



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención
del título de Ingeniero Forestal**

**CONSTRUCCIÓN DE MODELOS ALOMÉTRICOS PARA ESTIMACIÓN DE
CONTENIDO DE CARBONO EN PLANTACIONES DE NOGAL (*Junglas neotropica*)
CON Y SIN ASOCIO DE CAFÉ (*Coffea sp.*), CANTÓN PIMAMPIRO**

AUTOR

Edwin Andrés Oyos Proaño

DIRECTOR

Ing. Jorge Luis Ramírez López M.Sc.

IBARRA – ECUADOR

2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**“CONSTRUCCIÓN DE MODELOS ALOMÉTRICOS PARA ESTIMACIÓN DE
CONTENIDO DE CARBONO EN PLANTACIONES DE NOGAL (*Junglas neotropica*)
CON Y SIN ASOCIO DE CAFÉ (*Coffea sp.*), CANTÓN PIMAMPIRO”**

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza la presentación
como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADO

Ing. Jorge Luis Ramírez López M.Sc.
Director de trabajo de titulación

Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, Mgs.
Tribunal de trabajo de titulación

Ing. Eduardo Jaime Chagna Avila, Mgs.
Tribunal de trabajo de titulación

Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez, Mgs.
Tribunal de trabajo de titulación

gs.
gs.
gs.

Ibarra - Ecuador

2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	172344217-2	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Oyos Proaño Edwin Andrés	
DIRECCIÓN:		Av, 17 de julio sn y Panamericana Norte, El Olivo	
EMAIL:		eaoyosp@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0984119608

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	CONSTRUCCIÓN DE MODELOS ALOMÉTRICOS PARA ESTIMACIÓN DE CONTENIDO DE CARBONO EN PLANTACIONES DE NOGAL (<i>Junglas neotropica</i>) CON Y SIN ASOCIO DE CAFÉ (<i>Coffea sp.</i>), CANTÓN PIMAMPIRO
AUTOR:	Oyos Proaño Edwin Andrés
FECHA: DD/MM/AAAA	23 de julio de 2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO

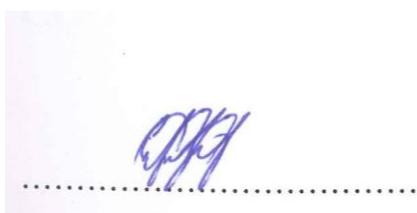
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Forestal
ASESORES /DIRECTOR:	Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, Mgs, Ing. Eduardo Jaime Chagna Avila, Mgs. Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez, Mgs. Ing. Jorge Luis Ramírez López M.Sc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes de julio de 2019

EL AUTOR:



Edwin Andrés Oyos Proaño



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DEL AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Edwin Andrés Oyos Proaño, con cédula de ciudadanía Nro. 172344217-2; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de titulación denominado **“CONSTRUCCIÓN DE MODELOS ALOMÉTRICOS PARA ESTIMACIÓN DE CONTENIDO DE CARBONO EN PLANTACIONES DE NOGAL (*Junglas neotropica*) CON Y SIN ASOCIO DE CAFÉ (*Coffea sp.*), CANTÓN PIMAMPIRO”**, que ha sido desarrolla para optar por el título de Ingeniero Forestal en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Edwin Andrés Oyos Proaño

C.C.: 172344217-2

Ibarra, a los 23 días de julio del 2019

REGISTRO BIBIOGRÁFICO

Guía: FICAYA - UTN

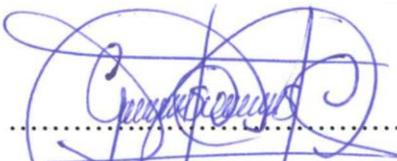
Fecha: 23 de julio del 2019

Edwin Andrés Oyos Proaño: **“CONSTRUCCIÓN DE MODELOS ALOMÉTRICOS PARA ESTIMACIÓN DE CONTENIDO DE CARBONO EN PLANTACIONES DE NOGAL (*Junglans neotropica*) CON Y SIN ASOCIO DE CAFÉ (*Coffea sp.*), CANTÓN PIMAMPIRO”** /Trabajo de titulación. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 23 de julio del 2019. 75 páginas.

DIRECTOR: Ing. Jorge Luis Ramírez López M.Sc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Construir modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea y carbono secuestrado en plantaciones de nogal (*Junglans neotropica*) con y sin asocio de café (*Coffea sp.*). Entre los objetivos específicos se encuentra: Determinar la biomasa aérea y el contenido de carbono secuestrado en las plantaciones de nogal, ajustar modelos alométricos de volumen, biomasa aérea y carbono para las plantaciones de nogal en el sitio de estudio y Proponer una metodología para incrementar la captación de carbono en las plantaciones de nogal del sitio de estudio.

Fecha: 23 de julio del 2019



.....

Ing. Jorge Luis Ramírez López M.Sc.

Director de trabajo de titulación



.....

Edwin Andrés Oyos Proaño

Autor

DEDICATORIA

*Con todo el amor del mundo y mucho cariño a mis padres,
Narcisca Proaño y Segundo Ojos y hermanos Lenin y
Belén; quienes son mi mayor orgullo. gracias por inculcar en mí,
amor, respeto, responsabilidad sobre todo ser una buena persona,
por enseñarme a nunca rendirme y a cumplir todas las metas que
me he plantado en la vida.*

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento muy especial a mi gran familia, gracias por sus palabras de apoyo que semana a semana me brindaban. Gracias a ello nunca me sentí solo en el transcurso de estos años.

Un agradecimiento especial, para mi equipo de trabajo de la investigación especialmente al Ingeniero Jorge Ramírez, quien fue el mentor que me guió sabiamente, siempre conté con su ayuda incondicional.

Un agradecimiento especial a mis geniales amigos, quienes me brindaron momentos inolvidables y siempre estuvieron pendientes del transcurso de la investigación, sobre todo gracias por su valiosa amistad.

!!! Infinitas gracias a todos!!!

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
APROBACIÓN.....	ii
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN.....	iii
CESIÓN DE DERECHOS DEL AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	v
REGISTRO BIBIOGRÁFICO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1. Objetivo General.....	2
1.1.2. Objetivos Específicos.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
CAPÍTULO II.....	3

MARCO TEÓRICO	3
2.1 Fundamentación legal	3
2.1.1 Constitución de la Republica del Ecuador 2008.....	3
2.1.2. Código Orgánico del Ambiente (COA)	3
2.1.3. Objetivo del Plan Nacional del Desarrollo (2017 – 2021).....	4
2.1.4. Línea de Investigación.....	4
2.2. Fundamentación Teórica	5
2.2.1. Cambio climático	5
2.2.2. Ecuador frente al cambio climático.....	5
2.2.2.1. Plan de acción REDD+.....	6
2.2.2.2. Pagos e incentivos para mitigar el cambio climático	7
2.2.2.3. Evaluación Nacional Forestal (ENF).....	7
2.2.3. Captura de carbono.....	7
2.2.3.1. Ciclo de carbono.....	7
2.2.3.2. Importancia de formaciones forestales en la captura de carbono	9
2.2.3.3. Mercado de carbono	9
2.2.4. Biomasa	10
2.2.5. Determinación de biomasa en ecosistemas forestales	10
2.2.5.1. Método tradicional o no destructivo.....	10
2.2.5.2. Método destructivo.....	11
2.2.5.3. Sensores remotos	11

2.2.6. Modelos alométricos	11
2.2.6.1. Selección del modelo de mejor ajuste	13
2.2.7. <i>Junglans neotropica</i>	13
2.2.6.1 Descripción taxonómica	14
2.2.7.1. Descripción botánica	14
2.2.7.2. Productos y servicios	14
2.2.7.3. Valor cultural	15
2.2.8. <i>Coffea arabica</i>	15
2.2.8.1. Descripción taxonómica	15
2.2.8.2. Descripción morfológica del café	16
2.2.8.3. Importancia del café	16
CAPÍTULO III	17
MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1. Descripción del sitio	17
3.2. Materiales y equipos.....	18
3.2.1. Materiales	18
3.2.2. Equipos	18
3.2.3. Software.....	18
3.3. Metodología	19
3.3.1. Delimitación del área.....	19
3.3.2. Censo Forestal.....	19

3.3.3. Determinación de biomasa aérea componente arbóreo	20
3.3.4. Determinación de la biomasa de café.....	24
3.3.5. Determinación de la biomasa del componente forestal y de cultivo para el área de estudio	
3.3.5.1. Cálculo de modelos alométricos	25
3.3.6. Determinación de biomasa de detritus	26
3.3.7. Biomasa total	26
3.3.8. Cálculo de carbono.....	27
3.3.8.1. Carbono del suelo.....	27
3.3.9. Carbono total.....	28
3.3.10. Determinación de diferencias estadísticas	28
CAPÍTULO IV	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1. Delimitación de área.....	29
4.2. Censo Forestal.....	29
4.3. Biomasa aérea del componente arbóreo	31
4.4. Selección del mejor modelo alométrico	32
4.4.1. Modelos de las plantaciones de nogal	32
4.5. Biomasa de <i>Coffea arabica</i>	36
4.6. Biomasa de detritus	37
4.7. Carbono	38

4.7.1. Carbono del suelo.....	38
4.7.2. Carbono total.....	38
CAPÍTULO V	40
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40
5.1 Conclusiones	40
5.2. Recomendaciones	41
CAPÍTULO VI.....	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
CAPÍTULO VII.....	50
ANEXOS	50
Anexo A - Tablas	50
Tabla A1. Árboles tipo de las plantaciones de nogal	50
Tabla A2 Biomasa del fuste de los Árboles de las plantaciones de nogal.....	50
Tabla A3 Biomasa de la copa de los árboles de las plantaciones de nogal	51
Tabla A4 Biomasa total de los árboles de las plantaciones de nogal	52
Tabla A5 Biomasa total del café	52
Tabla A6 Densidad aparente del suelo en las dos plantaciones	52
Anexo B – Figuras.....	52
B1 Prueba de t de detritus de las plantaciones	53
B2 Prueba de t de suelos de las plantaciones	53
B4 Fase de laboratorio	56

B5 Resultado del porcentaje de contenido del materia organica y de carbono en el suelo 57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables más utilizadas en modelos alométricos.....	12
Tabla 2 Ecuaciones genéricas de modelos alométricos.....	13
Tabla 3 Resultado del censo de las plantaciones del nogal.....	30
Tabla 4 los factores limitantes del cremiento.....	31
Tabla 5 Modelos alométricas para plantaciones de nogal.....	35
Tabla 6 Biomasa del Café.....	36
Tabla 7 Biomasa de detritus en las dos plantaciones.....	37
Tabla 8 Carbono almacenado en el suelo en las dos plantaciones.....	38
Tabla 9 Carbono Total.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo de carbono.....	8
Figura 2 Mapa base del sitio de estudio.....	17
Figura 3 Biomasa del nogal.....	32
Figura 4 Ecuaciones alométricas para la plantación de nogal.....	33
Figura 5 Ecuaciones alométricas para la plantación de nogal con café.....	34
Figura 6 Biomasa del café.....	37

TITULO: “CONSTRUCCIÓN DE MODELOS ALOMÉTRICOS PARA ESTIMACIÓN DE CONTENIDO DE CARBONO EN PLANTACIONES DE NOGAL (*Junglas neotropica*) CON Y SIN ASOCIO DE CAFÉ (*Coffea sp.*), CANTÓN PIMAMPIRO”

Autor: Edwin Andrés Oyos Proaño

Director de trabajo de titulación: Ing. Jorge Luis Ramírez López M.Sc.

Año: 2019

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo principal construir modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea y carbono secuestrado en una plantación pura de *Junglas neotropica* y otra en asocio con *Coffea arabica*. El estudio se realizó en dos fases, la primera fue de campo, en la parroquia San Pedro de Pimampiro, cantón Pimampiro, donde se procedió a realizar un censo forestal y la selección de árboles tipo que se extrajeron muestras de fuste, ramas y hojas. También se obtuvieron muestras de suelo y de detritus. La segunda fase fue en laboratorio realizada en la Xiloteca de la Granja Experimental Yuyucocha y el Laboratorio de Biotecnología Aplicada de la Universidad Técnica del Norte. En esta fase se determinó el contenido de carbono y biomasa aérea de las muestras obtenidas dando como resultado que la plantación en asocio con café tiene 262,49 Mg.ha⁻¹, mientras que la plantación pura es de 124,00 Mg.ha⁻¹. La diferencia se produce por el aporte de materia orgánica del café y el manejo al cultivo influyó en el crecimiento de la especie forestal. El modelo alométrico de mayor ajuste para estimar la biomasa y carbono aéreo de plantación pura es $B=302,26DAP^2HC+9,29$; con un R² ajustado de 0,96 y para la que es asociada con café fue $B=375,29DAP^2HC+5,39$; con un R² ajustado de 0,95 por lo que los modelos tienen un alto grado de ajuste.

Palabras clave: plantación, carbono, modelos alométricos y biomasa aérea.

TITLE: “CONSTRUCTION OF ALLOMETRIC MODELS FOR ESTIMATION OF CARBON CONTENT IN NOGAL PLANTATIONS (*Junglas neotropica*) WITH AND WITHOUT ASSOCIATION OF COFFEE (*Coffea sp.*), PIMAMPIRO CANTON”

Author: Edwin Andrés Oyos Proaño

Director of thesis: Ing. Jorge Luis Ramírez López M.Sc.

Year: 2019

ABSTRACT

The main objective of this research was to construct allometric models to determine aerial biomass, and carbon sequestered from a *Junglas neotropica* plantation with *Coffea arabica*. The study was carried out in two phases, the first was a field one in the parish of San Pedro de Pimampiro, in Pimampiro canton, where a forest census was performed and the type trees were chosen, to extract from them samples of bole, branches and leaves; In addition, samples of soil and debris were obtained at the site. The second one happened in the Xiloteca laboratory of the Yuyucocha Experimental Farm and the Applied Biotechnology Laboratory of the Tecnica del Norte University, where the carbon and aerial biomass content of the was determined, resulting that the plantation associated with coffee has $262.49 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, while the pure one has $124.00 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$. The difference is produced by having an extra component such as coffee and also by the care given to the crop influenced by the forest species so its growth was greater. The best fit model for walnut plantation is $B = 302.26 \text{ DAP}^2 \text{ HC} + 9.29$; with an adjusted R^2 of 0.96 and for which it is associated with coffee was $B = 375.29 \text{ DAP}^2 \text{ HC} + 5.39$; with an adjusted R^2 of 0.95 so the models have a high degree of adjustment.

Keywords: plantation, carbon, allometric models and aerial biomass

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La variación climática del planeta a partir del año de 1990 aproximadamente se debe principalmente a las actividades antropogénicas vinculadas a la emisión de gases de efecto invernadero por combustión de fósiles (Lastra, López, y López, 2008). Este impacto generó que la comunidad científica mundial vuelque sus esfuerzos conjuntos a la construcción de políticas globales, que estimulen la generación y aplicación de estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático (Organización Naciones Unidas [ONU], 2012). Una de las opciones de mitigación más difundidas es la del mercado de carbono, que promueve la conservación de bosques naturales y plantaciones forestales a través del pago de servicios ecosistémicos (Pacha, 2014). El eje principal de esta iniciativa es el valor que se le da al potencial de almacenaje de carbono en la biomasa de los ecosistemas (Kill, 2014).

En la provincia de Imbabura en las últimas tres décadas disminuyó las poblaciones de *Junglans neotropica* Diels (nogal), especie de alto valor artesanal, gastronómico y cultural. En la actualidad los remanentes de bosques de esta especie son prácticamente inexistentes (Leischner y Rainer, 2003). La demanda en el mercado local es alta; sin embargo, el cultivo de esta especie se limita a algunos sistemas agroforestales y contadas plantaciones dentro de la provincia. Lo mencionado se puede atribuir a la presencia de especies introducidas cuyo turno de aprovechamiento es menor, haciéndolas económicamente más rentables a corto plazo. Otro motivo que dificulta establecer plantaciones de nogal es debido a *Gretchena garai*, un barrenador que ataca el ápice del tallo y genera bifurcaciones desde los dos metros de altura (Ortega, 2006).

En este contexto la investigación que se realizó en el cantón Pimampiro busca generar insumos que permitan conocer el carbono almacenado en la plantación, lo cual podría generar

un interés adicional para el establecimiento de plantaciones de la especie en la zona, adicionalmente se genera la oportunidad de incursionar en mercados de carbono, además aporta información al programa nacional de REDD+ (incentivos positivos para la Reducción de Emisiones debido a la Degradación y Deforestación de los bosques).

1.1 Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Construir modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea y carbono secuestrado en plantaciones de nogal (*Junglans neotropica*) con y sin asocio de café (*Coffea sp.*).

1.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar la biomasa aérea y el contenido de carbono secuestrado en las plantaciones de nogal.
- Ajustar modelos alométricos de volumen, biomasa aérea y carbono para las plantaciones de nogal en el sitio de estudio.

1.2 Hipótesis

H. 0.: Los modelos alométricos propuestos para nogal (*Junglans neotropica*) con o sin asocio de café (*Coffea sp.*), no permiten estimar la biomasa aérea y carbono secuestrado, en las condiciones bioclimáticas del sitio de estudio.

H. A.: Los modelos alométricos propuestos para nogal (*Junglans neotropica*) con o sin asocio de café (*Coffea sp.*), permiten estimar la biomasa aérea y carbono secuestrado, en las condiciones bioclimáticas del sitio de estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentación legal

2.1.1 Constitución de la Republica del Ecuador 2008

Art. 74.- Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir.

Art. 83.- Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley:

6. Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

Art. 283.- El sistema económico es social y solidario; reconoce al ser humano como sujeto y fin; propende a una relación dinámica y equilibrada entre sociedad, Estado y mercado, en armonía con la naturaleza; y tiene por objetivo garantizar la producción y reproducción de las condiciones materiales e inmateriales que posibiliten el buen vivir.

Art. 387.- Será responsabilidad del Estado:

3. Garantizar la libertad de creación e investigación en el marco del respeto a la ética, la naturaleza, el ambiente, y el rescate de los conocimientos ancestrales (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008)

2.1.2. Código Orgánico del Ambiente (COA)

Art. 110.- Fomento. Se fomentarán los usos o actividades que utilicen menores cantidades del recurso forestal, por productos de mayor valor agregado, la búsqueda de materiales

alternativos de menor impacto, la capacitación a los usuarios y la investigación de las condiciones de producción.

Art. 257.- Para las acciones de mitigación se implementarán, entre otras, aquellas tendientes a reducir emisiones de gases de efecto invernadero, incrementar sumideros de carbono y crear condiciones favorables para la adopción de dichas acciones en los sectores priorizados e impulsar iniciativas que se realicen sobre este tema de conformidad con los acuerdos internacionales ratificados por el Estado (Asamblea Nacional del Ecuador, 2018).

2.1.3. Objetivo del Plan Nacional del Desarrollo (2017 – 2021)

El presente estudio se enmarca en el objetivo, las políticas y lineamientos estratégicos siguientes:

Objetivo 3. Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

Política y lineamiento estratégico 3.3 Promover buenas prácticas ambientales que aporten a la reducción de la contaminación, a la conservación, a la mitigación y a la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global.

Política y lineamiento estratégico 3.4 Impulsar la economía urbana y rural, basada en el uso sostenible y agregado de valor de recursos renovables y la bio-economía, propiciando la corresponsabilidad social (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SEMPLADES], 2017).

2.1.4. Línea de Investigación

El estudio se enmarca en la línea de investigación de la Universidad: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible.

2.2. Fundamentación Teórica

2.2.1. Cambio climático

Es la variación que existe en los patrones del clima de la tierra, este puede deberse a procesos propios de la tierra como el efecto invernadero o a las corrientes marinas; o puede darse cambios provocados por la acción antropogénica como las emisiones de dióxido de carbono o el cambio de uso del suelo; los cuales afectan la composición de la atmósfera (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2001), la velocidad con la que avanza es mayor a la predicha por los modelos de cambio climático (Rodríguez, Mance, Barrera y García, 2015). Motivo por lo cual ocurren varios fenómenos en la tierra como aumentar la temperatura de la tierra, el derretimiento de los polos, la acidificación del mar, entre otros (World Wildlife Fund, 2016).

Se denomina efecto invernadero al fenómeno ocasionado por diferentes gases encontrados en la atmósfera, principalmente: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, vapor de agua y ozono. Estos gases mantienen en la superficie terrestre un porcentaje de la radiación emitida por el sol, aumentando la temperatura del planeta (Benavidez y Leon, 2007). Este suceso es el responsable de que la tierra posea una temperatura ideal para el desarrollo de la vida (IPCC, 2001). Esto ocurre por causas naturales; sin embargo, en la actualidad se ve acelerado por las actividades antrópicas, principalmente la emisión de CO₂ a la atmósfera proveniente del consumo de combustibles fósiles y la reducción de ecosistemas naturales por el aumento de la frontera agrícola. (Näslund y *et al.*, 2015).

2.2.2. Ecuador frente al cambio climático

El Ecuador en el 2012 planteó la estrategia del cambio climático, donde se abordan métodos que contribuyan a la superación de la pobreza rural y prácticas amigables con la naturaleza.

Parte importante de estas iniciativas es la formulación de mecanismos de gobernanza en el sector social y ambiental; con una activa inserción de los grupos más vulnerables del país y a la par mejorando las capacidades institucionales. El país lleva a cabo planes como gestión de recursos hídricos y cuencas hidrográficas, protección del ecosistema alto andino, además de la elaboración y ejecución del plan REDD+ (Ministerio del Ambiente del Ecuador[MAE], 2012).

2.2.2.1. Plan de acción REDD+

Dentro del ámbito del cambio climático el gobierno del Ecuador en el año del 2012 inició su fase de preparación para la ejecución del mecanismo REDD+, donde logró comprometer a los actores de la sociedad a quienes va enfocado el proyecto, los mismos que poseen habilidades y necesidades de tener una sostenibilidad ambiental, donde se promueve la conservación de la biodiversidad, el manejo integral de los recursos naturales, la gestión ambiental y el desarrollo de respuestas para la adaptación y mitigación frente al cambio climático (Onestini, 2015).

Después el país en el año 2016 mediante el acuerdo ministerial No. 116 Ministerio del Ambiente acuerda emitir el Plan de Acción REDD+ “Bosques para el Buen Vivir” 2016-2025, que tiene como esencia ser un instrumento de gestión para contrarrestar las causas de la deforestación y mitigar el cambio climático. Tiene como objetivos: apoyar la articulación de actores para generar planes de ordenamiento territorial, contribuir en la transición a sistemas productivos sostenibles, mejorar el manejo forestal sostenible y colaborar con iniciativas de sostenibilidad especialmente las que se enfocan en las metas del Plan Nacional de Desarrollo. Con ello se busca el manejo sostenible del bosque y a su vez en el aumento de los sumideros de carbono, para lo cual es importante conocer las metodologías para estimar su contenido en los ecosistemas forestales (MAE, 2016).

2.2.2.2. Pagos e incentivos para mitigar el cambio climático

El Ecuador en el 2008 con la aprobación de su vigésima constitución, donde se otorga derechos a la naturaleza, dio el primer paso para contribuir con la mitigación del cambio climático. Esto generó la iniciativa al programa socio bosque con lo que se otorga incentivos económicos a los dueños del bosque para que los conserven en su estado natural (MAE, 2008).

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) en el 2014 creó el Programa de Incentivos para la Reforestación con Fines Comerciales, el cual entrega incentivos económicos para establecimiento y mantenimiento (primeros cuatro años) de plantaciones forestales. Con ello busca aumentar la cobertura forestal a nivel del país para incrementar los sumideros de carbono y reducir el aprovechamiento indiscriminado del bosque nativo (MAGAP, 2014).

2.2.2.3. Evaluación Nacional Forestal (ENF)

Siguiendo la estrategia de mitigación al cambio climático la Dirección Nacional Forestal del Ecuador (DNF) el 2009 dio inicio al proyecto de Evaluación Nacional Forestal (ENF), donde desarrollaron tres áreas que fueron: inventario nacional forestal, mapas de biomasa y carbono; y el ámbito socioeconómico. Con lo que se buscó una evaluación detallada y completa a nivel nacional del estado de los ecosistemas forestales en el país. En base a esta información se tomó decisiones sobre la implementación de nuevos proyectos (MAE y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2014).

2.2.3. Captura de carbono

2.2.3.1. Ciclo de carbono

El intercambio de carbono se lo realiza de cinco formas las cuales son:

- La generación de compuestos de bases de carbono en las plantas a través del proceso de la fotosíntesis.
- De las plantas a los animales mediante las cadenas alimenticias.
- Mediante la respiración de todos los seres vivos hacia la atmósfera.
- Un ser vivo al morir o alguna parte que tenga contacto con el suelo y de la atmósfera a cuerpos de agua a través de la disolución (Gardi *et al.*, 2014).

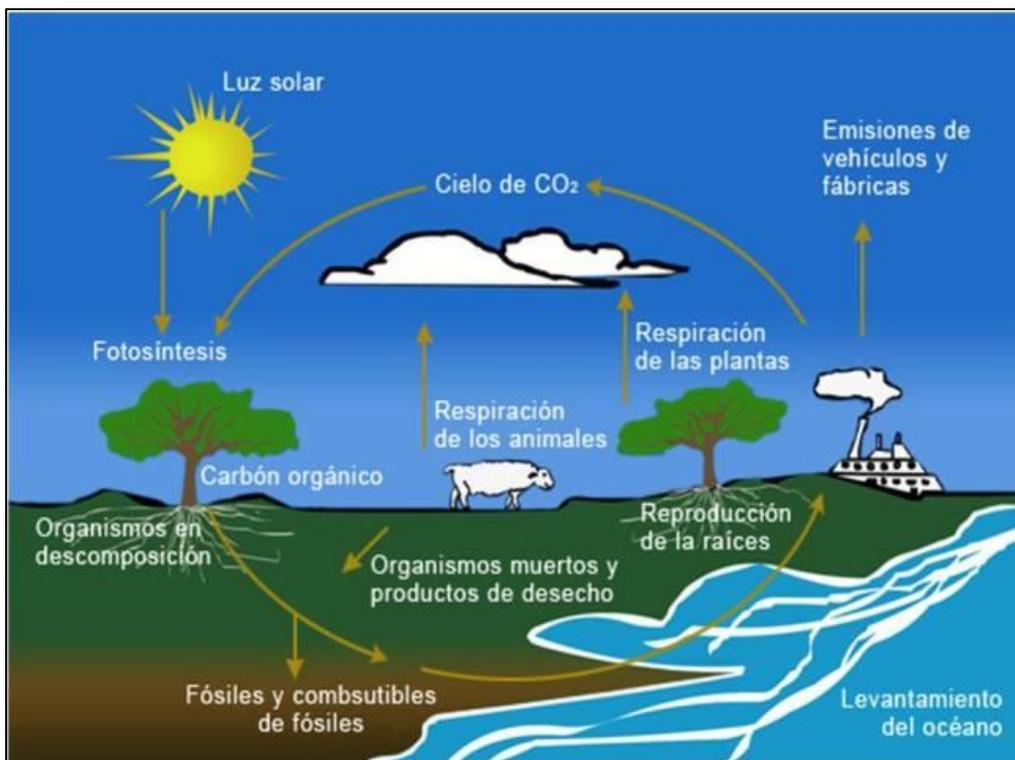


Figura 1. Ciclo de carbono
Fuente: López, 2016

El carbono existente en la atmósfera es absorbido por las plantas, las cuales con la ayuda del agua y la energía solar realizan la fotosíntesis; con lo cual forman azúcares que la planta utiliza para cumplir con sus funciones fisiológicas, entre una de las funciones que realizan esta la del crecimiento (Pérez, 2003). Esto con lleva a la formación de biomasa y al almacenamiento de carbono. Al morir la especie vegetal o al desprenderse alguna parte de esta, el material vegetal toma en contacto con el suelo y entra en el proceso de descomposición con lo cual el carbono almacenado se desprende del material y es incorporado en el suelo (FAO, 1996).

2.2.3.2. Importancia de formaciones forestales en la captura de carbono

Los bosques son las formaciones vegetales donde se encuentran las más significativas reservas de carbono del planeta (Jandl, 2001), siendo aproximadamente el 90% de la biomasa terrestre (Raev, Asan y Grozev, 1997). En las plantaciones forestales se absorbe de igual manera el dióxido de carbono existente en la atmósfera, el cual es transformado en componentes del árbol (Pérez y Bonilla, 2015). Otra manera de absorber y almacenar carbono son los sistemas agroforestales y al mismo tiempo generan productividad a un corto plazo, la cantidad de CO₂ capturada varía de acuerdo con los componentes del sistema y a la finalidad que este tenga (Montagnini y Nair, 2004).

Debido a las consecuencias del cambio climático sobre el delicado equilibrio del planeta en 1997 se firmó el tratado de Kioto con el objetivo de reducir las emisiones de gases del efecto invernadero; sin embargo, no todos los países firmaron, como es el caso de Estados Unidos considerado una de las naciones que genera mayor contaminación; se negaron a firmar argumentando que no existen consecuencias verídicas atribuidas al cambio climático (Federovisky, 2017).

Una de las estrategias que se aplican son los bonos de carbono lo que dio apertura a mercados de este tipo, además la aplicación de mecanismos de desarrollo limpios que son proyectos que intentan disminuir las emisiones de CO₂ con el uso de energías limpias (Escudero y Scheelje, 2013).

2.2.3.3. Mercado de carbono

Es un mecanismo planteado en el tratado de Kioto, que busca reducir las emisiones de dióxido de carbono, donde los proyectos capturan y almacenan carbono, principalmente mediante formaciones boscosas (Eguren, 2004). De esta manera se crean certificados emisiones reducidas (CER) los cuales son vendidos a los países industrializados o a empresas que

necesitan cumplir los objetivos planteados (Raéz, 2011). El mercado que tiene mayores aportaciones económicas es el europeo que se lo denomina EU ETS – European Union Emission Trading Scheme (“Finanzas carbono”, 2017).

2.2.4. Biomasa

La biomasa proviene de los procesos biológicos que realizan los seres vivos (ENCE, 2010), es considerada como la materia orgánica viva de la planta, se la mide en toneladas o Megagramos por individuo (árbol o bosque) o por superficie (hectárea) (Schlegel, Gayoso y Guerra, 2000). Se la determina teniendo en cuenta las características donde se desarrollan como: suelo, clima, densidad de la especie forestal, entre otros factores ambientales (IPCC, 2001).

La biomasa tiene alto interés de análisis debido a que sus utilidades pueden ser variadas como las energéticas e industriales, las cuales tienen altas ventajas ambientales al generar menor contaminación que los métodos tradicionales (ENCE, 2010), además con la biomasa se determina el carbono almacenado en la planta (Ordoñez, Jong y Masera, 2001).

2.2.5. Determinación de biomasa en ecosistemas forestales

Para determinar la biomasa se debe obtener el peso seco del árbol, el cual se lo calcula utilizando métodos destructivos, no destructivos y por sensores remotos (Andrade y Segura, 2008). Según el IPCC (2001) a partir de la biomasa se determina la cantidad de carbono secuestrado.

A continuación, se detalle los diferentes métodos que se tiene para el cálculo de biomasa

2.2.5.1. Método tradicional o no destructivo

Este método es denominado no destructivo o indirecto debido a que no es necesario apearse el árbol para estimar la biomasa, se analiza los datos que se obtuvo de un censo forestal, se

selecciona los árboles a ser muestreados de los cuales se obtienen la densidad de la madera a través de prueba con el barrenado de Pressler, y utilizando los factores de expansión, se determina la biomasa de un ecosistema forestal. El método tiene un grado de precisión aceptable [Brown citado por López (2012)].

2.2.5.2. Método destructivo

Es el método más preciso ya que se realiza la tumba de los individuos, a continuación, se pesa y se toma una muestra de 200 g a cada uno de sus componentes, entiéndanse estos como tronco, ramas, hojas, flores y frutos (Picard, Saint y Henry, 2012). Luego a las muestras se les elimina la humedad. Con estos parámetros se obtiene la biomasa (Andrade y Segura, 2008).

2.2.5.3. Sensores remotos

Según lo mencionado por Lerma y Orjuela (2014) los sensores remotos son empleados en grandes extensiones de bosques; es la opción más utilizada para la estimación de biomasa ya que evalúan las condiciones del bosque a gran escala. Este método es el menos preciso; sin embargo, con el avance de nuevas tecnologías como el uso de drones; cada vez es más exacto evaluando aspectos como densidad del bosque, área foliar, la actividad fotosintética, entre otros (López, 2012).

2.2.6. Modelos alométricos

Los modelos alométricos son ecuaciones donde se ingresan los datos de variables dasométricas de fácil medición para obtener el volumen, biomasa o carbono (VBC) de árboles, arbustos y palmas (AAP) (Picard *et al.*, 2012). Según Andrade y Segura (2008) para construir un modelo alométrico se utiliza el siguiente procedimiento; definición de ecosistema forestal y especie, determinación el tamaño de la muestra, selección de individuos a muestrear, medición, corte y estimación de VBC por árbol, selección de modelos de mejor ajuste.

Las variables independientes que se utilizan con más frecuencia en la construcción de ecuaciones alométricas se presentan en la tabla 1.

Tabla 1

Variables más utilizadas en modelos alométricos

VARIABLES	FUENTE	ESPECIE	SITIO
DAP, HT, CH, HC.	Álvarez (2008)	<i>Centrolobium tomentosum</i> , <i>Schizolobium parahyba</i>	Cochabamba - Bolivia
DAP, DB, HT, HC, AC	Andrade & Segura (2008)	Leñosas perennes	Turrialba – Costa Rica
DAP, HT	Bhandari & Neupane (2014)	<i>Alnus nepalensis</i>	Bhakarjung - Nepal
DAP, HT, HC, DC, DB, FF, CH, θ , IMA	FAO & CIRAD (2012)	Masas boscosas	Roma - Italia
DAP, HT, DB	khila Nath & Gandhiv (2012)	<i>Alnus nepalensis</i>	Katmandú - Nepal
DAP, HT, HC, GE, IMA	Lerma & Orjuela (2014)	<i>Miconia</i> sp, <i>Winmania</i> <i>auriculata</i> , <i>Baccharis</i> sp.	Paramo de Anaime - Colombia
DAP, HT, DC	(Muñoz, Ramos , Riofrio, & Nieto , sf)	<i>Alnus acuminata</i>	Cutuglahua - Ecuador

DAP: Diámetro a la altura del pecho; HT: Altura total; HC: Altura comercial o largo útil; CH: Contenido de humedad; DC: Diámetro de copa; DB: Diámetro basal; FF: Factor de forma; θ : Densidad de la población; IMA: Incremento medio anual.

Fuente: España, 2016

A demás de las variables regresoras para generar una ecuación alométrica nueva existen modelos genéricos que son tomados como base para de plantear una nueva ecuación. Estos se los presentan en la tabla 2.

Tabla 2*Ecuaciones genéricas de modelos alométricos*

Ecuación Genérica	Autor
$VBC = a + b \text{ DAP}$	Berkhout
$VBC = a + b \text{ DAP}^2$	Kopezky
$VBC = a + b \text{ DAP} + c \text{ DAP}^2$	Hohenadl - Krenn
$\ln VBC = a + b \ln \text{ DAP}$	Husch
$VBC = a + b \text{ DAP}^2 H$	Spurr
$VBC = a + b \text{ DAP}^2 + c \text{ DAP}^2 H + d H$	Stoate
$VBC = a + b \text{ DAP}^2 + c \text{ DAP} H + d \text{ DAP}^2 H$	Meyer

VBC = volumen (m³ árbol-1), biomasa (kg árbol-1) o carbono (kg árbol-1); DAP = diámetro a la altura de pecho (o a otra altura de referencia; cm); H = altura total o comercial (m); a, b, c, d = parámetros del modelo; ln= logaritmo base e.

Fuente: [(Loetsch *et al.*, 1973) citado por Segura *et al.*, (2008)].

2.2.6.1. Selección del modelo de mejor ajuste

Para la selección del modelo que mejor se ajuste a los datos se compara cada ecuación con estadígrafos, los cuales nos indican el grado de error que tiene cada una, los más utilizados son: El coeficiente de determinación (R^2), el coeficiente de determinación ajustado (R^2 -ajus.), el Índice de Furnival, la suma de cuadrados de los residuos predichos, entre otros. Con esto se obtiene el modelo alométrico con menor error (Andrade y Segura, 2008).

2.2.7. *Junglans neotropica*

Según Palacios (2014), el nombre científico del Nogal es *Junglans neotropica* Diels, pertenece a la familia Juglandaceae, es la única especie de esta familia descrita en el país. De acuerdo con lo mencionado por Echeverría citado por Ortega (2006) la especie está distribuida naturalmente en la parte oriental de la cordillera de los Andes entre los 1600 y 2700 m.s.n.m.

2.2.6.1 Descripción taxonómica

- Reino Plantae
- División Tracheophyta
- Clase Magnoliopsida
- Orden Fagales
- Familia Juglandaceae
- Género Juglans
- Epíteto específico neotropica
- Autor del epíteto específico Diels

Fuente: Mutis, 2014

2.2.7.1. Descripción botánica

La especie presenta una corteza color negruzca con grietas visibles. Tiene hojas compuestas imparipinnadas de 11 a 19 con folíolos por hoja, los mismos tienen forma oblonga-lanceolada con un haz glabro y el envés pubescente de color verde cuando las hojas son jóvenes y amarillento en su estado maduro. Las Flores masculinas son amentos con péndulos de hasta 30 cm de largo, la inflorescencia femenina es una espiga terminal de 4 a 10 cm de largo, de 4 a 8 flores por cada una. El fruto es una drupa carnosa con apículo corto y costillas longitudinales sinuosas negra, muy dura. La semilla es profundamente fisurada y comestible, un kilogramo de semillas contiene de 100 a 200 semillas (Palacios, 2014).

2.2.7.2. Productos y servicios

Según lo mencionado por Ortega (2006) del nogal se obtiene diferentes productos, como la madera que es de alto valor comercial debido a su alta resistencia y su fácil grado de trabajabilidad. La semilla es muy apreciada ya que de ahí se extrae la pulpa para fabricar las “nogadas”, dulce comercializado en el norte del país (Unigarro, 2010). Las hojas y frutos tienen

un alto contenido de taninos por lo cual son usados como tintes naturales para la fabricación textil. En el conocimiento ancestral las hojas de esta especie también son consideradas como medicinales (Ortega, 2006).

2.2.7.3. Valor cultural

Junglans neotropica es de alto interés para las comunidades debido a que las familias basan su economía en la extracción de productos; como es el caso de las artesanías que son realizadas de su madera en la provincia de Imbabura, un aproximado de mil personas trabajan directa o indirectamente en esta actividad (Jiménez, 2016). Por tal motivo la especie es cultivada en la provincia, aunque en muy pocos casos en plantaciones, lo realizan en forma lineal como cortinas rompe vientos o cercas vivas. Las personas también lo cultivan para aprovechar los frutos y realizar productos derivados (Nuñez, 2013).

2.2.8. Coffea arabica

Según Arcila, Farfán, Moreno y Salzar (2007) el café (*Coffea arabica*) es una planta que proviene de África en su mayoría; sin embargo, también existe poblaciones naturales en Asia. Pertenece a la familia Rubiaceae, tiene un alto interés comercial debido a que se extrae la semilla, la cual después de pasar un proceso de transformación se vende para realizar una de las bebidas más consumida en el planeta.

2.2.8.1. Descripción taxonómica

- Reino Plantae
- División Magnoliophyta
- Clase Magnoliopsida
- Orden Gentianales
- Familia Rubiaceae, Ixoroideae
- Tribu Coffeae

- Género Coffea
- Especie *C. arabica*

Fuente: IICA, 2004

2.2.8.2. Descripción morfológica del café

Es una especie arbustiva con un solo tallo que tiene dos formas de crecimiento: verticalmente y hacia los lados. Alrededor de las diez primeras yemas forman hojas del tallo, después forma ramas. Tiene hojas simples con un pecíolo corto plano en la parte superior la lámina es de textura fina y ondulada de forma ovalada-elíptica o lanceolada (depende de la edad). El fruto es una drupa carnosa de color verde cuando es joven pero al madurar rojo tiene forma ovalada o elipsoidal ligeramente aplanada (Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental [FUNDESYRAM], 2014).

2.2.8.3. Importancia del café

El café tiene una alta importancia para el sector que se dedica a cultivarlo debido a su demanda continua de la semilla ya que de ahí se prepara la bebida no alcohólica más consumida en la actualidad, por tal motivo tiene un alto valor económico y logra llamar la atención de los agricultores (Rojo, 2014).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del sitio

La investigación se realizó en la finca del señor Alex Brown ubicada en parroquia Pimampiro, cantón San Pedro de Pimampiro, provincia de Imbabura. Geográficamente se ubica en $0^{\circ} 23' 8.86''$ de latitud N, y en $77^{\circ} 55' 49.14''$ de longitud W, a una altitud de 2020 m.s.n.m. La temperatura promedio en la zona es de 16°C , mientras que la precipitación varía entre 750 a 1000 mm.año^{-1} (GAD Cantonal de San Pedro de Pimampiro, 2014). El predio donde se realizó la investigación consta de dos plantaciones de nogal (Figura 2); una está en asocio con café, mientras que la otra es una plantación sin asocio o pura de nogal.

La fase de laboratorio fue realizada en el Laboratorio de Anatomía de Maderas, en la Xiloteca de la Granja Experimental Yuyucocha y el Laboratorio de Biotecnología Aplicada de la Universidad Técnica del Norte, donde se pesaron y secaron las muestras de madera, hojas, ramas y hojarasca.

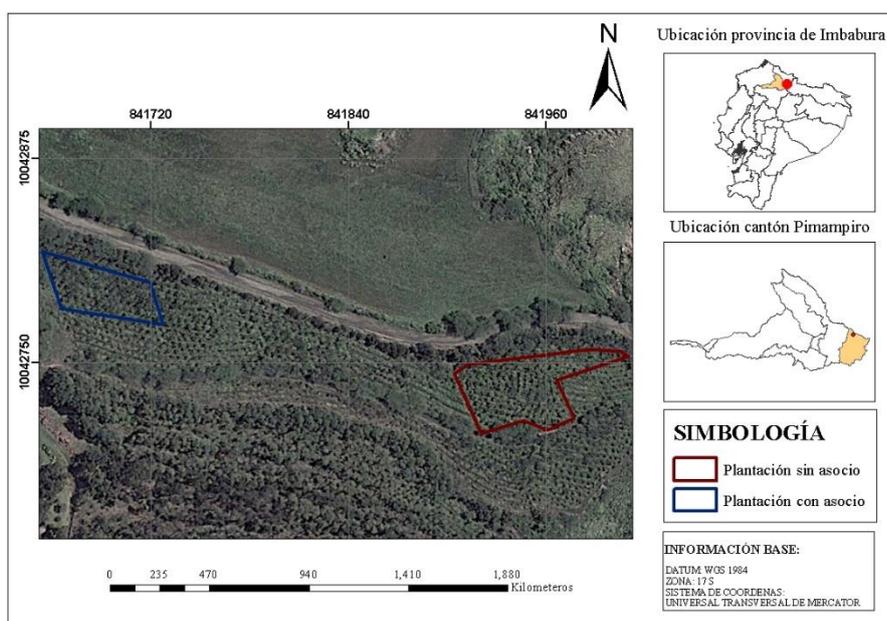


Figura 2 Mapa base del sitio de estudio

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

- Bolsas plásticas.
- Etiquetas.
- Marcadores permanentes.
- Papel periódico.
- Cinta adhesiva.

3.2.2. Equipos

- GPS map76CSx.
- Computadora.
- Horno Memmert tv4qu1.
- Cinta métrica.
- Podadora con medida.
- Balanza de precisión.
- Barreno de Pressler.
- Barrenador de tornillo.

3.2.3. Software

- Software Gis.
- Estadístico.
- Excel y word.

3.3. Metodología

La metodología que se utilizó es una adaptación de la propuesta por Andrade y Segura, (2008), misma que se detalla a continuación.

3.3.1. Delimitación del área

Para la delimitación de área se tomaron puntos de referencia con GPS (Global Positioning System) alrededor de las plantaciones, los cuales se ingresaron al programa GIS (Geographic Information System), donde se dibujó el polígono referente al lugar de la investigación. Luego se calcularon las superficies de cada parcela.

3.3.2. Censo Forestal

En el área de estudio se realizó un censo forestal en cada plantación, donde se midieron los árboles y obtuvieron las variables dasométricas:

a) DAP

Para el cálculo del diámetro a la altura del pecho, se midió con la cinta métrica la circunferencia a 1,30 metros de altura, y con la aplicación de la ecuación 1 se obtuvo el DAP.

$$DAP = CIR/\pi \qquad \text{Ec.1}$$

Donde:

DAP: Diámetro (m)

CIR: Circunferencia (m)

π : Constante 3,141592

b) Alturas total y comercial

Para obtener las alturas comerciales y totales se utilizó una mira graduada, por lo que fue una medición directa y no se necesitó de fórmulas.

c) Volumen

El volumen del fuste se calculó utilizando la ecuación 2 del MAGAP, debido que es el organismo que regula las plantaciones forestales en el país.

$$V = (DAP^2 \pi HC FF) / 4 \quad \text{Ec.2}$$

Donde:

V: Volumen (m³)

DAP: Diámetro a la altura del pecho (m)

HC: Altura comercial (m)

FF: Factor de forma (0,7)

π : Constante 3,141592

3.3.3. Determinación de biomasa aérea componente arbóreo

La biomasa se calculó siguiendo el procedimiento propuesto por Andrade y Segura (2008). Una vez realizado el censo se analizaron los datos y se escogieron nueve árboles tipo dentro de cada una de las plantaciones, se eligieron los individuos que estén dentro del promedio de las variables dasométricas DAP y altura.

A los árboles designados para la muestra midieron las variables como: la circunferencia la altura del pecho, circunferencia basal, altura total, altura comercial, diámetro de copa.

Para las variables (la circunferencia la altura del pecho, altura total, altura comercial) se utilizaron los datos que se obtuvieron el censo. Mientras que para la circunferencia basal se

utilizó el mismo método que para la circunferencia a la altura del pecho, con la diferencia que se tomó la medición a 30 cm de altura con respecto al suelo.

Para determinar el diámetro de copa se proyectó la copa sobre el suelo, luego se realizaron dos mediciones perpendiculares entre sí, se aplicó la ecuación 3 para obtener el diámetro de copas promedio.

$$D_C = (D_1 + D_2) / 2 \quad \text{Ec.3}$$

Donde:

D_C : Diámetro de copa (m)

D_1 : Primera medición (m)

D_2 : Segunda medición (m)

Para determinar el área de la copa se aplicó la ecuación 4.

$$A_C = \pi D_c^2 / 4 \quad \text{Ec.4}$$

Donde:

A_C : Área de copa (m²)

π : 3,141592

D_C : Diámetro de copa (m)

Para la determinación de la biomasa del fuste se calculó el volumen del fuste de los árboles tipos, para lo cual se midió el diámetro mayor, el diámetro menor y la longitud. Y se aplicó la siguiente ecuación 5.

$$V = (\pi / 4) [(D_M + D_m) / 2]^2 L \quad \text{Ec.5}$$

Donde:

V: Volumen del fuste (m^3)

π : 3,141592

D_M : Diámetro mayor (m)

D_m : Diámetro menor (m)

L: Longitud (m)

Después se procedió con la determinación de la densidad del fuste, para lo cual con el barrenador de Pressler se tomó una muestra del fuste de cada uno de los árboles tipo. Las muestras de madera fueron secadas al horno por aproximadamente 48 horas donde perdieron su contenido de humedad.

Para obtener la densidad de la madera se aplicó la ecuación 6.

$$D_f = P_{sm} / V_m \quad \text{Ec.6}$$

Donde:

D_f : Densidad del fuste ($kg.m^{-3}$)

P_{sm} : Peso seco de la madera (kg)

V_m : Volumen de la muestra (m^3)

Con los datos obtenidos se calculó la biomasa para el fuste y las ramas, para lo cual se utilizó la ecuación 7:

$$B = V D_f \quad \text{Ec.7}$$

Donde:

B: Biomasa (kg)

V: Volumen (m³)

D_f: Densidad (kg.m⁻³)

Se determinó la biomasa de la copa para la investigación se la dividió en biomasa de ramas y biomasa de hojas.

Para la determinación de la biomasa de las ramas se contó el número de ramas existentes por árbol, se determinó un diámetro y la longitud promedio de las ramas. Con lo que se calculó el volumen de la rama. Para determinar la biomasa se multiplicó el volumen de las ramas por el número de ramas por densidad del fuste. (Wabo, 2002).

Para calcular la biomasa de las hojas se contó el número de hojas por rama. Luego se tomó una muestra de aproximadamente siete hojas, cada muestra se empacó herméticamente en bolsas plásticas. Las muestras se pesaron y fueron llevados al horno por 48 horas hasta que perdieron su contenido de humedad y se volvieron a pesar. (Picard *et al.*, 2012).

Una vez que las muestras alcanzaron su estado anhídrido, se las volvió a pesar y con la ecuación 8 se calculó biomasa de la muestra.

$$B = (PF \ MS) / 100 \quad \text{Ec.8}$$

Donde:

B: Biomasa (kg)

PF: Peso Fresco (kg)

MS: Materia Seca (%)

Finalmente se multiplicó por el número total de hojas por rama y por la cantidad de ramas, obteniéndose la biomasa de cada árbol tipo.

Para la determinación de la biomasa total de los árboles tipos se realizó una suma de las biomásas que se calcularon anteriormente.

$$BT= BF + BC \qquad \text{Ec.9}$$

Donde:

BT: Biomasa Total del árbol (kg)

BF: Biomasa del fuste (kg)

BC: Biomasa de copa (ramas y hojas) (kg)

3.3.4. Determinación de la biomasa de café

Para determinar la biomasa del café se realizó una en el área de estudio, el café se lo separó en dos estratos por la diferencia de edades y de cada uno se tomaron cuatro individuos como muestras a los cuales se les calculó la biomasa. Luego se contó el número de individuos por estrato.

Para determinar la biomasa del café se siguió el mismo procedimiento con la excepción de que no se obtuvo una muestra de madera del fuste ya que su diámetro no lo permitía, entonces se calculó la densidad con la muestra de una rama lignificada.

3.3.5. Determinación de la biomasa del componente forestal y de cultivo para el área de estudio

Para la determinación de la biomasa de los dos componentes se realizó el cálculo por hectárea, para lo cual se utilizaron los modelos alométricos y se realizó el siguiente proceso.

3.3.5.1. Cálculo de modelos alométricos

Se organizó la información de cada individuo donde se observó en la misma fila los datos de las variables independientes que se obtuvieron en campo como son: DAP, diámetro basal, altura total, altura comercial y área de copa. Así mismo con la variable dependiente que es la biomasa. A continuación, se realizó el gráfico de la biomasa contra cada variable independiente para observar la tendencia del gráfico y definir si el modelo a utilizar es lineal o no. La selección del modelo alométrico que mejor se ajuste a los datos se lo va a realizar a partir de los siguientes criterios.

El coeficiente de determinación (R^2) y el coeficiente de determinación ajustado (R^2 -ajus.) nos dan valores entre -1 y 1, mientras más cercano sea el valor a 1 mejor es el ajuste al modelo.

El error estándar de la estimación o raíz cuadrada media del error se calcula aplicando la ecuación 12:

$$RCME = \sqrt{SCR/(n - p)} \quad \text{Ec.12}$$

Donde:

RCME: Coeficiente de determinación

SCR: Suma del cuadrado de los residuos

n: número de observaciones

p: número de parámetros del modelo lineal

n: número de observaciones

Otro indicador que se utilizó es la suma de cuadrados de los residuos predichos, que se calculó con la ecuación 13:

$$\text{PRESS} = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_{ip})^2 \quad \text{Ec.13}$$

Donde:

PRESS: suma de cuadrados de los residuos de los predichos

Y_i : valor observado

\hat{Y}_{ip} : valor predicho

Cuando se realizó el cálculo de los indicadores se ponderó la información, es decir, a los modelos que presentan mayor ajuste se les dio valores de 1 mientras los que no se ajustan aumentó el valor, así por el indicador y por modelo. Al final se sumó todas las ponderaciones y el resultado más baja es el modelo que mejor se ajusta a los datos.

Con los cinco modelos que más se ajustan se graficó los valores predichos por la ecuación con los datos tomados en campo, donde se observó cual se ajusta mejor a los datos. Para cada una de las plantaciones.

3.3.6. Determinación de biomasa de detritus

Dentro de cada plantación se realizarán dos parcelas de 0,5 x 0,5 m en las cuales se tomaron toda la hojarasca existente y se la empaquetó, luego las muestras fueron llevadas al laboratorio fueron puestas al horno por 24 horas hasta que llegaron a un estado anhidrido. Después se pesaron las muestras con lo que se obtuvo la biomasa. Se extrapolo los resultados para obtener la biomasa de detritus en toda superficie.

3.3.7. Biomasa total

Para cálculo de la biomasa total se sumó los resultados de la especie forestal con el cultivo (plantación con asocio) más el detritus.

3.3.8. Cálculo de carbono

Para obtener el carbono almacenado del nogal, café y de los detritus del suelo se utilizó el factor de conversión de la IPCC, a la biomasa se multiplicó por 0,5.

3.3.8.1. Carbono del suelo

Para obtener la muestra de suelo utilizó la metodología que empleó (Cardenas, 2011), se tomó cinco muestras de suelo por cada plantación, los puntos se distribuyeron por toda la superficie. Las muestras se las tomaron con el barreno de tornillo hasta una profundidad de 10 cm. Las muestras fueron recogidas en bolsas plásticas con su respectiva etiqueta.

Cuatro de las muestras de suelo fueron dimensionadas, se calculó el volumen y se pesaron, después fueron puestas al horno a 60°C durante 48 horas con lo que se retiró el contenido de humedad y se volvieron a pesar. La muestra de suelo restante se envió al laboratorio para obtener el porcentaje de carbono almacenado.

Para calcular la densidad aparente del suelo se utilizó la ecuación 10:

$$DA_p = P_{ss} / V_o \quad \text{Ec.10}$$

Donde:

DA_p : Densidad aparente del suelo ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

P_{ss} : Peso de suelo seco (kg)

V_o : Volumen muestra (m^3)

Para obtener el carbono almacenado del suelo se utilizó la ecuación 11:

$$CA = PC D_{ap} / 100 \quad \text{Ec.11}$$

Donde:

CA: Carbono almacenado

PC: Carbono en el suelo (%)

D_{ap} : Densidad aparente ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)

Con esto se obtiene el carbono almacenado en la muestra, se extrapolaron los datos y así se obtuvo el carbono almacenado en el área de estudio.

Todos los resultados se los expresaron en kilogramos y megagramos, además se extrapolaron para tener la relación de biomasa y contenido de carbono en una hectárea.

3.3.9. Carbono total

Para el cálculo del carbono total se sumó los resultados de carbono total de la especie forestal, el café (plantación con asocio), los detritus y el suelo.

3.3.10. Determinación de diferencias estadísticas

Con los resultados de contenido de carbono de las dos plantaciones de nogal, el almacenado en el suelo y la densidad del fuste de la especie forestal, se realizó una prueba de t de Student para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las plantaciones de nogal con y sin asocio con café.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Delimitación de área

La plantación de nogal asociada con café tiene una superficie de 1615,00 m², con una densidad de plantación de 3 x 3 m, con una edad aproximada de 20 años, en la actualidad existen 145 individuos; mientras que el café está a una densidad de 3 x 2 m y existen 201 plantas en la plantación con una edad aproximada de entre 1 y 3 años.

La plantación de nogal tiene una superficie de 2756,50 m², con una edad aproximada de 20 años, está a una densidad de 3 x 3 m existiendo un total de 271 individuos.

4.2. Censo Forestal

Al realizar el análisis estadístico a los datos obtenidos del censo como se muestra en la tabla 3, nos indica que para las variables: Altura total y DAP; de las dos plantaciones los datos son relativamente homogéneos. Sin embargo, el coeficiente de variación para el área basal y volumen aumenta debido a la magnitud exponencial de estas variables, por lo que son despreciables para el análisis.

Los datos de las variables dasométricas obtenidas en la plantación asociada con café, en promedio muestran valores superiores a la pura. Según Jezeer y Verweij (2015) para que el café tenga una óptima producción por un lapso prolongado tiene un manejo adecuado con insumos orgánicos o agroquímicos, los cuales contribuyen a que la especie forestal tenga un mayor crecimiento. Además, según Salamanca (2017) la producción de café bajo la sombra de una especie forestal genera un microclima donde aumenta la retención de humedad otro factor que contribuye con su mayor crecimiento.

Tabla 3*Resultados del censo de las plantaciones del nogal*

		Altura Total (m)	DAP (m)	AB (m ²)	VOL (m ³)
Con asocio	Ā	6,59	0,13	0,01	0,04
	S	1,00	0,02	5,8x10 ⁻³	0,02
	SX	0,08	2,1x10 ⁻³	5x10 ⁻⁴	1,9x10 ⁻³
	CV	15,17	18,58	40,27	55,25
Sin asocio	Ā	5,77	0,11	0,01	0,03
	S	1,04	0,02	3,9x10 ⁻³	0,01
	SX	0,06	1,3x10 ⁻³	2x10 ⁻⁴	9x10 ⁻⁴
	CV	18,12	19,01	34,80	47,30

Ā: Medias; S: Desviación estándar; SX: Error estándar de la media; CV: Coeficiente de variación; AB: Area Basal y VOL: Volumen

Ospina *et al.*, (2003) en una investigación realizada en plantaciones con las mismas características climáticas y un rango altitudinal similar registró un crecimiento medio anual (IMA) para la altura del nogal igual a 1,30 m.año⁻¹ (véase tabla 4). El IMA en altura de las plantaciones analizadas en la esta investigación fue en promedio de 0,66 m.año⁻¹, inferior a lo registrado en la literatura.

Tabla 4*Factores limitantes del crecimiento en la investigación*

Factores limitantes	Ospina, entre otros (2003)	Presente investigación
Densidad de plantación	(5 x 5) m	(3 x 3) m
Presencia de sombra en los primeros años de crecimiento	Si	No
Suelos con buen contenido de humedad	Si	No
Precipitación anual	1000 - 3000 mm	700 – 1000 mm

La humedad es una de las variables trascendentes en el crecimiento del nogal, por ello los factores como la presencia de sombra, retención de humedad y precipitación son determinantes en el desarrollo óptimo de la especie (Ospina *et al.*, 2003). Según Suatunce, Díaz y García (2010) en su estudio la densidad de plantación influye en el crecimiento de la especie, siendo un el distanciamiento ideal de 7 x 7 m. Las características climáticas del sitio de estudio, la densidad de plantación y el manejo de las plantaciones, pudo afectar su crecimiento, por lo que se registran valores bajos en comparación a otras investigaciones

4.3. Biomasa aérea del componente arbóreo

La densidad de madera de los individuos asociados con café es relativamente superior a los de la plantación sin asocio; sin embargo, no existen diferencias significativas ya que para la plantación sin asocio se obtuvo $0,60 \text{ g.cm}^{-3}$ y con asocio fue de $0,58 \text{ g.cm}^{-3}$. Para la universidad de Antioquia (2014) la densidad del nogal es de $0,58 \text{ g.cm}^{-3}$, resultados similares a la presente investigación debido a que la densidad es una característica propia de la especie y es afectado de manera mínima por factores externos.

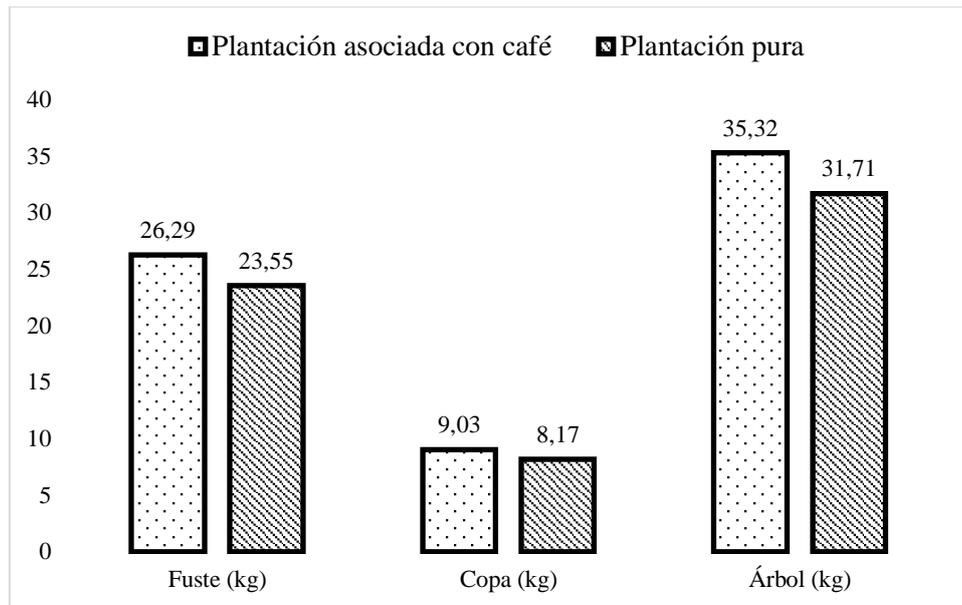


Figura 3. Biomasa (kg) del nogal

La biomasa del fuste tiene una relación directamente proporcional con su densidad y volumen, como se observa en la figura 3 la plantación en asocio presenta una mayor biomasa en el fuste. Este fenómeno es consistente para los elementos de la copa, por lo que se registra la misma tendencia.

4.4. Selección del mejor modelo alométrico

4.4.1. Modelos de la plantación pura

Se determinaron cuatro modelos alométricos para la plantación sin asocio de café, en donde el coeficiente de determinación R^2 ajustado, como también el estadígrafo de residuos vs predichos son superiores al 0,90; lo que garantiza que el modelo tenga buen ajuste. El mejor ajuste para esta formación se obtuvo con la variable regresora proveniente de la combinación de las variables DAP y HC, por tal motivo estas variables son las que tienen mayor incidencia en la biomasa aérea y contenido de carbono de la especie; lo que se corrobora con el estudio de Ortiz (1997), que menciona que estas son las variables que tienen mayor incidencia en la biomasa.

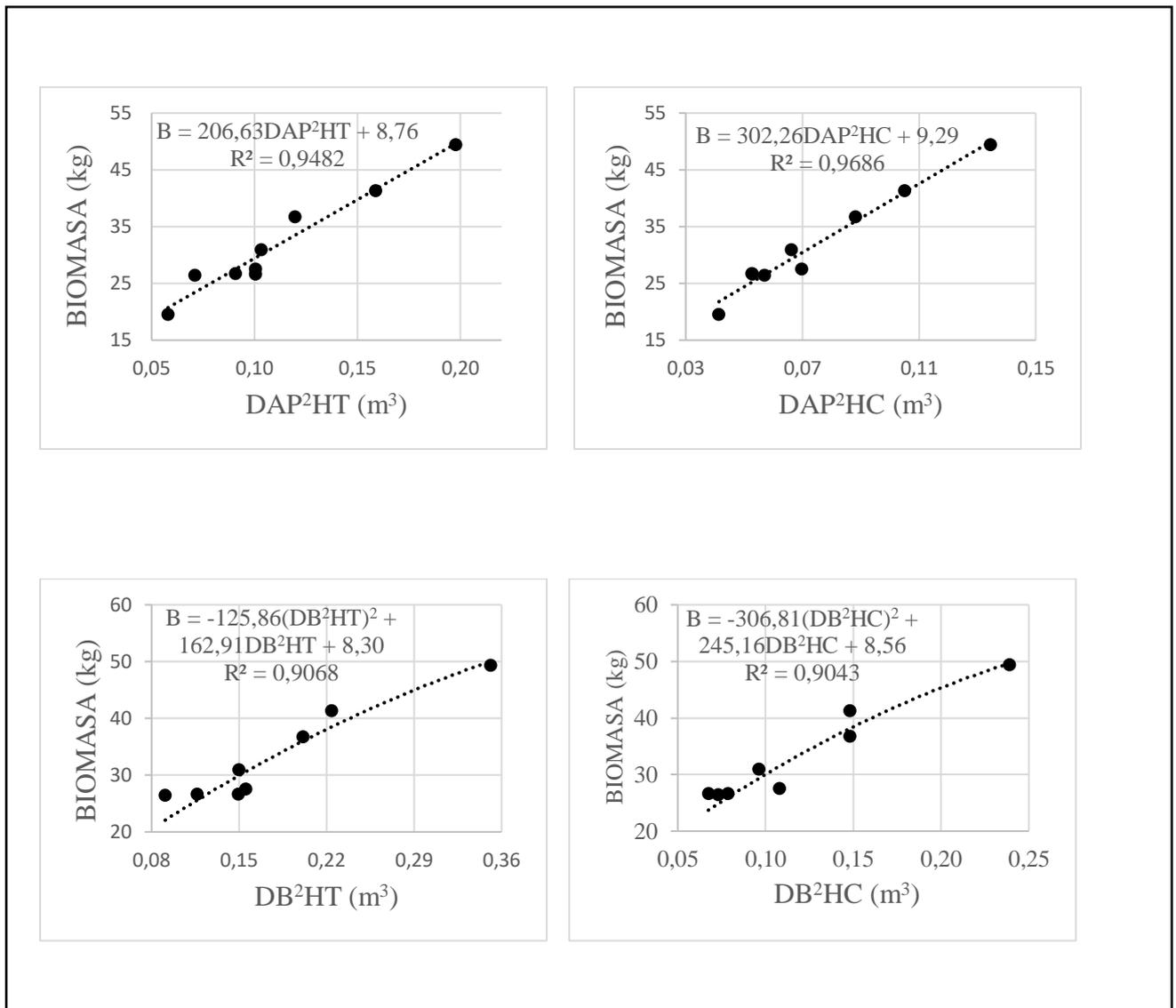


Figura 4 Ecuaciones alométricas para la plantación de nogal

Modelos de la plantación asociada con café

Se determinaron cinco modelos alométricos para la plantación de nogal asociada con café, de los cuales dos ecuaciones sobresalen, donde el coeficiente de determinación R^2 son superiores al 0,9. Según López (2012) se utiliza el estadígrafo R^2 ajustado cuando los datos tienen una tendencia lineal, ya que es el que mejor se ajusta.

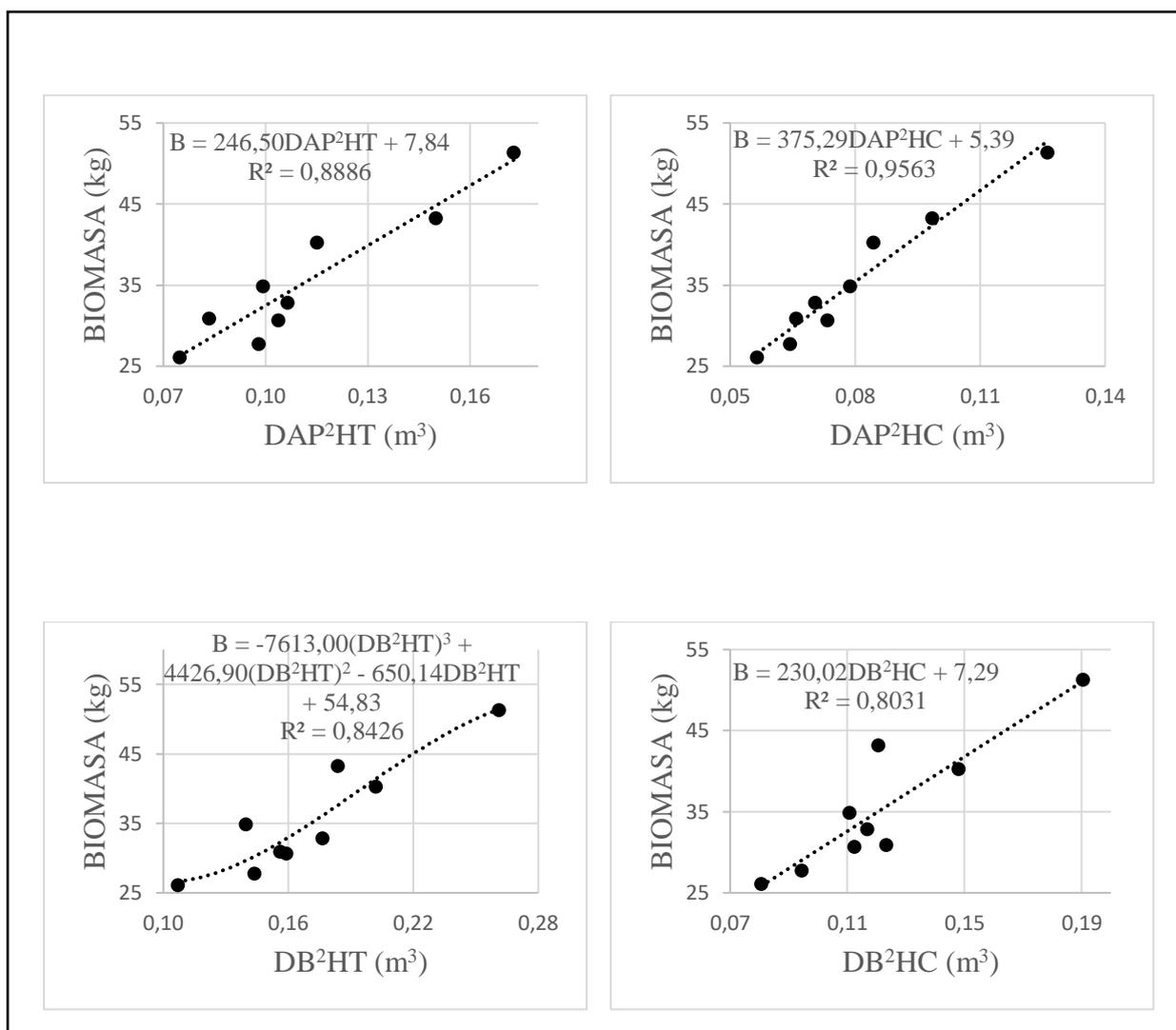


Figura 5 Ecuaciones alométricas para la plantación de nogal con café

Los criterios de selección de los modelos alométricos de mejor ajuste para la plantación pura de nogal se muestran en la tabla 5.

Tabla 5

Modelos alométricas para plantaciones de nogal

Plantación	Ecuación	R ² ajus.	R vs Pr	Ponderación
	$B = 302,26DAP^2HC + 9,28$	0,9686	0,9553	0,9620
Sin Asocio	$B = 3,44DAP + 1,52HT + 4,34HC - 40,97$	0,9696	0,9432	0,9548
	$B = 206,63DAP^2HT + 8,76$	0,9482	0,9455	0,9469
	$B = -125,86(DB^2HT)^2 + 162,91DB^2HT + 8,30$	0,9068	0,9214	0,9141
	$B = 375,29DAP^2HC + 5,39$	0,9563	0,963	0,9597
Con Asocio	$B = -58,38 + 419,96DAP + 8,56HC$	0,9744	0,9432	0,9550
	$B = 246,50DAP^2HT + 7,84$	0,8886	0,9373	0,9130
	$B = 230,02DB^2HC + 7,29$	0,8031	0,9357	0,8694

B: Biomasa; DAP: Diámetro a la Altura del Pecho; HC: Altura Comercial; HT: Altura Total; Diámetro Basal; R: Residuos; Pr: Predichos

Para la plantación sin asocio el modelo alométrico que mejor se ajusta es que utilizó como regresora a la variable DAP y HC. Según Montero, (2005) determinó en la ecuación alométrico para biomasa y carbono para *Genipa americana* un $R^2 = 0,99$. Para Fonseca (2009) para 54 árboles de *Vochysia Guatemalensis* se obtuvo un R^2 ajustado de 0,97. La similitud de estos indicadores en la presente investigación se debe a que provienen de una plantación manejada por lo que sus datos tienden a ser lineales (López, 2012).

En la plantación con asocio el mejor modelo tiene estadígrafos superiores al 0,95. Montero (2005) realizó un modelo alométrico de *Vochysia guatemalensis* con nueve individuos de prueba y obtuvo un $R^2 = 0,96$. La similitud se debe a la precisión de indicadores estadísticos, así como también de las regresiones (Lerma y Orjuela, 2014). Los indicadores que se usaron en la investigación fueron el R^2 ajustado y el residuos vs predichos se utilizaron debido a que en datos de tendencia lineales son los que reflejan el mayor grado de ajuste (Picard *et al.*, 2012).

4.5. Biomasa de *Coffea arabica*

En el análisis estadístico de la biomasa del café, los datos en altura total y diámetro basal son relativamente homogéneos. Las medias del primer estrato son superiores en todas las variables al estrato dos como se ve en la tabla 6. Esto se debe a que fue establecida un año antes. Los estratos se deben a la existencia a la diferencia en la edad.

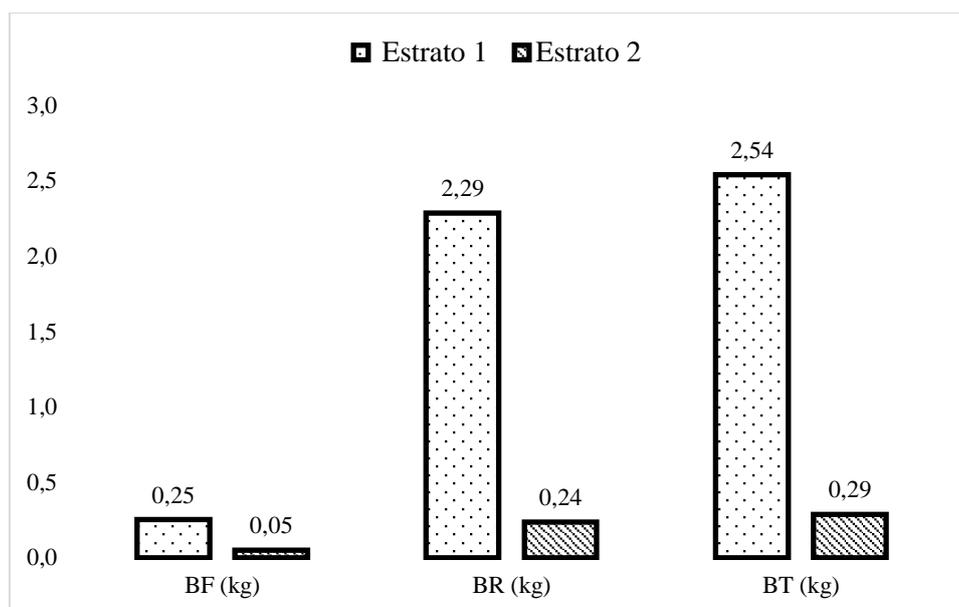
Tabla 6

Biomasa del Café

	HT (cm)	ØB (cm)	D (g.cm ⁻³)	BF (kg)	Bm (kg)	BR (kg)	BT (kg)	
1	Ā	141,25	1,75	0,38	0,25	0,14	2,29	2,54
	S	25,86	0,06	0,05	0,07	0,05	0,73	0,7
	SX	12,93	0,03	0,02	0,03	0,02	0,36	0,35
	CV	18,31	3,3	11,91	23,35	34,34	31,78	27,35
2	Ā	92,00	0,93	0,36	0,05	0,02	0,24	0,29
	S	16,10	0,21	0,04	0,03	0,003	0,06	0,08
	SX	8,05	0,10	0,02	0,02	0,002	0,03	0,04
	CV	17,50	22,29	9,78	55,61	15,06	23,72	28,99

CC: Plantación con café; SC: Plantación sin café; Ā: Medias; S: Desviación estándar; SX: Error estándar de la media; CV: Coeficiente de variación; HT: Altura total; ØB: Diámetro basal; D: Densidad; BF: Biomasa del fuste; Bm: Biomasa de la muestra; BR: Biomasa de las ramas; BT: Biomasa Total, 1: Primer estrato (3 años) y 2: Segundo estrato (1 año)

Según Pulgarín (2009) entre el primer y tercer año de establecidas las plantaciones de nogal, la planta experimenta crecimientos prolongados hasta llegar a su madurez fisiológica. Esta dinámica de crecimiento explica las diferencias en dimensiones y biomasa entre los estratos (Figura 6).



BF: Biomasa del fuste; BR: Biomasa de las ramas; BT: Biomasa Total.

Figura 6. Biomasa del café

4.6. Biomasa de detritus

Existe una diferencia significativa entre la biomasa de la plantación establecida con café con plantación pura (Anexo B1) debido al aporte de hojarasca de la especie agrícola. Para Valencia (2014) en los sistemas agroforestales con café el reciclaje de nutrientes establece una diferencia clara con los monocultivos, por tal motivo existe más biomasa en la plantación asociada con café a pesar de que tenga una menor extensión que la plantación pura.

Tabla 7

Biomasa de detritus en las dos plantaciones

	Área (m ²)	Biomasa (kg)
Sin café	2756,50	49,61
Con café	1615,00	187,34

El detritus total por hectarea es de 0,58 Mg lo que varía a lo encontrado por Espinoza *et al.*, (2011) quien en una plantación de café asociado con cedro rosado determinó que el carbono

almacenado en la hojarasca es de 30 Mg. Esta variación se debe a la diferente especie forestal, además al estado de madurez fisiológica del café.

4.7. Carbono

4.7.1. Carbono del suelo

La tabla 8 indica que el carbono almacenado en el suelo de la plantación asociada con café tiene una diferencia significativa a la plantación pura de nogal (Anexo B2), porque existe una cantidad superior de biomasa aérea en la especie forestal, además cuenta con otro elemento como el café; por ende, el reciclaje de nutrientes va a ser mayor (Poveda, *et al.* 2013).

Tabla 8

Carbono almacenado en el suelo en las dos plantaciones

	cc	Sc
Porcentaje de carbono	0,03	0,01
Densidad aparente (g.cm ⁻³)	0,89	0,86
Carbono almacenado (Mg)	39,70	30,60

CC: Plantación con café; Sc: Plantación sin café

El porcentaje de carbono almacenado en el suelo es de 2,76% a una profundidad de 10 centímetros. Según Espinoza *et al.* (2011) en la plantación de café con cedro rosado se obtiene un porcentaje de 3,82% a 30 cm de profundidad. El carbono se encuentra a diferentes profundidades del suelo, mientras más profundo sea mayor será tiempo que demore en llegar hasta ese punto.

4.7.2. Carbono total

La plantación asociada con café almacena más carbono que la plantación pura de nogal como se indica en la tabla 9. Espinoza *et al.*, (2011) menciona que en el sistema agroforestal

de café con cedro rosada se encuentra almacenado 764 Mg.ha⁻¹. En el presente estudio se determinó que la plantación de nogal con asocio almacena 262,49 Mg.ha⁻¹. La diferencia se debe debido a la diferencia en la madurez fisiológica del café, además que las condiciones ambientales no son las óptimas para el crecimiento de la especie forestal (Ortega, 2006).

Tabla 9

Carbono Total

	Área de estudio		Carbono/ hectárea	
	CC (1615,00 m ²)	SC (2756,50 m ²)	CC	SC
Nogal (Mg)	2,38	3,61	14,71	13,08
Café (Mg)	0,17	0,00	1,08	0,00
Detritus (Mg)	0,09	0,02	0,58	0,09
Suelo (Mg)	39,75	30,55	246,13	110,84
Total (Mg)	42,39	34,18	262,49	124,01

CC: Plantación con café; Sc: Plantación sin café

En la presente investigación el suelo es quien secuestra más carbono, con una diferencia altamente significativa en comparación con los otros componentes de la plantación. Para IPCC (2001), en promedio el suelo secuestra 0,22 Mg.ha⁻¹.año⁻¹, motivo por el cual el suelo es una de las mayores reservas de carbono que debe manejarse adecuadamente.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El aporte del café en el secuestro de carbono de plantaciones de *Junglans neotrpica* es significativo. La materia orgánica en el suelo y la retención de humedad adicional que genera el cultivo contribuye a un mayor crecimiento de los individuos, estas características también generaron mayor presencia de carbono orgánico en el suelo. Con este aporte el carbono secuestrado por la plantación en asocio llegó a ser 2,11 veces mayor al de la plantación pura.
- Las variables regresoras de mayor significancia en los modelos alométricos fueron el DAP y la altura comercial. Esto se debe a que el mayor aporte de biomasa se obtuvo del fuste y que los árboles mostraron una relación proporcional entre las variables mencionadas y la cantidad de ramas y hojas. La combinación de estas variables en la regresora DAP^2HC generó la ecuación de mejor ajuste, simplificando los cálculos. La ecuación obtenida permite estimar el carbono secuestrado para estas formaciones con información de fácil obtención, por lo que se constituye en una herramienta para el manejo de plantaciones de la especie.

5.2. Recomendaciones

- Se debe realizar más investigaciones enfocadas en la captura de carbono de especies nativas, con lo cual se puede contrastar los resultados esta investigación, y generar información e insumos como aporte de la academia al desarrollo forestal del país.
- Los modelos alométricos tienen un alto grado de ajuste en plantaciones establecidas en condiciones edafoclimáticas similares a la presente investigación; sin embargo pueden usarse como modelos genéricos en condiciones diferentes, siendo necesario el desarrollo de modelos para las condiciones específicas.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, H., y Segura, M. (2008). ¿Cómo hacerlo? ¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosa perenneS? *Agroforestería en las americas*, 89-96.
- Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., y Salzar, F. H. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Chinchiná: FNC-Cenicafé.
- Asamblea Constituyente del Ecuador. (2008). CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2018) Código Orgánico Ambiental.
- Benavidez, H., y Leon, G. (2007). Información técnica sobre gases del efecto invernadero y calentamiento global. Colombia.
- Brown, S. (1997). Bosques y cambio climático y la función de los bosques como sumideros de carbono. Antalya, Turquía.
- Cardenas, R. (Noviembre de 2011). ESTIMACIÓN DE LOS ALMACENES DE CARBONO EN EL SUELO, DE CUATRO ESPECIES TROPICALES EN UNA PLANTACIÓN FORESTAL EN LA HUERTA, JALISCO. Chapingo, México.
- Delgado, R., y Torres, R. (1995). Identificación y control de la pudrición radicular del nogal (*Juglans Neotropica Diles*). *Tesis de grado*. Ibarra.
- Echevería, M. (1997). Propagación invitro del Nogal (*Juglans Neotropica Diles*). Ibarra.
- Eguren, L. (Marzo de 2004). El mercado de carbono en Americana latina y el Caribe: Balance y perspectivas. Santiago de Chile, Chile.

ENCE. (2010). El valor de la biomasa forestal. España.

Escudero, M., y Scheelje, J. (2013). EL CAMBIO CLIMÁTICO PRINCIPALES CAUSANTES, CONSECUENCIAS Y COMPROMISOS DE LOS PAÍSES INVOLUCRADOS. Québec, Canada.

España, R. (2016). CONSTRUCCIÓN DE MODELOS ALOMÉTRICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE BIOMASA AÉREA EN ALISO DE NEPAL (*Alnus nepalensis* D. Don) EN LA ZONA DE INTAG, ANDES DEL NORTE DEL ECUADOR. Ibarra, I.

Espinoza-Domínguez, W., Krishnamurthy, L., Vázquez-Alarcón, A., y Torres-Rivera, A. (2011). ALMACÉN DE CARBONO EN SISTEMAS AGROFORESTALES CON CAFÉ. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 57-70.

FAO. (1996). Enseñanza ecológica rural. *Las plantas*.

Federovisky, S. (8 de Junio de 2017). *El análisis de por qué Estados Unidos abandonó los acuerdos internacionales sobre cambio climático*. Obtenido de Infobae: <https://www.infobae.com/economia/rse/2017/06/08/el-analisis-de-por-que-estados-unidos-abandono-los-acuerdos-internacionales-sobre-cambio-climatico/>

Finanzas carbono. (2017). *Finanzas carbono*. Obtenido de Plataforma sobre el financiamiento climático para america latina y el caribe: <http://finanzascarbono.org/mercados/acerca/>

Fonseca, W., Alice, F., y Rey, J. (2009). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Revista de valdivia*, Volumen 30.

FUNDESYRAM. (2014). *Fundacion para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental*. Obtenido de Biblioteca Agroecología: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=2729>

- GAD Cantonal de San Pedro de Pimampiro. (2014). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Pimampiro.
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A. y Vargas, R. (2014). Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. En *Suelos y cambio climático en LAC* (pág. 136).
- IICA. (2004). *Cadena Agroindustrial del Café*. Nicaragua. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=6v68Ey_yKQkC&pg=PA60&lpg=PA60&dq=coffee+arabica+reino,+clases,+division&source=bl&ots=CwrkkTPy1v&sig=00P6v6f amyd_JOM1XYm-vbu1fkc&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwisqpnevbtTcAhVOzlkKHaZ6CywQ6AEIrgEwFg#v=onepage&q=coffee%20arabica%2
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2001). Tercer Informe. *Glosario*.
- IPCC. (2001). Tercer informe.
- Jandl, R. (2001). Medición de tendencias en el tiempo del almacenamiento de carbono del suelo. *Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales*. Valdivia, Chile.
- Jezeer, R., y Verweij, P. (2015). *Café en Sistema Agroforestal - doble dividendo para la biodiversidad y los pequeños agricultores en Perú*. Lima.
- Jiménez, C. (16 de Marzo de 2016). En San Antonio de Ibarra sobrevive la Escuela Quiteña. *El telégrafo*.
- Kill, J. (2014). El comercio de servicios ecosistémicos. *Cuando el "pago por servicios ambientales" se convierte en un permiso para destruir*.

- Lastra, J., López, M., y López, S. (Diciembre de 2008). Tendencias del cambio climático global y los eventos extremo asociados. *Ra Ximhai*, 625 - 633.
- Leischner, B., y Rainer, B. (2003). Mercado y uso de maderaaen el Sur de Ecuador. *Lyonia*, 51-60.
- Lerma, M., y Orjuela, E. (2014). Modelos Alométricos para la estimación de la biomasa aérea total en el páramo de Anaime. Tolima, Colombia.
- López, L. (2012). Ecuaciones Alométricas y estimación de Incrementos en biomasa aérea en una Plantación de *Pinus halepensis* Mill. en Saltillo, Coahuila. Coahuila, México.
- López, M. (24 de Octubre de 2016). *Biología y algo más*. Obtenido de Ciclo de carbono: <http://biologamaryyalgomas.blogspot.com/2016/10/ciclo-del-carbono.html>
- MAE & FAO. (2014). *Evaluación Nacional Forestal Resultados*. Quito.
- MAE. (2008). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de Programa Socio Bosque: <http://www.ambiente.gob.ec/programa-socio-bosque/>
- MAE. (2016). REDD+ Ecuador bosques para el buen vivir 2016-2025. Ecuador.
- MAGAP. (2014). *ACUERDO MINISTERIAL No. 327*.
- MAGAP. (2014). *Programa de Incentivos para la Reforestación con Fines Comerciales*. Guayaquil - Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012). Estrategia nacional del cambio climático del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. Quito, Ecuador : Subsecretaría del Patrinomio Natural.
- Montagnini, F., y Nair, P. (2004). Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 281-295.

- Montero. (2005). DETERMINACION DE MODELOS ALOMETRICOS PARA LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA AÉREA EN *Genipa americana*
- Montoya, L. (2017). BALANCE ENTRE BIOMASA Y CARBONO EN PLANTACIÓN DE *Pinus tecunumanii* EGUILUZ & PERRY (PINO) Y *Araucaria angustifolia* (BERTOL.) KUNTZE (ARAUCARIA) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL LA FAVORITA, PROVINCIA DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS . Ibarra, Ecuador.
- Mutis., J. B. (29 de 08 de 2014). *Herbario JBB en línea - Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis*. Obtenido de *Juglans neotropica* Diels: <http://coleccion.es.jbb.gov.co/herbario/especimen/2791>
- Näslund-Hadley. (2015). Nuestro clima está camiendo.
- Nuñez, A. (Febrero de 2013). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA PEQUEÑA EMPRESA PRODUCTORA Y COMERCIALIZADORA DE HIGOS EN ALMÍBAR EN LA CIUDAD DE IBARRA . Ibarra, Ecaudor.
- Onestini, M. (9 de marzo de 2015). Evaluación final del programa Nacional Conjunto ONU REDD Ecuador. Buenos Aires, Argentina.
- Ordoñez, J., Jong, B., y Masera, O. (2001). Almacenamiento de carbono en un bosque de pinus en Nuevo San Juan, Michoacán. *Madera y Bosques*, 2747.
- Organización Naciones Unidas. (2012). Protocolo de Kioto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. Kioto, Japon.
- Ortega, H. (2006). Estudio del ataque de *Gretchena garai* Miller en nogal (*Juglans Neotropica* Diels) en plantación sola y asociada con cuatro especies forestales en dos sitios. Ibarra, Ecaudor.

- Ortega, H. (2006). ESTUDIO DEL ATAQUE DE *Gretchena garai Miller* EN NOGAL (*Juglans Neotropica Diels*) EN PLANTACIÓN SOLA Y ASOCIADA CON CUATRO ESPECIES FORESTALES EN DOS SITIOS. Ibarra.
- Ortega, H. (2006). ESTUDIO DEL ATAQUE DE *Gretchena garai Miller* EN NOGAL (*Juglans Neotropica Diels*) EN PLANTACIÓN SOLA Y ASOCIADA CON CUATRO ESPECIES FORESTALES EN DOS SITIOS. Ibarra, Ecuador.
- Ortiz, E. (1997). Refinement and evaluation of two methods to estimate a aboveground tree biomass in tropical forest. Ney Work, USA.
- Ospina, C., Hernández, R., Aristizabal, F., Patiño, J., y Salazar, J. (julio de 2003). El cedro negro: una especie promisorio de la zona cafetera. Chinchiná, Caldas, Colombia.
- Pacha, M. (2014). Valoración de los servicios ecosistémicos como herramienta para la toma de decisiones. *Bases conceptuales y lecciones aprendidas en la Amazonía*. Brasilia, Brasil: Primera.
- Palacios, W. (2014). *Árboles del Ecuador*. Ibarra.
- Pérez, E., y Bonilla, M. (2015). La retención de carbono en plantaciones forestales. Estudio de caso: Empresa Forestal Integral “Cienfuegos”.
- Pérez, G. (2003). *Ciclo del carbono*. Obtenido de https://www.ciclodelfcarbano.com/carbono_en_la_atmosfera
- Picard, N., Saint-André, L., y Henry, M. (2012). *Manual de construcción de ecuaciones alométricas para estimar el volumen y biomasa de los árboles, del trabajo de campo a la predicción*. Roma.

- Poveda, V., Orozco, L., Medina, C., Cerda, R., y López, A. (2013). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de cacao en Waslala, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 42-50.
- Pulgarín, J. (2009). Crecimiento y Desarrollo de la Planta de Café. *Ciclo de vida y fases fenológicas del cafeto*. Colombia.
- Raev, I., Asan, Ü. y Grozev, O. (1997). Accumulation of CO₂ in the above-ground biomass of the forests In Bulgaria and Turkey in the recent decades.
- Raéz-Luna, E. (2011). Bonos de carbono. *Responsabilidades y desarrollo sustentable*.
- Rodríguez, M., Mance, H., Barrera, X. y García, C. (2015). *Cambio climático: lo que está en juego*.
- Rojo, E. (2014). Café I (G. Coffea). *REDUCA (Biología)*, 113-132.
- Salamanca, L. (s.f.). EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ BAJO SOMBRA CON ESPECIES ARBÓREAS EN EL MUNICIPIO DE PAJARITO. Boyaca , Colombia.
- Schlegel, B., Gayoso, J. y Guerra, J. (2000). Manual de procedimientos muestros de biomasa forestal. Valdivia, Chile.
- Secretaría Nacional de planificación y desarrollo. (2017). Plan Nacional del Buen Vivir 2017 - 2021. Ecuador.
- Suatunce, P., Díaz, G. y García, L. (2010). EFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN EN EL CRECIMIENTO DE CUATROS ESPECIES FORESTALES TROPICALES. *Ciencia y tecnología*, 23-16.

Tknika. (s.f.). *Manual Técnico de formación para la caracterización de madera de uso estructural*. Obtenido de normadera: <http://normadera.tknika.net/es/content/fichas-t%C3%A9cnicas-de-especies-de-madera>

Unigarro, C. (2010). *Patrimonio cultural alimentario*. Quito, Ecuador: Ministerio de Cultura del Ecuador.

Universidad Escuela de Ingeniería de Antioquia. (2014). *Catalogo virtual del valle de Aburra*. Obtenido de <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/257>

Valencia, F. (2014). *Agroforestería y sistemas agroforestales con café*. Caldas, Colombia: Cenicafé.

Wabo, E. (2002). *Cubicación y forma de árboles*. La Plata, Argentina.

World Wildlife Fund. (2016). *Planeta vivo informe 2016*. Madrid, España.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo A - Tablas

Tabla A1. Árboles tipo de las plantaciones de nogal

		HT (m)	HC(m)	DC (m)	DAP (cm)	ØB (cm)
	Ā	6,29	4,51	4,14	13,2	16,31
CC	S	0,72	0,47	0,83	1,3	1,44
	SX	0,24	0,16	0,28	0,43	0,48
	CV	11,45	10,42	19,95	9,81	8,83
	Ā	6,13	4,09	3,78	13,19	16,23
SC	S	0,8	0,59	1,02	1,75	2,69
	SX	0,27	0,2	0,34	0,58	0,9
	CV	13,11	14,38	26,91	13,28	16,55

CC: Plantación con café; SC: Plantación sin café; Ā: Medias; S: Desviación estándar; SX: Error estándar de la media; CV: Coeficiente de variación; HT: Altura total; HC: Altura comercial; DC: Diámetro de copa; DAP: Diámetro a la Altura del Pecho; ØB: Diámetro basal.

Tabla A2 Biomasa del fuste de los Árboles de las plantaciones de nogal

		Vol. M(cm ³)	PS (g)	D (gc.m ⁻³)	Vol. F	B (kg)
	Ā	2,58	1,63	0,63	0,05	33,19
CC	S	0,31	0,2	0,06	0,02	12,19
	SX	0,1	0,07	0,02	0,01	4,06
	CV	12,09	12,11	9,8	36,74	36,74

Continua...

Continuación...

	\bar{X}	2,75	1,6	0,58	0,06	35,26
SC	S	0,36	0,34	0,05	0,02	13,73
	SX	0,12	0,11	0,02	0,01	4,58
	CV	13,28	21,14	8,62	38,94	38,94

CC: Plantación con café; SC: Plantación sin café; \bar{X} : Medias; S: Desviación estándar; SX: Error estándar de la media; CV: Coeficiente de variación; Vol. M: Volumen de la muestra; PS: Peso Seco; D: Densidad; Vol. F: Volumen del fuste; B: Biomasa.

Tabla A3 Biomasa de la copa de los árboles de las plantaciones de nogal

		PF (kg)	PS (%)	Bm (kg)	BR (kg)	BH (kg)	BC (kg)
CC	\bar{X}	0,22	41,89	0,09	5,69	2,23	7,91
	S	0,07	13,52	0,04	1,17	1,05	1,66
	SX	0,02	4,51	0,01	0,39	0,35	0,55
	CV	32,83	32,27	47,04	20,57	47,21	20,97
SC	\bar{X}	0,22	55,82	0,12	5,8	3,28	9,08
	S	0,06	10,29	0,02	0,97	0,89	1,22
	SX	0,02	3,43	0,01	0,32	0,3	0,41
	CV	28,95	18,43	19,95	16,67	27,18	13,4

CC: Plantación con café; SC: Plantación sin café; \bar{X} : Medias; S: Desviación estándar; SX: Error estándar de la media; CV: Coeficiente de variación; PF: Peso Fresco; PS: Peso seco; Bm: Biomasa de la muestra; BR: Biomasa de las ramas; BH: Biomasa de las hojas; BC: Biomasa de la copa.

Tabla A4 Biomasa total de los árboles de las plantaciones de nogal

BIOMASA TOTAL NOGAL (kg)		
	SC	CC
\bar{X}	31,71	35,32
S	84,30	66,70
SX	9,18	8,17
CV	3,06	2,72

Plantación con café; SC: Plantación sin café; \bar{X} : Medias; S: Desviación estándar; SX: Error estándar de la media; CV: Coeficiente de variación

Tabla A5 Biomasa total del café

Estratos	Número de plántulas	Biomasa(kg).estrato ⁻¹	Biomasa total café (kg)
1	127	322,79	344,03
2	74	21,23	

Tabla A6 Densidad aparente del suelo en las dos plantaciones

Densidad aparente (g.cm ⁻³)	CC	SC
\bar{X}	0,89	0,856
S ²	0,033	0,002
S	0,181	0,041
SX	0,091	0,020
CV	20,339	4,745

\bar{X} : Medias; S² Varianza; S: Desviación estándar; SX: Error estándar de la media; CV: Coeficiente de variación; CC: Con Café; SC: Sin Café

Anexo B – Figuras

B1 Prueba de t de detritus de las plantaciones

Comparación de biomasa en detritus	
T	3,6800
p-valor	0,0104

B2 Prueba de t de suelos de las plantaciones

Comparación de biomasa en suelo	
T	5,6100
p-valor	0,0112

B3 Fotografías fase de campo



Fotografía 1 Toma de datos para el censo



Fotografía 2 Toma de muestras de árboles tipo



Fotografía 3 Toma de muestras de fuste



Fotografía 4 Toma de datos del café



Fotografía 5 Toma de datos para el censo

B4 Fase de laboratorio



Fotografía 6 muestras en el laboratorio



Fotografía 7 empaquetado de las muestras.

B5 Resultado del porcentaje de contenido del materia organica y de carbono en el suelo



LABONORT
LABORATORIOS NORTE
Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS									
DATOS DE PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD							
Nombre: ANDRÉS HOYOS		Provincia: Imbabura							
Ciudad: Pimampiro		Cantón: Pimampiro							
Teléfono: 0984119603		Parroquia: Pimampiro							
Fax:		Sitio:							
DATOS DEL LOTE		DATOS DE LABORATORIO							
Sitio:		Nro Reporte.: 8566							
Superficie:		Tipo de Análisis: Elemental							
Número de Campo: Lote1		Muestra: Suelo Lote1							
Cultivo Actual: Nogal		Fecha de Ingreso: 2018-08-02							
A Cultivar:		Fecha de Reporte: 2018-08-06							
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION						
N		ppm	<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"> <tr> <td style="width: 33%;">BAJO</td> <td style="width: 33%;">MEDIO</td> <td style="width: 33%;">ALTO</td> </tr> </table>	BAJO	MEDIO	ALTO			
BAJO	MEDIO	ALTO							
P		ppm							
S		ppm							
K		meq/100 ml							
Ca		meq/100 ml							
Mg		meq/100 ml							
Zn		ppm	<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"> <tr> <td style="width: 33%;">BAJO</td> <td style="width: 33%;">MEDIO</td> <td style="width: 33%;">ALTO</td> </tr> </table>	BAJO	MEDIO	ALTO			
BAJO	MEDIO	ALTO							
Cu		ppm							
Fe		ppm							
Mn		ppm							
B		ppm	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 25%;">BAJO</td> <td style="width: 25%;">MEDIO</td> <td style="width: 25%;">ALTO</td> <td style="width: 25%;">TOXICO</td> </tr> </table>	BAJO	MEDIO	ALTO	TOXICO		
BAJO	MEDIO	ALTO	TOXICO						
pH			<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 20%;">0 Requiere Cal</td> <td style="width: 10%;">5.5</td> <td style="width: 10%;">6.5</td> <td style="width: 10%;">7.0</td> <td style="width: 10%;">7.5</td> <td style="width: 10%;">8.0</td> </tr> </table>	0 Requiere Cal	5.5	6.5	7.0	7.5	8.0
0 Requiere Cal	5.5	6.5	7.0	7.5	8.0				
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 20%;">Acido</td> <td style="width: 20%;">Lig. Acido</td> <td style="width: 20%;">Pract. Neutro</td> <td style="width: 20%;">Lig. Alcalino</td> <td style="width: 20%;">Alcalino</td> </tr> </table>	Acido	Lig. Acido	Pract. Neutro	Lig. Alcalino	Alcalino	
Acido	Lig. Acido	Pract. Neutro	Lig. Alcalino	Alcalino					
Al		meq/100 ml	<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"> <tr> <td style="width: 33%;">BAJO</td> <td style="width: 33%;">MEDIO</td> <td style="width: 33%;">ALTO</td> </tr> </table>	BAJO	MEDIO	ALTO			
BAJO	MEDIO	ALTO							
Na		meq/100 ml							
Ce		mS/cm	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 33%;">No Salino</td> <td style="width: 33%;">Lig. Salino</td> <td style="width: 33%;">Salino</td> <td style="width: 33%;">Muy Salino</td> </tr> </table>	No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino		
No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino						
MO	3.74	%	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 33%;">BAJO</td> <td style="width: 33%;">MEDIO</td> <td style="width: 33%;">ALTO</td> </tr> </table>	BAJO	MEDIO	ALTO			
BAJO	MEDIO	ALTO							
Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)			
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio





LABONORT
IBARRA - ECUADOR
ANÁLISIS QUÍMICOS SUELOS Y AGUAS

Análisis de suelo 1. Plantación en asocio con café

LABONORT



LABORATORIOS NORTE
Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DE PROPIETARIO Nombre: ANDRÉS HOYOS Ciudad: Pimampiro Teléfono: Fax:	DATOS DE LA PROPIEDAD Provincia: Imbabura Cantón: Pimampiro Parroquia: Pimampiro Sitio:
DATOS DEL LOTE Sitio: Superficie: Número de Campo: LOTE 2 Cultivo Actual: Nogal A Cultivar:	DATOS DE LABORATORIO Nro Reporte.: 8567 Tipo de Análisis: Elemental Muestra: Suelo Lote2 Fecha de Ingreso: 2018-08-02 Fecha de Reporte: 2018-08-06

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION						
N		ppm	<table border="1" style="width: 100%; height: 80px;"> <tr> <td style="width: 33%;">BAJO</td> <td style="width: 33%;">MEDIO</td> <td style="width: 33%;">ALTO</td> </tr> </table>	BAJO	MEDIO	ALTO			
BAJO	MEDIO	ALTO							
P		ppm							
S		ppm							
K		meq/100 ml							
Ca		meq/100 ml							
Mg		meq/100 ml							
Zn		ppm	<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"> <tr> <td style="width: 33%;">BAJO</td> <td style="width: 33%;">MEDIO</td> <td style="width: 33%;">ALTO</td> </tr> </table>	BAJO	MEDIO	ALTO			
BAJO	MEDIO	ALTO							
Cu		ppm							
Fe		ppm							
Mn		ppm							
B		ppm	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 25%;">BAJO</td> <td style="width: 25%;">MEDIO</td> <td style="width: 25%;">ALTO</td> <td style="width: 25%;">TOXICO</td> </tr> </table>	BAJO	MEDIO	ALTO	TOXICO		
BAJO	MEDIO	ALTO	TOXICO						
pH			<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 20%;">0 Requiere Cal</td> <td style="width: 20%;">5.5</td> <td style="width: 20%;">6.5</td> <td style="width: 20%;">7.0</td> <td style="width: 20%;">7.5</td> <td style="width: 20%;">8.0</td> </tr> </table>	0 Requiere Cal	5.5	6.5	7.0	7.5	8.0
0 Requiere Cal	5.5	6.5	7.0	7.5	8.0				
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 25%;">Acido</td> <td style="width: 25%;">Lig. Acido</td> <td style="width: 25%;">Pract. Neutro</td> <td style="width: 25%;">Lig. Alcalino</td> <td style="width: 25%;">Alcalino</td> </tr> </table>	Acido	Lig. Acido	Pract. Neutro	Lig. Alcalino	Alcalino	
Acido	Lig. Acido	Pract. Neutro	Lig. Alcalino	Alcalino					
Al		meq/100 ml	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 33%;">BAJO</td> <td style="width: 33%;">MEDIO</td> <td style="width: 33%;">ALTO</td> </tr> </table>	BAJO	MEDIO	ALTO			
BAJO	MEDIO	ALTO							
Na		meq/100 ml							
Ce		mS/cm	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 25%;">No Salino</td> <td style="width: 25%;">Lig. Salino</td> <td style="width: 25%;">Salino</td> <td style="width: 25%;">Muy Salino</td> </tr> </table>	No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino		
No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino						
MO	2.97	%	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 33%;">BAJO</td> <td style="width: 33%;">MEDIO</td> <td style="width: 33%;">ALTO</td> </tr> </table>	BAJO	MEDIO	ALTO			
BAJO	MEDIO	ALTO							

Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	Cationes			Clase Textural
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio



Análisis de suelo 2. Plantación pura de nogal