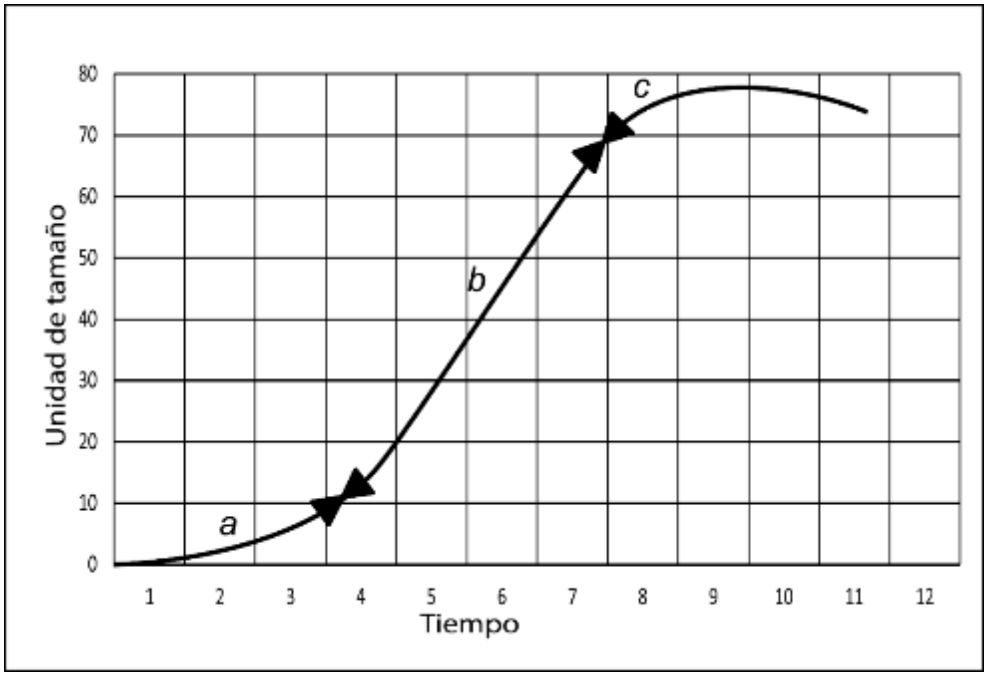
2.6. Crecimiento de plantas

El crecimiento de los arboles radica en una alargamiento y engrosamiento de tallo, raíces y ramas (Husch *et al*. 1982). A criterio de Gauto (1997) se define como los cambios ocurridos en el tamaño de la planta en relación a un periodo de tiempo dado.

También hay que realizar una aclaración entre crecimiento y desarrollo, en el cual desarrollo puede definirse como el cambio ordenado o progreso hacia un estado superior; es así que el desarrollo puede ocurrir sin que exista crecimiento y el crecimiento sin desarrollo (Saldivar, 2007); el mismo autor también realiza

un análisis breve de los aspectos simples del crecimiento, revelando la presencia natural de algunos factores que lo gobiernan; tomando el ejemplo de un modelo típico de del crecimiento anual de una planta (Figura 1), se aprecia que esta consta de *a)* fase logarítmica o exponencial; *b)* fase lineal y c)fase de declinación (envejecimiento o senescencia) de la tasa de crecimiento. Por otra parte muchas plantas pueden presentar curvas de crecimiento bastante diferentes; podría intensificarse una u otra fase o más aun suprimirse, lo que mostraría una fluctuación en la tasa de crecimiento en relación al tiempo.

Figura 1.- Ejemplificación de la curva y etapas del crecimiento de una planta.



Fuente: Fisiología vegetal. Saldivar, 2007.

Según Carvalho (1997), existen variaciones de crecimiento entre especies, de igual forma puede existir variación dentro de la misma especie y entre individuos, esto debido a la influencia del ambiente en el que se encuentra o factores genéticos propios de los individuos; la misma fuente afirma que los cultivos silvícolas pueden disminuir e incluso en algunos casos eliminar las diferencias de crecimiento entre los individuos de la misma especie y su patrón de crecimiento.

2.7. *Ocotea quixos*

Pertenece a la familia Laurácea, y se distribuye desde Centro América hasta la parte alta de América del sur (Chanderbali *et al*., 2001) especialmente en Perú Colombia y Ecuador en donde su población es más densa ubicándose en las provincias de Imbabura, Pichincha, Morona Santiago y mayormente en Sucumbíos, Napo, Orellana y Pastaza (Tropicos, s.f). Es una planta con hojas alternas pinnatinervias (triplinervias) olor a canela, flor blanco-verdosa y fruto ovalado de 4cm de longitud; es un árbol perenne de 2 a 5 m de altura; en Ecuador se la conoce con nombres vernáculos como canelón, ishpink, ispingu y/o ishpingo, su habitad es el bosque húmedo, encontrándose entre los 310 y 1250 msnm (Noriega y Dacarro, 2008).

Estudios científicos han determinado que es adecuada para el uso industrial por sus altos contenidos de trans-cinnamaldehido (27,9%) y metil-cinnamato (21,75); por lo que podría utilizarse en la manufactura alimentaria como saborizante (Bruni *et al*, 2004) así como en la elaboración de jabones y perfumes, dado su agradable aroma presente en aceites esenciales de sus hojas. Según la Fundación Chankuap (2006), el tiempo aproximado para el aprovechamiento de hojas y ramas de es de 6 años y para la cosecha del cáliz es de 15 a 20 años.

2.8. *Myroxylon balsamum*

Pertenece a la familia Fabaceae, se extiende de forma natural por América del sur (Gentry 1996), es una especie primaria /secundaria , árbol perennifolio que en su madurez llega a crecer hasta 40 m de altura, con un DAP inclusive de 1m, sus hojas son compuestas de 5 a 10 foliolos alternos de olor fragante, tronco recto con ramas ascendentes; corteza externa lisa de color pardo grisácea con un grosor total de 10mm; tienen inflorescencia en racimos axilares de 10 a 20cm de largo, pubescentes; flores blancas zigomórficas; el fruto indehiscente alberga

a la semilla y el resto es en forma de ala; Es lenta para establecerse, pero una vez instalada su productividad es alta aun en condiciones de defoliación regular. De uso multipropósito y gran interés agro-silvícola, ayuda en la recuperación de terrenos degradados; resistente a sequias largas y severas; tolera suelos alcalinos e inundados temporalmente; susceptible a heladas, competencias por maleza, y ataque de insectos (SEMARNAT, s.f.), Contiene 60% de cinnameina un aceite esencial extraído por destilación al vapor, su principal uso es en la industria de la perfumería, alimenticia, cosméticos y jabones (Orwa *et al*, 2009).

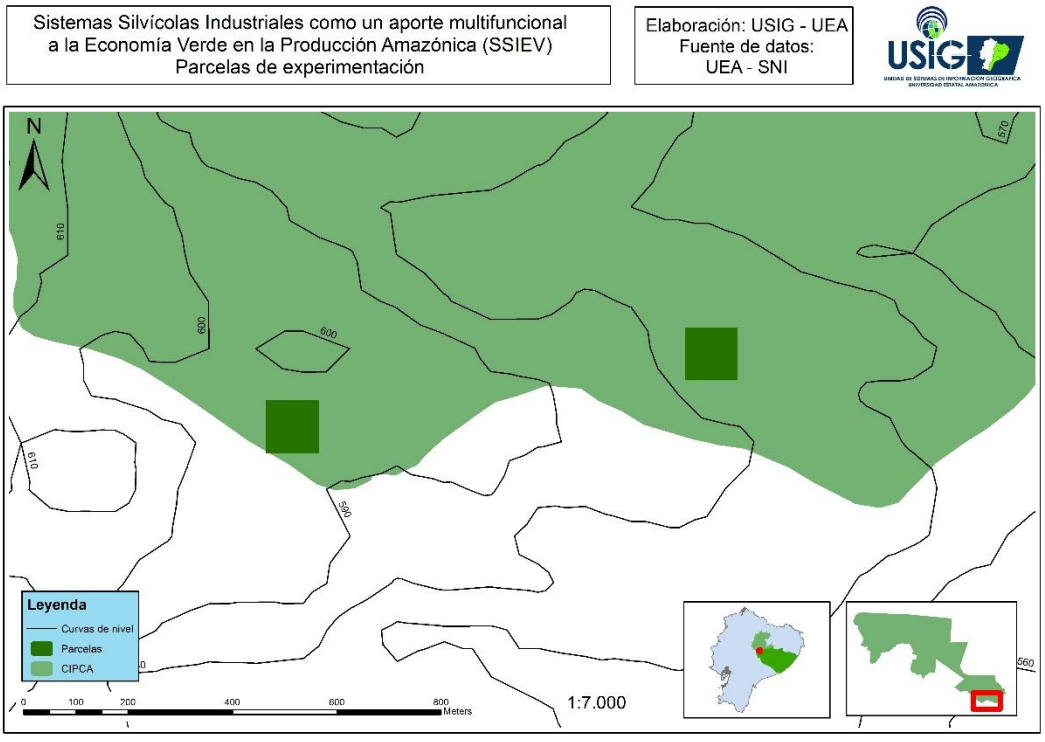
CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y duración del experimento

El presente estudio se lo realizo en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación de la biodiversidad Amazónica (CIPCA) ubicado, en la Provincia de Napo, Cantón Carlos Julio Arosemena Tola, Parroquia Carlos Julio Arosemena Tola, en el kilómetro 44 de la vía Puyo – Tena; su altitud se encuentra entre los 580 a 1120 m.s.n.m. (CIPCA, 2012), dentro de los limites del jardín botánico.

Figura 2.- Mapa de ubicación del experimento.



Fuente: Elaborado USIG-UEA. Ríos, 2014.

El experimento tuvo una duracion de 18 meses; 12 meses correspondieron a la recopilación de infirmación en campo, y 6 meses al procesamiento de información, analisis de laboratorio y tabulación de resultados.

3.2. Condiciones meteorológicas

El sitio de investigación se encuentra a una temperatura promedio de 24.98 °C y una precipitación media anual de 4749 mm (Anexo 3). De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdridge corresponde a un clima sub tropical lluvioso; mientras que el mapa de Cañadas de clasificación bioclimática y ecológica del Ecuador lo describe como una formación de selva pluvial amazónica, constituida por un bosque Pluvial Pre Montano (López, 2012; AME, 2012).

3.3. Materiales y equipos

Tabla 4.- Materiales usados en la investigación.

DESCRIPCION	CANT.
Machete	1
Libreta de apuntes	1
Fundas plásticas	100
Lonas	20
Cinta de medición de 50m	1
Cinta métrica de 1m	1
Piola plástica 100m	10
Lápiz	1
Marcador permanente	1
Papel aluminio	30
Material de oficina	1
Bolsas de tela	6

Fuente: Elaboración propia del autor, 2016

Tabla 5.- Equipos usados en la investigación.

DESCRIPCION	CANT.
Estufa	1
Balanza	1
Mufla	1
Crisoles	24
Mandil	1
Molino Triturador	1
Equipo de protección personal (EPP´S)	1
Cámara fotográfica	1
Computador	1
Impresora	1
Palas	1
Botas de caucho	1

Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

3.4. Factores de estudio

Los factores de estudio de este proyecto se enfocaron en los componentes bióticos del ensayo, compuesto de arbustos de *O. quixos* y *M. balsamum,* así como la biomasa circundante a las plantas.

3.5. Diseño experimental

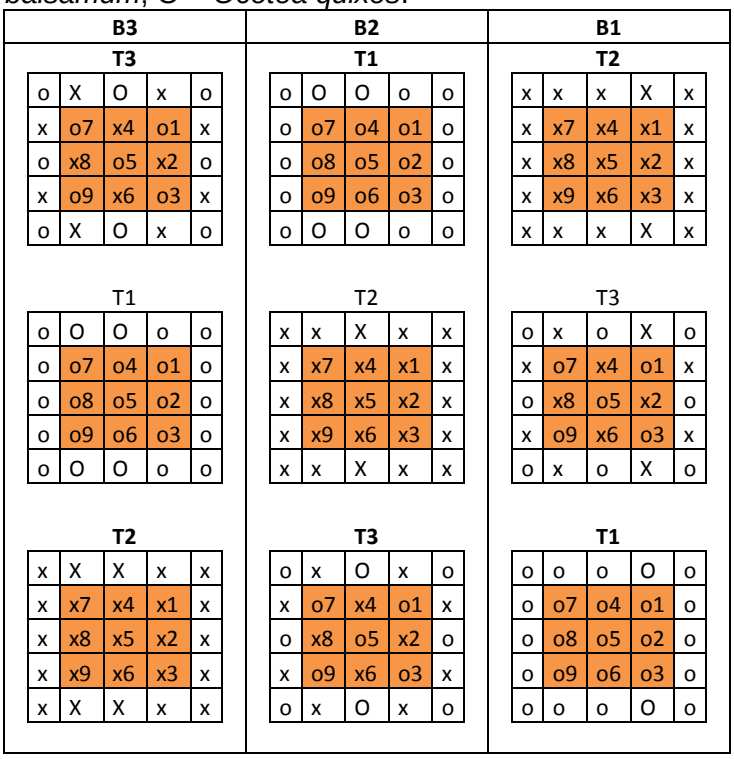
Se trabajó sobre parcelas que contienen un arreglo de bloques al azar (Figuras 3 y 4), con replicas (Tratamientos) T1, T2 y T3 (Tabla 6).

Tabla 6.- Detalle de tratamientos.

Tratamiento 1	**T1**	Puro *Ocotea quixos*
Tratamiento 2	**T2**	Puro *Myroxylon balsamun*
Tratamiento 3	**T3**	Asocio 50% *Ocotea quixos* y 50% *Myroxylon balsamum*

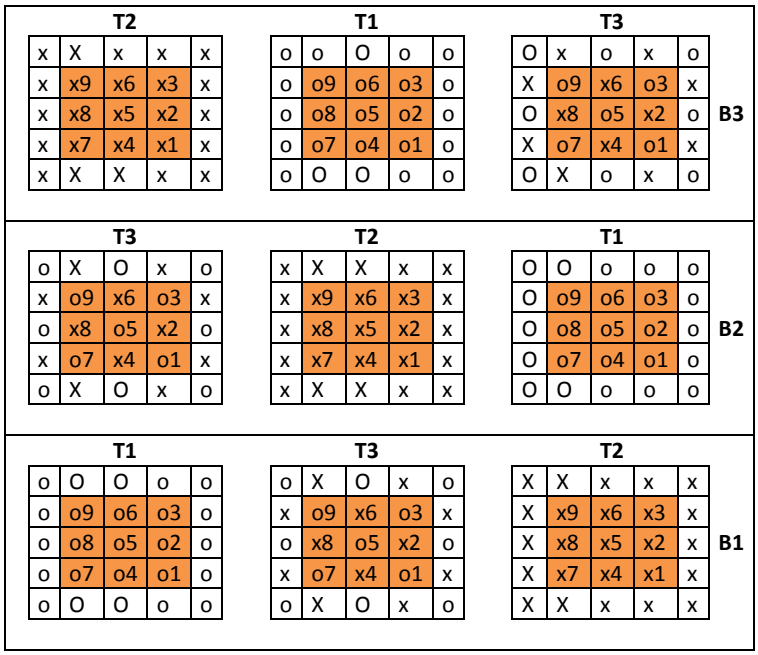
Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

Figura 3.- Diseño de los bloques parcela alta, con sus respectivos tratamientos.
B1 = Bloque 1; B2 = Bloque 2; B3= Bloque 3; T1 = Puro *O. quixos*; T2 = Puro *M. balsamum*; T3 = Asocio de 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum*; X = *Myroxylon balsamum*; O = *Ocotea quixos*.



Fuente: Proyecto SSIEV, 2013.

Figura 4.- Diseño de los bloques parcela baja, con sus respectivos tratamientos.
B1 = Bloque 1; B2 = Bloque 2; B3= Bloque 3; T1 = Puro *O. quixos*; T2 = Puro *M. balsamum*; T3 = Asocio de 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum*; X = *M. balsamum*; O = *O. quixos*.



Fuente: Proyecto SSIEV, 2013.

3.6. Mediciones experimentales

3.6.1. Método de muestreo

El levantamiento de información fue *in situ* aplicando el método tradicional o clásico, propuesto por Gardner *et al*. (2003), que corresponde a mediciones de las variables a intervalos de tiempo (Tabla 7).

Tabla 7.- Edades en días después del trasplante.

EDADES (ddt)		
E1	66	Días
E2	94	Días
E3	131	Días
E4	164	Días
E5	276	Días
E6	343	Días
E7	401	Días

Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

Mediante prácticas no destructivas se colectó información para las variables altura, diámetro del tallo y número de hojas a las 9 plantas internas del tratamiento (Figura 2 y3), las que suman 42 plantas de *O. quixos* y 39 de *M. balsamum* colocadas en cada parcela; únicamente biomasa área circundante al ensayo fue colectada mediante prácticas destructivas en las edades antes mencionadas.

Para determinación de carbono almacenado en biomasa aérea de las plantas se lo realizó solo una vez a los 12 meses luego del plantado de los especímenes.

La información se colecto para las siguientes variables objeto de la presente investigación.

3.6.1.1. Altura de las plantas

Corresponde al desarrollo en altura que presenta la planta, mediante ésta se obtienen valores del incremento del individuo a intervalos de tiempo. La unidad de medición es centímetro por unidad de tiempo.

3.6.1.2. Número de hojas

Se refiere a la cantidad de hojas que presenta cada planta, su cuantificación es en número de hojas por individuo por unidad de tiempo.

3.6.1.3. Diámetro del tallo

Se describe como cualquier al corte transversal del tallo, específicamente para esta investigación se refiere al diámetro en la parte inferior del tallo de la planta, su unidad es en centímetros por unidad de tiempo.

3.6.1.4. Biomasa aérea circundante al ensayo

Se refiere al material vegetal circundante a los especímenes estudiados, para éste estudio se cuantificación en gramos de biomasa seca por unidad de tiempo.

3.6.1.5. Carbono almacenado en biomasa aérea de las plantas.

Se refiere al carbono atmosférico capturado mediante procesos de fotosíntesis por las plantas objeto de estudio y acumulado en la parte vegetativa aérea (hojas y tallo), su estimación ha sido en porcentaje de carbono.

3.7. Manejo del experimento

Para cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación se realizaron los siguientes procedimientos:

3.7.1. Selección del sitio

Dentro del jardín botánico del CIPCA se seleccionó los sitios para la ejecución el proyecto, se tomaron en cuenta como principal condición, que las locaciones se encuentren en suelos diferentes, esta información fue corroborada por el análisis de suelo practicado a las dos parcelas, en el que se menciona que la densidad aparente y porosidad total varían de una manera muy significativa entre las dos parcelas en estudio (Ríos *et al*, 2014).

3.7.2. Demarcación y limpieza de parcelas

La demarcación de las parcelas se ejecutó en un área de una hectárea (10000m^2), cada una en su respectivo suelo. Posterior a esto se ejecutó el corte y limpieza de la parte vegetativa.

3.7.3. Establecimiento del diseño de bloques en la parcela

El diseño de los bloques en cada parcela se los realizó bajo el método de bloques al azar, cada bloque contiene 3 tratamientos (tabla 4); cada tratamiento está formado por un perfil de 16 plantas que rodea a 9 plantas internas, sumando un total de 25 plantas; la distancia de siembra es de 5m; la totalidad de individuos plantados es de 225 en cada parcela.

3.7.4. Plantado de especies

Se procedió a plantar las especies en cada suelo siguiendo el estricto orden determinado en el diseño experimental; el trasplante se lo realizó en el mes de octubre del 2013, las plantas tenían 2 años de edad; tiempo bastante prolongado de permanencia en fundas de germinación, por lo que no estuvieron en las mejores condiciones en el momento de su colocación en suelo firme.

3.7.5. Medición y manejo de variables

3.7.5.1. Altura de las plantas

Consiste en medir desde el suelo hasta el ápice más alto de la copa utilizando una cinta métrica, éste dato nos permite estimar la tasa de crecimiento a intervalos de tiempo, así como generar curvas de crecimiento.

3.7.5.2. Diámetro del tallo

Se tomó la medida usando cinta métrica y rodeando el tallo del arbusto en su base a 3cm del suelo, esto debido a que los especímenes objeto de estudio son arbustos; los datos obtenidos fueron en centímetros de circunferencia del tallo, y para la obtención de la medida en diámetro, se procedió a usar la fórmula para calcular el diámetro de una circunferencia.

$$d = \frac{C}{\pi}$$

Dónde:

d= diámetro C = circunferencia a la altura del tallo π = 3,1416

3.7.5.3. Conteo del número de hojas

La recopilación de esta información consistió en un conteo detallado del número de hojas presente en cada planta, tomando en cuenta que *O. quixos* de hoja simple y *M. balsamun* es de hoja compuesta. El método de conteo de hojas se

aplicó a esta investigación conociéndose de antemano que los especímenes presentan poca cantidad de hojas a edades tempranas.

3.7.5.4. Colecta de biomasa aérea circundante al ensayo y determinación de carbono

En nuestro caso se usó el método implementado en el manual “GUIA PARA LA DETERMINACIÓN DE CARBONO EN PEQUEÑAS PROPIEDADES RURALES” producido por World Agroforestry Centre (ICRAF, 2009)

La guía menciona que para muestreo de las vegetaciones arbustivas de pequeño porte, herbáceas y gramíneas, se recomienda el uso de parcelas temporales aleatorias determinadas por medio de un marco cuadrado de 1m2 (50 cm x 50 cm). El proceso consiste en tirar aleatoriamente el marco dentro de la parcela (tratamiento), y cortar al ras del suelo todo el material que se localiza dentro del marco y pesarlo. De cada muestra fresca se debe obtener una sub-muestra que debe ser guardada en bolsas (tela o de papel) debidamente identificadas, que serán enviadas al laboratorio, para secado en horno-estufa de aire forzado a 60^{o}C, hasta obtener un peso constante, para luego determinar así la relación entre materia seca y húmeda, y la cantidad de carbono.

a) Cálculo de la materia seca de la muestra

$$MSmuestra = \left(\frac{MFsubmuestra}{MSsubmuestra}\right) * MFmuestra$$

Dónde:

$MS_{muestra}$ = Materia seca de la muestra.
$MF_{submuestra}$ = Peso conocido de materia fresca llevada para la determinación de la cantidad de humedad.
$MS_{submuestra}$ = Peso de materia seca llevada para la determinación de la cantidad de humedad.
$MF_{muestra}$ = Peso total de materia fresca colectada.

b) Cálculo de la cantidad de carbono en la muestra de la vegetación no arbórea

$\Delta C_{BN\ muestra} = MS_{muestra} * CF$

Dónde:

$\Delta C_{BN\ muestra}$= Cantidad de carbono en la biomasa de la muestra de vegetación no arbórea (kg C/0,25 m^2).

CF= es la fracción de carbono (kg C /kg MS) determinada en el laboratorio o utilizando el valor padrón del IPCC = 0,5.

c) Cálculo de la cantidad de carbono en la muestra de la vegetación no arbórea por hectárea

$$\Delta C_{BN}(tC\ Ha^{-1}) = \left(\frac{10000}{0.25}\right) * \left(\frac{\frac{\sum \Delta CBN\ muestra}{NM}}{1000}\right)$$

Donde:

$\Delta C_{BN}(tC\ Ha^{-1})$= Cantidad de carbono en la biomasa de vegetación no arbórea en toneladas por hectárea.

$\sum \Delta C_{BN\ muestra}$= Sumatoria de la cantidad total de carbono de todas las muestras (kg C/0,25 m^2).

NM = Número de muestras.

Factor 10000= Conversión de área a hectárea.

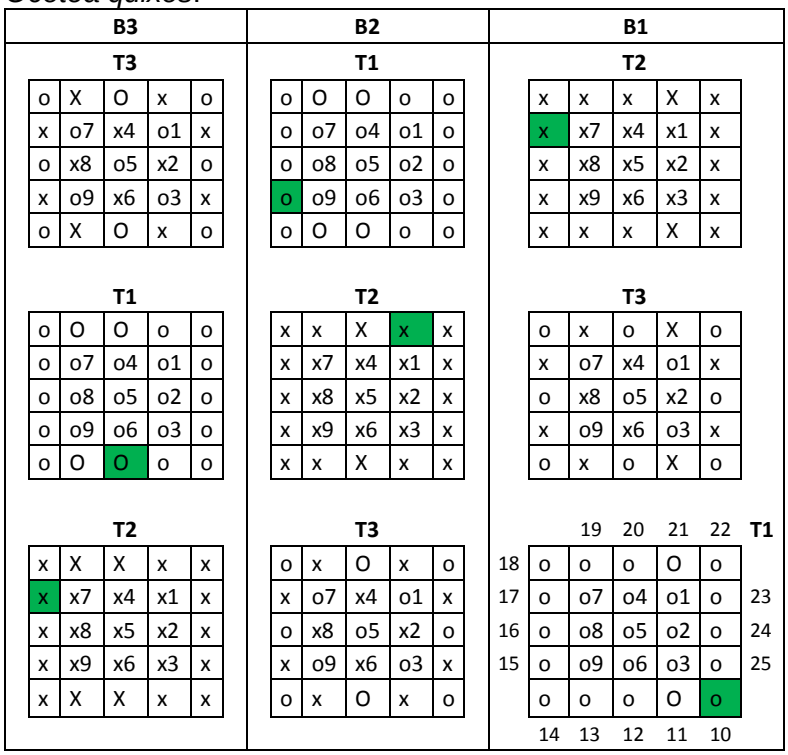
Factor 1000= Conversión de las unidades de muestra de kg MS a t MS.

3.7.5.5. Colecta y determinación de carbono almacenado en biomasa aérea de las plantas

Para esta medición se recolectaron seis especímenes de cada parcela, tres de *O. quixos* y tres de *M. balsamum* respectivamente (Figura 5 y 6) mediante una selección aleatoria, a éstos se les seccionó en tallo y hojas, posterior a ello se secó en estufa a 75ºC hasta conseguir un peso seco constante, luego con la ayuda de un molino se trituraron los ejemplares, se les aplicó el método de

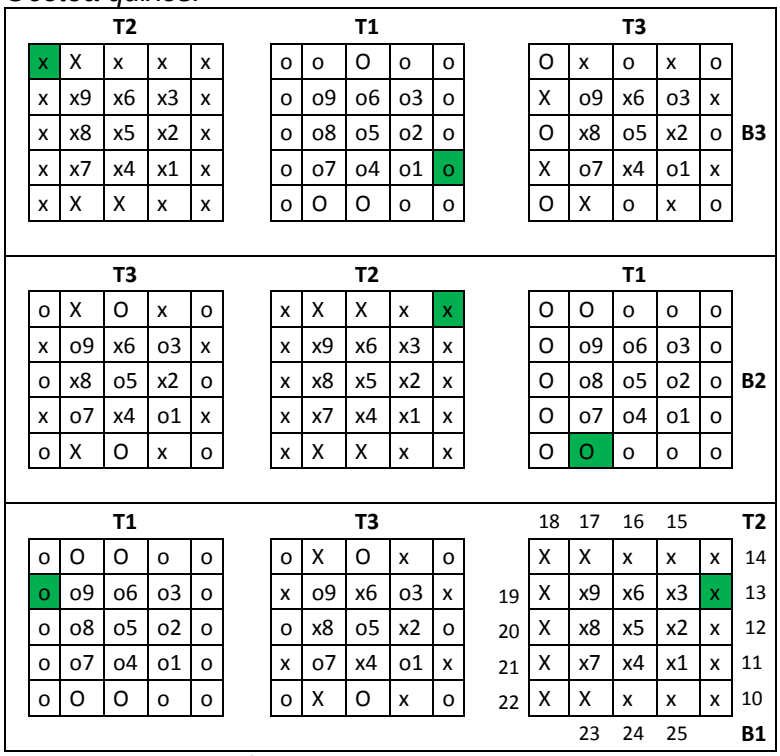
calcinación para obtener el porcentaje de materia orgánica (M.O) y su posterior estimación de carbono (%C).

Figura 5.- Especímenes colectados en parcela alta. X = *Myroxylon balsamum*; O = *Ocotea quixos*.



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

Figura 6.- Especímenes colectados en parcela baja. X = *Myroxylon balsamum; O = Ocotea quixos.*



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

a) Método de calcinación para la obtención de materia orgánica y estimación del porcentaje de carbono

Este método consiste en la destrucción climatizada de la muestra, así lo concibe Steubing *et al* (2001).

Las muestras de vegetal previamente secadas en la estufa se trituran hasta pasar por un filtro con medida de 2mm; un peso conocido de la muestra se coloca en un crisol de cerámica, que luego se introduce en la mufla y se calienta por 6 horas incrementando gradualmente la temperatura hasta alcanzar los 537ºC. Una vez enfriadas las muestras se procede a pesarlas, para luego obtener los resultados de M.O por diferencias de peso aplicando la siguiente fórmula:

$$\%M.O = 100 - (\frac{100 * Pc}{Pm})$$

Dónde:

$M.O$ = Materia orgánica
Pc = Peso de la ceniza sin crisol
Pm = Peso inicial de la muestra sin crisol

b) Estimación del porcentaje de carbono

El porcentaje de carbono se obtuvo aplicando la siguiente formula (ICRAF, 2009).

$$\%C = M.O * 0.5$$

Dónde:

$\%C$ = Porcentaje de carbono
$M.O$ = Materia orgánica
0.5 = Valor padrón del IPCC

El dato %C se refieren al porcentaje de carbono presente en el espécimen del cual procedió la muestra, entonces usando el peso seco de la muestra y

aplicando el cálculo de porcentaje, podemos estimar la cantidad de carbono que el espécimen contiene.

$$C_{PLANTA} = \frac{Ps*(\%C)}{100}$$

Donde:

C_{PLANTA}= Cantidad de carbono presente en la planta (gC) o (C_{PLANTA}/1000 = kgC).
Ps = Peso seco total del espécimen
%C = Porcentaje de carbono calculado

Con los resultados del carbono contenido por planta, se puede realizar una ponderación para estimar la cantidad de gramos de carbono por hectárea ($gCHa^{-1}$) que existe en cada parcela, mediante un cálculo de densidad de plantas por hectárea y su posterior multiplicación por el valor promedio de carbón de la planta.

Densidad de plantas

$$d_p = \frac{10000}{25}$$

Donde:
10000 = Factor de transformación de Ha a metros cuadrados
25 = Área que ocupa cada espécimen plantado en metros cuadrados

Cálculo de carbono por hectárea

$gCHa^{-1} = dp*PC$

Donde:

$gCHa^{-1}$= Gramos de carbono por hectárea
dp = Densidad de plantas por hectárea
PC = Promedio de contenido de carbono por planta

3.7.6. Procesamiento de muestras, datos y análisis de información

El procesamiento de las muestras colectadas en campo para la obtención de biomasa aérea adyacente al tratamiento y determinación de carbono, se lo

realizó en los laboratorios de Suelos y Bromatología de la Universidad estatal Amazónica (UEA).

Se usó el software IBM SPSS v22 para: obtención de medias, análisis de varianza (ANAVA) y correlación entre variables.

El examen estadístico se realizó tomando en cuenta que el experimento se montó según un diseño de bloques al azar con tres réplicas (T1, T2 y T3).

3.7.7 Análisis de la información

En primera instancia se realizó una eliminación de los datos incompletos, tomando en cuenta solo aquellas que poseían información continua durante el periodo de experimentación.

El ANAVA se realizó mediante un arreglo factorial con dos factores (3x7), un factor consistió en los tratamientos (Tabla 4) y el otro factor fueron las edades (Tabla 5), aplicando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E_j + (TxE)_{ij} + R_k + e_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = variables analizadas

T_i = Efecto de los tratamientos i=1, 2 y 3

E_j = Efecto de las edades j=1, 2, …,7

$(TxE)_{ij}$= Efecto de la interacción Tratamientos x Edad i= 1, 2, y 3 y j = 1, 2, … ,7

R_k = Efecto de réplica k= 1, 2, 3,

e_{ijk} = error aleatorio normalmente distribuido con medio 0 y varianza constante.

El ANAVA ser realizó considerando los efectos tratamientos, edades e interacción.- Se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey (1953) en los casos necesarios.

En lo referente a la generación de curvas de crecimiento y obtención de ecuaciones de regresión, éstas fueron generadas mediante la asistencia del software Tablecurve 2D v5.0.1, se tomó como criterio para la implementación a aquellas con un $r^2 > 0,80$; menor error estándar (EE) y con el nivel de significancia de variables de $P< 0.05$ (tabla 8); las que mejores resultados arrojaron fueron del tipo exponenciales y lineal, siendo como dice la literatura las que más se ajustan al tipo de crecimiento en la fase inicial o juvenil de una planta, contrastando con el tipo de vegetación manejada en la presente investigación.

Tabla 8.- Ecuaciones de regresión, altura y diámetro. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum*

TRATAMIENTO	ECUACIÓN	r^2	EE
PARCELA BAJA			
Altura T1	$y=44.816232+0.1001399x$	0.91	4.311
Altura T2	$y=29.614401+0.087524876x$	0.91	3.770
Altura T3	$y=44.342876+0.00027025157x^2$	0.99	1.594
Diámetro T1	$y=0.67889779+(2.8836795e^{-06})x^2$	0.94	0.047
Diámetro T2	$y=0.26674594+0.0015273074x$	0.94	0.052
Diámetro T3	$y=0.5581196+(4.0380281e^{-06})x^2$	0.99	0.02
PARCELA ALTA			
Altura T1	$y=45.606262+0.037238078x$	0.95	1.191
Altura T2	$y=48.17654+0.00015464455x^2$	0.98	1.061
Altura T3	$y=45.020587+0.062458233x$	0.94	2.070
Diámetro T1	$y=0.65931272+0.0005185159x$	0.80	0.036
Diámetro T2	$y=0.64539339+(2.1177452e^{-06})x^2$	0.93	0.035
Diámetro T3	$y=0.56485442+0.001258318x$	0.94	0.041

Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

La información de relación de dependencia entre variables se la obtuvo mediante el cálculo de coeficiente de correlación de Pearson; las variables a

correlacionarse fueron las mostradas en la tabla 9, y se relacionaron entre aquellas que corresponden al mismo tipo de tratamiento.

Tabla 9.- Variables a correlacionarse.

CORRELACIONES		
Altura	*vs*	Diámetro
Altura	*vs*	Número de hojas
Altura	*vs*	Biomasa
Diámetro	*vs*	Número de hojas
Diámetro	*vs*	Biomasa
Número de hojas	*vs*	Biomasa

Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

Para comprender el grado de correlación, se utilizaron los rangos propuestos por Ortiz (1982) que se muestran en la tabla 10.

Tabla 10.- Rangos de clasificación de correlación.

CLASIFICACIÓN	RANGO
Débil	≤ 0.100
Moderada	0.101 - 0.300
Moderadamente fuerte	0.301 - 0.500
Fuerte	0.501 - 0.700
Muy fuerte	≥ 701

Fuente: Elaboración propia del autor. Modificado de Ortiz, 1982.

CAPITULO IV

IV RESULTADOS

4.1. Nivel de prendimiento

El nivel de prendimiento para cada especie plantada en su respectiva parcela, se muestran en la siguiente tabla 11, en los cuales se observa que tanto *O. quixos* y *M. balsamum* en la parcela alta mantiene casi un mismo nivel de prendimiento de 64.29% y 64.10% respectivamente, no siendo el caso en la parcela baja dónde *O. quixos* tuvo un nivel más bajo de prendimiento de 47.62% ante un 74.36% de *M. balsamum*.

Tabla 11.- Porcentaje de prendimiento en parcela alta y baja.
E.P.P= Especies plantadas por parcela (Alta y Baja); An-PA = Plantas Analizadas en parcela alta; An-PB= Plantas Analizadas en parcela baja; Ds-PA= Plantas descartadas en parcela alta; Ds-PB= Plantas descartadas en parcela baja; Pr-PA=Porcentaje de prendimiento en parcela alta; Pr-PB=Porcentaje de prendimiento en parcela baja.

Especies	E.P.P (A y B)	An-PA	An-PB	Ds-PA	Ds-PB	Pr. PA (%)	Pr. PB (%)
Ocotea quixos	42	27	20	15	22	64.29	47.62
Myroxylon balsamun	39	25	29	14	10	64.10	74.36

Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

4.2. Crecimiento en altura y diámetro

Los valores de la media en cuanto al incremento periódico de altura y diámetro en días después del trasplante (ddt) se presenta en las tablas 12 y 13. En el caso de la parcela alta la media de incremento de altura mayor lo obtuvo T3 con 86.63cm; de igual manera fue T3 quien presento valores más elevados con 1.23cm de diámetro.

Refiriéndonos a la parcela baja al final de las mediciones el tratamiento con mayor altura fue T2 con 72.09cm; mientras que para la variable diámetro T3 fue quien sobresalió con 1.04cm.

Tabla 12.- Incremento de altura. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*

ALTURA								
PERIODO	PARCELA ALTA				PARCELA BAJA			
(ddt)	T1	T2	T3	EE (±) Sign	T1	T2	T3	EE (±) Sign
66	52.13	34.38	44.94	12.36	46.51	47.97	46.39	4.11
66-94	52.73	34.56	46.21	11.86	48.98	48.41	50.92	5.09
94-131	52.78	40.13	48.89	11.35	50.88	51.55	53.37	4.29
131-164	64.91	51.24	53.24	14.48	53.66	53.45	58.6	4.53
164-276	78.62	53.89	63.32	10.17	55.67	60.16	63.29	6.43
276-343	78.74	57.3	78.48	13.79	58.69	67.3	65.56	6.72
343-401	81.51	64.9	86.63	14.88	59.78	72.09	69.14	8.52

Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

Tabla 13.- Incremento de diámetro. T1 = Puro *O. quixos.* T2 = Puro *M. Balsamum.* T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*

DIAMETRO								
PERIODO	PARCELA ALTA				PARCELA BAJA			
(ddt)	T1	T2	T3	EE (±) Sign	T1	T2	T3	EE (±) Sign
66	0.7	0.3	0.59	0.13	0.63	0.62	0.59	0.13
66-94	0.71	0.45	0.6	0.15	0.73	0.66	0.68	0.24
94-131	0.71	0.47	0.64	0.16	0.75	0.71	0.77	0.10
131-164	0.78	0.52	0.65	0.17	0.78	0.72	0.79	0.07
164-276	0.83	0.76	0.84	0.18	0.81	0.83	0.96	0.08
276-343	1.09	0.79	1.02	0.22	0.82	0.84	0.98	0.11
343-401	1.12	0.83	1.23	0.36	0.86	1.01	1.04	0.14

Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

4.3. Análisis estadístico

Se efectúa el ANAVA de los tratamientos (T1, T2 y T3) para cada una de las variables estudiadas (altura, diámetro, número de hojas y biomasa aérea adyacente) en las distintas edades (E1, E2,…E7), y se realiza un reporte de los resultados para cada suelo (parcela alta y parcela baja).

4.3.1. Análisis estadístico de altura

En la tabla 14 se identifica que estadísticamente no existen diferencias significativas, sin embargo los valores naturales si muestran que el crecimiento

es paulatino en todos los tratamientos tanto en parcela alta como en baja, es decir estadísticamente el comportamiento no ha variado.

Tabla 14.- ANAVA de altura en parcela alta y baja. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*
Letras distintas denotan diferencia significativas al 5%; N.S. No significativo; E = Edades.

ALTURA														
EDAD	PARCELA ALTA							PARCELA BAJA						
	T1		T2		T3		EE (±) Sign	T1		T2		T3		EE (±) Sign
E1	52.13	NS	34.38	NS	44.94	NS	12.36	46.51	NS	47.97	NS	46.39	NS	4.11
E2	52.73	NS	34.56	NS	46.21	NS	11.86	48.98	NS	48.41	NS	50.92	NS	5.09
E3	52.78	NS	40.13	NS	48.89	NS	11.35	50.88	NS	51.55	NS	53.37	NS	4.29
E4	64.91	NS	51.24	NS	53.24	NS	14.48	53.66	NS	53.45	NS	58.6	NS	4.53
E5	78.62	NS	53.89	NS	63.32	NS	10.17	55.67	NS	60.16	NS	63.29	NS	6.43
E6	78.74	NS	57.3	NS	78.48	NS	13.79	58.69	NS	67.3	NS	65.56	NS	6.72
E7	81.51	NS	64.9	NS	86.63	NS	14.88	59.78	NS	72.09	NS	69.14	NS	8.52

Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

4.3.2. Análisis estadístico de diámetro

Al igual que en la altura, los resultados del ANAVA de diámetro (Tabla 15), no tienen variación estadística significativa en ninguna de las parcelas, aunque los valores naturales si demuestran un incremento en todas las edades.

Tabla 15.- ANAVA de diámetro en parcela alta y baja. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*
Letras distintas denotan diferencia significativas al 5%; N.S. No significativo; E = Edades.

DIAMETRO														
EDAD	PARCELA ALTA							PARCELA BAJA						
	T1		T2		T3		EE (±) Sign	T1		T2		T3		EE (±) Sign
E1	0.7	NS	0.3	NS	0.59	NS	0.13	0.63	NS	0.62	NS	0.59	NS	0.13
E2	0.71	NS	0.45	NS	0.6	NS	0.15	0.73	NS	0.66	NS	0.68	NS	0.24
E3	0.71	NS	0.47	NS	0.64	NS	0.16	0.75	NS	0.71	NS	0.77	NS	0.10
E4	0.78	NS	0.52	NS	0.65	NS	0.17	0.78	NS	0.72	NS	0.79	NS	0.07
E5	0.83	NS	0.76	NS	0.84	NS	0.18	0.81	NS	0.83	NS	0.96	NS	0.08
E6	1.09	NS	0.79	NS	1.02	NS	0.22	0.82	NS	0.84	NS	0.98	NS	0.11
E7	1.12	NS	0.83	NS	1.23	NS	0.36	0.86	NS	1.01	NS	1.04	NS	0.14

Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

4.3.3. Análisis estadístico del número de hojas

Los resultados de la tabla 16, nos indican que existe variabilidad entre los tratamientos de la parcela alta T1 y T2 en la primera edad (E1), pero son similares entre T2 y T3, a partir de E2 no se marca ninguna variación estadística significativa. El caso en la parcela baja es diferente, pues en ésta no se evidencia diferencias significativas en ninguna de las edades.

Tabla 16.- ANAVA de número de hojas en parcela alta y baja. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum*.
Letras distintas denotan diferencia significativas al 5%; N.S. No significativo; E = Edades.

NUMERO DE HOJAS														
EDAD	PARCELA ALTA							PARCELA BAJA						
	T1		T2		T3		EE (±) Sign	T1		T2		T3		EE (±) Sign
E1	23.22	a	5.83	b	10.27	b	1.98	8.57	NS	5.94	NS	7.13	NS	1.43
E2	18.96	NS	5.41	NS	11.05	NS	2.3	11.71	NS	7.75	NS	8.71	NS	5.7
E3	24.94	NS	7.55	NS	15.20	NS	4.48	13.03	NS	9.04	NS	17.55	NS	5.05
E4	25.22	NS	13.68	NS	17.02	NS	8.39	18.82	NS	10.16	NS	18.45	NS	3.16
E5	25.87	NS	25.54	NS	21.87	NS	19.3	24.3	NS	14.03	NS	26.21	NS	8.25
E6	44.02	NS	14.37	NS	35.85	NS	12.48	26.17	NS	16.16	NS	32.3	NS	10.4
E7	55.02	NS	15.41	NS	40.59	NS	17.39	24.69	NS	19.18	NS	30.35	NS	11.34

Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

4.3.4. Análisis estadístico de biomasa aérea circundante al ensayo

Como se observa en los resultados de la tabla 17, el comportamiento estadístico de los tratamientos con respecto a la variable de biomasa, es no significativa para las dos parcelas en todas las edades. Es decir no representa cambios que sean representativos.

Tabla 17.- ANAVA de biomasa aérea circundante al ensayo en parcela alta y baja. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*
Letras distintas denotan diferencia significativas al 5%; N.S. No significativo; E = Edades.

BIOMASA														
EDAD	PARCELA ALTA							PARCELA BAJA						
	T1		T2		T3		EE (±) Sign	T1		T2		T3		EE (±) Sign
E1	459.42	NS	489.79	NS	423.3	NS	95.31	160.02	NS	64.14	NS	87.18	NS	21.28
E2	837.24	NS	762.98	NS	886.51	NS	175.68	460.23	NS	312.79	NS	538.13	NS	138.10
E3	742.57	NS	839.89	NS	677.22	NS	278.94	505.25	NS	451.33	NS	511.77	NS	33.61
E4	842.09	NS	1159.09	NS	1077.39	NS	298.56	449.62	NS	464.37	NS	638.37	NS	66.23
E5	1016.38	NS	1093.14	NS	1156.36	NS	296.66	510.7	NS	595.93	NS	639.63	NS	103.22
E6	867.53	NS	606.01	NS	568.78	NS	140.09	579.39	NS	998.96	NS	1160.23	NS	277.74
E7	517.49	NS	510.33	NS	286.18	NS	163.86	422.48	NS	439.4	NS	388.63	NS	88.35

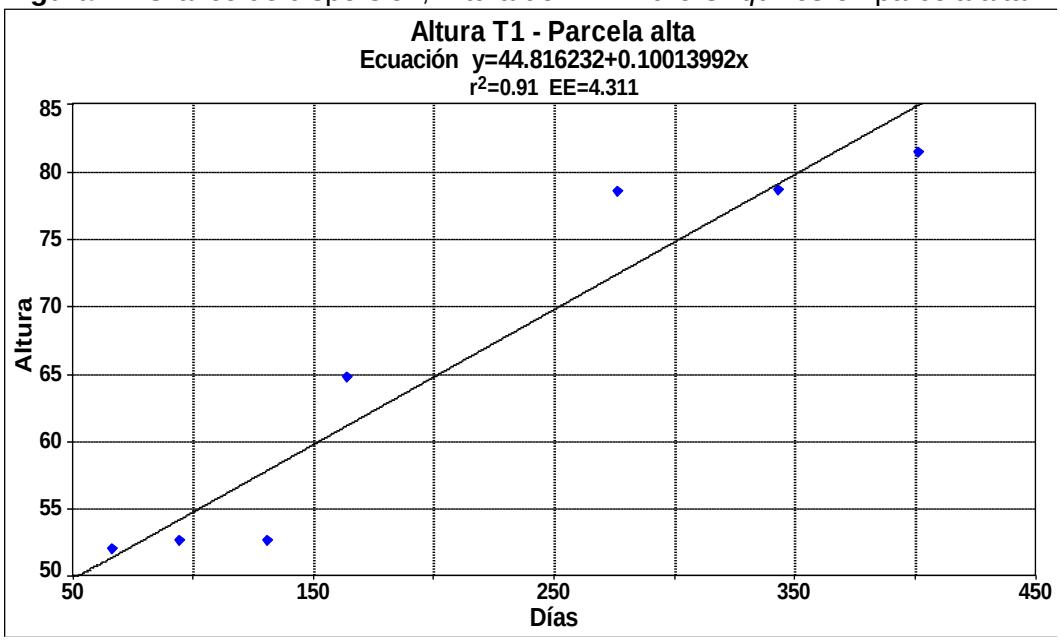
Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

4.4. Análisis del crecimiento de altura y diámetro en los diferentes tratamientos

4.4.1. Altura en parcela alta

T1 nos muestra un crecimiento paulatino en los primeros 131 días, a partir de allí su incremento despega alcanzando 65cm el día 164, desde donde parte una nueva etapa de crecimiento no muy acelerado hasta los 276 días y manteniendo una condición menos apresurada hasta el final del periodo de experimentación (Figura 7). La curva de crecimiento que mejor se ajustó es de tipo lineal con un 91% de similitud con respecto a la tendencia de crecimiento natiral.

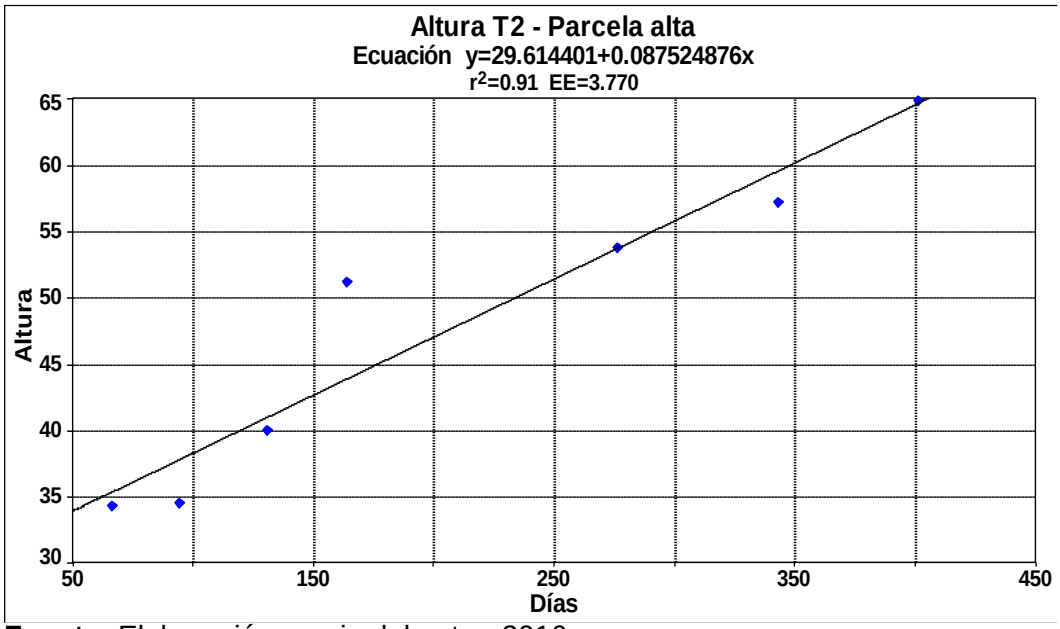
Figura 7.- Gráfico de dispersión, Altura de T1 = Puro *O. quixos* en parcela alta.



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

Mientras tanto como se muestra en la figura 8, T2 inicia un crecimiento lento, que luego a partir del día 94 se eleva alcanzando unos 53cm en el día 164, desde donde se mantiene casi estable hasta los 276 días y posteriormente va creciendo de nuevo a un margen elevado. La curva que mejores resultados fue de tipo lineal con un 91% de similitud.

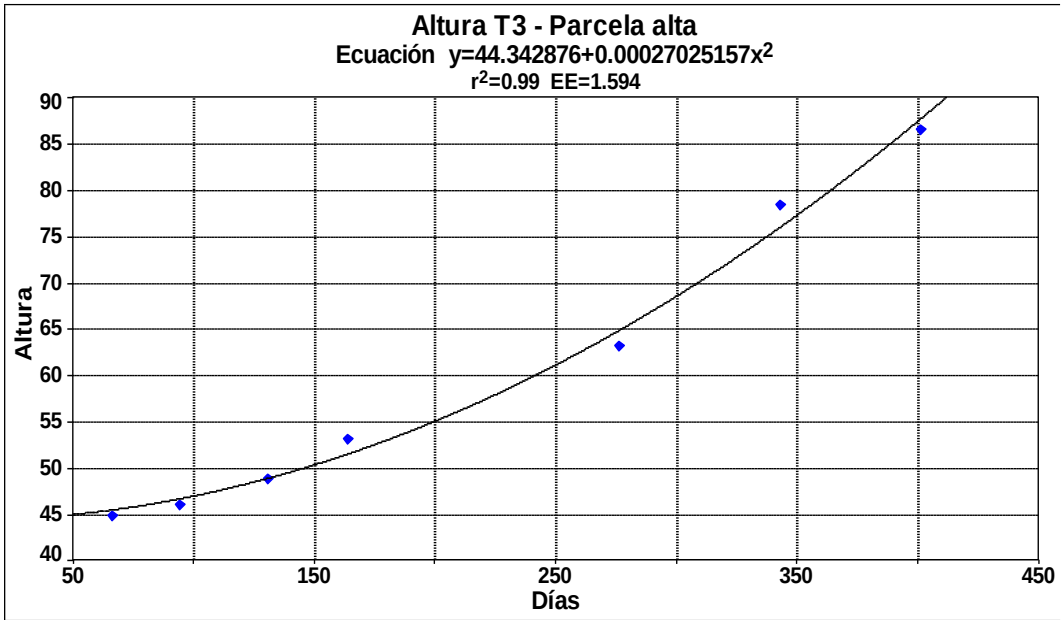
Figura 8.- Gráfico de dispersión, Altura de T2 = Puro *M. balsamum* en parcela alta.



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

En T3 se observa una concordancia casi perfecta con la curva (Figura 9), se asemeja mucho al crecimiento natural de una planta en la fase inicial o juvenil, y los valores de r^2 lo demuestras con el 99% de similitud.

Figura 9.- Gráfico de dispersión, Altura de T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum* en parcela alta.

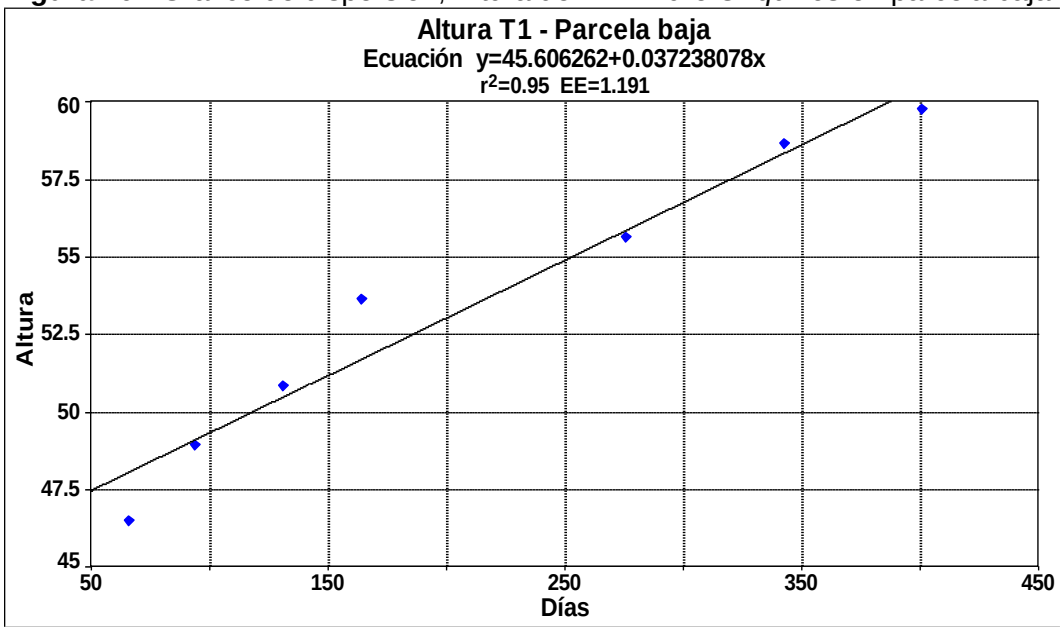


Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

4.4.2. Altura en parcela baja

El crecimiento continuo en T1 se denota hasta los 164 días, luego éste disminuye hasta el día 276, para nuevamente continuar con un incremento más agudo hasta los 401 días mostrando un ligero quiebre al día 343 (Figura 10). Su curva de crecimiento es lineal con un 95% de similitud.

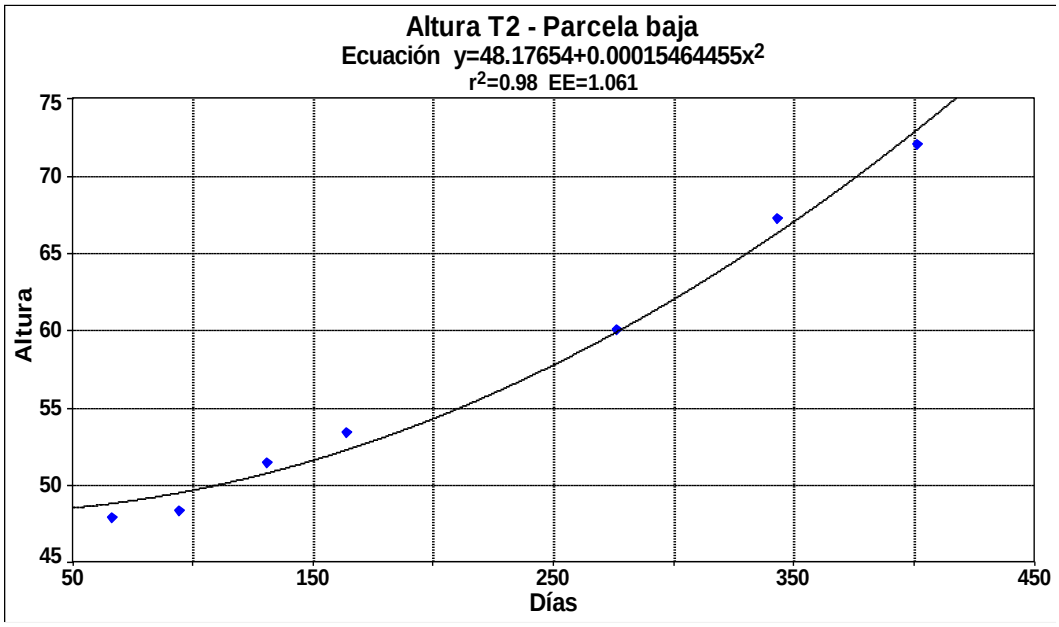
Figura 10.- Gráfico de dispersión, Altura de T1 = Puro *O. quixos* en parcela baja.



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

No es el caso de T2, que su crecimiento es muy semejante a la curva, con una similitud del 98% en todo el periodo de experimentación y un error estándar mínimo de 1,06 (Figura 11).

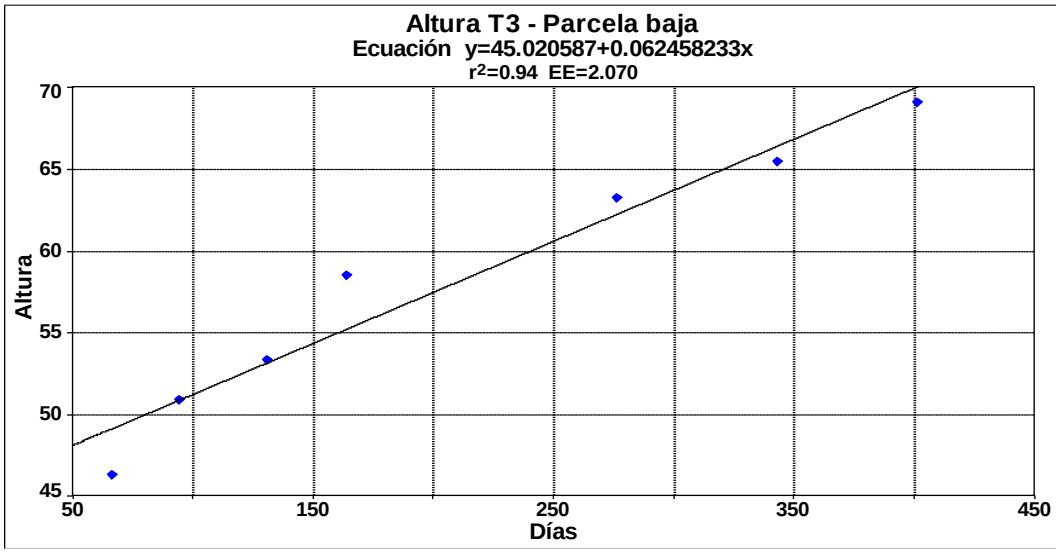
Figura 11.- Gráfico de dispersión, Altura de T2 = Puro *M. balsamum* en parcela baja.



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

Según la Figura 12, el crecimiento en T3 mantiene una elevación casi constante hasta el día 164 alcanzando unos 57cm y mostrando incrementos no tan profundos en los días 94 y 131, a partir de allí se traza un incremento continuo pasando por el día 276 hasta alcanzar unos 68cm el día 343 y continuar de la misma forma hasta el día 401 y sumar 68cm finalmente. La curva de crecimiento es de tipo lineal con un 64% de similitud.

Figura 12.- Gráfico de dispersión, Altura de T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum* en parcela baja.

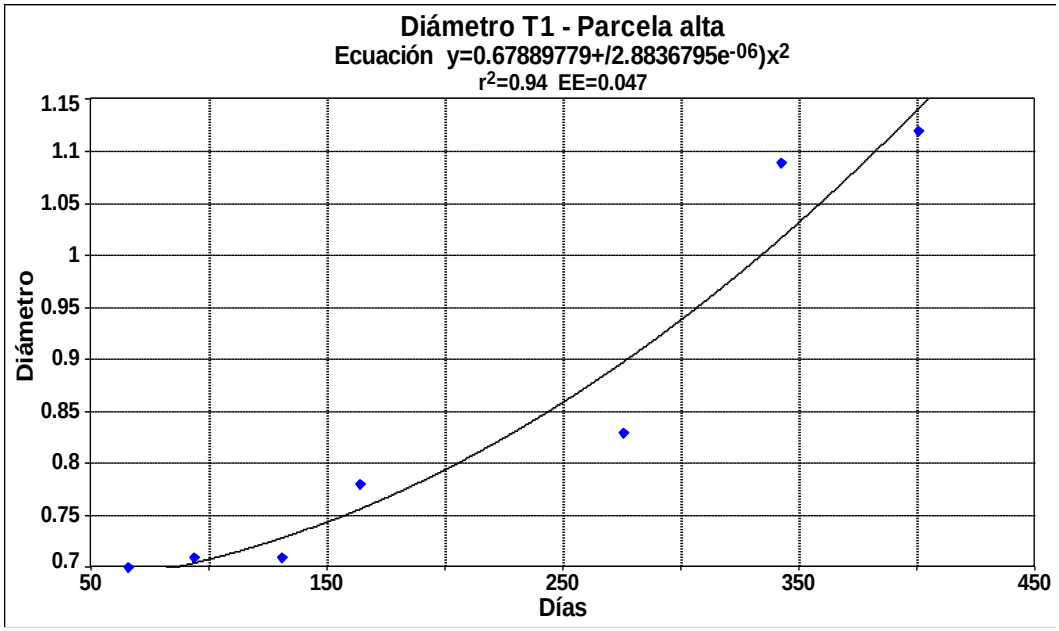


Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

4.4.3. Diámetro en parcela alta

En la figura 13 se observa que en T1 en los primeros días el diámetro se incrementa casi llevando la continuidad de la curva, sin embargo a partir del día 164 estos comienzan a bifurcarse con un crecimiento más lento, para súbitamente desde el día 276 alcanzar 1,07cm de diámetro el día 343 y disminuir su desarrollo posteriormente. Así mismo su curva de crecimiento es exponencial con un 94% de similitud.

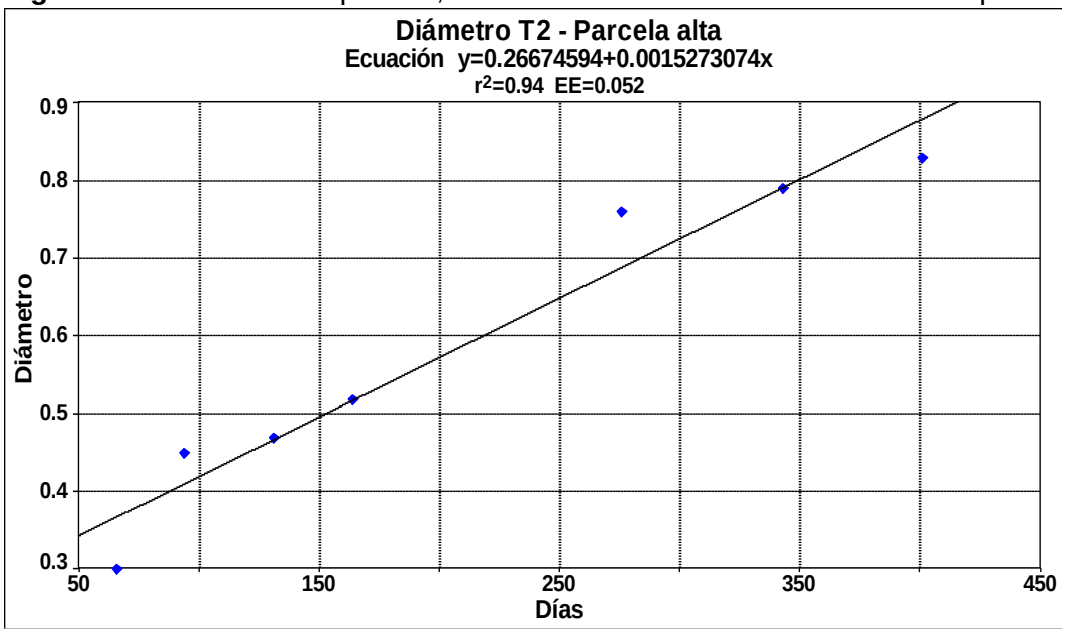
Figura 13.- Gráfico de dispersión, Diámetro de T1 = Puro *O. quixos* en parcela alta.



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

La figura 14 nos indica que el diámetro en T2, se incrementó súbitamente entre los 66 y 94 días de 0.3 a 0.45cm y luego disminuyo un poco su incremento hasta el día 164 desde donde su desarrollo se extendió más agudamente hasta el día 276 con un diámetro en promedio de 0.75cm para luego mantener un desarrollo menos acelerado.

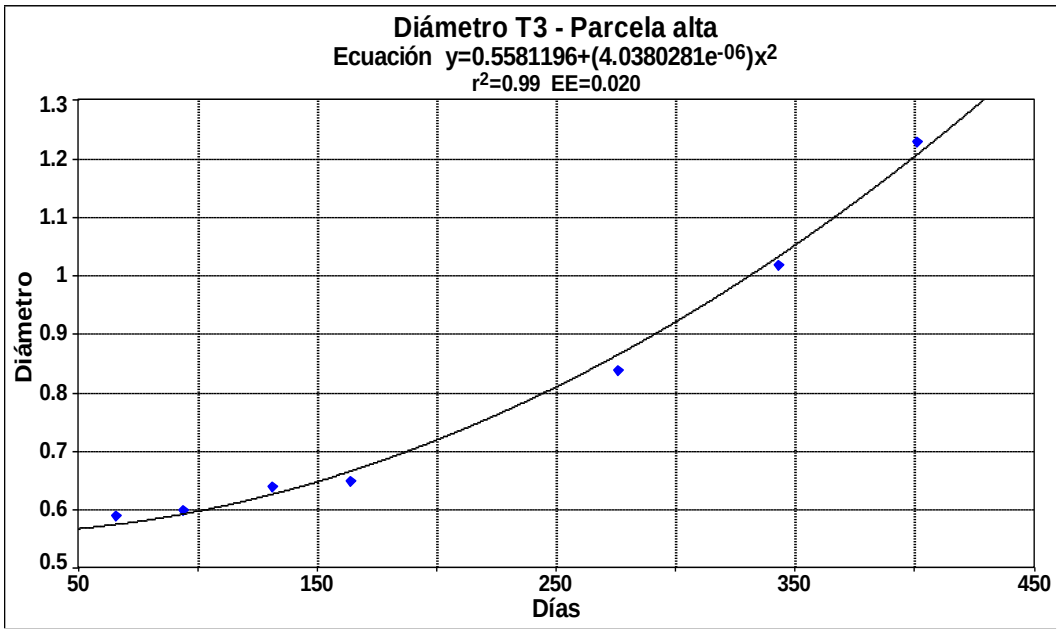
Figura 14.- Gráfico de dispersión, Diámetro de T2 = Puro *M. balsamum* en parcela alta.



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

T3 en la figura 15, nos muestra un crecimiento casi perfecto de cómo lo realiza la planta en su fase inicial, la curva y la similitud con los datos es a un nivel del 99% con un error casi imperceptible de sólo 0.02.

Figura 15.- Gráfico de dispersión, Diámetro de T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum* en parcela alta.

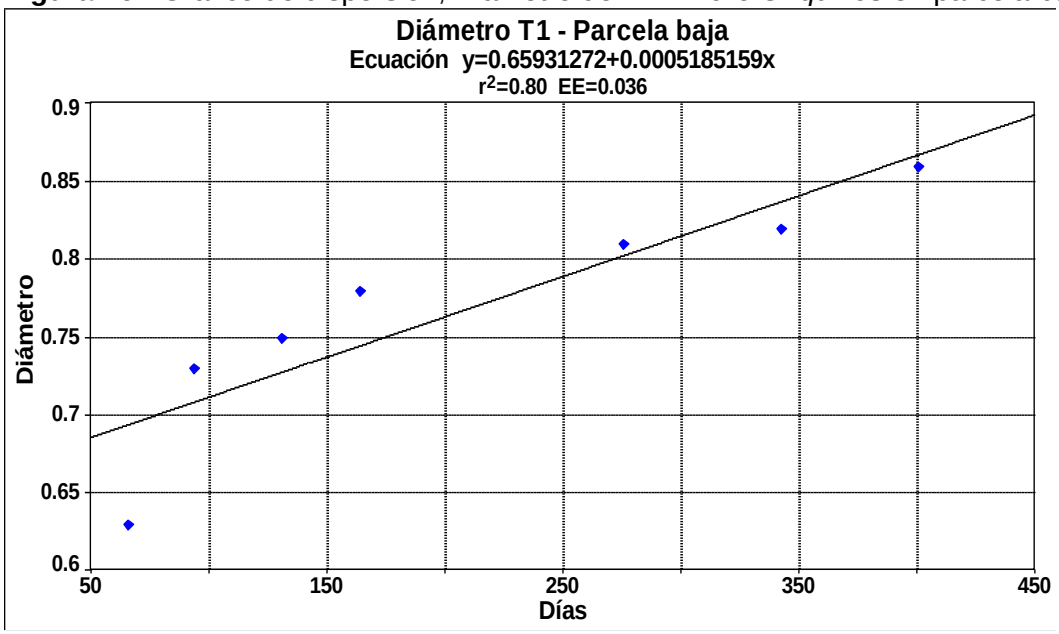


Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

4.4.4. Diámetro en parcela baja

La figura 16 nos muestra un crecimiento rápido entre los 66 y 94 días con variaciones de incremento no tan fuertes en las siguientes edades, la característica de su curva de crecimiento es lineal con un 80% de similitud, cabe recalcar que es el tratamiento con menor porcentaje de similitud en su curva.

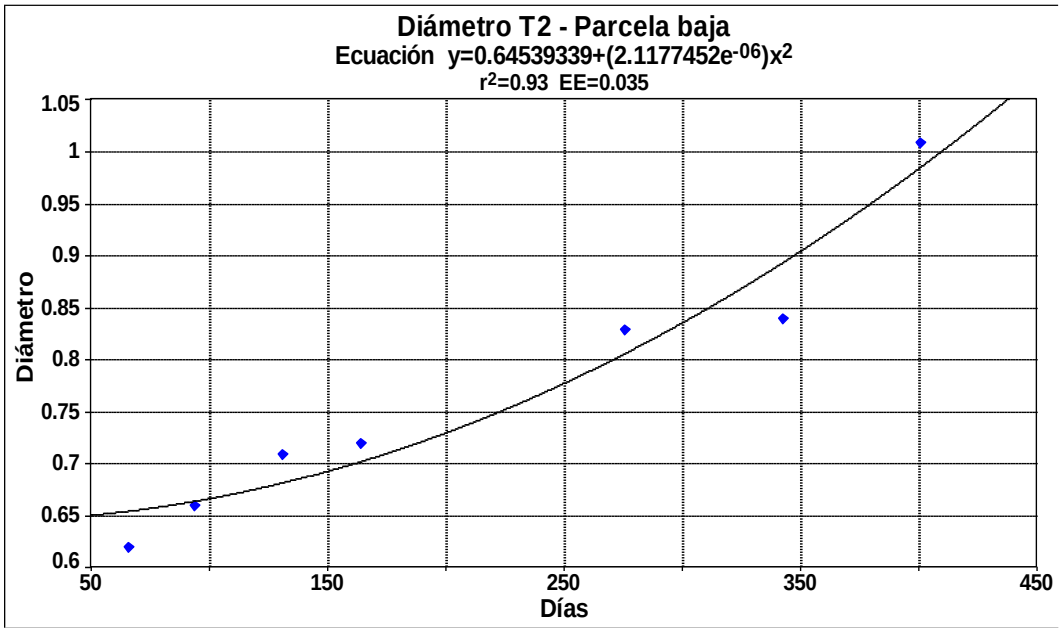
Figura 16.- Gráfico de dispersión, Diámetro de T1 = Puro *O. quixos* en parcela baja.



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

Los incrementos en T2 (Figura 17) mantienen ligeros quiebres de ascenso, solo a partir del día 343 se denota un súbito crecimiento hasta el final del periodo de experimentación.

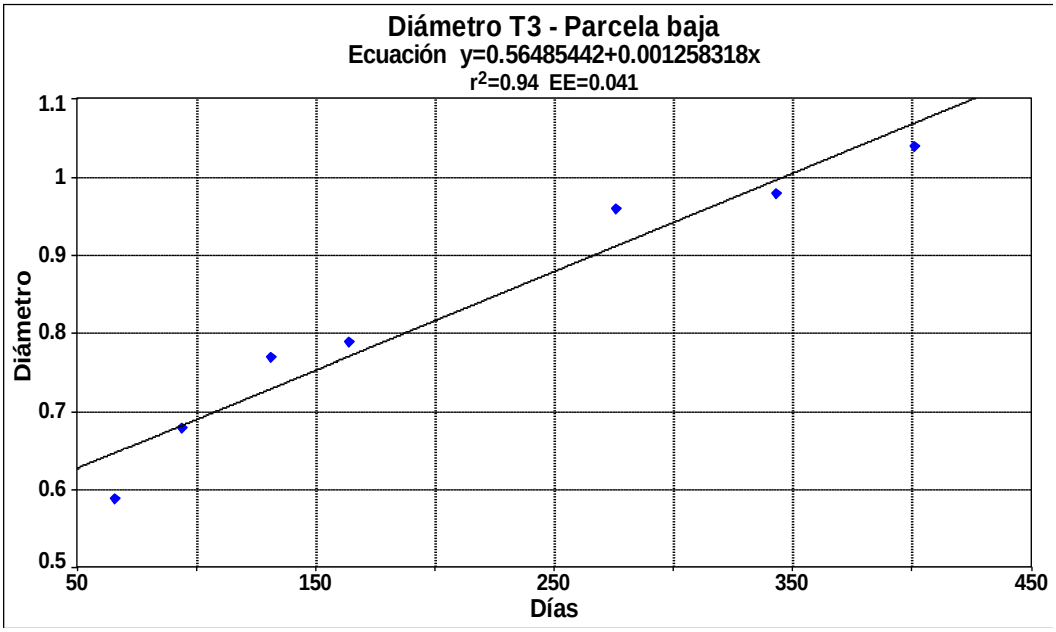
Figura 17.- Gráfico de dispersión, Diámetro de T2 = Puro *M. balsamum* en parcela baja.



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

Los incrementos se mantienen a un ritmo casi contante en T3 (Figura 18), solo con ligeras disminuciones entre los días 131-164 y 276-343. Su curva de crecimiento es lineal con un 94% e similitud.

Figura 18.- Gráfico de dispersión, Diámetro de T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum* en parcela baja.



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

4.5. Relación de variables

Las correlaciones realizadas entre las diferentes variables estudiadas se muestran en la tabla 18 y19 para parcela alta y baja respectivamente.

Tabla 18.- Matriz de correlación de variables parcela alta. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*
Dónde: AL= Altura; D= Diámetro; Nh= Número de hojas; B= Biomasa aérea circundante al ensayo; **. La correlación es significativa en el nivel 0, 01 (2 colas); *. La correlación es significativa en el nivel 0, 05 (2 colas).

VARIABLE	D-T1	D-T2	D-T3	Nh-T1	Nh-T2	Nh-T3	B-T1	B-T2	B-T3
AL-T1	0.870*			0.720			0.254		
AL-T2		0.875**			0.671			0.023	
AL-T3			0.991**			0.994**			-0.41
D-T1				0.929**			-0.060		
D-T2					0.774*			0.020	
D-T3						0.983**			-0.450
Nh-T1							-0.32		
Nh-T2								0.453	
Nh-T3									-0.42

Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

Tabla 19.- Matriz de correlación de variables parcela baja. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*

Dónde: AL= Altura; D= Diámetro; Nh= Número de hojas; B= Biomasa aérea circundante al ensayo; **. La correlación es significativa en el nivel 0, 01 (2 colas); *. La correlación es significativa en el nivel 0, 05 (2 colas).

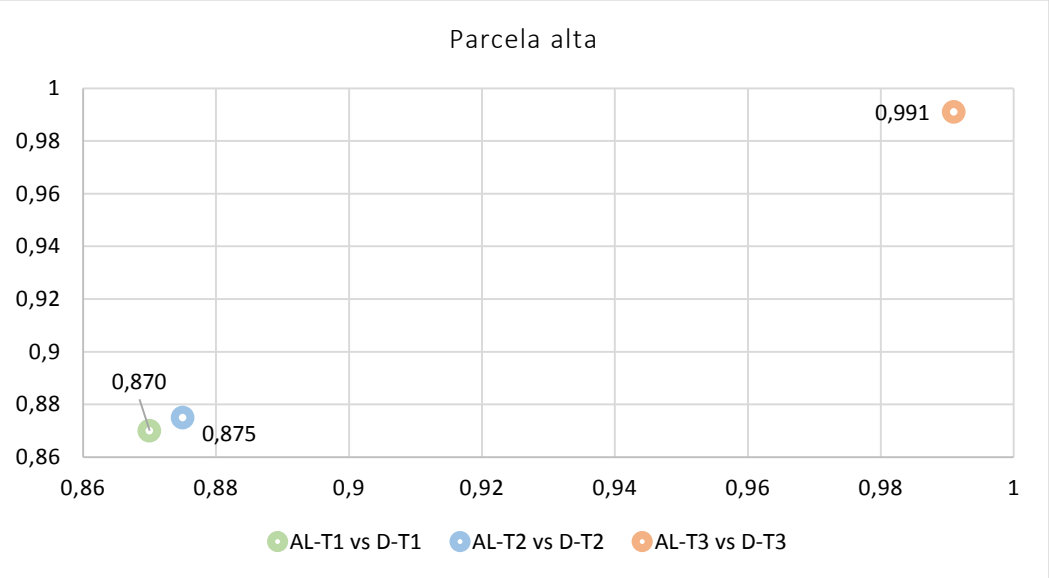
VARIABLE	D-T1	D-T2	D-T3	Nh-T1	Nh-T2	Nh-T3	B-T1	B-T2	B-T3
AL-T1	0.951**			0.971**			0.618		
AL-T2		0.965**			0.990**			0.648	
AL-T3			0.986**			0.964**			0.554
D-T1				0.916**			0.751		
D-T2					0.980**			0.513	
D-T3						0.977**			0.556
Nh-T1							0.639		
Nh-T2								0.660	
Nh-T3									0.641

Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

4.5.1. Relación altura vs diámetro en parcela alta y baja

La figura 19 nos muestra que las relaciones existentes entre altura y diámetro de parcela alta son del tipo muy fuerte y positiva en todos los tratamientos, pero T3 es quien destaca con un índice de 0.991.

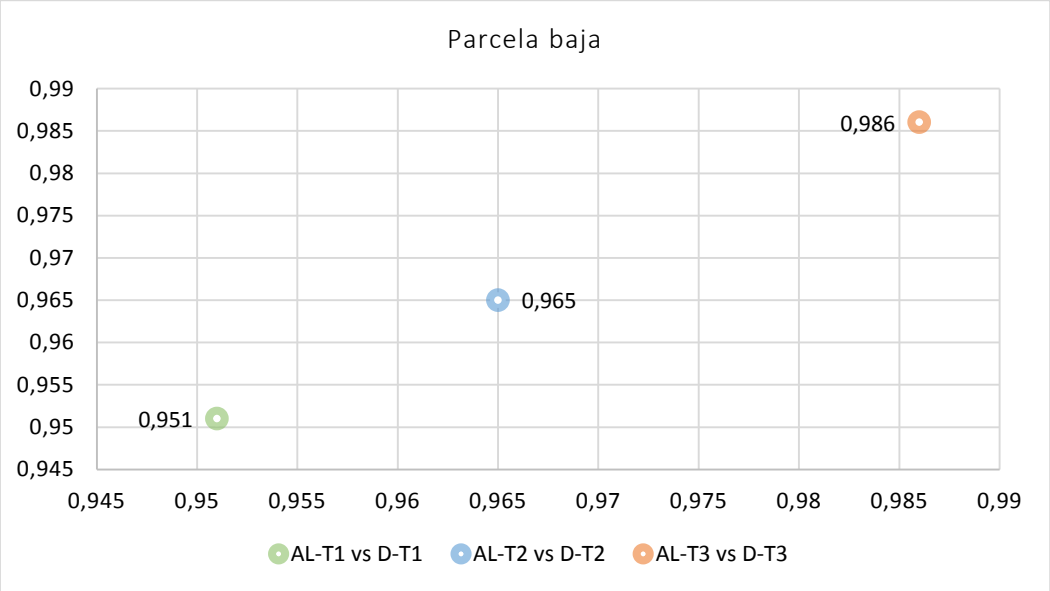
Figura 19.- Correlación Altura vs Diámetro parcela alta. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

Como se muestra en la figura 20, el nivel de correlación es muy fuerte positivo del tipo casi perfecto, T3 es quien tiene el índice más elevado con 0.986.

Figura 20.- Correlación Altura vs Diámetro parcela baja. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*

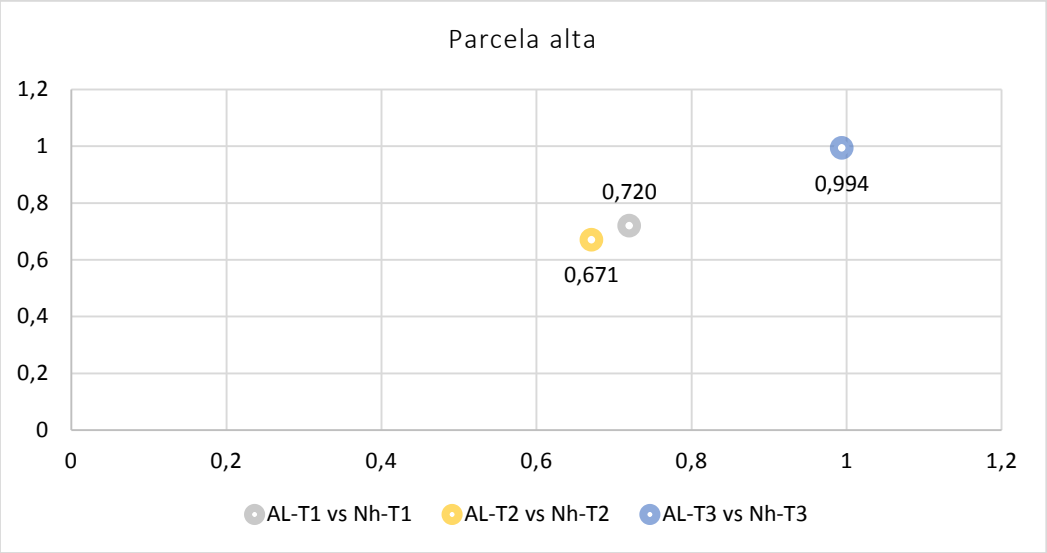


Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

4.5.2. Relación altura vs número de hojas

En la figura 21 se muestra que T1 y T2 mantiene una correlación fuerte positiva entre altura y número de hojas, no siendo el caso para T3 quien tiene una correlación muy fuerte con un índice de 0.994 y sobresaliendo de entre los demás.

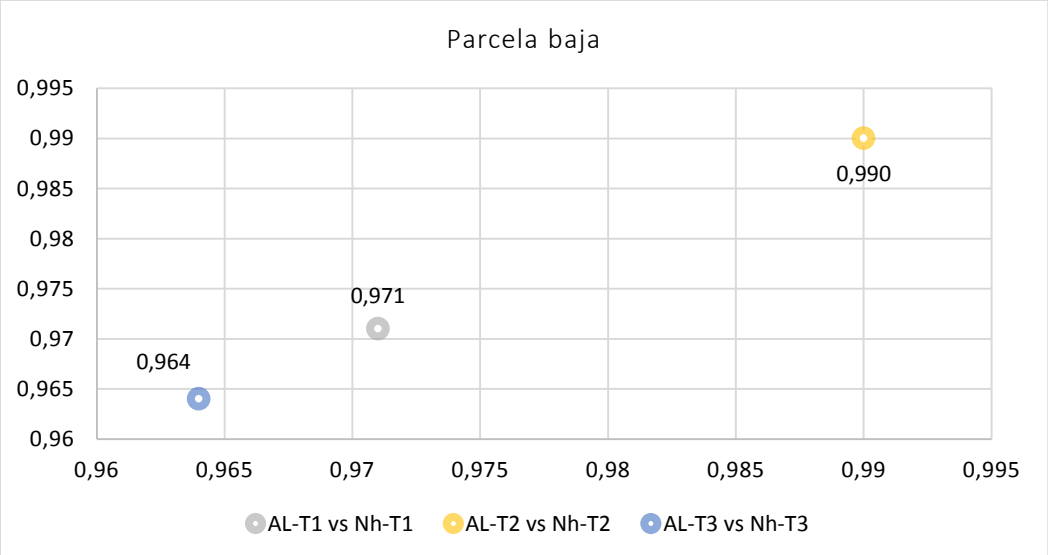
Figura 21.- Correlación Altura vs Número de hojas en parcela alta. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

En parcela baja la situación es distinta, todas las correlaciones son muy fuertes, y positivas siendo T2 quien se destaca con un índice de 0.990.

Figura 22.- Correlación Altura vs Número de hojas en parcela baja. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*

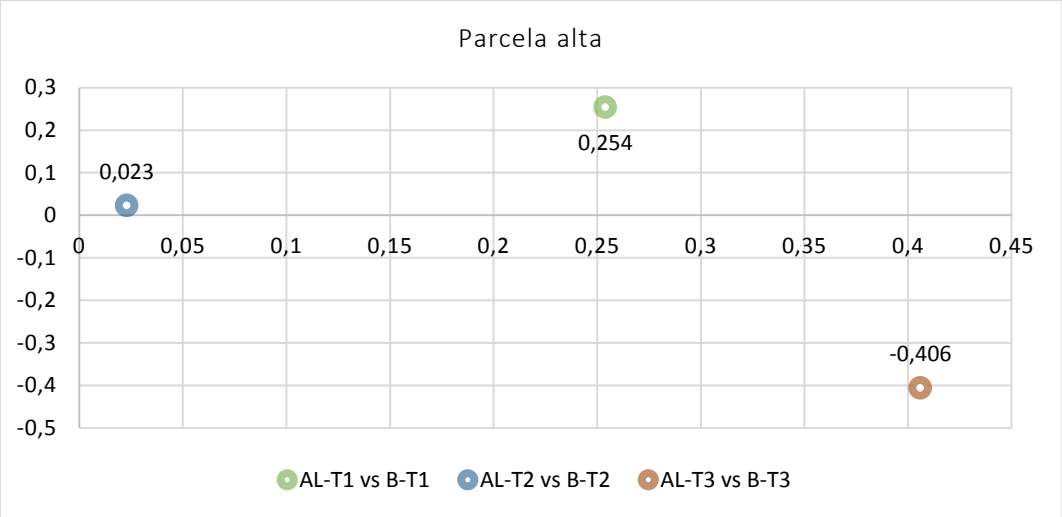


Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

4.5.3. Relación altura vs biomasa

La correlación existente entre altura y biomasa se moderada positiva para T1 y T2 y moderadamente fuerte negativa para T3 (Figura 23).

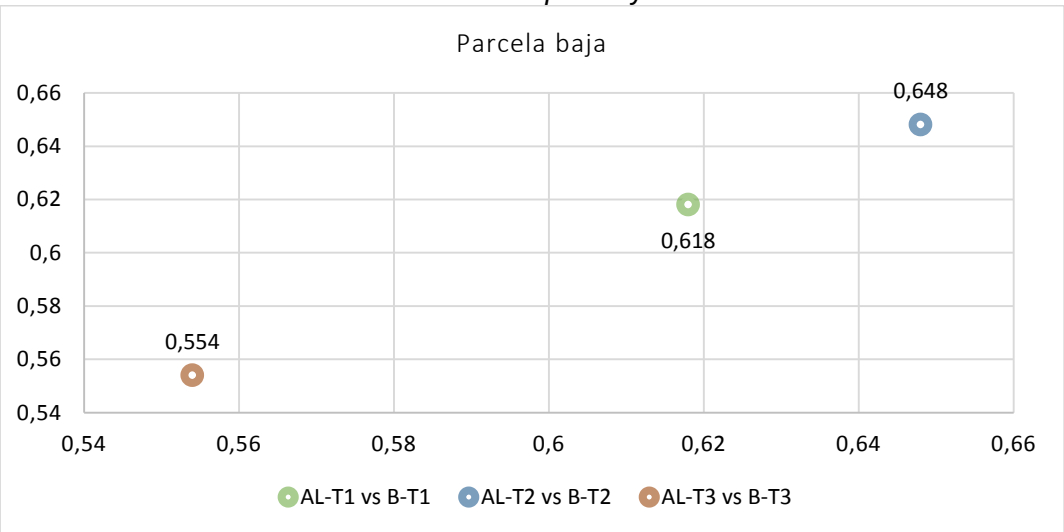
Figura 23.- Correlación Altura vs Biomasa en parcela alta. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

Sin embargo en parcela baja (Figura 24), las correlaciones son fuertes positivas en todos los tratamientos, destacándose T2 con un índice de 0.648.

Figura 24.- Correlación Altura vs Biomasa en parcela baja. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*

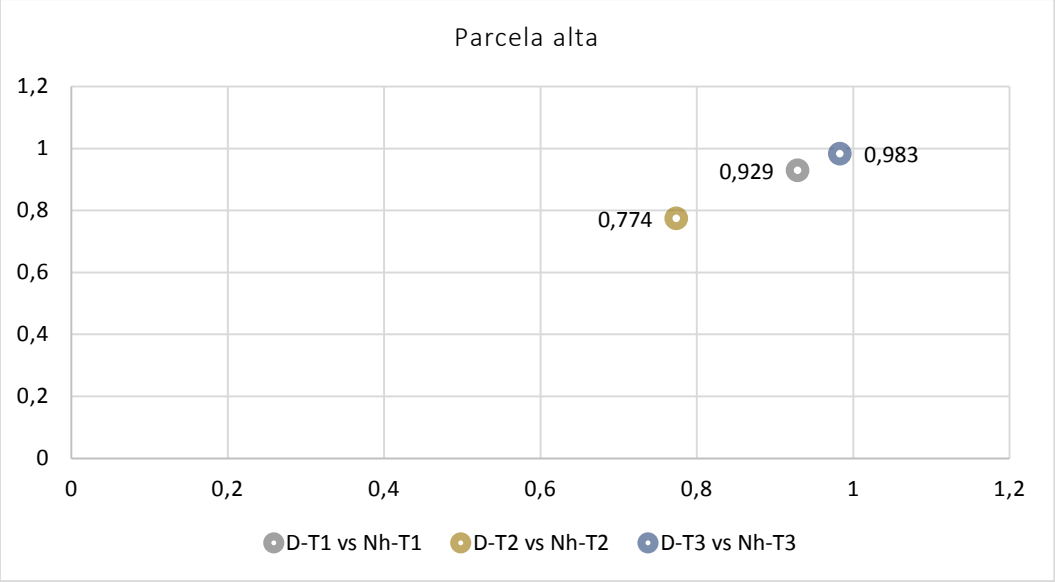


Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

4.5.4. Relación diámetro vs número de hojas

Los resultados mostrados en la figura 25, nos muestran que todos los tratamientos mantienen una correlación muy fuerte positiva y solo T3 sostiene un índice elevado sobre los demás con 0.983.

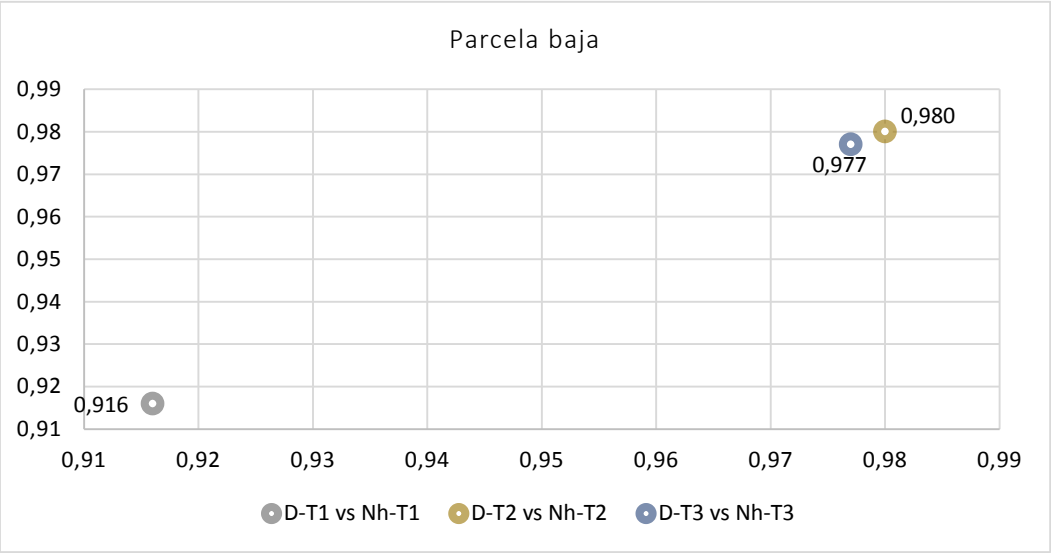
Figura 25.- Correlación Diámetro vs Número de hojas en parcela alta. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

De igual manera se aprecia en parcela baja (Figura 26), la correlación es muy fuerte y positiva en todos los tratamientos, destacándose T2 con un índice de 0.980.

Figura 26.- Correlación Diámetro vs Número de hojas en parcela baja. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*

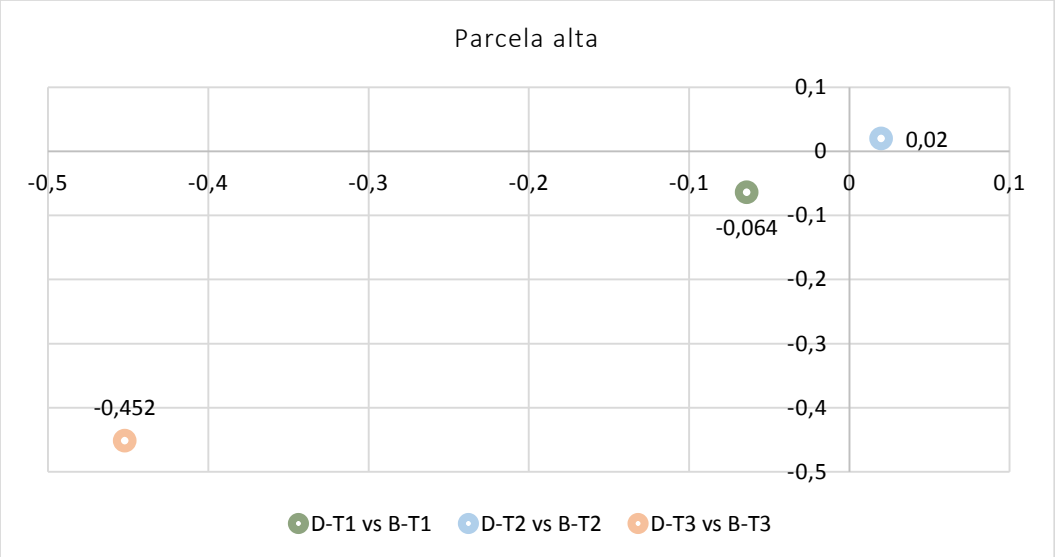


Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

4.5.5. Relación diámetro vs biomasa

En parcela alta de la figura 27, se observa una correlación modera positiva directa en T2 y moderadamente fuerte negativa e inversa enT3, mientras existe una débil y casi nula en T1 quien prácticamente no tiene relación alguna.

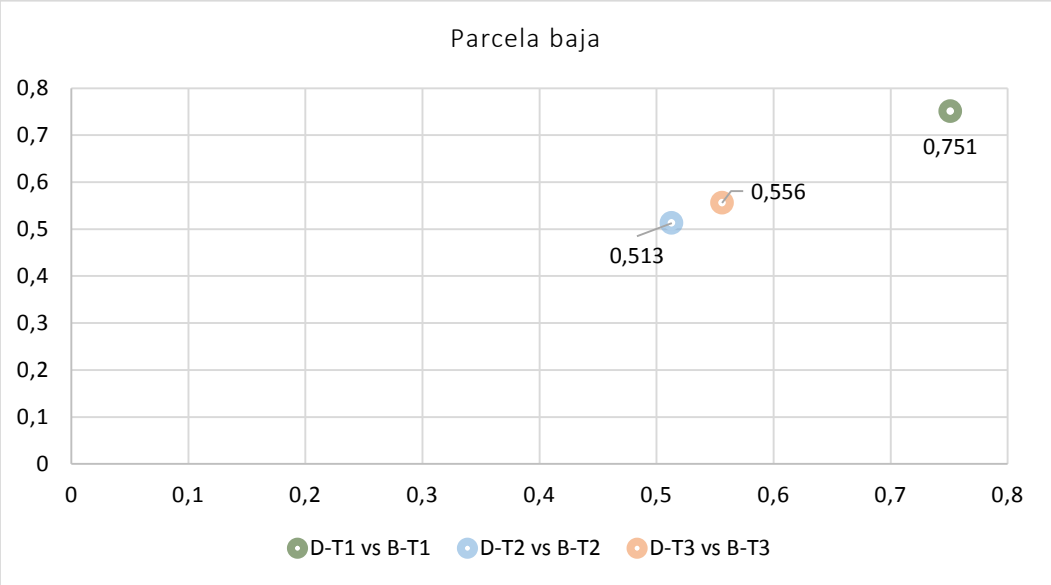
Figura 27.- Correlación Diámetro vs Biomasa en parcela alta. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

La situación es muy diferente en parcela baja (Figura 28), en donde todos los tratamientos muestran una correlación positiva de un nivel fuerte para T2 y T3, mientras que es muy fuerte para T1 con un índice de 0.751.

Figura 28.- Correlación Diámetro vs Biomasa en parcela baja. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*

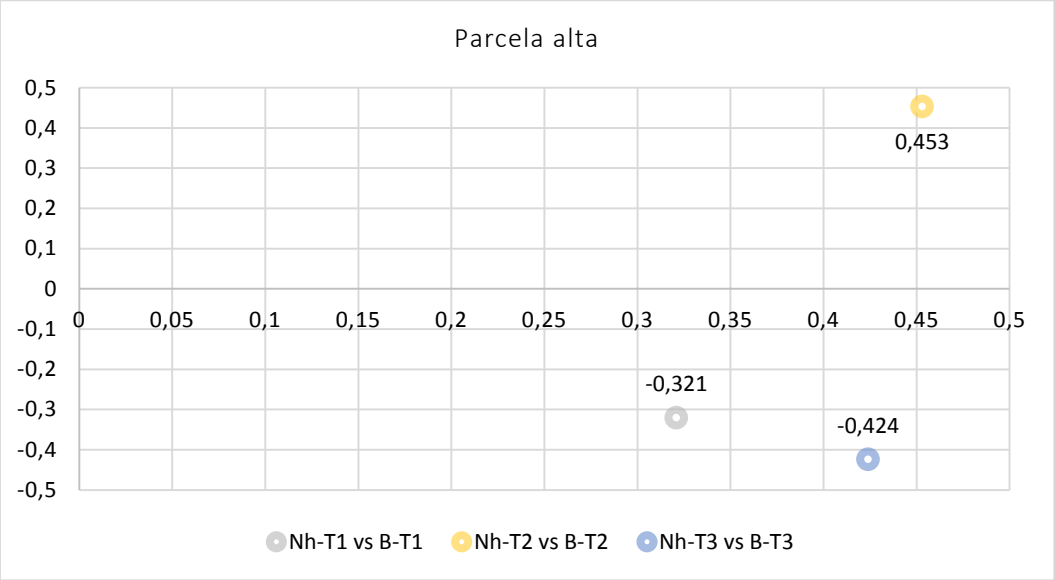


Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

4.5.6. Relación número de hojas vs biomasa

Se observa que en la figura 29 que la correlación es inversa en un nivel de moderadamente fuerte para T1 y T3, no siendo así para T2 en donde su relación es moderadamente fuerte pero directa con un índice de 0.453.

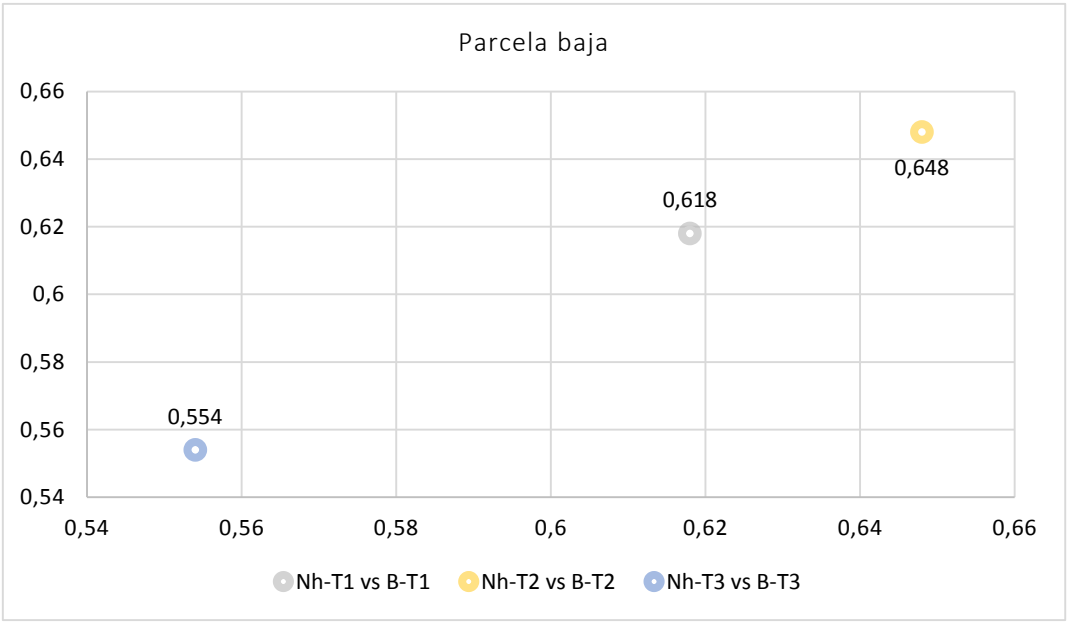
Figura 29.- Correlación Número de hojas vs Biomasa en parcela alta. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

El panorama en parcela baja (Figura 30), nos muestra que todos los tratamientos mantienen una correlación directa de un nivel fuerte, pero T2 es quien alcanza un índice mayor con 0.648.

Figura 30.- Correlación Número de hojas vs Biomasa en parcela baja. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

4.6. Carbono en biomasa aérea no arbórea circundante al ensayo

El stock de carbono presente en parcela alta obtenido de biomasa aérea no arbórea circundante al ensayo a diferentes edades en días después del trasplante (ddt) se muestra en la tabla 20, se puede observar un incremento ascensional hasta E5 con 9.798kg de carbono y a partir de allí empieza a decrecer; así también su correspondiente calculo en toneladas de carbón por hectárea ($tCHa^{-1}$).

Tabla 20.- Stock de carbono en cada tratamiento a diferentes edades en parcela alta. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*

TRATAMIENTO	EDAD						
	E1 = 66 días	E2 = 94 días	E3 = 131 días	E4 = 164 días	E5 = 276 días	E6 = 343 días	E7 = 401 días
T1	1.151	3.056	3.142	2.520	1.833	0.779	1.076
T2	1.680	2.154	1.917	3.628	4.489	2.617	1.273
T3	1.287	2.251	1.721	3.088	3.476	2.731	1.593
TOTAL (kg)	**4.118**	**7.460**	**6.779**	**9.236**	**9.798**	**6.127**	**3.942**
tC Ha^{-1}	**18.3**	**33.1**	**30.1**	**41.0**	**43.5**	**27.2**	**17.5**

Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

De igual manera en la tabla 21, se observa el stock de carbono presente en parcela baja, ocurriendo el mismo efecto que en parcela alta, su incremento va en ascenso, en este caso hasta E6 y luego inicia un decrecimiento hasta E7.

Tabla 21.- Stock de carbono en cada tratamiento a diferentes edades en parcela baja. T1 = Puro *O. quixos*. T2 = Puro *M. Balsamum*. T3 = Asocio 50% *O. quixos* y 50% *M. balsamum.*

TRATAMIENTO	EDAD						
	E1 = 66 días	E2 = 94 días	E3 = 131 días	E4 = 164 días	E5 = 276 días	E6 = 343 días	E7 = 401 días
T1	0.232	1.342	1.417	1.248	1.961	3.252	1.421
T2	0.294	1.024	1.536	1.856	1.777	1.814	1.287
T3	0.407	1.567	1.451	1.553	1.500	3.150	1.044
TOTAL (kg)	**0.934**	**3.933**	**4.405**	**4.657**	**5.239**	**8.216**	**3.752**
tC Ha^{-1}	**4.1**	**17.4**	**19.5**	**20.6**	**23.2**	**36.5**	**16.6**

Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

4.7 Carbono en biomasa aérea de las plantas del ensayo

En la tabla 22 y 23 de parcela alta y baja respectivamente, se puntualiza los resultados de la estimación de materia orgánica por el método de calcinación, así también el estimado de carbono presente en las muestras de plantas colectadas, producto de la multiplicación del valor de M.O por el valor padrón de 0.5 del IPCC; es decir cuánto carbono contendrían. Además, se ha realizado un cálculo detallado del contenido de carbono en tallo, hojas y valor total estimado de carbono capturado por especie y su ponderación del stock de carbono por hectárea a los 401 días luego del trasplante de especies.

Los valores más altos se observa en parcela alta en un promedio de 22.71 gC por parcela mientras en parcela baja es de 3.49gC

Tabla 22.- Carbono en biomasa aérea de las plantas del ensayo en parcela alta.

Muestra	Especie	Sección	P. Seco en estufa (g)	Carbono sección (%)	Cant. de carbono (g)	Prom. Carbono Hojas (g)	Prom. Carbono Tallo (g)	Total (g)	Prom. Carbono Total (g)	gCHa-1
PAB3T2/17	*M. balsamum*	Hojas	38,51	53,96	20,78	14,96		22,44	22,71	9083,73
PAB2T2/21	*M. balsamum*	Hojas	2,01	56,84	1,14					
PAB1T2/15	*M. balsamum*	Hojas	42,57	53,94	22,96					
PAB3T2/17	*M. balsamum*	Tallo	82,63	57,13	47,21		29,92			
PAB2T2/21	*M. balsamum*	Tallo	2,88	53,75	1,55					
PAB1T2/15	*M. balsamum*	Tallo	71,78	57,13	41,01					
PAB1T1/10	*O. quixos*	Hojas	85,28	55,10	46,99	22,22		22,98		
PAB3T1/12	*O. quixos*	Hojas	14,88	56,85	8,46					
PAB2T1/15	*O. quixos*	Hojas	19,92	56,26	11,21					
PAB1T1/10	*O. quixos*	Tallo	85,61	57,13	48,91		23,74			
PAB3T1/12	*O. quixos*	Tallo	15,17	57,13	8,67					
PAB2T1/15	*O. quixos*	Tallo	24,11	56,55	13,63					

Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

Tabla 23.- Carbono en biomasa aérea de las plantas del ensayo en parcela baja.

Muestra	Especie	Sección	P. Seco en estufa (g)	Carbono sección (%)	Cant. de carbono (g)	Prom. Carbono Hojas (g)	Prom. Carbono Tallo (g)	Total (g)	Prom. Carbono Total (g)	gCHa-1
PBB2T2/14	*M. balsamum*	Hojas	1,66	53,86	0,89	1,83		4,83	3,49	1394,43
PBB3T2/18	*M. balsamum*	Hojas	0,96	55,70	0,53					
PBB1T2/13	*M. balsamum*	Hojas	7,5	54,23	4,07					
PBB2T2/14	*M. balsamum*	Tallo	11,39	58,00	6,61		7,82			
PBB3T2/18	*M. balsamum*	Tallo	17,74	57,14	10,14					
PBB1T2/13	*M. balsamum*	Tallo	12,02	55,98	6,73					
PBB2T1/23	*O. quixos*	Hojas	2,52	55,43	1,40	1,90		2,14		
PBB1T1/19	*O. quixos*	Hojas	4,96	56,55	2,80					
PBB3T1/11	*O. quixos*	Hojas	2,68	55,39	1,48					
PBB2T1/23	*O. quixos*	Tallo	2,87	56,56	1,62		2,39			
PBB1T1/19	*O. quixos*	Tallo	6,86	56,84	3,90					
PBB3T1/11	*O. quixos*	Tallo	2,93	56,56	1,66					

Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

5. DISCUSIÓN

5.1. Variables analizadas

Analizando el nivel de prendimiento, hemos notado que los porcentajes están por encima del 50% en general tanto en parcela alta (PA) como en parcela baja (PB), a excepción de *O. quixos* en PA con 47.62%; éste efecto de bajo porcentaje podría deberse a que *O. quixos* necesita de sombra durante los primeros tres o cuatro años de desarrollo, así lo explica la Fundación Chankuap (2006), por lo que recomiendan cultivarla en asocio con otras especies de rápido crecimiento. Por otra parte *M. balsamum* que aunque es una especie pionera/secundaria, crece lentamente en condiciones de campo abierto (Limongi y Guiracocha, 2012); además se desarrolla en suelos calcáreos (SEMARNAT, s.f.), por lo que este también sería un factor influyente en el crecimiento, dado que los suelos de PA y PB contienen un pH con valores que oscilan entre 4.7 y 4.9 (Anexo 1) es decir fuertemente ácido (TULSMA, 2015), según Silva (2016) quien realizó estudios edáficos del mismo lugar donde se cultivaron las especies de esta investigación. La acidez de los suelos se genera por una pérdida de cationes básicos (calcio, Manganeso, potasio y sodio) y una acumulación de cationes ácidos (aluminio e hidrogeno). La acidez de los suelos limita el crecimiento de las plantas por una combinación de factores que incluye la toxicidad del aluminio soluble e intercambiable (Sadzawka y Campillo, 1993), siendo un factor importante que influye en el bajo desempeño de los cultivos, su importancia también radica en la descomposición de la materia orgánica y la asimilación de nutrientes (Espinosa y Molina, 1999). En términos generales la acides de los suelos sería también una causa probable del bajo rendimiento en PA y PB, incidiendo sus efectos sobre el desarrollo de las plantas tanto en altura, diámetro y producción de hojas. Otro factor a tomar en cuenta como ya se mencionó

anteriormente, es la condición inicial de las plantas al momento del trasplante, las cuales no fueron óptimas, dado el prolongado tiempo que permanecieron en fundas de germinación.

La diferencia de información existente entre PA y PB mostrada en las resultados de incrementos (Tablas 12 y 13), ANAVA de altura (Tabla 14), ANAVA de diámetro (Tabla 15), ANAVA del número de hojas (Tabla 16) y biomasa circundante al ensayo (Tabla 17) en los cuales PA siempre ha sobresalido con valores más altos, posiblemente se deba a la cantidad de materia orgánica (M.O.) presente en el suelo (Anexo 1); ya que en PA el valor promedio de M.O. es 12.33% en comparación al 8.5% de PB, resultados obtenidos por Silva (2016), siendo una posible explicación para que los resultados de PA sean mejores.

Refiriéndonos al análisis del crecimiento de altura y diámetro en los diferentes tratamientos en los cual las curvas de crecimiento presentan distintas formas, se debería a que muchas veces cualquiera de las fases del desarrollo de un vegetal pueda intensificarse, estacionarse e inclusive suprimirse, así lo afirma Saldivar (2007), además de que puede existir variaciones entre especies e individuos, por la influencia de factores ambientales y condiciones genéticas propias de los especímenes (Carvalho, 1997), lo que explicaría también que aun siendo del mismo tratamiento los resultados sean distintos.

En cuanto a las correlaciones existentes entre las variables estudiadas, estas se evaluaron según el cuadro de rangos de la tabla 10. Donde la correlación altura vs diámetro, altura vs número de hojas y diámetro vs número de hojas de parcela alta y parcela baja (Tablas 18 y 19) muestran una relación directa y muy fuerte, y aunque la literatura detalla que el crecimiento y desarrollo pueden no estar relacionados (Saldivar, 2007), la influencia de una en la otra si se ve reflejado

estadísticamente en este estudio, probablemente porque los especímenes estudiados se encuentran en fase inicial y su crecimiento y desarrollo se incrementa en la misma medida.

Por otro lado los resultados estadísticos de las correlaciones altura, diámetro y numero de hojas con biomasa, están en el rango de débil a moderada con relaciones directas e inversas en todos los de tratamientos de PA, y correlaciones fuertes y directas en PB, lo que aparentemente es ilógico si las condiciones edáficas de los dos suelos son aptas para cultivos silvícolas según precisiones del estudio realizado por Silva (2016), por lo que se debería tener resultados parecidos ; sin embargo (Guariguata y Ostertag, 2002) explican que la sucesión vegetal de cierto espacio se ve influida por eventos probabilísticos, por la biología de las especies, por su forma de interactuar con otras plantas y animales, y por los componentes bióticos y abióticos del lugar; todos estos factores determinarían en última instancia en qué etapa de la sucesión se tenga una determinada composición florística, además de las habilidades propias de adaptación de cada especie y su tolerancia a condiciones ambientales; lo que nos hace concluir que: tanto la biomasa como los especímenes plantados tomaron sus propias trayectorias de crecimiento. Otra posible explicación es que las especies que conformaron la biomasa son aquellas que por naturaleza se adaptaron rápidamente al tipo de ambiente y sustrato obedeciendo a varios factores: disponibilidad de semillas, disponibilidad de vectores que esparzan las semillas, cantidad de rebrotes y retoños, naturaleza y duración de la perturbación de la zona, microclima y condiciones de suelo (Poorter y Bongers, 1993), mientras que las condiciones ambientales y del sustrato como ya se mencionó anteriormente no fueron las más favorables para *O. quixos* y *M. balsamum*. Además de que las etapas iniciales de sucesión secundaria, están comprendidas

siempre por una proporción elevada de especies dotadas de fáciles medios de dispersión, especialmente herbáceas anuales las cuales producen muchas semillas livianas fácilmente transportadas por el viento, derivándose en una alta tasa de multiplicación y aumentando rápidamente la importancia numérica de sus poblaciones hasta quedar frenadas por su propia densidad (Plana, 2000); con el fin de corroborar lo antes mencionado, en el Anexo 2 se muestra la construcción de un gráfico con datos de la investigación (Altura y biomasa de PA - T1, T2 y T3), en él se evidencia que a medida que transcurre el tiempo, la cantidad de biomasa se incrementa rápidamente desde E1 hasta E6 decayendo luego en E7, mientras que la altura de los ejemplares de estudio continua con su crecimiento natural haciendo caso omiso al comportamiento de la biomasa.

La cantidad de carbono en biomasa aérea circundante al ensayo (Tablas 20 y 21), proviene de las especies herbáceas pioneras presentes en la fase inicial de la sucesión, por ello sus resultados nos muestras un incremento muy rápido y de igual forma su descenso.

Los resultados de carbono en biomasa aérea de las plantas del ensayo, reportados en las tablas 24 y 25, nos indican que la mayor presencia de carbono se encuentra en *M. balsamum* a pesar de no contar con el sustrato optimo; así también en PA es donde se aprecia mayor cantidad de carbono, por lo que deducimos que la M.O también podría estar influyendo en este parámetro, así como lo fue en los resultados de incrementos.

6. CONCLUSIONES

- El bajo desempeño de los niveles de prendimiento en las parcelas comprueba que principalmente se debe tomar en cuenta las características en las que mejor se desarrollan las especies a plantarse, como la incidencia de iluminación, tolerancia e intolerancia a la luz y sombra y características edáficas del lugar.

- Se ha demostrado también que efectivamente *O. quixos* no se desempeñó muy bien bajo la incidencia de luz directa, por lo que se debe cultivar en asocio con especies que le brinden sombra durante los primeros 3 a 4 años de crecimiento.

- *M. Balsamum* es quien en general mejor se adaptó al arreglo de cultivo propuesto, siendo quien obtuvo los mejores resultados tanto en el nivel de prendimiento, como en el stock de carbono.

- Los mejores resultados de incrementos de altura, diámetro, número de hojas y stock de carbono se obtuvieron en parcela alta, en la cual el porcentaje de materia orgánica presente es mayor, lo que sugiere que este parámetro si tuvo influencia en la producción de las parcelas.

- La relación existente entre los parámetros de evaluación de altura, diámetro y número de hojas es directa y muy fuerte en la fase inicial de crecimiento y desarrollo de una planta.

- La biomasa aérea circundante al ensayo durante el periodo de investigación no denotó aparentemente una sinergia ni influencia en el crecimiento y desarrollo de las especies plantadas.

7. RECOMENDACIONES

- Realizar mediciones periódicos de altura, diámetro y número de hojas, con el fin de obtener información relevante y continua que permita establecer modelos de crecimiento efectivos de *O. quixos* y *M. balsamum.*

- Realizar estudios que permitan cuantificar el stock de carbono capturado en la totalidad de las parcelas, tanto en biomasa adyacente como en los ejemplares plantados.

- Realizar un estudio que permitan establecer que factores influyen específicamente en el desempeño productivo de *O. quixos* y *M. balsamum*.

- Tomar en cuenta los requerimientos de condiciones ambientales y características edáficas, que necesitan *O. quixos* y *M. balsamum*, cuando se desee incorporarlas en algún tipo de arreglo agroforestal o silvícola.

8. RESUMEN

La deforestación es una de las causas más comunes para la degradación del suelo, se estima que entre el 25% y 30% de los gases producidos por esta actividad contribuyen al efecto invernadero. Con este antecedente y conociendo que en la amazonia ecuatoriana la expansión de la frontera agrícola, el cambio de uso de suelo y la tala ilegal producen grandes cambios al ambiente y además de que históricamente el Ecuador ha sido un productor de viene primarios; que se estima que el 43% de las especies amazónicas podrían desaparecer y que el sustrato amazónico no es muy apto para la agricultura, se toma la decisión de investigar sobre el crecimiento y desarrollo dos especies amazónicas *Ocotea quixos* y *Myroxylon balsamum* plantadas en dos suelos (Parcela alta y parcela baja); acogiéndonos a los lineamientos de cambio de matriz productiva del país. La presente investigación se desarrolló en los predios del Centro de Investigación y Postgrado para la Conservación Amazónica (CIPCA), específicamente en las inmediaciones del Jardín Botánico, con una duración de 18 meses: 12 meses en recolección de datos en campo y 6 meses para el procesamiento de datos; al momento del plantado los especímenes tenían una edad de 2 años; el diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con tres tratamientos, T1 (*Ocotea quixos*), T2 (*M. balsamum*) y T3 (Asocio de 50% de *O.quixos* y 50% de *M. balsamum*) el fin de éste estudio fue conocer el desempeño de éstas especies en arreglos silvícolas y utilizarlos como secuestradores de carbono y generadores de productos forestales no maderables. Las variables estudiadas fueron incrementos de altura y diámetro de las especies; la cantidad de hojas que estas producen; la cuantificación de carbono existente en biomasa aérea circundante al ensayo; el carbono presenta en biomasa aérea de cada especie plantada y la sinergia existente entre biomasas. Los resultados arrojados nos muestran que el nivel de prendimiento fue del 64.29% para *O. quixos* y 64.10% de *M. balsamum* en parcela alta, 47.62% de *O. quixos* y 17.36% de *M. balsamum* en parcela baja, los mejores resultados del promedio de incremento de altura los obtuvo T3 con 86.63cm de altura en parcela alta y T2 con 72.09cm en parcela baja, en cuanto al incremento de diámetro los valores más elevados fueron para T3 con 1.23cm en parcela alta y T3 con 1.04cm en parcela baja; refiriéndonos al promedio de número de hojas T1 con 55.02 es en quien mayor cantidad de hojas posee en parcela alta y T3 con 30.35 en parcela baja; la relación existente entre las variables altura, diámetro y número de hojas fue directa en el rango de muy fuerte, mientras que para las correlaciones con biomasa aérea circundante fueron muy débiles en parcela alta y muy fuertes en parcela baja; respecto a la cantidad de carbono, parcela alta se obtuvo la mayor cantidad en un promedio de 23,74 gC para *O. quixos* y 29.92gC en *M. balsamum*, mientras en parcela baja fue de 2.39gC para *O.quixos* y 7.82gC para *M. balsamum.* En forma general los mejores resultados se apreciaron en parcela alta. La conclusiones nos llevan a que los posibles factores influyentes estuvieron dados por el manejo del cultivo; el tipo de sustrado, conclusión basada en un estudio de suelo realizados por Silva (2016) en el mismo lugar; otra causa estaría dada por las características propias de cada especie para desarrollarse tanto de los especímenes plantados como las plantas de sucesión vegetal.

9. SUMARY

Deforestation is one of the most common causes soil degradation, it is estimated that between 25% and 30% of the gases produced by this activity contribute to the greenhouse effect. With this background and knowing that in the Ecuadorian Amazon expansion of the agricultural frontier, changing land use and illegal logging produce large changes to the environment and also that Ecuador has historically been a primary producer is; it is estimated that 43% of the Amazonian species could disappear and that the Amazonian soil is not very suitable for agriculture, the decision to investigate on growth and developed two Ocotea Amazonian species Quixos and Myroxylon balsamum planted in two soils is taken (plot plot high and low); welcoming us to change the guidelines productive matrix of the country. This research was conducted at the premises of the Center for Research and Graduate Studies for the Amazon Conservation (CIPA), specifically in the vicinity of the Botanical Garden, with a duration of 18 months: 12 months of data collection in the field and 6 months for the data processing; at the time of planted specimens they were aged 2 years; The experimental design was randomized block with three treatments, T1 (ocotea quixos), T2 (M. balsamum) and T3 (I associate O.quixos of 50% and 50% of M. balsamum) the end of this study was know the performance of these species in forestry arrangements and use them as kidnappers carbon and generators of non-timber forest products. The variables studied were increases in height and diameter of the species; the number of sheets they produce; quantification of carbon in biomass surrounding the trial; carbon present in aboveground biomass of each species planted and the synergy between biomasses. Thrown results show that the level of engraftment was 64.29% to 64.10% O. Quixos and M. balsamum high plot, 47.62% of O. Quixos and 17.36% of M. balsamum low plot, the best results average height increase the T3 obtained 86.63cm tall with high plot and T2 with low 72.09cm plot, in terms of increasing diameter values were higher for T3 with high plot 1.23cm and 1.04cm in T3 with low plot; referring to the average number of sheets T1 to 55.02 is who has more leaves on high land and T3 with 30.35 Low plot; the relationship between the variables height, diameter and number of leaves was direct in the range of very strong, while for correlations with surrounding aboveground biomass were very weak in high plot and very strong in low plot; regarding the amount of carbon, as much high plot was obtained in an average of 23.74 gC for Quixos and O. M. balsamum 29.92gC while low 2.39gC plot was to O.quixos and 7.82gC for M. balsamum. In general the best results were seen in high plot. The findings lead us to the possible influencing factors were given by crop management; the type of sustrado, conclusion based on a soil study conducted by Silva (2016) in the same place; other cause would be given by the characteristics of each species to develop both specimens planted plants and plant succession.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AME (Asociacion de Municipalidades del Ecuador). (2012). Disponible en: http://www.ame.gob.ec/ame/index.php/ley-de-transparencia/57-mapa-cantones-del-ecuador/mapa-napo/201-canton-carlos-julio-arosemena-tola

Barrantes, G., H., Chaves, M., Vinueza. 2001. El Bosque en el Ecuador - Una visión transformada para el desarrollo y la conservación, Comafors. Quito, Ecuador. Pag.6-8. Disponible en: http://comafors.org/wp-content/uploads/2010/05/El-Bosque-en-el-Ecuador.pdf

Brienen, R., O., Phillips, T., Feldpausch, M., Gloor, T., Baker, J., Lloyd. 2015. Long-term decline of the Amazon carbon sink. Nature. Vol. 519. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/273763195_Long-term_decline_of_the_Amazon_carbon_sink

Brown, S. y A., Lugo. 1984. Biomass of Tropical Forest: a New Estimate Based on Forest Volumes. Science 223: 1290-1293

Brown, S., J., Sathaye, M., Cannel, P., Kauppi. 1996. Mitigation of carbon emissions to the atmosphere by forest management. *Commonwealth Forestry Review* 75.

Brown, S.1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forest. A primer. A forest resources assessment publication. *FAO Forestry Paper*. 134. 58. Roma. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/w4095e/w4095e00.HTM

Bustamante, T., M., Espinoza. L., Ruiz. J., Trujillo y J., Uquillas. 1993. Retos de la Amzonía. Disponible en: http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/51287.pdf

Carvalho, J. 1997. Dinâmica de florestas natura is e sua implicação para o manejo florestal. Curso de Manejo Florestal Sustentable. Curitiba: EMBRAPA

Chanderbali, A., H., Werff, S., Renner. 2001. Phylogeny and historical biogeography of Lauraceae: Evidence from the chloroplast and nuclear genomes. Annals of the Missouri Botanical Garden 88: 104-134

CIPCA (Centro de Investigation y Postgrado para la Conservasion Amazónica). 2014. Disponible en: http://cipca.uea.edu.ec/index.php/ubicacion

Constanza, R., R., Goot, P., Sutton, S., Ploeg, S., Anderson, I., Kubiszewski, S., Farber, R., Turner. 2014. Changues in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*. P26. 152–158.

Espinoza, J. y E. Molina. 1999. Acidez y Encalado de los Suelos. International Plant Nutrition Institute. 1. Pag. 46.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). s.f. Sumario ejecutivo. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/007/j4524s/j4524s04.htm

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2001. Agroforestería para la producción animal en América Latina - II: memorias de la segunda conferencia electronica. *Secuestro de Carbono en bosques, su papel en el ciclo global.* Disponible en: http://www.fao.org/docrep/006/y4435s/y4435s09.htm#bm09.1

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2006. Los bosques y el cambio climático - La gestión forestal es fundamental para afrontar el cambio climático. Disponible en: http://www.fao.org/Newsroom/es/focus/2006/1000247/index.html.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2006. La deforestación contribuye al cambio climático Papel clave de los países en desarrollo en los gases causantes del efecto invernadero. Disponible en: http://www.fao.org/Newsroom/es/news/2006/1000385/index.html.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2010. Evaluación de los recursos Forestales mundiales 2010 Términos y Definiciones. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/014/am665s/am665s00.pdf

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010: informe principal.

Flores, M., K., Nielsen & J., Riveros. 2010. WWF´s Living Amazon Iniciative. *A comprehensive approach to conserving the largest rainforest and river system on Earth.* Grambs Corporacion Grafica. 60p. Lima - Perú

Fundación Chankuap. 2006. El Aprovechamiento del Ishpingo *Ocotea quixos*. Manual de Buenas prácticas de Recolección. Pag.2-16, Disponible en: http://chankuap.org/wp-content/uploads/2014/03/Manual-de-buenas-practicas-de-la-Ishpink.pdf

Gardner, F., R., Pearce, R., Mitchell. 2003. Physiology of crop plants. Blackwell publishing company. Iowa, 326 pp

Gauto, O. 1997. Análise da dinámica e impactos da exploração sobre o estoque remanescente (por espécie e grupos de espécies similares) de uma floresta Estacional Semidecidual em Misiones, Argentina. (Disertación de Maestrado). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1997. 133p

Guariguata, M. y R., Ostertag. 2002. Sucesión secundaria. *Ecología de bosques neotropicales.* Cartago. Costa Rica

Gentry, A. 1996. A Field guide to the families and genera of Woody the plant of northwest South America (Colombia, Ecuador, Perú), with supplementary notes on herbaceous taxa. 895 pp

Husch, B., C., Miller, & T., Beers. 1982. Forest mensuration. New York. John Wiley & Sons, 352 p

INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 2010. Mejoramiento y recuperación de la investigación, soberanía, seguridad alimentaria y

desarrollo agropecuario sostenible en la Amazonía ecuatoriana. Disponible en: http://goo.gl/N562l6

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1992. Climate Change 1992. *The Suplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press*. Cambridge, Inglaterra.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1995. Climate Change 1992. *The Suplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press*. Cambridge, Inglaterra.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1996. Report of the twelfth session of the intergovernmental panel on climate change. Reference manual and workbook of the IPCC 1996 revised guidelines for national greenhouse gas inventories. Ciudad de México, MX.

IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Controbution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. 1023p. Cambridge. UK

López, R. 2012. Plan de manejo intergral del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación de la biodiversidad Amazónica "CIPCA". Carlos Julio Arosemena Tola: UEA.

Limongi, R., G., Guiracocha. 2012. Bálsamo *Myroxylon* spp Especie de uso múltiple del Bosque seco de Ecuador. Estación Experimental Portoviejo. Estación Experimental del Litoral Sur. Programa Nacional de Forestaría. Boletín técnico No 152. INIAP-MAGAP-SENECYT. Editorial Grafiservi. Guayaquil. Ecuador.20p.

MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador). 2014. Plan nacional de Restauracion Forestal 2014-2017. Disponible en: http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/images/articulos/archivos/amrPlanRF.pdf

MacDicken, K. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Estados Unidos, F. C. M. P. Winrock Internationl Institute for Agricultural Development. 91 p.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. Evaluación de los Ecosistemas el Milenio. Disponible en: http://www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf

Mena, C. 2010. Deforestación en el Norte de la Amazonía Ecuatoriana: del patrón al proceso. *Revista Polemika*. 2(5): 58-65. Disponible en: https://www.usfq.edu.ec/publicaciones/polemika/Documents/polemika005/polemika005_009_articulo006.pdf

Montoya, G., L., Soto, B., de Jong, K., Nelson, P., Farias, Pajal Yakac Tic, J., Taylor y R., Tipper. 1995. Desarrollo Forestal Sustentable: Captura de Carbono en las zonas Tzeltal y Tojolabal del Estado de Chiapas. Instituto Nacional de Ecología, Cuadernos de Trabajo 4. México, D.F.

Noriega, P., y C., Dacarro. 2008. Aceite foliar de *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm.: actividad antimicrobiana y antifúngica. La granja. 7(1): 3-8. Quito. Disponible: http://lagranja.ups.edu.ec/documents/1317427/1369624/01aceite_foliar7.pdf

Ordoñez, J., y O., Masera. 2001. CAPTURA DE CARBONO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO. Instituto de Ecología A.C., 7(1): 3-12. Disponible en: http://www.oikos.unam.mx/Bioenergia/images/PDF/CC/CC-Bosques/captura-carbono-cambio-climatico.pdf

Ortiz, R., 1982. Características poblacionales y criterios de selección en las primeras etapas en caña de azúcar (Saccharum sp p. híbridos). Tesis de candidato a Doctor en Ciencias. La Habana: INCA.

Orwa, C., A., Mutua, R., Kindt, R., Jamnadass, S., Anthony. 2009. Agroforestree Database: a tree reference and selection guide version 4.0. World Agroforestry Centre, Kenya. Disponible en: http://www.worldagroforestry.org/treedb2/AFTPDFS/Myroxylon_balsamum.PDF

PACC-MAE, CAMAREN. 2011. El cambio climático y sus implicaciones en los países andinos. Primera. Vol. Módulo 1. 3 vols. Quito: Imprimax.

Plana, E. 2000. Introducción a la ecología y dinámica del bosque tropical. Centro Tecnológico Forestal de Catalunya. Disponible en: http://www.bio-nica.info/biblioteca/Plana%20Bach%202000%20Ecologia%20bosque%20tropical.pdf

RAISG (Red Amazónica de Información Socioambiental Georeferenciada), 2015. Deforestación en la Amazonía (1970-2013). 48 págs. Disponible en: http://raisg.socioambiental.org/system/files/deforestacion_en_la_Amazonia%281970-2013%29_0.pdf

Ríos, P. 2013. Los Sistemas Silvícolas-Industriales como un Aporte Multifuncional a la Economía Verde en la Producción Amazónica. FASE 1, establecimiento de parcela de productos no maderables y medición de carbono microbiano del suelo (SSIEV-1). Universidad Estatal Amazónica.

Ríos, P. 2014. Los Sistemas Silvícolas-Industriales como un Aporte Multifuncional a la Economía Verde en la Producción Amazónica. FASE 2, Medición de indicadores biológicos de calidad del suelo – carbono en el suelo, biomasa y diversidad de artrópodos (SSIEV-2). Universidad Estatal Amazónica.

Ríos, P., C., Bravo y L., Jaramillo. 2014. Evaluación De Parámetros Físico-Químicos De Suelo En Parcelas Permanentes De Sistemas Silvícolas Industriales. Libro de resúmenes Diciembre 2014 UEA. Pág. 18. Puyo. Ecuador

Sadzawka, R., y R., Campillo. 1993. Problemática de la acidez de los suelos de la IX Región. I. Génesis y características del proceso. Investigación y progreso Agropecuario Carillanca. 12 (3): 3-7.

Saldivar, R. 2007. Fisiología vegetal 2a ed. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 194-196p. México.

SENPLADES (Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador). 2012. Trasformación de la matriz productiva - Revolución productiva a través del conocimiento y el talento humano. Pag.11. Disponible en: http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/01/matriz_productiva_WEBtodo.pdf

SENPLADES (Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador). 2015. Estrategias para el Cambio de Matriz Productiva.

SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales). s.f. *Myroxylon balsamum*. Disponible en: http://goo.gl/MmdTh8

Schroeder, P., R., Dixon y J., Winjum. 1993. Ordenación forestal y agrosilvicultura para reducir el dióxido de carbono atmosférico. *Unasylva. 173* Vol 44. 52-60.

Silva, L. 2016. Determinación de parámetros físicos de dos tipos de suelo en parcelas silvícolas industriales del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA). Universidad Estatal Amazónica.

Steubing, L; R., Godoy & M., Alberdi. 2001. Métodos de Ecología Vegetal. Primera Edición. Editorial Universitaria. Chile.

Tipper, R. 1996. Hacia un Programa Nacional de Captura de Carbono y Desarrollo Agro-forestal. Documento de Trabajo Versión 1.2

TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente). 2015. Libro VI-Anexo 2. Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados.

Vargas, A., A., Amescua, y A., Yánez. 2004. La captura de carbono en bosques: ¿Una herramienta para la gestión ambiental?. *Gaceta Ecológica.* 70: 6. Disponible en: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/432.pdf

Visión Amazónica. s.f. Protegiendo la Amazonía, protegemos el clima. Disponible en: http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/protegiendo_la_amazonia__protegemos_el_clima.pdf

WWF. (World Wildlife Fund). 2006. Climate Change Impacts in the Amazon - Review of scientific literature. Disponible en: http://wwf.panda.org/?64240/Climate-Change-Impacts-in-the-Amazon-Review-of-scientific-literature

9. ANEXOS

Anexo 1.- Tabla de análisis de suelo.

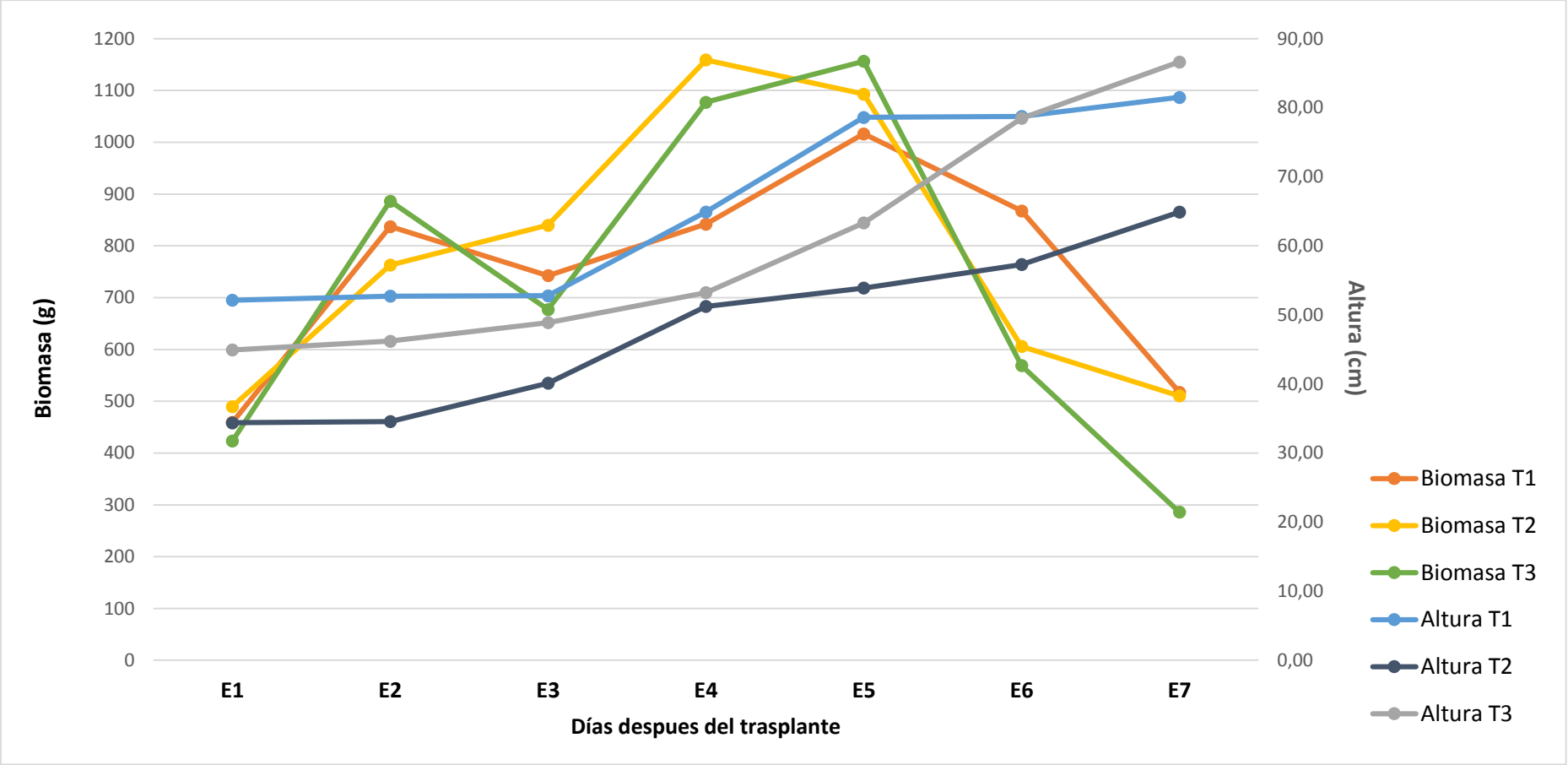
ANÁLISIS DE SUELO

Nº Muestra	Identificación del Lote	pH		M.O. (%)	Humedad (%)	Textura (%)				CC
						Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	g H_2O/100 g suelo seco
95362	Parcela Alta	4,85 Ac	RC	13.00 A	60,00	54	40	6	Franco-Arenoso	143,2
95363	Parcela Alta	4,73 Ac	RC	13.00 A	61,40	42	50	8	Franco	
95364	Parcela Alta	4,76 Ac	RC	11,00 A	60,30	60	34	6	Franco-Arenoso	
95365	Parcela Baja	4,84 Ac	RC	10,70 A	46,40	60	34	6	Franco-Arenoso	101,9
95366	Parcela Baja	4,73 Ac	RC	8,60 A	49,20	60	36	4	Franco-Arenoso	
95367	Parcela Baja	4,92 Ac	RC	6,30 A	45,80	56	38	6	Franco-Arenoso	

Interpretación	**pH**	**M.O.**
	AC= Acido	A= Alto
	RC= Requiere Cal	

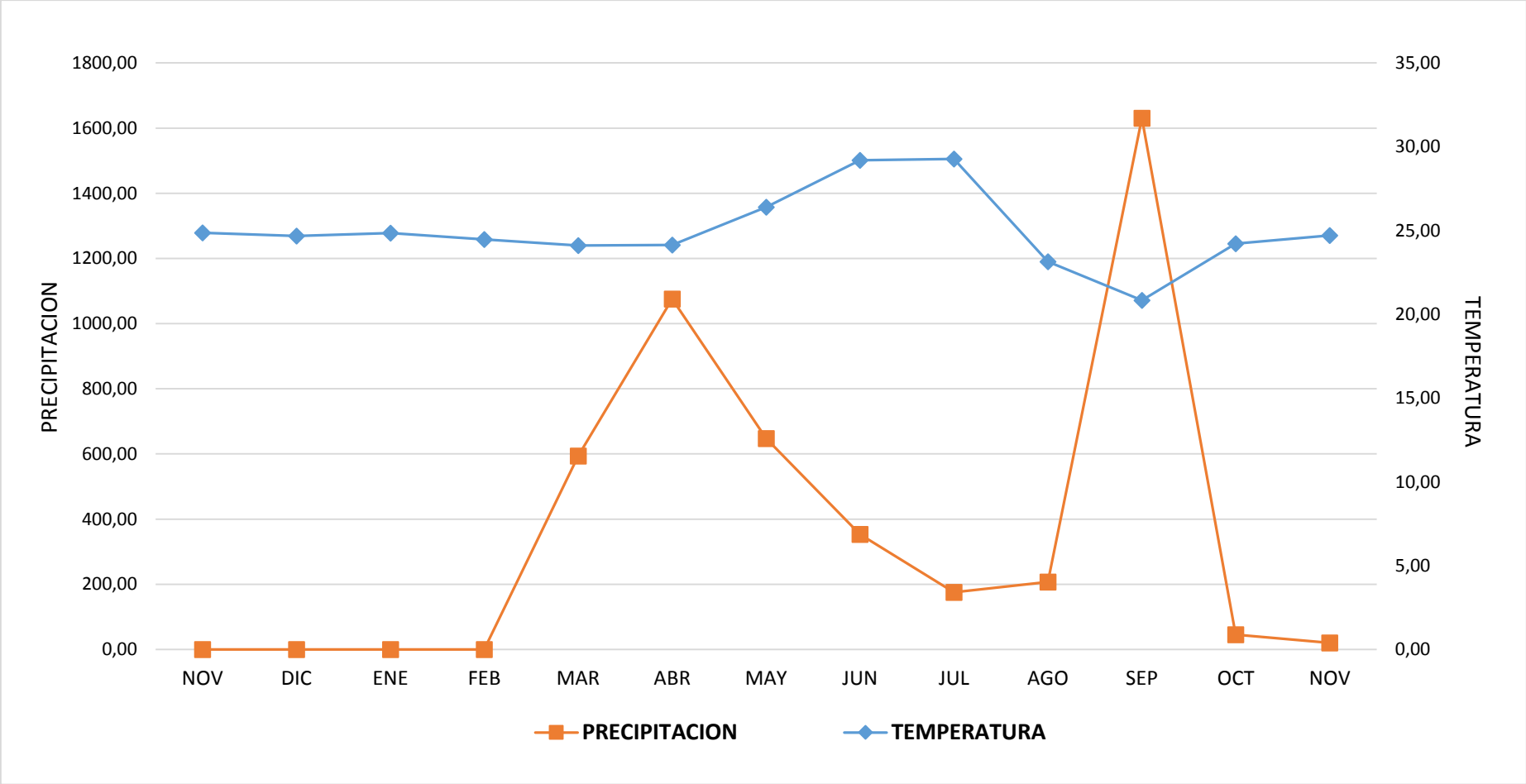
Fuente: Análisis de suelos; Silva, 2016.

Anexo 2.- Comparación de incrementos en parcela alta, entre altura y biomasa aérea circundante al ensayo.



Fuente: Elaboración propia del autor, 2016.

Anexo 3.- Precipitación y temperatura durante el periodo de experimentación; Noviembre 2013 - Noviembre 2014.



Fuente: Estación meteorológica CIPCA. Elaboración propia del autor, 2016.

Anexo 4.- Biomasa aérea pionera circundante al ensayo en parcela alta y baja.

Biomasa herbácea circundante a las plantas de *Ocotea quixos*

Anexo 5.- Preparación de parcelas y plantación de ejemplares.

Desmonte de las parcelas

Plantado de especímenes en las parcelas

Espécimen plantado de *Myroxylon balsamum*

Anexo 6.- Medición de variables y colecta de información en campo.

Medición de circunferencia basal

Conteo de hojas

Medición de altura de la planta

Anexo 7.- Actividades de laboratorio, secado y pesado de muestras.

Pesado de hojas

Preparación de muestras para secado en estufa

Secado de muestras en estufa

Pesado de muestras para calcinación en mufla

Pre-secado de muestras para calcinación en mufla

Anexo 8.- Arbusto de *Myroxylon balsamum*, luego de 2 años de la plantación.