

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



Proyecto de Investigación y Desarrollo para la Titulación en
Ingeniería Ambiental

Evaluación del crecimiento de plantas nativas y la influencia de
enmiendas restauradoras de suelo (biochar), a dos años de su
implementación en el CIPCA

AUTOR

Luis Eduardo Lizano Tuarez

TUTOR

Ing. Pedro Damián Ríos Guayasamín, MSc.

Pastaza – Ecuador

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quien suscribe, Lizano Tuarez Luis Eduardo portadora de la cédula de identidad N° 2100348453, doy a conocer que soy la autora del proyecto de investigación con el título Evaluación del crecimiento de plantas nativas y la influencia de enmiendas restauradoras de suelo (biochar), a dos años de su implementación en el CIPCA. En el cual la elaboración personal realizada únicamente con el tutor Ing. Pedro Damián Ríos Guayasamín, MSc. de esta manera la información presente en este trabajo es original para ello cedo los derechos a la Universidad Estatal Amazónica que pueda realizar publicaciones sobre la misma así como su almacenamiento tanto en medio físico y electrónico.

Lizano Tuarez Luis Eduardo

2100348453

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Por medio del presente, Yo, Segundo Ríos Guayasamín Pedro Damián, con número de cédula 1716132590 Certifico que el egresado Lizano Tuarez Luis Eduardo realizó el Proyecto de Investigación y Desarrollo titulado Evaluación del crecimiento de plantas nativas y la influencia de enmiendas restauradoras de suelo (biochar), a dos años de su implementación en el CIPCA, previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental bajo mi supervisión.

Ing. Ríos Guayasamín Pedro Damián
C.I. 1716132590

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El proyecto de investigación y desarrollo, titulado: “Evaluación del crecimiento de plantas nativas y la influencia de enmiendas restauradoras de suelo (biochar), a dos años de su implementación en el CIPCA”, fue aprobada por los siguientes miembros del tribunal.

Para constancia firman:

Dr. Rodriguez Guerra Yoel, PH.D.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Cofre Santo Fernando, MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Eberto Pablo Gutierrez Morales, PH.D.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

RESUMEN

La siguiente investigación tuvo como objetivo Evaluar el efecto del biochar en el crecimiento de plantas nativas (*Ocotea quixos* y *Myroxylon balsamun*), como enmienda mejoradora del suelo y no enmendadas estimando la cantidad de carbono secuestrado en parcelas a dos años de su implementación en el CIPCA. La metodología utilizada fue la medición del crecimiento de las dos especies involucradas en parcela alta y baja. Los resultados fueron los siguientes: en el área basal se obtuvo en la especie *M. balsamun* aumenta en F=260cm y con enmienda B2=98cm en la *O. quixos* empieza a aumenta sin enmienda C=97,1cm y con enmienda B1=98cm en cuanto a la altura empieza aumentar en la especie *M. balsamun* sin enmienda es F=317cm y con enmienda B2=227cm en la especie *O. quixos* con enmienda B2=165cm y sin enmienda F=143cm. Índice foliar intermedio con la especie *M. balsamun* sin enmienda F=25,3cm² y con enmienda B2=0,22cm² y en la especie *O. quixos* con enmienda B1=6,21cm² y sin enmienda F=2,5cm². En secuestro de carbono presento los siguientes resultados en la especie *M. balsamun* sin enmienda F=53 tC Ha⁻¹ y con enmienda B2=18 tC Ha⁻¹ y la especie *O. quixos* con enmienda B1=10 tC Ha⁻¹ y sin enmienda F=8,5 tC Ha⁻¹. Por ende el mayor crecimiento en área basal, altura, índice foliar y secuestro de carbón es en la parcela alta debido a que el tipo de suelo es orgánico y esto le permite un crecimiento adecuado por la abundancia de nutrientes.

Palabras claves: Enmienda, tratamiento, *Ocotea quixos* , *Myroxylon balsamun*, biocarbón

ABSTRACT

The following research aimed to evaluate the effect of biochar on the growth of native plants (*Ocotea quixos* and *Myroxylon balsamun*), as a soil improvement amendment and not amended by estimating the amount of carbon sequestered in plots two years after its implementation in the CIPCA . The following result in the basal area was obtained in the species *M. balsamun* increases without amendment (F) outside the range $F = 260\text{cm}$ and with amendment (B2) traditional biocarbon $B2 = 98\text{cm}$ in the *O. quixos* begins to increase without amendment (C) control $C = 97.1\text{cm}$ and with amendment (B1) manufactured biocarbon $B1 = 98\text{cm}$ in terms of height begins to increase in the species *M. balsamun* without amendment is (F) out of range $F = 317\text{cm}$ and with amendment (B2) biocarbon traditional $B2 = 227\text{cm}$ in the species *O. quixos* with amendment (B2) traditional biocarbon $B2 = 165\text{cm}$ and without amendment (F) out of range $F = 143\text{cm}$. Intermediate leaf index with the species *M. balsamun* without amendment (F) outside the range $F = 25.3\text{cm}^2$ and with amendment (B2) traditional biocarbon $B2 = 0.22\text{cm}^2$ and in the species *O. quixos* with amendment (B1) manufactured biocarbon $B1 = 6.21\text{cm}^2$ and without amendment $F = 2.5\text{cm}^2$. In carbon sequestration I present the following results in the *M. balsamun* species without amendment $F = 53 \text{ tC Ha}^{-1}$ and with amendment (B2) traditional biocarbon $B2 = 18 \text{ tC Ha}^{-1}$ and the species *O. quixos* with amendment (B1) biocarbon manufactured $B1 = 10 \text{ tC Ha}^{-1}$ and without amendment (F) out of range $F = 8.5 \text{ tC Ha}^{-1}$. Therefore, the highest growth in basal area, height, leaf index and carbon sequestration is in the high plot because the type of soil is organic and this allows adequate growth due to the abundance of nutrients.

Keywords: Amendment, treatment, *Ocotea quixos* , *Myroxylon balsamun*, biocarbon

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	1
1.1 INTRODUCCION	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.5 OBJETIVOS.-	3
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.-	3
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.-	3
CAPÍTULO II	4
1.6 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
1.6.1 ANTECEDENTE	4
1.6.2 CONCEPTOS BÁSICOS	4
1.6.3 Como afecta el biochar en plantaciones silvícolas	4
1.6.4 Taxonomía de <i>Ocotea quixos</i> (Canela Amazónica), distribución, descripción botánica y usos.	5
1.6.5 Distribución de <i>Ocotea quixos</i> (canela amazónica).....	5
1.6.6 Descripción botánica de <i>Ocotea quixos</i> (canela amazónica).....	6
1.6.7 Usos de <i>Ocotea quixos</i> (canela amazónica).....	6
1.6.8 Taxonomía <i>Myroxylon balsamun</i> (bálsamo), distribución, descripción botánica, usos y captura de carbono.	6
1.6.9 Distribución del <i>Myroxylon balsamun</i> (bálsamo).....	7
1.6.10 Descripción botánica de <i>Myroxylon balsamun</i> (bálsamo)	7
1.6.11 Usos de <i>Myroxylon balsamun</i> (bálsamo).....	7
1.6.12 Captura de carbono.....	7
CAPÍTULO III	9
1.7 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	9

1.7.1	Localización.....	9
1.7.2	Tipo de investigación.....	10
1.7.3	Métodos de investigación	10
1.7.4	Diseño experimental	10
1.8	VARIABLES A MEDIR EN LAS PARCELAS EXPERIMENTALES.....	13
1.9	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	16
1.10	MATERIALES A UTILIZAR	16
CAPÍTULO IV		17
1.11	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
1.11.1	Altura del árbol.....	17
1.11.2	Índice foliar intermedio	21
1.11.3	Área basal	24
1.11.4	Secuestro de carbono	29
CAPITULO V		35
1.12	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
1.12.1	CONCLUSIONES.....	35
1.12.2	RECOMENDACIONES	35
CAPÍTULO VI.....		36
1.13	BIBLIOGRAFÍA.....	36
CAPÍTULO VII		41
1.14	ANEXOS.....	41

TABLA

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la especie <i>Ocotea quixos</i> (Canela) mostrando su clase, subclase, superorden, orden, familia, género, especie y nombre común.....	5
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la especie <i>Myroxylon balsamun</i> (Bálsamo) mostrando su clase, subclase, superorden, orden, familia, género, especie y nombre común	6
Tabla 3. Tipo de manejo y la unidad de medida toneladas de carbón por hectárea.	8
Tabla 4. Alternativas para tratar y la unidad de medida toneladas de carbón por hectárea... ..	8
Tabla 5. Coordenadas de las parcelas permanentes, tipo de suelo de las parcelas y su respectiva actitud	10
Tabla 6. Tipo de biocarbón en las parcelas permanentes	11
Tabla 7. Tipo de tratamiento en las parcelas permanentes	11
Tabla 8. Diseño de ingreso de datos a recolectar.	14
Tabla 9. Variable dependiente: Altura del árbol (cm) parcela alta y baja	17
Tabla 10. Variable dependiente: Índice Foliar Intermedio de la parcela Alta y Baja	21
Tabla 11. Variable dependiente del área basal de las parcelas Alta y Baja.....	25
Tabla 12. Variables dependientes: Secuestro de Carbono en las parcelas Alta y Baja	30

FIGURA

Figura 1. Ubicación del área de estudio, localización de la parcela alta y baja, proyección UTM, y leyenda.....	9
Figura 2. Representación de la parcela con enmienda y sin enmienda de la parcela alta. ..	12
Figura 3. Representación de la parcela con enmienda y sin enmienda de la parcela baja... ..	12

GRÁFICO

Gráfico 1. Medidas marginales estimadas de la altura de la planta en los tratamientos T1 (<i>O. quixos</i>), T2 (<i>M. balsamum</i>), T3 (<i>O. quixos</i> y <i>M. balsamum</i>) de la parcela Alta y Baja	18
Gráfico 2. Medidas marginales estimadas de la altura de la planta a nivel de la parcela Alta y Baja de los cuadrantes con enmienda y sin enmienda C= control, B1=biocarbón manufacturado, B2= biocarbón tradicional y F=fuera de rango.....	19
Gráfico 3. Medidas marginales estimadas de la altura de la planta Enmienda a nivel de la especie <i>M. balsamun</i> y <i>O. quixos</i> en las parcelas Alta y Baja.....	20
Gráfico 4. Medidas marginales estimadas del índice foliar intermedio en las parcelas Alta y Baja en los tratamiento T1 (<i>O. quixos</i>), T2 (<i>M. balsamum</i>), T3 (<i>O. quixos</i> y <i>M. balsamum</i>)	22
Gráfico 5. Medidas marginales estimadas de índice foliar intermedio de las especies <i>O. quixos</i> y <i>M. balsamum</i> en la parcela Alta y Baja.....	23
Gráfico 6. Medidas marginales estimadas del índice foliar intermedio de las dos especies <i>M. balsamun</i> y <i>O. quixos</i> . con enmienda y sin enmienda	24
Gráfico 7. Medidas marginales estimadas de los tres tratamientos T1= <i>O. quixos</i> , T2= <i>M. balsamun</i> y T3= <i>O. quixos</i> y <i>M. balsamun</i> en las parcelas Alta y Baja	26
Gráfico 8. Medidas estimadas marginales de área basal con enmiendas utilizadas: B1=Biocarbón manufacturado, B2= Biocarbón Tradicional, C=Control y F=fuera de rango, tanto en la parcela Alta como en la parcela Baja.....	27
Gráfico 9. Medidas estimadas marginales de área basal en la parcela Alta y Baja en las especies involucradas <i>O. quixos</i> y <i>M. balsamum</i>	28
Gráfico 10. Muestra las medidas marginales de área basal y la respectiva enmienda utilizada: B1=Biocarbón manufacturado, B2= Biocarbón Tradicional, C=Control y F=fuera de rango en las especies involucradas <i>O. quixos</i> y <i>M. balsamum</i> de las parcelas Alta y Baja.	29
Gráfico 11. Medidas marginales estimados de secuestro de carbono de los tres tratamientos T1 (<i>O. quixos</i>), T2 (<i>M. balsamum</i>), T3 (<i>O. quixos</i> y <i>M. balsamum</i>) de la parcela Alta y Baja.....	31
Gráfico 12. Medidas marginales estimados de secuestro de carbono con las enmiendas utilizadas en el experimento B1=Biocarbón manufacturado, B2= Biocarbón Tradicional, C=Control y F=fuera de rango en las parcelas Alta y Baja	32

Gráfico 13. Medidas marginales de secuestro de carbono a nivel de las especies involucradas en el estudio <i>M. balsamun</i> y <i>O. quixos</i> en las parcelas Alta y Baja.....	33
Gráfico 14. Medidas marginales de secuestro de carbono de las especies involucradas <i>M. balsamun</i> y <i>O. quixos</i> con sus respectivas enmiendas utilizadas B1=biocarbón manufacturado, B2=biocarbón tradicional, C=control y F=fuera de rango en las parcelas Alta y Baja.....	34

ANEXOS

Anexo 1. Medición DAP (Diámetro altura al pecho), diámetro menor y mayor de la planta, AB (Área basal), circunferencia basal, altura de la planta.	41
---	----

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCION

La parte más importante del consumo de leña no tiene lugar por el autoconsumo para subsistencia, sino en el consumo comercial. Por esta razón, la deforestación que explica el consumo de leña para cocinar es mínima. Se estimó que, de las 47.497 hectáreas deforestadas anualmente en todo el territorio ecuatoriano, 430,60 hectáreas de bosque se ven afectadas por el consumo de este recurso (Meneses y Maribel, 2019). El desglose de los bosques por el aumento de las fronteras agrícolas ha ocasionado una gran deforestación por la misma civilización, (Mena, 2010).

El biocarbón es una enmienda edáfica rentable y rica en carbono, que se utiliza sobre todo para la recuperación de suelos que han recibido cargas químicas durante tiempos prolongados. La incorporación de biocarbón en el suelo mejora la capacidad de intercambio catiónico, regula el pH, aumenta la capacidad de retención de agua, y fomenta un mejor desarrollo radicular en conjunto con la microbiota del suelo, aumentando la fitosanidad y productividad de los cultivos, contribuyendo a reducir los gases de efecto invernadero por su función de sumidero de CO₂. La combinación de biocarbón con fertilizante y la función de almacenamiento de carbono en los suelos activaría la comunidad microbiana, lo que puede conducir a la liberación de nutrientes biodisponibles para ser tomados por las raíces de las plantas, causando un aumento de la productividad. Ante lo expuesto se realizó este trabajo de investigación, teniendo como objetivo determinar la dosis óptima de biocarbón para ser usada como enmienda edáfica en el cultivo de banano, (Gonzales *et al.*, 2019).

Según Bailey, Fansler, Smith y Bolton (2010) el biocarbón guarda una similitud con el carbón activado, el cual reacciona con moléculas orgánicas tóxicas adsorbiéndolas y disminuyendo su disponibilidad en el suelo. Por lo que se le puede atribuir que también esté involucrado en este proceso de adsorción, sin ser elementos idénticos. Además, Abenza, (2012) afirma que debido a la textura y estructura del bio-carbón, la humedad en el suelo aumenta, permitiendo que se genere un ambiente propicio para el establecimiento de la microbiota. El biocarbón se ha utilizado desde la antigüedad hace cientos a miles de años, la práctica fue abandonada en la invasión de los europeos a Sudamérica. Los

científicos inicialmente mostraron interés en el material hace aproximadamente una década, cuando las crecientes preocupaciones por el calentamiento global llevaron a algunos a ofrecer biocarbón como forma de almacenar enormes cantidades de carbono en el subsuelo. Los científicos del suelo exploran actualmente el uso de biocarbón en la agricultura y para remediar la contaminación del suelo (Cernansky, 2015).

En la amazonia ecuatoriana aún no existe el uso de biocarbón en los sistemas de agrosilvicultura por parte de los productores a gran escala debido a que el suelo posee sus características nutricionales el objetivo de nuestra investigación es evaluar el efecto del biochar en el crecimiento de plantas nativas (*Ocotea quixos* y *Myroxylon balsamun*), como enmienda mejoradora del suelo y no enmendadas estimando la cantidad de carbono secuestrado en parcelas a dos años de su implementación en el CIPCA para de esta manera aportar a la ciencia al uso de esta alternativa que mejora las condiciones bióticas del suelo y fertilidad que a futuro se prevé dar a conocer la importancia del biocarbón en el suelo.

1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El término biocarbón ha sido acuñado recientemente para diferenciar el carbón convencional del destinado a mejorar la calidad del suelo, (Oliveira *et al.*, 2017). La importancia que resalta el rol del uso del biocarbón en la protección del medio ambiente, es considerada una técnica de cultivo revolucionaria para promover la productividad de los suelos y simultáneamente contribuir a mitigar los efectos del cambio climático (Schmidt *et al.*, 2014; Tan *et al.*, 2017; Stadler y Hernando, 2018). En la Amazonía se encuentra suelos altamente fértiles y productivos, aspecto que contrasta con la realidad, misma que presenta suelos frágiles y de baja fertilidad que sustentan al bosque a través de un complejo sistema de relaciones entre todos sus componentes dependientes unos de otros (Aguilera *et al.*, 2017). Es por ello que, el biocarbón; se ha considerado como una de las alternativas de restauración implantadas en el Centro de Investigación Posgrado y Conservación de la Biodiversidad Amazónica (CIPCA) (Villalta y Ortega, 2018), como parte de sistemas silvícolas-industriales, implantados en suelos degradados (Silva, 2015), que permitan restaurar características naturales se suelos degradados y además evitar la reducción de poblaciones de *Ocotea quixos* y *Myroxylon balsamun* (Ríos-Guayasamín, 2013).

1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la actualidad existen cambios en los suelos amazónicos debido al avance agrícola, con lo que los suelos de origen natural son afectados. Las prácticas agrícolas convencionales han ocasionado efectos de cambio climático reduciendo la materia orgánica de los suelos, como consecuencia la reducción de nutrientes (Stadler & Hernando, 2018). El biochar puede mejorar la fertilidad del suelo y el rendimiento de las plantas en los cultivos. Tienen éxito debido a las limitaciones de fertilidad del suelo (Lefebvre, *et al.*, 2019). Esta investigación tiene como finalidad la aplicación del biochar dentro de las plantas nativas (*Ocotea quixos* y *Myroxylon balsamun*) enfocado a la mejora del suelo en la plantación presente en el CIPCA para mejor crecimiento y desarrollo de las mismas especies.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo incide el biocarbón en el crecimiento y en el secuestro de carbón de las especies *O. quixos* y *M. balsamun* en el CIPCA?

1.5 OBJETIVOS.-

1.5.1 OBJETIVO GENERAL.-

- Evaluar el efecto del biochar en el crecimiento de plantas nativas (*Ocotea quixos* y *Myroxylon balsamun*), como enmienda mejoradora del suelo y no enmendadas estimando la cantidad de carbono secuestrado en parcelas a dos años de su implementación en el CIPCA.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.-

- Realizar un inventario de *Ocotea quixos* (canela amazónica) y *Myroxylon balsamun* (bálsamo) establecidas en parcelas experimentales silvícolas dentro del CIPCA, diferenciando su crecimiento en lugares enmendados y no enmendados con biocarbón.
- Estimar la cantidad de carbono secuestrado en *Ocotea quixos* (canela amazónica) y *Myroxylon balsamun* (bálsamo), a dos años de la aplicación de biochar en parcelas experimentales establecidas en el CIPCA.

CAPÍTULO II

1.6 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.6.1 ANTECEDENTE

El bosque tropical del río Amazonas almacena grandes cantidades de carbono, la región amazónica ecuatoriana ha perdido el 1,1% de sus bosques desde el 2010-2015, lo que implica una disminución de los años anteriores que comprende los años 2005-2010 de -12%. Existe una reducción de la deforestación en territorios Indígenas (-16%) y en áreas naturales protegidas (-3%), En áreas de solapamiento entre Áreas nacionales protegidas y Territorio Indígena la deforestación ha disminuido (-35%), al igual que en las áreas fuera de Áreas Nacionales Protegidas, Territorio Indígena (-15%) (Borja, *et al.*, 2017).

El establecimiento de las parcelas (Alta y Baja) fueron ubicadas en el CIPCA, bajo el proyecto “Los sistemas silvícolas–industriales como un aporte multifuncional a la economía verde en la producción amazónica (SSIEV)”, que está a cargo del Msc. Pedro Damián Ríos Guayasamín, la evaluación de su crecimiento se hace cada año para conocer el funcionamiento que el biochar tiene con las dos especies introducidas en las parcelas alta y baja esta investigación tiene el fin de generar una alternativa productiva que se enfoque a la economía verde, conservación y restauración, con especies provenientes de la Estación Biológica Jatun Sacha (*M. balsamun* y *O. quixos*). Los objetivos de la investigación fueron determinar la tasa de crecimiento de las dos especies, desde su trasplante hasta los doce meses de su implantación y cuantificar el almacenamiento de carbono.

1.6.2 CONCEPTOS BÁSICOS

1.6.3 Como afecta el biochar en plantaciones silvícolas

Este biocarbón vegetal se aplicó en las especies *Eucalyptus camaldulensis*, *E. nitens*, *E. globulus*, y *Acacia melanoxylon* dando como resultado una mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo con adecuado crecimiento foliar de las especies utilizadas en este tipo de estudio (Esquivel-Segura, 2014; Reyes-Moreno, 2018).

Se demuestra que para las tres variables de las especies arbóreas indicadoras (pachaco (*Schizolobium parahybum* y melina *Gmelina arborea*): altura de planta, diámetro basal y DAP (Diámetro a la altura del pecho), durante todas las fechas de registro a lo largo de

los dos años desde la plantación. En los dos sitios experimentales los valores de altura de planta y de DAP de las dos especies arbóreas incrementaron siendo positiva la aplicación del biochar. Debido a la gran capacidad absorbente de este material (biochar), si se aplica directamente a terrenos pobres se podría estar promoviendo la retención de los pocos nutrientes que tiene el suelo. La retención de nutrientes dependería de la oxidación a largo o corto plazo una vez introducido el biocarbón en el suelo y entra en interacción con el ambiente (Valarezo *et al.*, 2016; Agegnehu *et al.*, 2017; Quilliam *et al.*, 2013).

Además, el Biocarbón como enmienda edáfica ha mejorado cultivos agrícolas como en el cultivo de maíz (*Zea mays* L). Donde se evidenció un aumento de los contenidos del porcentaje de proteína en grano seco luego de su aplicación (Iglesias, 2018). Así mismo su utilización en la producción de alfalfa tuvo como resultado, una mayor cobertura basal, altura y el mayor número de hojas por tallo (Fernández *et al.*, 2014); finalmente, su utilización en la producción bananera ha mejorado el desempeño fisiológico de la planta (Tenesaca, 2019).

1.6.4 Taxonomía de *Ocotea quixos* (Canela Amazónica), distribución, descripción botánica y usos.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la especie *Ocotea quixos* (Canela) mostrando su clase, subclase, superorden, orden, familia, género, especie y nombre común

Clase:	Equisetopsida C. Agardh
Subclase:	Magnoliidae Novák ex Takht.
Superorden:	Magnolianaes Takht.
Orden:	Laurales Juss. ex Bercht. & J. Presl
Familia:	Lauraceae Juss.
Género:	<i>Ocotea</i> Aubl.
Especie:	<i>Ocotea quixos</i> (Lam.) Kosterm
Nombre común:	Ishpinku, canela.

Fuente: (Trópicos, 2019)

1.6.5 Distribución de *Ocotea quixos* (canela amazónica)

Esta especie está distribuida en Ecuador, Brasil (Para), Brasil (Pernambuco, Bahia), Brazil (Minas Gerais, Espirito Santo, Sao Paulo, Rio de Janeiro), Brazil (Parana, Santa Catarina, Rio Grande do Sul), Colombia (Amazonas, Caquet, Putumayo) (Hassler, 2019). Está registrada en Ecuador en las provincia de Napo, Aguarico y Orellana entre una altitud de 200-1004 m.s.n.m (Tropicos, 2019).

1.6.6 Descripción botánica de *Ocotea quixos* (canela amazónica)

Ocotea quixos es un árbol con una altura entre 10 a 30 m, tiene una copa grande y redonda con hojas simples, lobuladas, alternas y de color verde, sus dimensiones varían entre 10 a 15 cm de largo y 4 a 5 cm de ancho. Sus flores son axilares en forma de cápsula con cáliz de consistencia semi leñosa, mientras que su fruto es una drupa con semilla café de aproximadamente 2 cm de diámetro (Collahuazo, 2012).

1.6.7 Usos de *Ocotea quixos* (canela amazónica)

Es una planta medicinal utilizada para tratar afecciones gástricas e intestinales, gripes, resfriados, vómito, diarrea, cicatrizar heridas y como anestésico local, entre otros usos se registra como condimento para comida, saborizante en bebidas tradicionales como la colada morada y en aguas aromáticas. En las comunidades de la amazonia ecuatoriana se utiliza las hojas y el cáliz para aliviar dolores de parto y combatir la anemia, la artritis, el catarro crónico y la hidropesía y algunos de sus usos tradicionales como eupéptico y desinfectante (Flor Y Parra, 2017).

1.6.8 Taxonomía *Myroxylon balsamun* (bálsamo), distribución, descripción botánica, usos y captura de carbono.

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la especie *Myroxylon balsamun* (Bálsamo) mostrando su clase, subclase, superorden, orden, familia, género, especie y nombre común

Clase:	Equisetopsida C. Agardh
Subclase:	Magnoliidae Novák ex Takht
Superorden:	Rosanae Takht
Orden:	Fabales Bromhead
Familia:	Fabaceae Lindl.
Género:	<i>Myroxylon</i> L. f.
Especies:	<i>Myroxylon balsamun</i> (L.) Harms
Nombre común	Estoraque, bálsamo

Fuente: (Tropicos, 2019)

1.6.9 Distribución del *Myroxylon balsamun* (bálsamo)

La especie *Myroxylon balsamun*, es un árbol originario de América Tropical, se encuentra distribuido en forma natural en América del sur; su presencia se ha registrado en Bolivia, Brasil, Ecuador, Paraguay, Perú, Venezuela, Guyana y el noroeste de Argentina. En el Ecuador se encuentra en las provincias de Esmeraldas, sector de San Mateo a 45 msnm; Manabí (Limongi, 2012). En Ecuador es una de las especies maderables nativas amenazadas ante la acelerada deforestación que se registra en la ecoregión del bosque seco del Litoral ecuatoriano (Indacochea, 2018).

1.6.10 Descripción botánica de *Myroxylon balsamun* (bálsamo)

El árbol: Alcanza 25 m de altura total promedio, 22 m de altura comercial y 0,70 m de diámetro. Tronco recto y cilíndrico. La corteza presenta lenticelas grandes difusas o en hileras, la resina que segrega expele un olor asfixiante, aveces presenta aristas semicirculares (Paucar, 2016).

1.6.11 Usos de *Myroxylon balsamun* (bálsamo)

Es una especie esciófita, presente en bosques primarios su madera es de buena calidad, dura, se le aprecia para parquet y para elementos de la construcción que requieren mucha resistencia y perduración, tales como puntales y vigas, la resina, que tiene un olor fuerte, es empleada en perfumería y medicina (Casilla & Estrada, 2017).

Los valores de la media en cuanto al incremento periódico de altura y diámetro que va relacionado con el número de hojas de (*Ocotea quixos* y *Myroxylon balsamun*) incrementan con la aplicación de biocarbón a comparación en parcelas experimentales que sus valores en las mediciones no incrementan porque no contienen biocarbón (Aurto Arias, 2016).

1.6.12 Captura de carbono

Se busca alternativas para la implementación de actividades que contribuyan 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). Mediante la implementación de varios tipos de manejo del bosque y sistemas agroforestales se puede obtener resultados favorables en la captura de carbono (Tipper, 1996) como se encuentra en la (Tabla 3) para aquellas plantas que son captadoras de carbono atmosférico estos aspectos de tipo de manejo expresado en tC Ha-1 de Captura de carbono.

Tabla 3. Tipo de manejo y la unidad de medida toneladas de carbón por hectárea.

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: (Tipper, 1996)

Hay que tener en cuenta para aquellas plantas que son captadoras de carbono atmosférico estos aspectos de alternativa para tratar y la unidad de medida tonelada de carbono por hectárea (Vélez, 2001) como se clasifica en la (Tabla 4).

Tabla 4. Alternativas para tratar y la unidad de medida toneladas de carbón por hectárea.

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
Prácticas silvícolas en latitudes boreales	10	tC Ha-1
Prácticas silvícolas en latitudes templadas	26	tC Ha-1
Prácticas silvícolas en latitudes tropicales	34	tC Ha-1

Fuente: (Vélez, 2001)

CAPÍTULO III

1.7 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1 Localización

El área de estudio se realizará en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica, está ubicado en el cantón Arosemena Tola de la provincia de Napo, en el kilómetro 44 vía Puyo-Tena y tiene una extensión de 2848,20 hectáreas. El CIPCA se encuentra en un ambiente tropical donde la precipitación anual alcanza los 4000 mm, la humedad relativa es del 80% y la temperatura varía entre 15 a 25 °C. Su topografía se caracteriza por relieves ligeramente ondulados sin pendientes pronunciadas, distribuidos en mesetas naturales de gran extensión; la altitud varía entre los 580 y 990 msnm (CIPCA, 2019). Como en la Figura 1 se encuentra ubicada el área de estudio, localizada la parcela alta y baja en el CIPCA, en la provincia de Napo Cantón Carlos Julio Arosemena Tola.

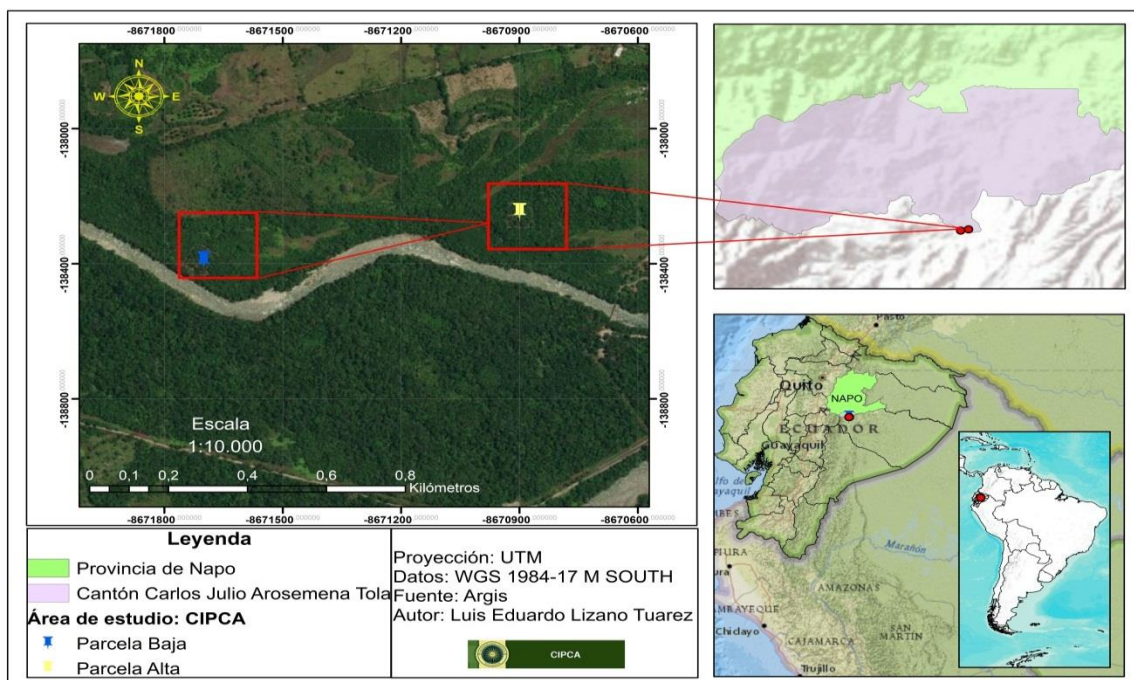


Figura 1. Ubicación del área de estudio, localización de la parcela alta y baja, proyección UTM, y leyenda

En la Tabla 5 se encuentra los datos de la parcela alta y baja del área de estudio el tipo de suelo orgánico u aluvial, sus coordenadas (X y Y) y altitud en msnm.

Tabla 5. Coordenadas de las parcelas permanentes, tipo de suelo de las parcelas y su respectiva actitud

Parcela	Tipo de Suelo	X	Y	Altitud
Alta	Suelo orgánico	178129	9862568	568 msnm
Baja	Suelo aluvial	177328	9862425	578 msnm

Fuente: Ríos-Guayasamín (2013)

1.7.2 Tipo de investigación

La investigación utilizada en el proyecto es descriptiva: debido a que los datos recolectados se seguirán monitoreando para su continuo análisis de crecimiento de las especies en estudio y experimental: debido a que la información recolectada por determinados tiempos será comparada para determinar el crecimiento con la aplicación del biocarbón.

1.7.3 Métodos de investigación

En la investigación se utilizó el método experimental y de campo en parcelas experimentales se realizó la recolección de datos en el área de investigación para su posterior análisis de crecimiento, de las especies nativas de *Ocotea quixos* (canela amazónica) y *Myroxylon balsamun* (bálsamo), recolectando datos de, DAP (diámetro de altura del pecho), Ab (área basal), H (altura), la cantidad de hojas presentes en cada especie y se describieron su comportamiento en presencia y ausencia de enmiendas de biocarbón.

1.7.4 Diseño experimental

Se ha evaluado su crecimiento área basal y altura desde el noviembre 2017, 2018 y en esta ocasión noviembre del 2019 las dos especies tienen una edad de seis años y sus nombres son *O. quixos*; *M. balsamun* están ubicadas en la parcela alta y baja con tres tipo de tratamiento T1: *O. quixos*, T2: *M. balsamun* T3: *O. quixos*; *M. balsamun* cada cuadrante de 100m² en cada parcela hay 9 cuadrantes y está clasificada por biocarbón manufacturado (B1), biocarbón tradicional (B2) control (C) y fuera de rango (F). En total se evaluaron 205 individuos en la parcela alta y 192 individuos en la parcela baja.

En la (Tabla 6) se encuentra el biocarbón 1 (B1) y biocarbón 2 (B2) tanto en la parcela alta y baja de acuerdo a la cantidad de carbón Ton/ha manufacturado de madera pigüe, tradicional de la madera pigüe, con su determinado pH.

Tabla 6. Tipo de biocarbón en las parcelas permanentes

Biocarbón	Parcela	Parcela	Cantidad	Carbón	Madera	pH
	Alta	Baja				
B1	29	32	5 Ton/ha	Manufacturado	Pigüe	10,17
B2	31	9	5 Ton/ha	Tradicional	Pigüe	8,8
C	63	90	0	Sin carbón	N/A	0
F	69	74	0	Sin carbón	N/A	0

Fuente: Autor (2020)

En la Tabla 7 se encuentran las parcelas permanentes con sus tratamientos lo que significa que el tratamiento 1 (T1) es la especie *Ocotea quixos*, el tratamiento 2 (T2) es la especie *Myroxylon balsamum*, en el tratamiento 3 (T3) son las dos especies en el mismo cuadrante *O. quixos* y *M. balsamum*.

Tabla 7. Tipo de tratamiento en las parcelas permanentes

Tratamiento	Parcela alta	Parcela baja	Especies
T1	23	20	<i>Ocotea quixos</i>
T2	22	25	<i>Myroxylon balsamun</i>
T3	25	23	<i>O. quixos</i> y <i>M. balsamun</i>

Fuente: Autor (2020)

En la (Figura 2) se observa la representación de la Parcela Alta permanente con distintos tratamientos con enmiendas y sin enmiendas de biocarbón, cada cuadrante de 25 plantas tiene la misma enmienda C= control, B1=biocarbón manufacturado, B2= biocarbón tradicional y F=fuera de rango. Las especies están identificadas por X = *Ocotea quixos* O= *Myroxylon balsamum*

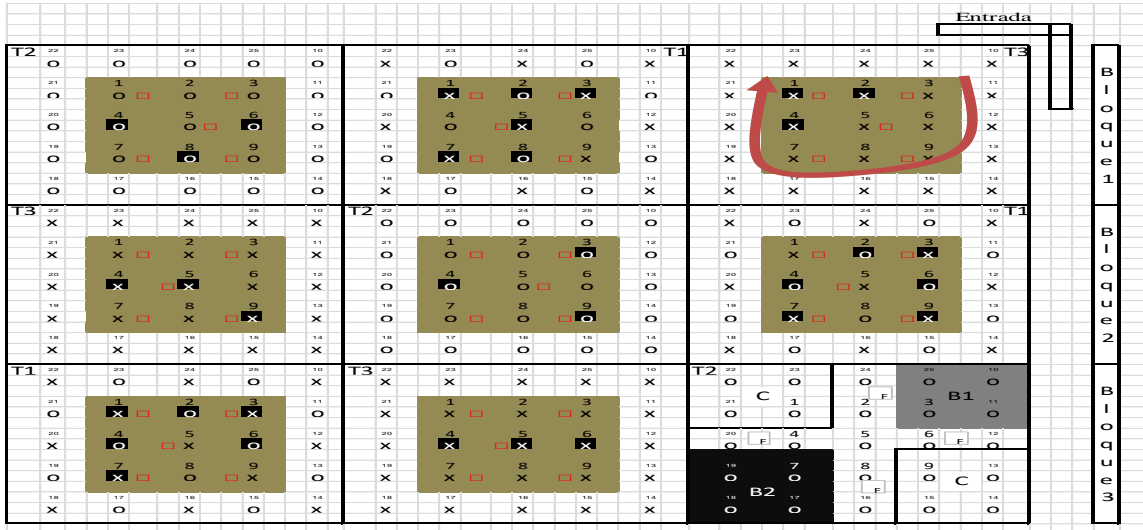


Figura 2. Representación de la parcela con enmienda y sin enmienda de la parcela alta.

En la (Figura 3) hay una representación de la Parcela Baja permanente con distintos tratamientos con enmiendas y sin enmiendas de biocarbón, cada cuadrante de 25 plantas tiene la misma enmienda C= control, B1=biocarbón manufacturado, B2= biocarbón tradicional y F=fuera de rango. Las especies están identificadas por X = *Ocotea quixos* O= *Myroxylon balsamum*

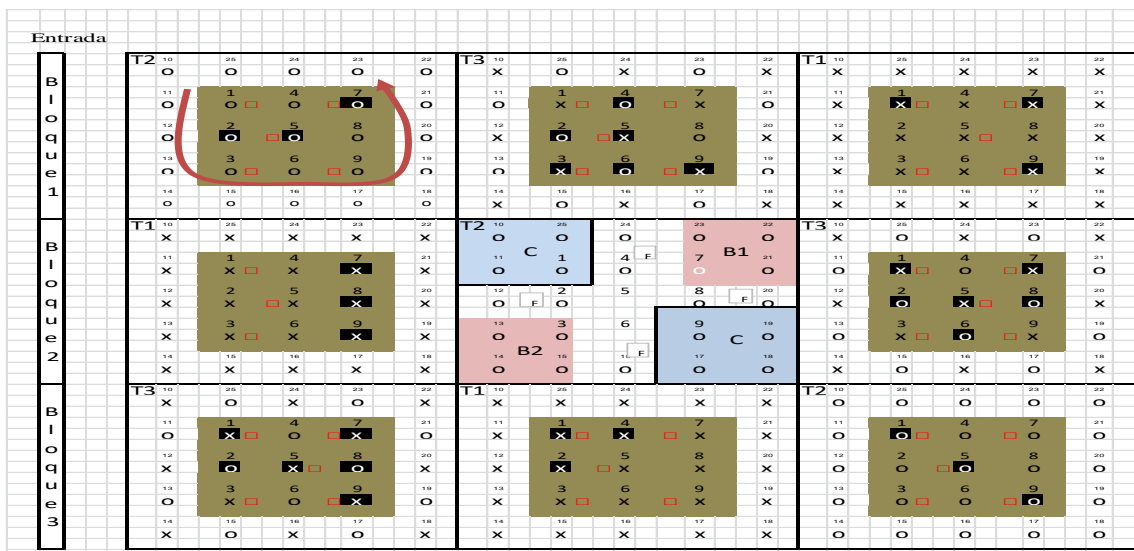


Figura 3. Representación de la parcela con enmienda y sin enmienda de la parcela baja

1.8 VARIABLES A MEDIR EN LAS PARCELAS EXPERIMENTALES

- **Medición del DAP (Diámetro altura del pecho):** La medición del diámetro se efectúa con ayuda de una vara dimensionada a 1,3 m de longitud que servirá para la medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) se mide en (cm), como para ponerla en el centro del individuo y ayudar a tomar el azimut y la distancia horizontal (Barreto *et al.*, 2018).
- **Determinación del AB (Área basal):** Su medición es el diámetro es en (cm) del tallo de la planta a partir de 10 cm desde el suelo. Su unidad se midió en centímetros al cuadrado.

▪ Su fórmula es:

$$d = C / \pi$$

Dónde:

d =diámetro C = circunferencia a la altura del tallo π = 3,1416 (Agurto 2016).

- **Medición de H (Altura de la planta)** Su medición es de forma manual utilizando una cinta métrica en (cm) desde el suelo hasta el ápice más alto de la copa (Agurto 2016).
 - **Hojas Recolección:** Se contara la cantidad total de las hojas que posee la planta La recolección de las hojas fue a >100 hojas de acuerdo a los tratamientos T1 (*O. quixos*) T2 (*M. balsamum*) T3 (asocio de *O. quixos* y *M. balsamum*) (Agurto 2016).
 - **Determinación del área foliar,** se tomará una muestra representativa de hojas, pesará y calculará su área, a fin de ser extrapolada para la cantidad total de hojas existentes (Agurto 2016).
- $$\text{Área foliar} = \left(\frac{(\text{IAF})(\text{Área sembrada})}{\text{Densidad Población}} \right)$$
- **Índice de área foliar:** Cálculo empírico del IAF: Tomar dos plantas por unidad de estudio, medir y multiplicar largo por ancho de cada hoja, el resultado multiplicarlo por el factor 0.75, sumar los valores obtenidos de cada hoja por planta, promediar resultados de cada planta su unidad en cm^2 . Posteriormente determinar el área de suelo ocupada por planta. Finalmente el IAF será determinado dividiendo el área foliar de la planta entre el área de suelo ocupada por esta (Intagri, 2016).

Fórmula:

$$IAF = \left(\frac{(\text{Área foliar})(\text{Densidad población})}{\text{Área sembrada}} \right)$$

Tabla 8. Diseño de ingreso de datos a recolectar.

N°	DAP	AB	Altura	A. Foliar	Hojas

- Cantidad de carbono secuestrado en los árboles

Para obtener estos resultados se aplicara la siguiente fórmula:

a) Cálculo de la materia seca de la muestra

Fórmula:

$$MS_{muestra} = \left(\frac{MF_{submuestra}}{MS_{submuestra}} \right) * MF_{muestra}$$

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

Fórmula:

$$\Delta\text{CBN muestra} = \text{MSmuestra} * \text{CF}$$

Dónde:

$\Delta\text{CBN muestra}$ = Cantidad de carbono en la biomasa de la muestra de vegetación no arbórea (kg C/0,25 m²).

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

Fórmula:

$$\Delta\text{C}_{\text{BN}}(\text{tC Ha}^{-1}) = \left(\frac{10000}{0.25}\right) * \left(\frac{\Sigma\Delta\text{CBN muestra}}{\text{NM}}\right)$$

Donde:

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

$\Sigma \Delta\text{C}_{\text{BN muestra}}$ = Sumatoria de la cantidad total de carbono de todas las muestras (kg C/0,25 m²).

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 (Agurto 2016).

1.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de figuras y tablas a nivel de todos los datos recolectado se realizó como modelo general univariantes en el Software estadística IBM SPSS Statistics 22. Siguiendo como analizar Modelo General Lineal Univariante. Poniendo como factores fijo lo siguiente; parcelas, tipo de tratamiento, tipo de biocarbón utilizados y como variable dependiente altura del árbol, área basal, carbón capturado, e índice foliar intermedio.

1.10 MATERIALES A UTILIZAR

- Cinta métrica
- Balanza
- Calculadora
- Aplicación GPS
- Aplicación de celular Leaf-IT
- Fundas ziploc
- Computadora

CAPÍTULO IV

1.11 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.11.1 Altura del árbol

En la Tabla 9 se representa la altura de las especies *Ocotea quixos* (canela amazónica) y *Myroxylon balsamun* (bálsamo) observando que las variables que son significativas de acuerdo al modelo; Parcela*Tratamiento*Enmienda*Especie, siendo las parcelas diferentes significativamente ($p=0,000$; $F=73$), al igual que las especies ($p=0,001$; $F=11$). Además, las interacciones dobles significativas fueron: las existentes entre parcela y enmienda ($p=0,037$; $F=3$) y parcela y especie ($p=0,002$; $F=10$).

Tabla 9. Variable dependiente: Altura del árbol (cm) parcela alta y baja

Variable dependiente: Altura del árbol (cm)					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	7061575,136 ^a	30	235385,838	10,144	0
Interceptación	12451719	1	12451719	536,63	0
Parcela	1704048,79	1	1704048,79	73,439	0
Tratamiento	48251,211	2	24125,606	1,04	0,354
Enmienda	84417,565	3	28139,188	1,213	0,305
Especie	266376,657	1	266376,657	11,48	0,001
Parcela * Tratamiento	10296,286	2	5148,143	0,222	0,801
Parcela * Enmienda	198598,245	3	66199,415	2,853	0,037
Parcela * Especie	234993,904	1	234993,904	10,127	0,002
Tratamiento * Enmienda	113045,177	6	18840,863	0,812	0,561
Tratamiento * Especie	0	0	.	.	.
Enmienda * Especie	112480,552	3	37493,517	1,616	0,185
Parcela * Tratamiento * Enmienda	93215,266	5	18643,053	0,803	0,548
Parcela * Tratamiento * Especie	0	0	.	.	.
Parcela * Enmienda * Especie	143111,401	2	71555,701	3,084	0,047
Tratamiento * Enmienda * Especie	0	0	.	.	.
Parcela * Tratamiento * Enmienda * Especie	0	0	.	.	.
Error	9722291,74	419	23203,56		
Total	38936410,5	450			
Total corregido	16783866,9	449			

Leyenda: $p \leq 0,05$ y $p \geq 0,000$

En el Gráfico 1 muestra las medidas marginales estimadas de la altura de la planta en los tratamientos T1 (*O. quixos*), T2 (*M. balsamum*), T3 (*O. quixos* y *M. balsamum*) de la parcela alta y baja. En la parcela alta la especie que mayor crecimiento tiene en el T2 de *M. balsamun* con un promedio de 440cm, mientras que el T3 son una asociación de especies con un promedio de 278cm presentando un medio crecimiento y en el tratamiento T1 con menor crecimiento fue la especie *O. quixos* con un promedio de 190cm. En la parcela baja la especie de mayor crecimiento fue en T2 de *M. balsamun* con un promedio de 158cm, mientras que el T1 fue la especie *O. quixos* con un promedio de 135cm presentando un medio crecimiento y en el T3 en las especies combinadas con un menor crecimiento con un promedio de 130cm de los resultados esperados. El crecimiento con los tratamientos en el año 2016 en la parcela alta tuvo como resultado los siguiente en el T1 = 65,92cm en el T2=48,06 cm, en el T3 =60,24 cm en la parcela baja tuvo como resultado los siguiente en el T1 = 53,45 cm en el T2=57,28 cm en el T3 =58,18 cm (Agurto, 2016). El estudio realizado el noviembre del 2019 en la parcela alta se obtuvo los siguiente resultados en el T1 = 192,73 cm en el T2=440, 0 cm en el T3 =277,85 cm en la parcela baja tuvo como resultado los siguiente en el T1 = 134,63 cm en el T2=158,45 cm en el T3 =130,13.

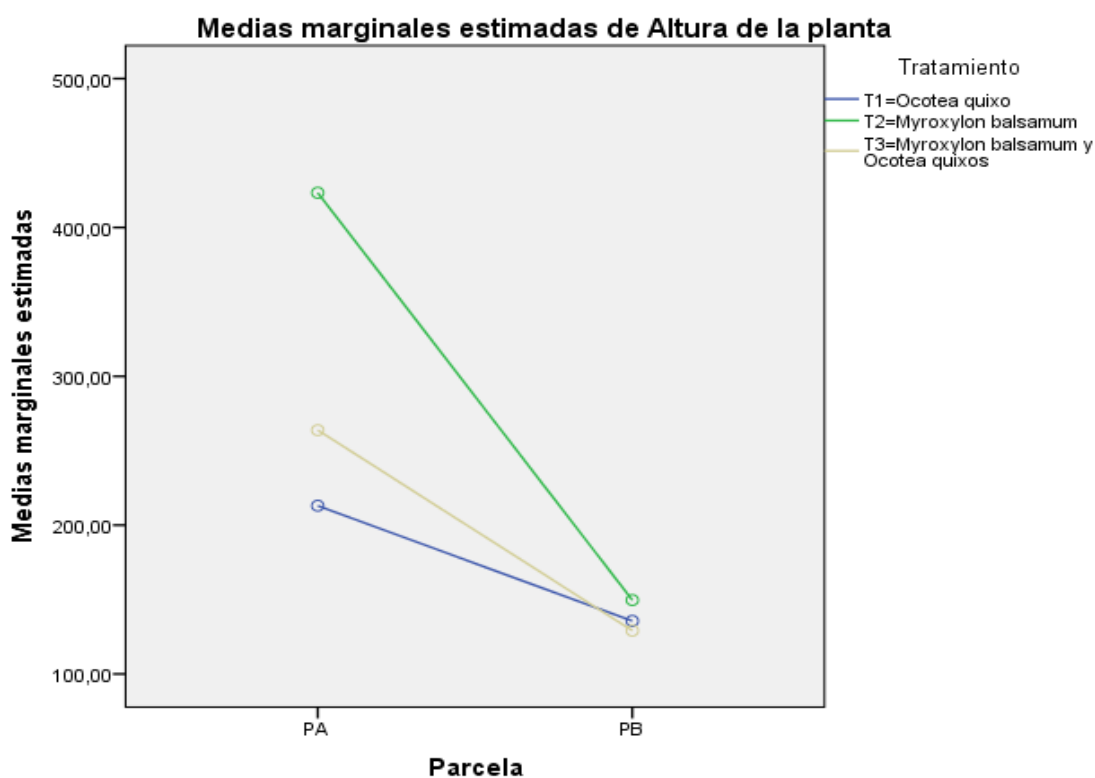


Gráfico 1. Medidas marginales estimadas de la altura de la planta en los tratamientos T1 (*O. quixos*), T2 (*M. balsamum*), T3 (*O. quixos* y *M. balsamum*) de la parcela Alta y Baja

En el Gráfico 2 se muestra las medidas marginales estimadas de la altura de la planta a nivel de la parcela Alta y Baja de los cuadrantes con enmienda y sin enmienda: C= control (sin enmienda), B1=biocarbón manufacturado (con enmienda), B2= biocarbón tradicional (con enmienda) y F=fuera de rango (sin enmienda). La parcela alta el mayor promedio fue F=328cm, el B2=294cm, el C=293cm y con el menor promedio B1=273. En la parcela baja el mayor promedio fue C=172cm, en el B2=136cm, en el F=126cm y el más bajo con un promedio de B1=118cm de los resultados esperados. De acuerdo al estudio del crecimiento en el año 2018 se obtuvo los siguientes resultado en los tratamiento con biocarbón 1 (B1) en el T1B1=169,75 en el T2B1=204,1 en el T3B1=170,45. En los tratamiento con biocarbón 2 (B2) en el T1B2=158,76 (Rodriguez, 2019). De acuerdo al estudio realizado en el año 2019 se obtuvo los siguientes resultado en los tratamiento con biocarbón 1 (B1) en el T1B1=175,4 en el T2B1=230,66 en el T3B1=181,42. En los tratamiento con biocarbón 2 (B2) en el T1B2=168,26.

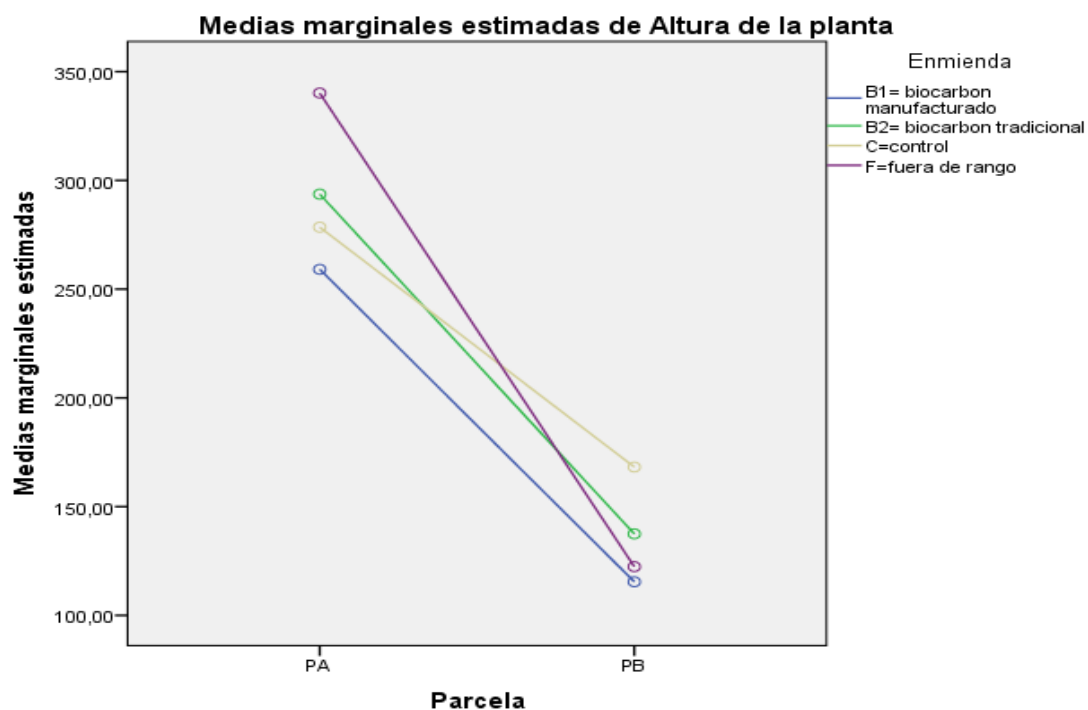


Gráfico 2. Medidas marginales estimadas de la altura de la planta a nivel de la parcela Alta y Baja de los cuadrantes con enmienda y sin enmienda C= control, B1=biocarbón manufacturado, B2= biocarbón tradicional y F=fuera de rango.

En el Gráfico 3 se observa las medidas marginales estimadas de la altura de la planta a nivel de las especies con enmienda y sin enmienda *M. balsamun* y *O. quixos* en las parcelas Alta y Baja. La enmienda a nivel de las dos especies se obtuvo los siguientes resultados, la especie *M. balsamun* tiene un promedio más alto en F=317, en C=314, en B2=227 y el más bajo en B1=215. La especie *O. quixos* con el promedio más alto en C=167cm, B2=165cm, B1=159 y el más bajo promedio en F=143cm. De acuerdo a los estudios realizados en la provincia de Napo, cantón Tena en las parcelas de Jatun Sacha se observó el crecimiento del *M. balsamun* (Bálsamo) en un área sin ningún tratamiento de biocarbón en el que tuvieron como resultado del crecimiento en el año 1993 con un total de 1,2cm en el año 2003 un total de 8,5cm y en año 2013 un total de 12,6 cm (Tobar *et al.*, 2018).

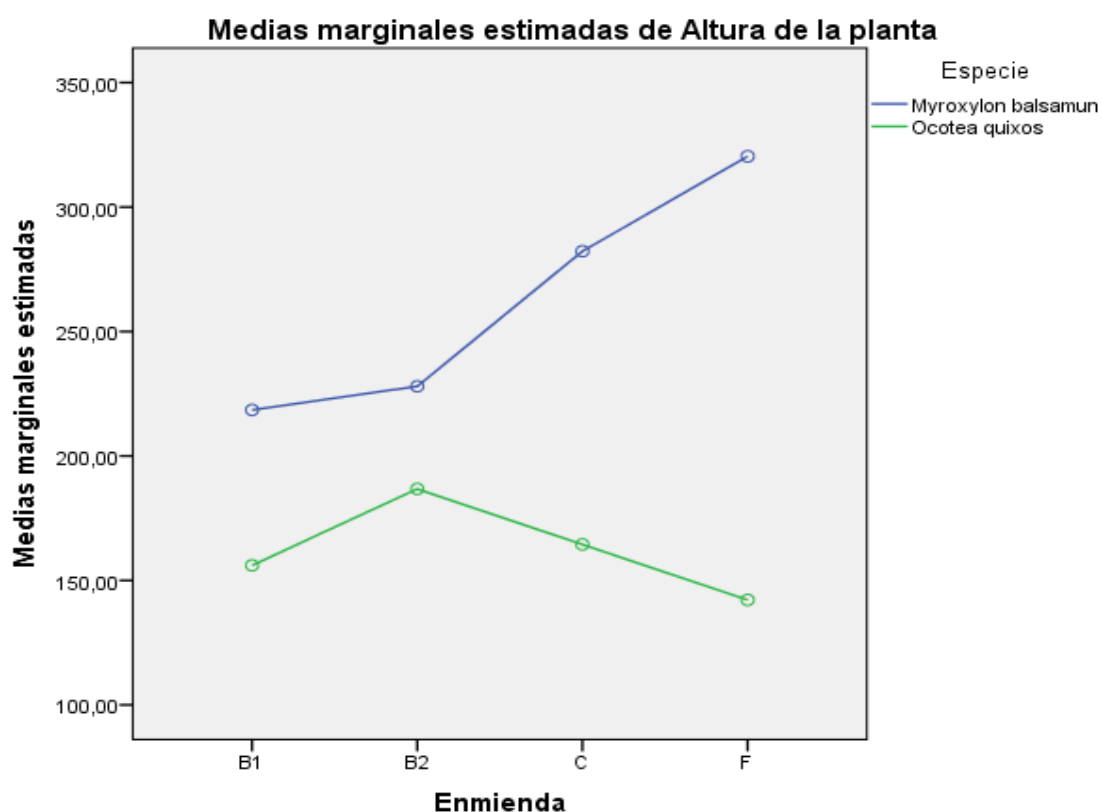


Gráfico 3. Medidas marginales estimadas de la altura de la planta Enmienda a nivel de la especie *M. balsamun* y *O. quixos* en las parcelas Alta y Baja

1.11.2 Índice foliar intermedio

En la Tabla 10 representa el índice foliar intermedio de las especies *O. quixos* (canela amazónica) y *M. balsamun* (bálsamo) observando la variable que se tuvo en cuenta según el modelo parcela y las altura de ambas especies mostrando existe diferencia significativa para las parcelas donde existió asociación de las dos especies con valor de 0,28.

Tabla 10. Variable dependiente: Índice Foliar Intermedio de la parcela Alta y Baja

Variable dependiente: Índice Foliar Intermedio						
Origen	Tipo III de suma de gl	Cuadrático	F	Sig.		
	cuadrados	promedio				
Modelo corregido	256169,983a	31	8263,548	0,483	0,992	
Interceptación	826,784	1	826,784	0,048	0,826	
Parcela	4790,461	1	4790,461	0,28	0,597	
Tratamiento	9534,132	2	4767,066	0,279	0,757	
Enmienda	20042,2	3	6680,733	0,39	0,76	
Especie	1,176	1	1,176	0	0,993	
Parcela * Tratamiento	10188,377	2	5094,188	0,298	0,743	
Parcela * Enmienda	21559,442	3	7186,481	0,42	0,739	
Parcela * Especie	6,546	1	6,546	0	0,984	
Tratamiento * Enmienda	26799,697	6	4466,616	0,261	0,955	
Tratamiento * Especie	0	0	.	.	.	
Enmienda * Especie	6,76	3	2,253	0	1	
Parcela * Tratamiento * Enmienda	26486,82	5	5297,364	0,31	0,907	
Parcela * Tratamiento * Especie	0	0	.	.	.	
Parcela * Enmienda * Especie	1,139	2	0,57	0	1	
Tratamiento * Enmienda * Especie	0	0	.	.	.	
Parcela * Tratamiento * Enmienda * Especie	0	0	.	.	.	
Error	7170400	41	17113,127			
		9				
Total	7451873,1	45				
		1				
Total corregido	7426570	45				
		0				

Leyenda: $p \leq 0,05$ y $p \geq 0,000$

En el Gráfico 4 se observan las medidas marginales estimadas del índice foliar intermedio de la planta en Tratamientos experimentales en las parcelas alta y baja en los tratamiento T1= *O. quixos*, T2= *M. balsamun* y T3= *O. quixos* y *M. balsamun* La parcela alta tiene el valor promedio en el T2 =26cm², en el T1=8cm² y el promedio bajo en el T3=1,5 cm². En la parcela baja del T1=4cm² un promedio alto, en el T3=2,4cm² y el valor bajo un promedio de T2=2 cm²

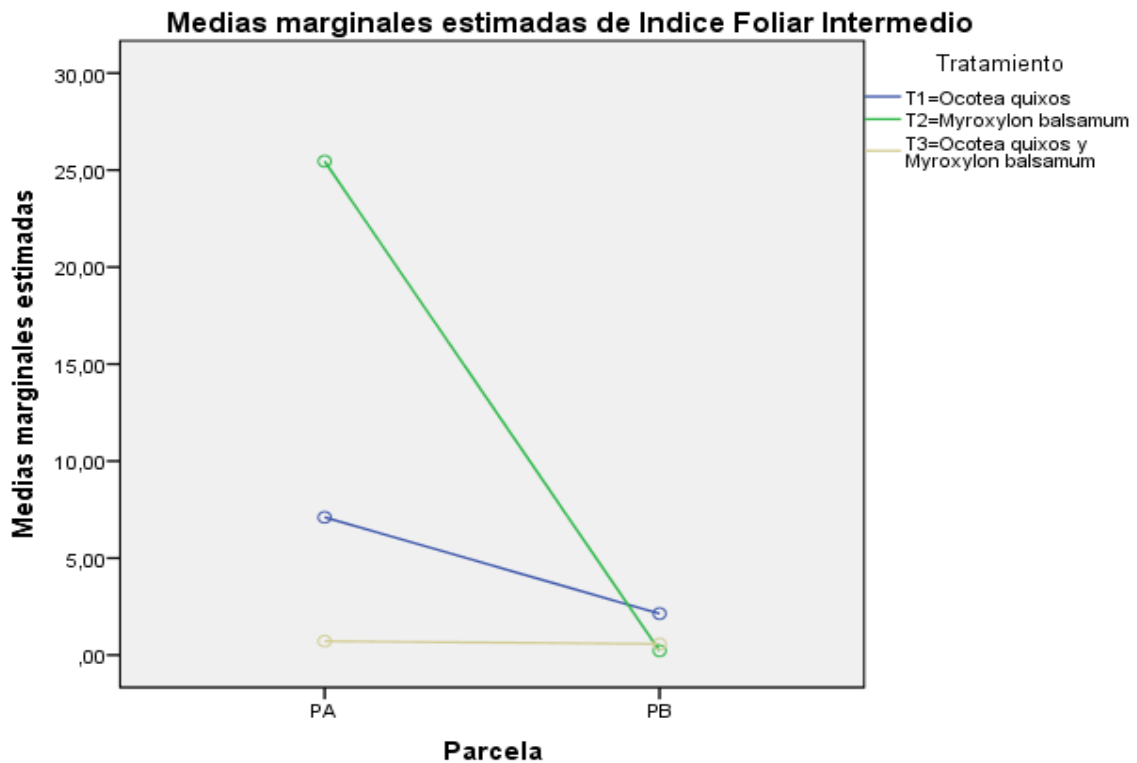


Gráfico 4. Medidas marginales estimadas del índice foliar intermedio en las parcelas Alta y Baja en los tratamiento T1 (*O. quixos*), T2 (*M. balsamun*), T3 (*O. quixos* y *M. balsamun*)

En el Gráfico 5 se muestra el Índice foliar intermedio de las especies *O. quixos* y *M. balsamun* en la parcela Alta y Baja. En cuanto a la parcela alta la especie *M. balsamun* obtuvo un promedio alto de 14,7cm² mayor promedio que *O. quixos* y en la parcela baja *M. balsamun* tuvo un bajo promedio de 0,4cm². En cuanto en la parcela alta la especie *O. quixos* tiene un promedio alto de 4cm² pero el mayor promedio obtuvo *M. balsamun* y en la parcela baja *O. quixos* con promedio de 1,9cm² con un promedio fue mayor que *M. balsamun* en parcela baja.

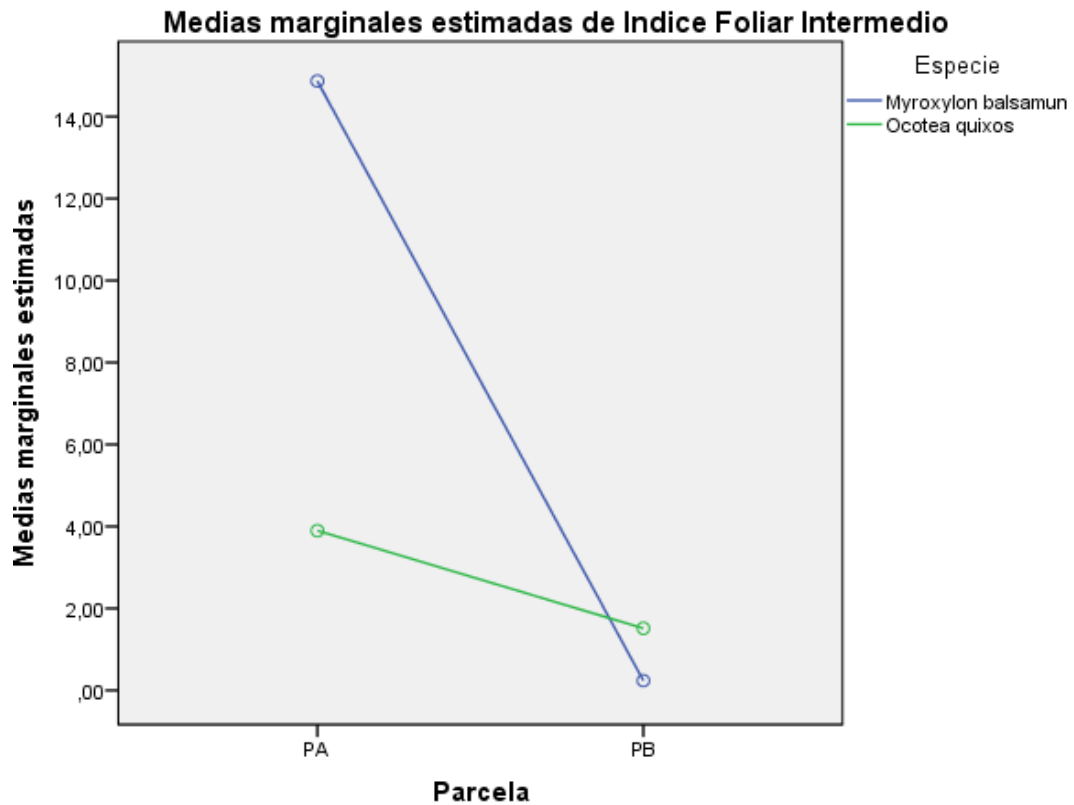


Gráfico 5. Medidas marginales estimadas de índice foliar intermedio de las especies *O. quixos* y *M. balsamum* en la parcela Alta y Baja.

En el Gráfico 6 se observan las medidas marginales estimadas del Índice foliar intermedio de las dos especies *M. balsamun* y *O. quixos*. con enmienda y sin enmienda: B1=Biocarbón manufacturado, B2= Biocarbón Tradicional, C=Control y F=fuera de rango los promedios fueron los siguientes resultados en las parcelas Alta y Baja de las dos especies fue en la especie *M. balsamun* se obtuvo el mayor promedio en F=25,3cm², en C=0,43cm², en B2=0,22cm² y se obtuvo el menor promedio en B1=0,12cm². Y en la especie *O. quixos* se obtuvo el mayor promedio en B1=6,21cm², en B²=3,11cm² en C=2,92cm² y se obtuvo el menor promedio en F=2,5cm².

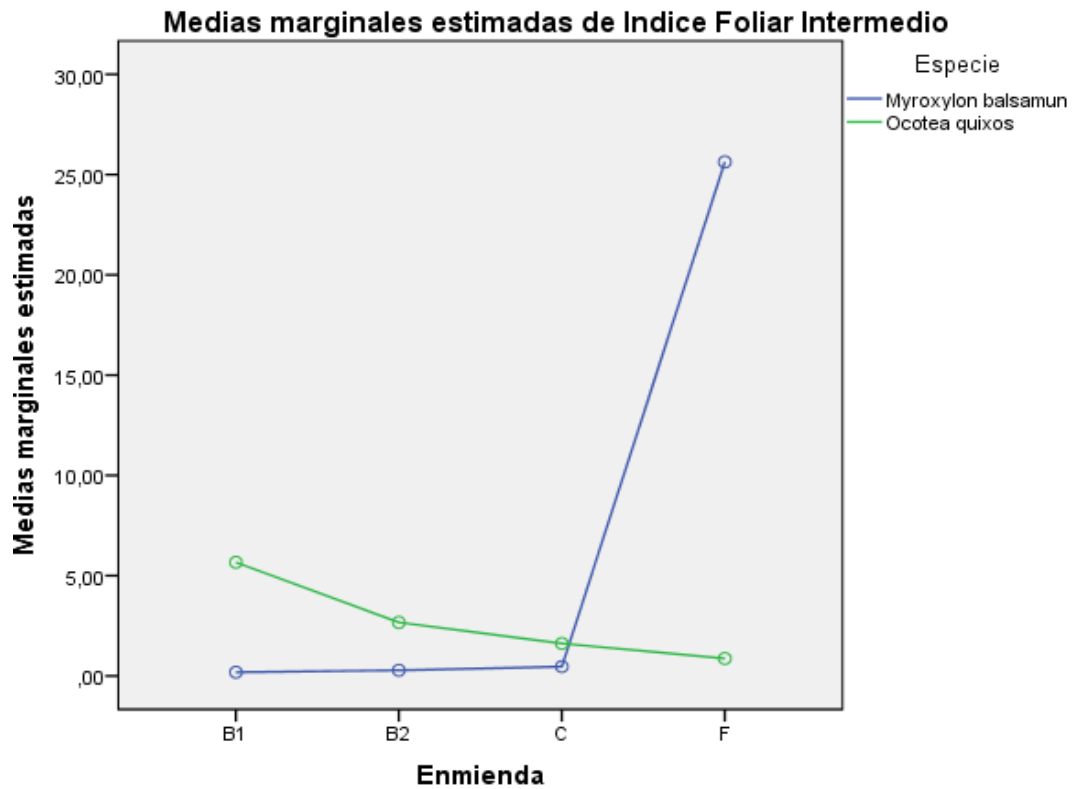


Gráfico 6. Medidas marginales estimadas del índice foliar intermedio de las dos especies *M. balsamun* y *O. quixos*. con enmienda y sin enmienda

1.11.3 Área basal

En la Tabla 11 representa las variables dependientes del área basal de las especies *Ocotea quixos* (canela amazónica) y *Myroxylon balsamun* (bálsamo) observando que las variables que son significativas de acuerdo al modelo; Parcela*Tratamiento*Enmienda*Especie, siendo las parcelas diferentes significativamente ($p=0,000$; $F=38$), al igual que las especies ($p=0,012$; $F=6$). Además, las interacciones dobles significativas fueron: las existentes entre parcela y especie ($p=0,006$; $F=8$), enmienda y especie ($p=0,01$; $F=4$).

Tabla 11. Variable dependiente del área basal de las parcelas Alta y Baja

Variable dependiente: Área Basal					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	6455531,75a	30	215184,392	5,439	0
Interceptación	3753231,07	1	3753231,07	94,859	0
Parcela	1514566,24	1	1514566,24	38,279	0
Tratamiento	75897,139	2	37948,57	0,959	0,384
Enmienda	203089,345	3	67696,448	1,711	0,164
Especie	254277,877	1	254277,877	6,427	0,012
Parcela * Tratamiento	147071,984	2	73535,992	1,859	0,157
Parcela * Enmienda	232872,886	3	77624,295	1,962	0,119
Parcela * Especie	300423,813	1	300423,813	7,593	0,006
Tratamiento * Enmienda	441038,85	6	73506,475	1,858	0,087
Tratamiento * Especie	0	0	.	.	.
Enmienda * Especie	452036,978	3	150678,993	3,808	0,01
Parcela * Tratamiento * Enmienda	374682,197	5	74936,439	1,894	0,094
Parcela * Tratamiento * Especie	0	0	.	.	.
Parcela * Enmienda * Especie	468952,871	2	234476,436	5,926	0,003
Tratamiento * Enmienda * Especie	0	0	.	.	.
Parcela * Tratamiento * Enmienda * Especie	0	0	.	.	.
Error	16578380,7	419	39566,541		
Total	30081146,8	450			
Total corregido	23033912,4	449			

Leyenda: $p \leq 0,05$ y $p \geq 0,000$

En el Gráfico 7 representa las medidas marginales estimadas de los tres tratamientos T1= *O. quixos*, T2= *M. balsamun* y T3= *O. quixos* y *M. balsamun* en las parcelas Alta y Baja. En la parcela alta el área basal tiene un promedio mayor en el T2=230cm², un promedio medio en el T3=210cm² y un promedio bajo en el T1=140cm² los resultados obtenidos del área basal en la parcela baja con un promedio mayor en el T2=51cm², un promedio medio en el T1=45cm² y un promedio bajo en el T3=43cm² de los resultados esperados.

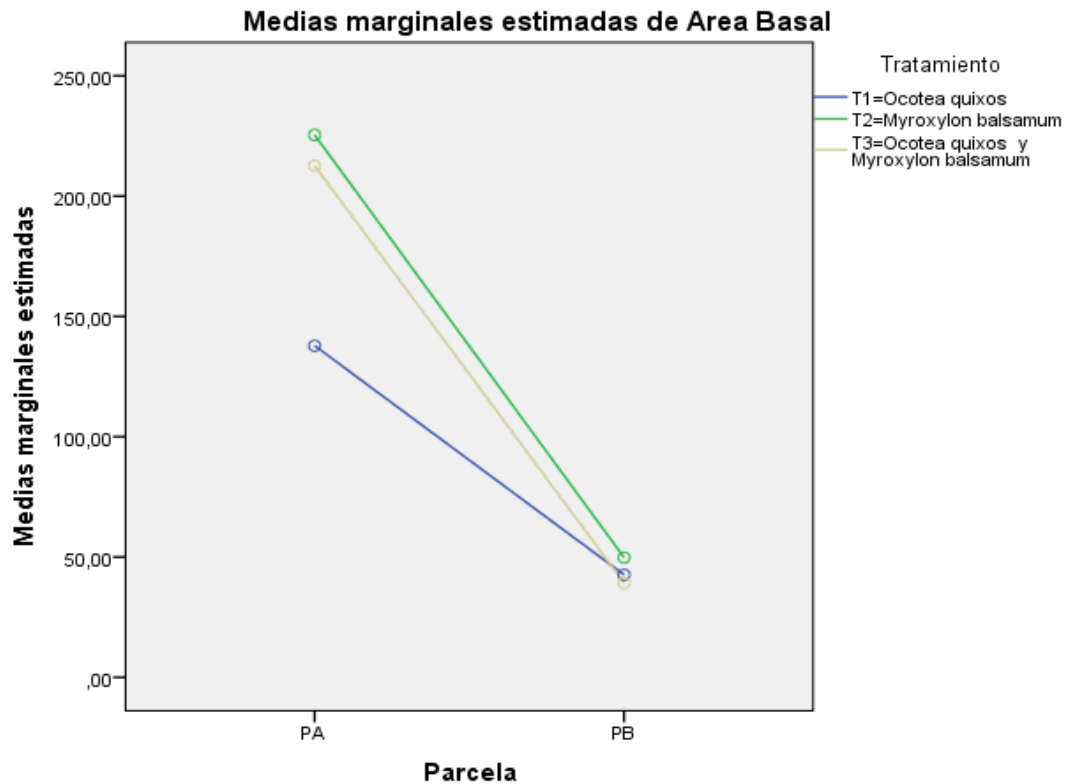


Gráfico 7. Medidas marginales estimadas de los tres tratamientos T1= O. quixos, T2= M. balsamun y T3= O. quixos y M. balsamun en las parcelas Alta y Baja

En el Gráfico 8 muestra las medidas estimadas marginales de área basal con enmiendas utilizadas: B1=Biocarbón manufacturado, B2= Biocarbón Tradicional, C=Control y F=fuera de rango, tanto en la parcela Alta como en la parcela Baja. Demuestra que en la parcela coinciden las enmiendas B2 con B1 y los valores de área basal son mayores que los valores de área basal de la parcela baja, en la parcela baja los valores que coinciden son con las enmiendas F y B2. En la parcela alta se obtuvo los siguientes resultados con mayor promedio $F=280\text{cm}^2$, $C=180\text{cm}^2$, $B2=150\text{cm}^2$ y con menor promedio el $B1=150\text{cm}^2$ y los resultados de la parcela baja con mayor promedio $C=75\text{cm}^2$, $F=50\text{cm}^2$, $B2=50\text{cm}^2$ y con menor promedio $B1=45\text{cm}^2$ de los resultados esperados.

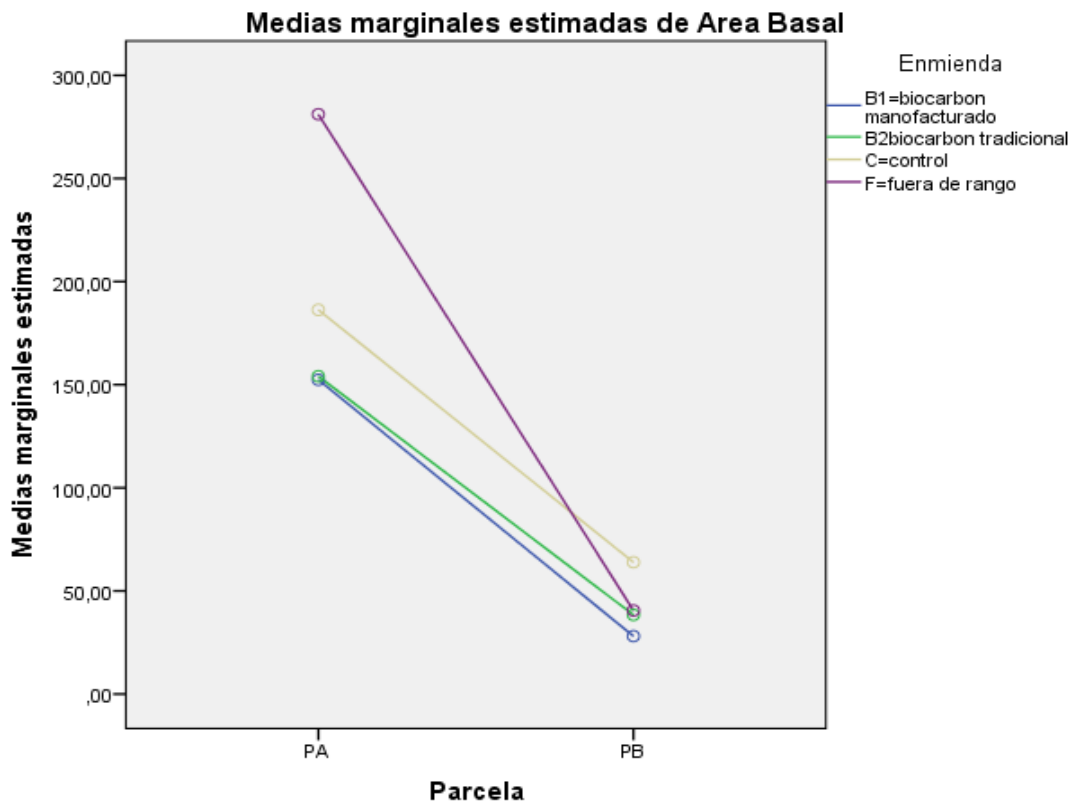


Gráfico 8. Medidas estimadas marginales de área basal con enmiendas utilizadas: B1=Biocarbón manufacturado, B2= Biocarbón Tradicional, C=Control y F=fuera de rango, tanto en la parcela Alta como en la parcela Baja

En el Gráfico 9 muestra las medidas estimadas marginales de área basal en la parcela Alta y Baja en las especies involucradas *Ocotea quixos* y *Myroxylon balsamun* en el estudio. Las medidas del área basal determinadas se ve reflejado que en la parcela alta la especie *M. balsamun* tiene un con un promedio mayor de 270cm^2 y en la especie *O. quixos* un promedio bajo de 130cm^2 y en la parcela baja existe una coincidencia de las medidas del área basal en la parcela baja la especie *M. balsamun* con un promedio de $50,3\text{cm}^2$ casi similar a la especie *O. quixos* con un promedio de 50cm^2 de los resultados esperados.

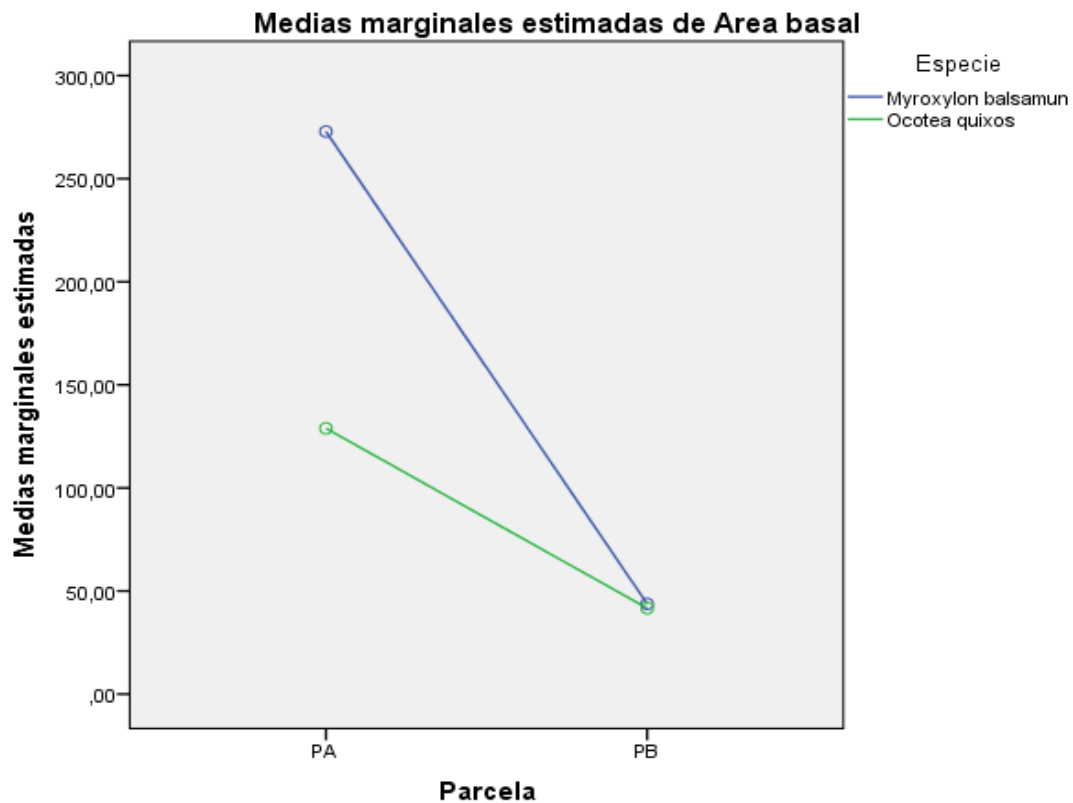


Gráfico 9. Medidas estimadas marginales de área basal en la parcela Alta y Baja en las especies involucradas *O. quixos* y *M. balsamum*.

En el Gráfico 10 muestra las medidas marginales de área basal y la respectiva enmienda utilizada: B1=Biocarbón manufacturado, B2= Biocarbón Tradicional, C=Control y F=fuera de rango en las especies involucradas *O. quixos* y *M. balsamum* de las parcelas Alta y Baja. Se puede apreciar que los valores del área basal son los mismos con la enmienda B2= biocarbón tradicional y la mayor diferencia existe en las enmiendas con F=fuera de rango que *M. balsamum* presenta una mayor cantidad en valores de área basal y *O. quixos* sus valores son menores la curva tiende a bajar. En la especie *M. balsamum* tiene un promedio mayor en F=260cm², en C=165cm², en B2=97cm² y un promedio bajo en B1=95cm² en cambio en la especie *O. quixos* tiene un promedio mayor en B1=98 cm², en B2=97cm², en C=97,1cm² y un promedio bajo en F=80 cm² de los resultados esperados.

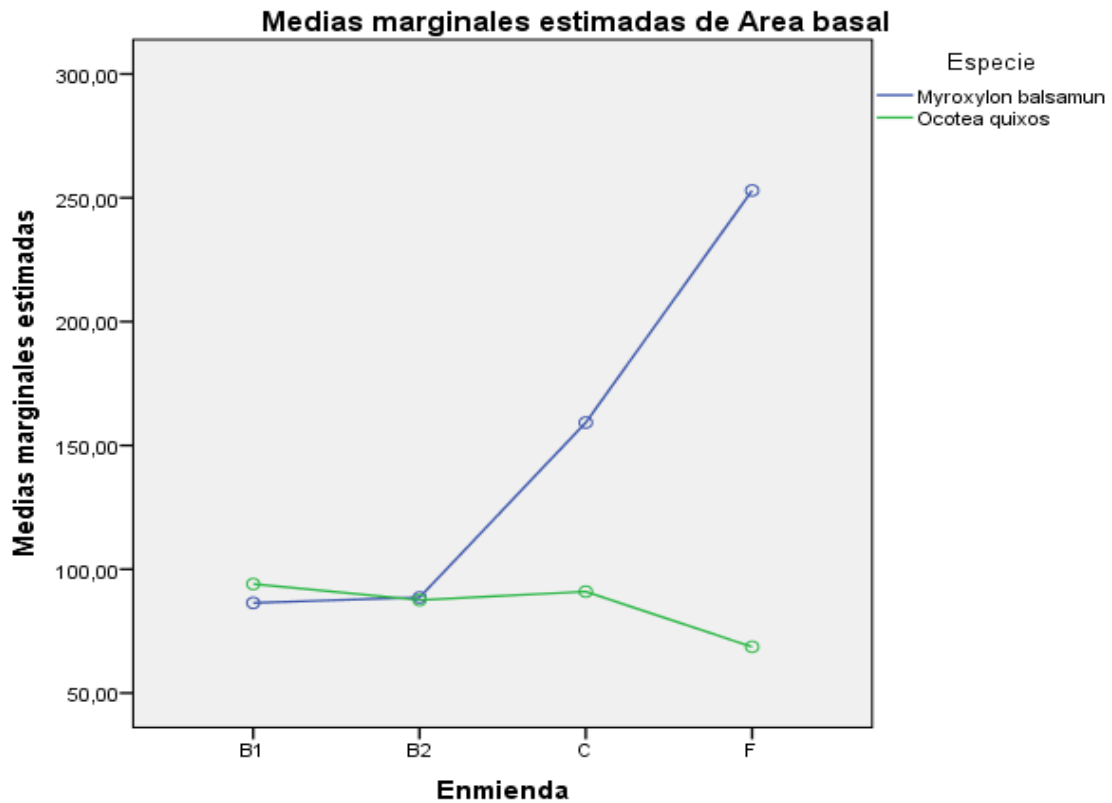


Gráfico 10. Muestra las medidas marginales de área basal y la respectiva enmienda utilizada: B1=Biocarbón manufacturado, B2= Biocarbón Tradicional, C=Control y F=fuera de rango en las especies involucradas *O. quixos* y *M. balsamum* de las parcelas Alta y Baja.

1.11.4 Secuestro de carbono

En la Tabla 12 se observa el secuestro de carbono de las especies *Ocotea quixos* (canela amazónica) y *Myroxylon balsamun* (bálsamo) observando que las variables que son significativas de acuerdo al modelo; Parcela*Tratamiento*Enmienda*Especie, siendo las parcelas diferentes significativamente ($p=0,000$; $F=17$), al igual que las especies ($p=0,002$; $F=10$). Además, las interacciones dobles significativas fueron: las existentes entre parcela y especie ($p=0,004$; $F=9$).

Tabla 12. Variables dependientes: Secuestro de Carbono en las parcelas Alta y Baja

Variable dependiente: Secuestro de Carbono					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	398084,539a	31	12841,437	4,694	0
Interceptación	12960,602	1	12960,602	4,738	0,03
Parcela	47471,549	1	47471,549	17,354	0
Tratamiento	1813,354	2	906,677	0,331	0,718
Enmienda	10850,177	3	3616,726	1,322	0,267
Especie	26028,115	1	26028,115	9,515	0,002
Parcela * Tratamiento	2759,417	2	1379,709	0,504	0,604
Parcela * Enmienda	16246,046	3	5415,349	1,98	0,116
Parcela * Especie	23291,732	1	23291,732	8,515	0,004
Tratamiento * Enmienda	16476,249	6	2746,041	1,004	0,422
Tratamiento * Especie	0	0	.	.	.
Enmienda * Especie	11327,205	3	3775,735	1,38	0,248
Parcela * Tratamiento * Enmienda	13954,057	5	2790,811	1,02	0,405
Parcela * Tratamiento * Especie	0	0	.	.	.
Parcela * Enmienda * Especie	14948,181	2	7474,091	2,732	0,066
Tratamiento * Enmienda * Especie	0	0	.	.	.
Parcela * Tratamiento * Enmienda * Especie	0	0	.	.	.
Error	1146153,22	419	2735,449		
Total	1797353,6	451			
Total corregido	1544237,76	450			

Leyenda: $p \leq 0,05$ y $p \geq 0,000$

En el Gráfico 11 muestra las medidas marginales estimados de secuestro de carbono de los tres tratamientos T1 (*O. quixos*), T2 (*M. balsamum*), T3 (*O. quixos* y *M. balsamum*) de la parcela Alta y Baja. En la parcela alta: el T2=53 tC Ha-1(tonelada de carbón por hectárea) es la especie que mayor cantidad tiene en secuestro de carbono, seguido por T3=38 tC Ha-1(tonelada de carbón por hectárea) con un valor medio y por ultimo T1=10 tC Ha-1(tonelada de carbón por hectárea) con menor cantidad de secuestro de carbono. En cambio, en la parcela baja los valores son uniformes o no varían mucho en el T3=9,5 tC Ha-1(tonelada de carbón por hectárea) es el menor valor, seguido por T1=9,8 tC Ha-1(tonelada de carbón por hectárea) con un valor intermedio y el tratamiento que presenta mayor secuestro de carbono es T2=10 tC Ha-1(tonelada de carbón por hectárea) de los resultados esperados.

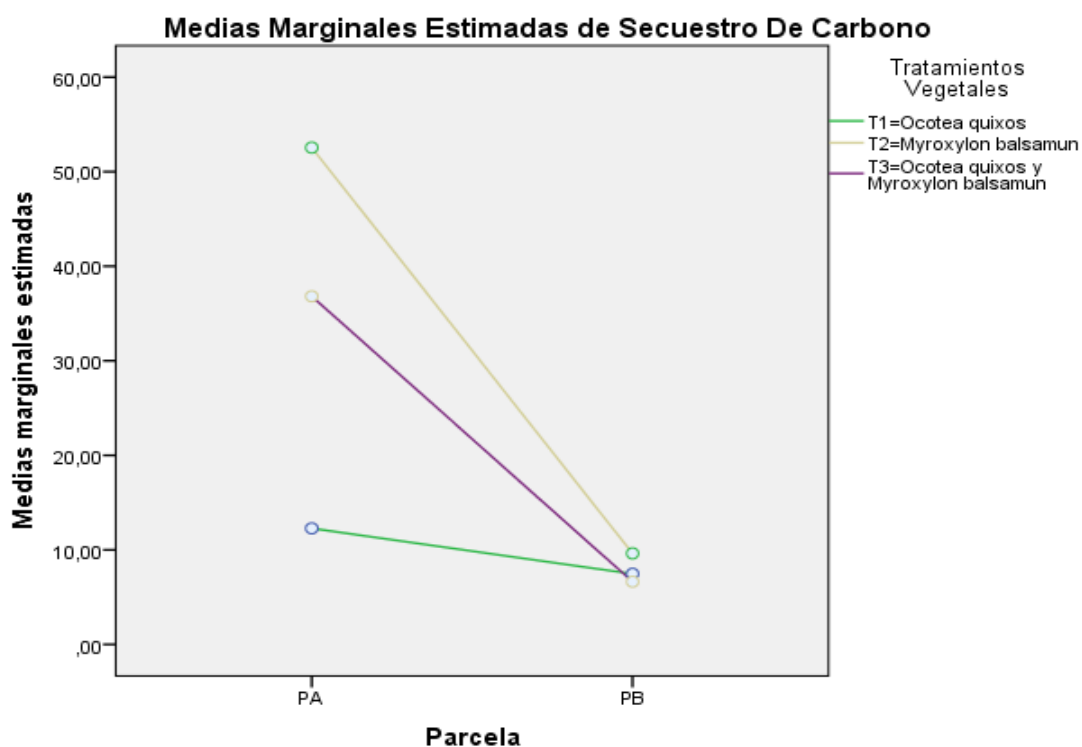


Gráfico 11. Medidas marginales estimados de secuestro de carbono de los tres tratamientos T1 (*O. quixos*), T2 (*M. balsamum*), T3 (*O. quixos* y *M. balsamum*) de la parcela Alta y Baja.

En el Gráfico 12 muestra las medidas marginales estimados de secuestro de carbono con las enmiendas utilizadas en el experimento B1=Biocarbón manufacturado, B2= Biocarbón Tradicional, C=Control y F=fuera de rango en las parcelas Alta y Baja. Muestra que en la parcela alta: F=49 tC Ha-1(tonelada de carbón por hectárea) tiene mayor cantidad de secuestro de carbón, seguido por C=38 tC Ha-1(tonelada de carbón por hectárea), a continuación con un valor menores B1=26 tC Ha-1(tonelada de carbón por hectárea) y B2=19 tC Ha-1(tonelada de carbón por hectárea) con los valores más altos de secuestros de carbono, en cambio en la parcela baja muestra valores parecidos o no varían mucho teniendo valores bajos en comparación a la parcela Alta en el promedios mayores C=12 tC Ha-1(tonelada de carbón por hectárea) y B2=7 tC Ha-1(tonelada de carbón por hectárea) promedios bajos B1=5,7 y tC Ha-1(tonelada de carbón por hectárea) F=5,4 tC Ha-1(tonelada de carbón por hectárea) de los resultados esperados.

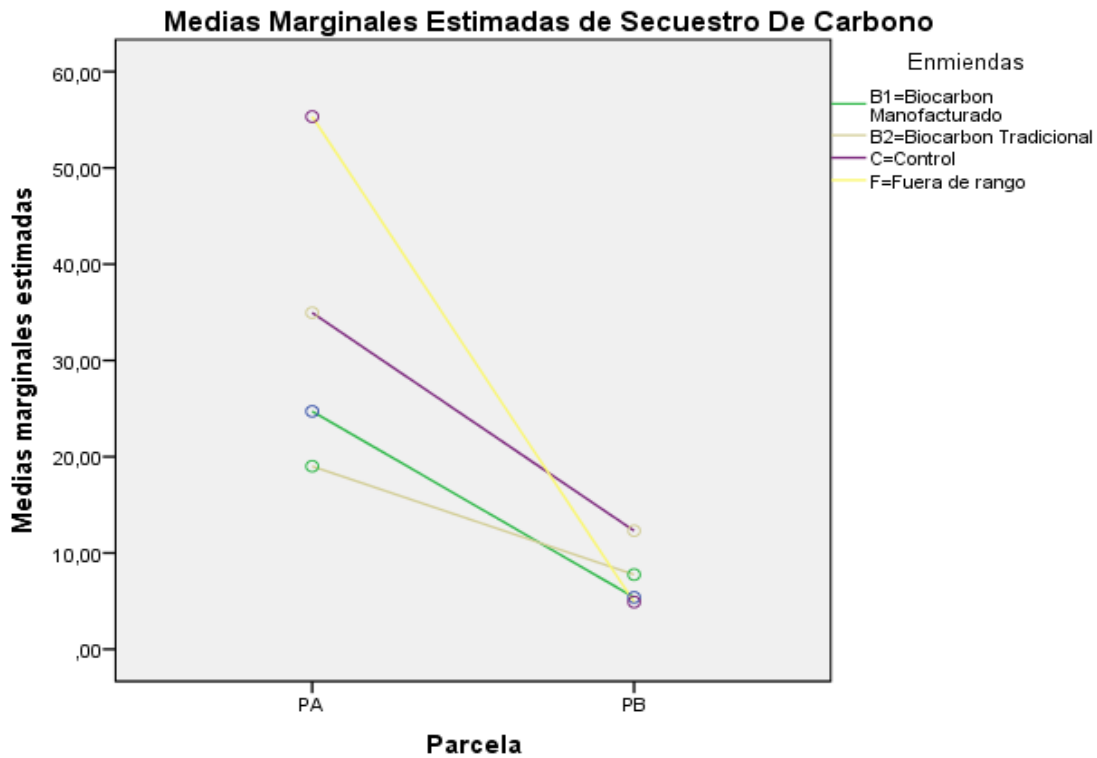


Gráfico 12. Medidas marginales estimados de secuestro de carbono con las enmiendas utilizadas en el experimento B1=Biocarbón manufacturado, B2= Biocarbón Tradicional, C=Control y F=fuera de rango en las parcelas Alta y Baja

En el Gráfico 13 se muestra las medidas marginales de secuestro de carbono a nivel de las especies involucradas en el estudio *M. balsamun* y *O. quixos* en las parcelas Alta y Baja. En la parcela alta la especie *M. balsamun* tiene un promedio mayor de 61 tC Ha-1 (tonelada de carbón por hectárea) y la medida menor es de la especie *O. quixos* con un promedio de 12 tC Ha-1 (tonelada de carbón por hectárea). En la parcela baja casi los números son similares, la especie *M. balsamun* con un promedio de 11 tC Ha-1 (tonelada de carbón por hectárea) y la especie *O. quixos* con un promedio de 9 tC Ha-1 (tonelada de carbón por hectárea) de los resultados esperados. Especie con mayor medida en el presente estudio en secuestro de carbón es *Myroxylon balsamun* con enmienda B1=20 tC Ha-1 (tonelada de carbón por hectárea). B2=18 tC Ha-1 (tonelada de carbón por hectárea). Quiere decir que de acuerdo al cuadro de ordenación forestal y agrosilvicultura para reducir el dióxido de carbono atmosférico se encuentra dentro de la alternativa que se refiere a las Prácticas silvícolas en latitudes templadas según (Vélez, 2001). y analizando estos resultados dentro

del cuadro Hacia un Programa Nacional de Captura de Carbono y Desarrollo Agro-forestal se encuentra dentro del tipo de manejo Establecimiento de cercas vivas (Tipper, 1996).

En la especie *Ocotea quixos* con las medidas no enmendadas C=40 tC Ha-1(tonelada de carbón por hectárea), F=53 tC Ha-1(tonelada de carbón por hectárea). Ha-1 de acuerdo al cuadro de ordenación forestal y agrosilvicultura para reducir el dióxido de carbono atmosférico se encuentra dentro del margen reforestación en zonas templadas (Vélez, 2001). Y analizando estos resultados dentro del cuadro Hacia un Programa Nacional de Captura de Carbono y Desarrollo Agro-forestal se encuentra dentro del tipo de manejo Conservación y mejoramiento de suelos (Tipper, 1996).

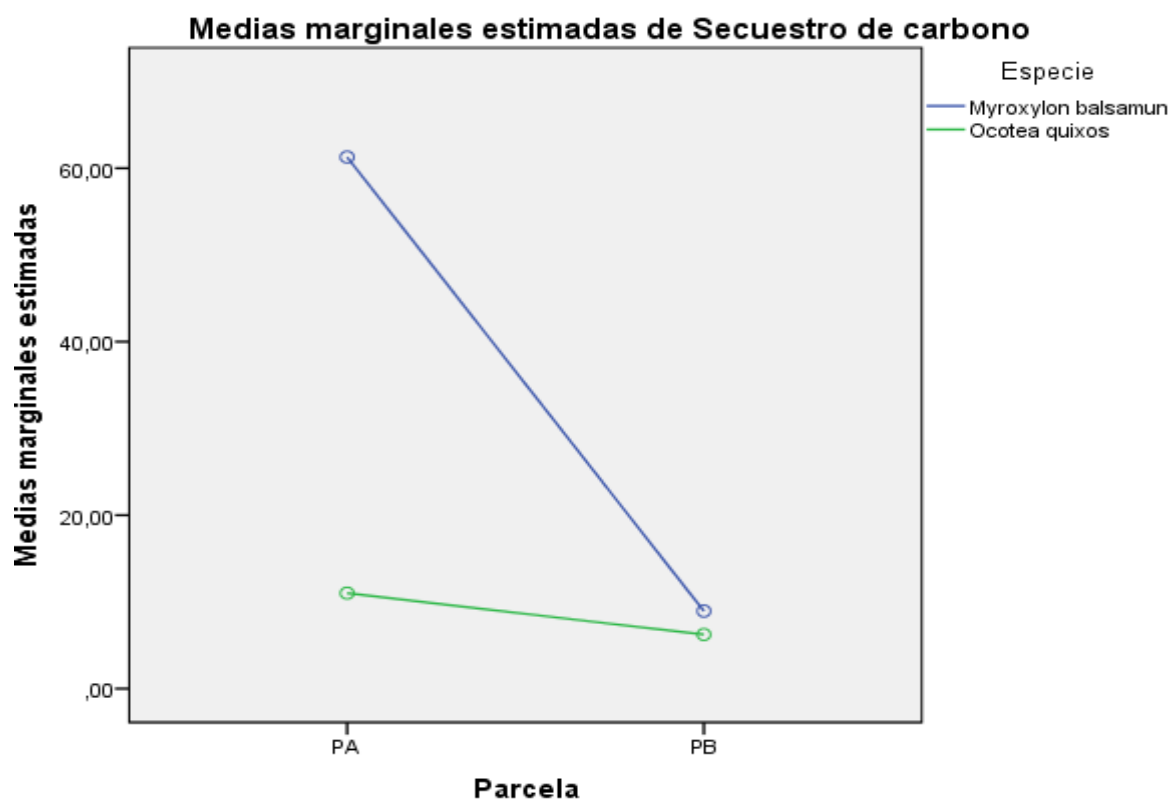


Gráfico 13. Medidas marginales de secuestro de carbono a nivel de las especies involucradas en el estudio *M. balsamun* y *O. quixos* en las parcelas Alta y Baja.

En el Gráfico 14 muestra las medidas marginales de secuestro de carbono de las especies involucradas *M. balsamun* y *O. quixos* con sus respectivas enmiendas utilizadas B1=biocarbón manufacturado, B2=biocarbón tradicional, C=control y F=fuera de rango en las parcelas Alta y Baja.

La especie con mayor medida en el secuestro de carbón es *M. balsamun* con mayor promedio es B1=20 tC Ha-1 (tonelada de carbón por hectárea) y B2=18 tC Ha-1, con promedios bajos C=40 tC Ha-1 (tonelada de carbón por hectárea) y F=53 tC Ha-1 (tonelada de carbón por hectárea) y la que tiene menor medida es *O. quixos* con mayor promedio B1=10 tC Ha-1 (tonelada de carbón por hectárea) y B2=9 tC Ha-1 (tonelada de carbón por hectárea) y con menor promedio C=8,8 tC Ha-1 (tonelada de carbón por hectárea) y F=8,5 tC Ha-1 (tonelada de carbón por hectárea). Disminuye su curva en la gráfica de los resultados esperados.

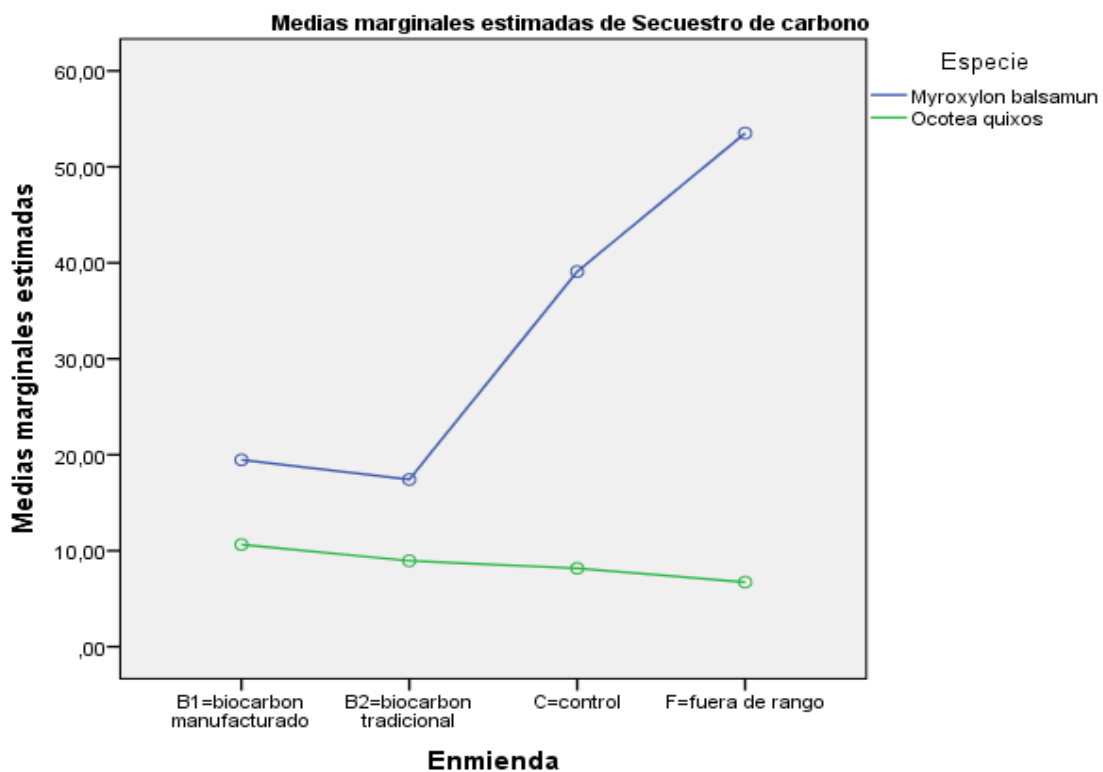


Gráfico 14. Medidas marginales de secuestro de carbono de las especies involucradas *M. balsamun* y *O. quixos* con sus respectivas enmiendas utilizadas B1=biocarbón manufacturado, B2=biocarbón tradicional, C=control y F=fuera de rango en las parcelas Alta y Baja.

CAPITULO V

1.12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.12.1 CONCLUSIONES

- De acuerdo a los análisis realizados se encontró el siguiente resultado en la especie *M. balsamun* su crecimiento (área basal y altura) empieza a aumentar en los lugares enmendados con biocarbón manufacturado y biocarbón tradicional, en cuanto a los sitios no enmendados su crecimiento incrementa drásticamente. En la especie *O. quixos* su incremento aumenta en lugares enmendados con biocarbón manufacturado y biocarbón tradicional empieza a decrecer a partir de los lugares que no están enmendados con biocarbón. En cuanto al índice foliar en la especie *O. quixos* su crecimiento disminuye en lugares enmendados y sus valores bajan en lugares no enmendados con biocarbón. En la especie *M. balsamun* sus valores empiezan a incrementar en los lugares enmendados con biocarbón tradicional y manufacturado, a partir de lugares no enmendados disminuye.
- En cuanto al secuestro de carbono en la especie *M. balsamun* en la parcela alta la medida es mayor en la captación de secuestro de carbón con 61 tC Ha-1 (toneladas de carbono por hectárea), mientras que en la parcela baja su medida es muy baja con 11 tC Ha-1 (toneladas de carbono por hectárea) En la especie *O. quixos* las medidas de secuestro de carbón en la parcela alta es media baja con 12 tC Ha-1 (toneladas de carbono por hectárea), y en la parcela baja su medida es muy baja con 9 Tc Ha-1 (toneladas de carbono por hectárea).

1.12.2 RECOMENDACIONES

- Se podría realizar los estudios en suelos más alterados del CIPCA o de la provincia de Pastaza para observar como el cultivo o la especie maderable va mejorando con la aplicación de biocarbón.
- Dar mantenimiento continuo en limpiar las hiervas que están alrededor de las especies en las parcelas alta y baja para evitar que éstas (hiervas) al estar presentes le quitan nutrientes a las especies involucradas y no permitan que crezca normalmente y esto establecería un margen de error para los resultados deseados.

CAPÍTULO VI

1.13 BIBLIOGRAFÍA

- Abenza, D. (2012). Evaluación de efectos de varios tipos de biochar en suelo y planta. (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de Barcelona, Cerdanyola del Vallés.
- Agegehu, G., Srivastava, A. K., & Bird, M. I. (2017). The role of biochar and biochar-compost in improving soil quality and crop performance: A review. *Applied soil ecology*, *119*, 156-170.
- Aguilera, D. S., Sánchez, L. D. R. F., Gil, M. D. J. A., Guevara, D. P. S., & Poma, J. P. P. (2017). Los saberes ancestrales en el desarrollo local. Las larvas de *Rhynchophorus palmarum* L. Como recurso alimentario de los pueblos amazónicos. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, *6*(1), 35-44.
- Agurto Arias, J. G. (2016). *Caracterización del desarrollo de dos especies Amazónicas *Ocotea quixos* y *myrxylon balsamun* como un aporte a la reducción de dióxido de carbono atmosférico* (Bachelor's thesis, Universidad Estatal Amazónica).
- Barreto Silva, J.S., Ramírez Echeverry, S., Peña. M.A., Capachero, C., Barbosa, A.P., Panev, M., Fernando, Phillips, J.F., Moreno, L.M. (2018). *Manual de Camp Inventario Forestal Nacional Colombia. Instituto de Hidro-logía, Meteorología y Estudios Ambientales. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia: IDEAM.*
- Bailey, V. L., Fansler, S. J., Smith, J. L., & Bolton Jr, H. (2011). Reconciling apparent variability in effects of biochar amendment on soil enzyme activities by assay optimization. *Soil Biology and Biochemistry*, *43*(2), 296-301.
- Borja, M. O., Aragón-Osejo, J., & Josse, C. (2017). EJE-02-03 Bosques de la Región Amazónica Ecuatoriana: ¿Qué nos dicen las cifras de deforestación de los últimos 15 años?. *Memorias Universidad del Azuay*, (XVI), 63-76.
- Casilla Hanco, R., Estrada Quispe, L. (2017). *“Evaluación de la Regeneración Natural de nueve especies maderables en un bosque con manejo, Provincia de Tahuamanu, Región Madre De Dios, Peru, 2016”* (Tesis pregrado). Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú.
- Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica. (2019). ¿Quiénes somos?. Recuperado de https://www.uea.edu.ec/?page_id=2376

- Cernansky, R. (2015). Agriculture: State-of-the-art soil. *Nature News*, 517(7534), 258..
<https://doi.org/10.1038/517258a>
- Collahuazo, P. (2012). Plan de manejo de la especie Ishpink *Ocotea quixos* (Lam) Kostern en la comunidad Jimiaraentsa. Macas: GEF.
- Esquivel-Segura, E. A. (2014). *Evaluación de la Sustentabilidad de Plantaciones Dendroenergéticas en la Región Biobío Chile* (Tesis doctoral). Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2001. *Agroforestería para la producción animal en América Latina - II: memorias de la segunda conferencia electrónica. Secuestro de Carbono en bosques, su papel en el ciclo global.* Disponible en:
<http://www.fao.org/docrep/006/y4435s/y4435s09.htm#bm09.1>
- Flor Olivo, H. I., & Parra Pedraza, M. J. (2017). *Estandarización fotoquímica de extractos hidroalcohólicos de Ishpingo, Ocotea quixos* (Lam.) Kostern. (Tesis pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- González, S. D. P., García, J. D. R., & Hernández, J. F. C. (2019). Crecimiento y desarrollo inicial de semillas hortícolas sembradas en mezclas de suelo con bio-carbón. *MAGISTRA*, 30, 259-267.
- Iglesias-Abad, S. F. (2018). *Aplicación de Biochar a partir de biomasa residual de Eucalipto para evaluar la productividad con maíz en el austro ecuatoriano.* (Tesis de posgrado). Universidad Nacional Agraria de molia, Lima, Perú.
- Indacochea, B., Parrales, J., Hernández, A., Castro, C., Vera, M., Zhindón, A., & Gabriel, J. (2018). Evaluación de medios de cultivo in vitro para especies forestales nativas en peligro de extinción en Ecuador. *Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas*, 42(1), 63-89.
- Intagri. 2016. El Índice de Área Foliar (IAF) y su Relación con el Rendimiento del Cultivo de Maíz. Intagri. Gto. México. 3p. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf>
- Lefebvre, D., Román Dañobeytia, F., Soete, J., Cabanillas, F., Corvera, R., Ascorra, C., Fernandez, L., Silman, M. (2019). Article Biochar Effects on Two Tropical Tree Species and Its Potential as a Tool for Reforestation. *Forests*, 10(8), 678.
- Limongi, R. (2012). Catálogo del banco de germoplasma de bálsamo. Programa Nacional de Forestería. Estación Experimental Litoral Sur, Ecuador. INIAP. p. 8

- Meneses, C., & Maribel, C. (2019). *La pobreza como determinante del consumo de leña para cocinar y su efecto en la deforestación de los bosques del Ecuador entre 1982-2017* (Master's thesis, Quito, Ecuador: Flacso Ecuador).
- Mena, C. F. (2010). Deforestación en el Norte de la Amazonía Ecuatoriana: del patrón al proceso. *Polémika*, 2(5).
- Hassler M. (2019). World Plants: Synonymic Checklists of the Vascular Plants of the World (version Nov 2018). In: Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2019 Annual Checklist (Roskov Y., Ower G., Orrell T., Nicolson D., Bailly N., Kirk P.M., Bourgoin T., DeWalt R.E., Decock W., Nieukerken E. van, Zarucchi J., Penev L., eds.). Digital resource at www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands. ISSN 2405-884X.
- Oliveira, F.R., Patel, A.K., Jaisi, D.P., Adhikari, S., Lu, H. & Khanal, S.K. (2017). Environmental application of biochar: Current status and perspectives. *Bioresource Technology*. s.v (s.n). s.p. doi: 10.1016/j.biortech.2017.08.122
- Paucar Montero, T. (2016). “Coeficiente de aserrío y productividad de tablillas para pisos de las especies *Myroxylon balsamun* Harms (Fabaceae) y *Aspidosperma macrocarpon* (Apocynaceae), Mazamari -Satipo”. (Tesis pregrado). Universidad Nacional del Centro de Perú, Huancayo, Perú.
- Quilliam, R. S., Glanville, H. C., Wade, S. C., & Jones, D. L. (2013). Life in the ‘charosphere’– Does biochar in agricultural soil provide a significant habitat for microorganisms?. *Soil Biology and Biochemistry*. 65, 287-293.
- Stadler-Kaulich, N., & Hernando Perteguer, A. (2018). El Biocarbón Activado y la Madera Rameal Fragmentada: utilización y preparación en Mollesnejta. *Acta Nova*, 8(4), 572-592.
- Reyes-Pozo, J. L., León Sánchez, M. A., & Herrero Echeverría, G. (2019). Influencia de la fertilización mineral sobre la retención de carbono en una plantación de pino. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(51), 4-22. <https://dx.doi.org/10.29298/rmcf.v10i51.147>
- Reyes-Moreno, G. (2018). *Aprovechamiento de residuos forestales en forma de biocarbón como alternativa agroecológica para la producción de madera de calidad de *Acacia mangium* Willd*, (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

- Ríos, Guayasamín. P. (2013). Los sistemas silvícolas-industriales como un aporte multifuncional a la economía verde en la producción amazónica (SSIEV): FASE 1, establecimiento de parcela de productos no maderables y medición de carbono microbiano del suelo (SSIEV-1). Pp 0-31.
- Rodriguez Mora, Y. M. (2019). *Efectos del Biocarbón en el crecimiento de Ocotea Quixos (Lam) Kosterm Y Myroxylon Balsamum (L.) Harsm, En Áreas de Restauración* (Bachelor's thesis, Universidad Estatal Amazónica).
- Schmidt, HP., Taylor, P. (2014). Kon-Tiki flame cap pyrolysis for the democratization of biochar production, Ithaka-Journal for biochar materials, ecosystems and agriculture (IJ-bea), Arbaz, Switzerland, ISSN 1663-0521, 338 -348. Recuperado de <https://www.ithaka-journal.net/86>
- Silva-Jaramillo, L. K. (2015). *“Determinación de parámetros físicos de dos tipos de suelo en parcelas silvícolas industriales del centro de investigación, posgrado y conservación amazónica (CIPCA)”*(Proyecto de pregrado), Universidad Estatal Amazónica, Pastaza, Ecuador.
- Tan, Z., Lin, C.S., Ji, X. and Rainey, T.J., (2017). Returning biochar to fields: A review. *Applied Soil Ecology*, 116, 1-11.
- Tipper, R. 1996. Hacia un Programa Nacional de Captura de Carbono y Desarrollo Agroforestal. *Documento de Trabajo Versión 1*.
- Tropico. 2019. *Ocotea quixos (Lam) Kosterm* Retrieved from <https://www.tropicos.org/Name/17805788>.
- Tropico. 2019. *Myroxylon balsamun (L.) Harms.* Retrieved from <http://www.tropicos.org/Name/13003351>.
- Tenesaca Martinez, S. I. (2019). Determinación de la dosis optima de biocarbón como enmienda edáfica en el cultivo de banano (musa x paradisiaca) clon williams.
- Tobar, R. L., Mite, R. B., Solano, E., Pinargote, C. B., Neill, D. A., & Torres, B. (2018). Ecuaciones alométricas para estimar tasas de crecimiento de *Myroxylon balsamum*, *Minguartia guianensis* y *Otoba parvifolia* en la Amazonía ecuatoriana. *Revista Ciencia y Tecnología*, 11(1), 11-18.
- Valarezo, C., Villamagua, M. A., Mora, R. M., Maza, H., Wilcke, W., & Nieto, C. (2016). Respuesta del pachaco (*Schizolobium parahybum* Vell. Conc) y la melina (*Gmelina arborea* Roxb.) a la aplicación de biocarbón y fertilización en el sur de la amazonia ecuatoriana. *Bosques Latitud Cero*, 6(1).

- Vélez, V. H. G., & Arango, G. J. L. (2001). Metodología para la cuantificación de existencias y flujo de carbono en plantaciones forestales. *In Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia-Chile.*
- Villalta-Valle, V. A., Orteg-Rivera, E. J. (2018). “*Diferencia de parámetros Físico-Químico de suelo en el proceso de restauración por enmiendas de Biochar*” (Proyecto pregrado). Universidad Estatal Amazónica, Pastaza, Ecuador.

CAPÍTULO VII

1.14 ANEXOS

Anexo 1. Medición DAP (Diámetro altura al pecho), diámetro menor y mayor de la planta, AB (Área basal), circunferencia basal, altura de la planta.

