



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN EL SUELO EN UNA
PLANTACIÓN DE MELINA (*Gmelina arborea*) EN LA PARROQUIA
PUCAYACU DEL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI.**

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de Ingeniero en Medio Ambiente

Autor:

Cepeda Granja Renán Alejandro

Tutor:

PhD. Landívar Valverde Marcos David

LATACUNGA – ECUADOR

2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Renán Alejandro Cepeda Granja, con C.C 050361986- 8 declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN EL SUELO EN UNA PLANTACIÓN DE MELINA (*Gmelina arborea*) EN LA PARROQUIA PUCAYACU DEL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI**, siendo Marcos David Landívar Valverde tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....
Renán Alejandro Cepeda Granja

C.I. 050361986- 8

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **Cepeda Granja Renán Alejandro**, identificado con C.C. N° **050361986- 8**, de estado civil **soltero** y con domicilio en Latacunga, a quien en lo sucesivo se denominará **LA/EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA/EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Determinación del Contenido de Carbono en el Suelo en una plantación de melina (*Gmelina arborea*) en la Parroquia Pucayacu del Cantón la Maná, Provincia de Cotopaxi” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. –

Fecha de inicio de carrera: **Octubre 2014**

Fecha de finalización: **Agosto 2019**

Aprobación HCD. – **4 de abril 2019**

Tutor.- Ing. PhD. Marcos David Landívar Valverde

Tema: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN EL SUELO EN UNA PLANTACIÓN DE MELINA (*Gmelina arborea*) EN LA PARROQUIA PUCAYACU DEL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI

CLÁUSULA SEGUNDA.- LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA.- Por el presente contrato, **LA/EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA.- OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA/EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

b) La publicación del trabajo de grado.

c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA.- El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA/EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA.- El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA.- CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.- Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA/EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA/EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA.- El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA.- En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA.- Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga a los 22 días del mes de julio del 2019.

.....

Cepeda Granja Renán Alejandro

EL CEDENTE

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN EL SUELO EN UNA PLANTACIÓN DE MELINA (*Gmelina arborea*) EN LA PARROQUIA PUCAYACU DEL CANTÓN LA MANA, PROVINCIA DE COTOPAXI”, de CEPEDA GRANJA RENÁN ALEJANDRO, de la carrera INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 25 julio del 2019

Ing. PhD. Marcos David Landívar Valverde

CC: 160055872- 8

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Lectores del Proyecto de Investigación con el título:

“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN EL SUELO EN UNA PLANTACIÓN DE MELINA (*Gmelina arborea*) EN LA PARROQUIA PUCAYACU DEL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI”, de CEPEDA GRANJA RENÁN ALEJANDRO, de la Carrera de INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 25 de julio del 2019

Lector 1 (Presidente)
Mgs. Jaime Lema
CC: 171375993- 2

Lector 2
Ing. Paolo Chasi
CC: 050240972- 5

Lector 3 (Secretaria)
Ing. Kalina Fonseca
CC: 172353445- 7

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme en la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser mi apoyo y fortaleza en todo momento.

Gracias a mis padres: Germánico Cepeda y Mirian Granja, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mí, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a los docentes, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi carrera y a mi tutor PhD. David Landívar por haberme instruido en el desarrollo de esta investigación.

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicó principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí. Me siento orgulloso y privilegiado de ser hijo de los mejores padres.

A mis hermanos Daniel y Cristian por estar siempre presentes, acompañándome y apoyándome a lo largo de esta etapa universitaria. Gracias a mi tío MSc. Cristian Granja por ser mi ejemplo a seguir.

A todos mis amigos que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Renán Alejandro Cepeda Granja

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN EL SUELO EN UNA PLANTACIÓN DE MELINA (*Gmelina arborea*) EN LA PARROQUIA PUCAYACU DEL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI.

Autor: Cepeda Granja Renán Alejandro

RESUMEN

El suelo es un recurso vulnerable ante la degradación y la sobreexplotación. Se ha demostrado que los monocultivos pueden reducir considerablemente la fertilidad y el contenido de materia orgánica en el suelo. No obstante, los suelos son capaces de almacenar más carbono que la atmósfera y la vegetación, lo cual hace que sea imperativo determinar su capacidad de almacenamiento de carbono. El objetivo de este estudio fue determinar el contenido de carbono del suelo en una plantación de *Gmelina arborea*, ubicada en la Parroquia Pucayacu del Catón La Maná. Inicialmente se procedió a delimitar el área de estudio y los puntos de muestreo; de donde se tomaron las muestras necesarias para el análisis de las características físico – químicas del suelo. Se establecieron siete puntos de muestreo en toda la superficie de la plantación, de los cuales se tomaron un total de 28 muestras de suelo, a una profundidad de 30,0 cm. La cuantificación del contenido de carbono orgánico en el suelo se realizó mediante la determinación del porcentaje de la materia orgánica a nivel de laboratorio, el cual fue cotejado respecto al factor de Van Benmelen. Finalmente, se estimó el contenido de carbono orgánico total del suelo mediante la ecuación propuesta por Perman, considerando la densidad aparente, la profundidad de muestreo y el porcentaje de carbono orgánico del suelo. Se determinó que la capacidad de almacenamiento de carbono orgánico del suelo es muy alta, con un promedio de 58,32 *ton/ha*. Esta información permitió concluir que el suelo de esta plantación no está siendo afectado por el cultivo *Gmelina arborea*.

Palabras claves: carbono, carbono orgánico del suelo, materia orgánica.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

THEME: DETERMINATION OF CARBON CONTENT IN THE SOIL IN A MELINA PLANT (*Gmelina arborea*) IN THE PUCAYACU OF LA CANTÓN LA MANÁ, COTOPAXI PROVINCE.

Author: Cepeda Granja Renán Alejandro

ABSTRACT

Soil is a vulnerable resource against degradation and overexploitation. It has been shown that monocultures can significantly reduce fertility and organic matter content in the soil. However, soils are capable to store more carbon than the atmosphere and vegetation, which makes imperative to determine its carbon storage capacity. The objective of this research was to determine the carbon content of the soil in a *Gmelina arborea* plantation, located in the Pucayacu of La Maná Canton. Initially, the study area and sampling points were processed; where the necessary samples were taken for the analysis of the physical characteristics - soil chemical. Seven sampling points were established on the whole surface of the plantation, taking a total of 28 soil samples, a depth of 30.0 cm. The quantification of the organic carbon content in the soil was carried out to determine the percentage of organic matter at the laboratory level, which was collated with respect to the Van Bemmelen factor. Finally, the total organic carbon content of the soil was estimated using the proposed equation by Perman, determining the apparent density, sampling depth and percentage of organic soil carbon. It was determined that the organic carbon storage capacity of the soil is too high, with an average of 58.32 ton / ha. This information allows to conclude that the soil of this plantation is not being affected by the *Gmelina arborea* cultivation.

Keywords: carbon, soil organic carbon, organic matter.

INDICE DE CONTENIDÓ

1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2

4.EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
5.OBJETIVOS:	3
5.1. Objetivo General:	4
5.2. Objetivos específicos:	4
6.ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	5

CAPITULO I

7.FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
7.1. Suelos.....	7
7.1. 1. El carbono.....	7
7.1.2. Materia orgánica	7
7.1.3. Carbono Orgánico en el suelo.....	8
7.1.4. Almacenamiento de carbono en suelos	8
7.1.5. Ciclo del carbono	9
7.1.6 La respiración del suelo.....	9
7.1.7. Perdida de carbono orgánico del suelo.....	10
7.1.8. Características físicas del suelo	10
7.1.9. Características químicas del suelo	11
7.2. Método para la determinación de carbono	11
7.2.1. Método de pérdida por ignición.....	11
7.2.2. Método del cilindro conocido	12
7.3. Los programas de captura de carbono.....	12
7.3.1. Bosques en Ecuador	12
7.3.1 Los bosques como reservas de carbono	12
7.3.2. Plantaciones forestales en el Ecuador	13
7.3.3. Plantaciones de <i>Gmelina arborea</i>	13
7.3.4. Especie <i>Gmelina arborea</i>	13
7.4. Datos generales de la Parroquia Pucayacu.....	15
7.4.1. Topografía.....	15
7.4.2. Taxonomía del suelo	16
7.4.3. Cobertura vegetal	17
7.5. Marco legal	17
7.5.1. Constitución de la república del Ecuador 2008.....	17

7.5.2. Ley de Incentivos a la Forestación, Reforestación y a la Protección del Bosque	17
7.5.3. Ley Forestal y Fauna silvestre	17
7.5.4. Reglamento para la gestión de las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales	18
8. PREGUNTA CIENTÍFICA:.....	19

CAPITULO II

9.METODOLOGÍAS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	20
9.1.Establecimiento de puntos de muestreo y trazado del área de estudio	20
9.1.3. Estudio preliminar	20
9.1.4. Levantamiento de campo.....	21
9.1.5. Conservación y transporte de muestras	21
9.2. Caracterización física y química del suelo.	22
9.2.3. Textura.....	22
9.2.4. pH	22
9.2.5. Densidad aparente	23
9.2.6. Humedad del suelo	23
9.3. Análisis del carbono orgánico del suelo en la plantación de <i>G. arborea</i>	24
9.4. Instrumentos.....	25
9.5. Estadística descriptiva	26
9.5.1. La media	26
9.5.2. La varianza.....	26
9.5.3. La desviación estándar	27
9.5.4. Mediana	28
9.5.5. Análisis de correlación	28

CAPITULO III

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	29
10.1. DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN	29
10.1.1. Localización.....	29

10.1.2. Uso de suelos de la Parroquia Pucayacu	30
10.1.3. Características de la plantación.....	32
10.1.4. Superficie	32
10.1.5. Coordenadas de los puntos de muestreo en la plantación.....	32
10.1.6. Mapa de la plantación de <i>Gmelin. arborea</i>	33
10.2. Descripción de las características físico- químicas del suelo.....	34
10.2.1. Textura del suelo	34
10.2.2. Densidad aparente	35
10.2.3. Humedad del suelo	36
10.2.4. pH del suelo	37
10.2.5. Materia orgánica.....	38
10.3. Carbono orgánico del suelo	39
10.3.1. Carbono Orgánico Total del suelo	40
10.3.2. Análisis de correlación entre Carbono Orgánico Total del Suelo y la Materia Orgánica del Suelo.....	42
10.3.3. Análisis de correlación entre Carbono Orgánico Total del Suelo Densidad Aparente del Suelo.....	43
11. CONCLUSIONES	44
12. RECOMENDACIONES	45
13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO:.....	46
14. BIBLIOGRAFÍA	47
15. ANEXOS	1

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto.....	2
Tabla 2. Datos generales de la Parroquia Pucayacu	15
Tabla 3. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo en la plantación.....	32

Tabla 4. Tipos de textura del suelo	34
Tabla 5. Clasificación del contenido del Carbono Orgánico.....	40
Tabla 6. Resultados de la Estadística descriptiva.....	41
Tabla 7. Presupuesto del proyecto	46

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1. Mapa de la topografía de la Parroquia Pucayau	16
Gráfica 2. Mapa de ubicación de la Parroquia Pucayacu.....	29
Gráfica 3. Mapa de vegetación de la Parroquia Pucayacu.....	30

Gráfica 4. Mapa de taxonomía del suelo de la Parroquia Pucayacu	31
Gráfica 5. Área de la plantación	32
Gráfica 6. Mapa de la plantación con sus puntos de muestreo.....	33
Gráfica 7. Valores de densidad aparente del suelo.....	35
Gráfica 8. Valores del porcentaje de humedad del suelo.....	36
Gráfica 9. Valores de pH del suelo	37
Gráfica 10. Valores del porcentaje de Materia orgánica.....	38
Gráfica 11. Valores del % de Carbono Orgánico del Suelo.....	39
Gráfica 12. Valores de Carbono Orgánico Total del Suelo (Ton/ha)	40
Gráfica 13. Correlación entre Carbono Orgánico del Suelo y la Materia Orgánica del Suelo	42
Gráfica 14. Correlación entre Carbono Orgánico del Suelo y la Densidad Aparente del Suelo ..	43

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Levantamiento de campo	1
Anexo 2. Determinación de la textura del suelo	2
Anexo 3. Determinación del pH del suelo con uso del pHmetro	3

Anexo 4. Análisis de Laboratorio para la determinación de la densidad aparente del suelo.....	3
Anexo 5. Análisis de laboratorio para determinar la Humedad, Materia Orgánica del suelo.....	4
Anexo 6. Datos de Densidad Aparente del suelo obtenidos en laboratorio	5
Anexo 7. Clasificación el valor de ph.....	5
Anexo 8. Clasificación del Contenido de Carbono Orgánico del Suelo a 30 cm del suelo.....	6
Anexo 9. Clasificación de la Materia Orgánica	6
Anexo 10. Norma INVE - 103 para transporte y conservación de las muestras.....	7
Anexo 11. Datos de las características físico- químicas del suelo obtenidos en laboratorio una vez realizados los análisis y repeticiones de las muestras.....	8
Anexo 12. Hoja de vida del tutor.....	9
Anexo 13. Hoja de vida del autor	9

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

C= Carbono

CS= Carbono del suelo

COS= Carbono Orgánico del Suelo

COTS= Carbono Orgánico Total del Suelo

CC= Ciclo del carbono

CO₂= Dióxido de carbono

GEI= Gases de efecto invernadero

MO= Materia Orgánica

DA= Densidad Aparente

ENF= Evaluación Nacional Forestal

FAO= La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

IPPC= La Convención Internacional de Protección Fitosanitaria

1. INTRODUCCIÓN

El suelo es donde se extienden diversos procesos importantes para la nutrición y el crecimiento de las plantas, la materia orgánica presente en él, está distribuida por todo el suelo y contiene gran variedad de materiales, entre ellos el carbono del suelo (CS) debido a la acción de los microorganismos de la materia orgánica, recirculado a la atmosfera en forma de dióxido de carbono (CO₂), debido al proceso de descomposición de las mismas. El aumento de gases de efecto de invernadero (GEI), ha producido un incremento en la temperatura del planeta y una de las soluciones para afrontar este problema es evitar la destrucción o la erosión de nuestros suelos.

La materia orgánica (MA) tiene la capacidad de retener la humedad del suelo, formando óxidos hidratados, debido a la interacción de la textura del suelo y los minerales que nutren a la planta, como consecuencia mejora la calidad de su estructura y mayor fertilidad. Además, la materia orgánica ayuda a mantener al carbono dentro del suelo, este procediendo se encaminada a compensar los gases de efecto invernadero presentes en la atmosfera, con la finalidad de almacenar estas emisiones de carbono dentro del suelo. La respiración del suelo es un proceso importante, que se encuentra en el ciclo de carbono (CC), dependiendo así el flujo entre la atmosfera y el suelo. Determinando que la mayor cantidad de carbono de nuestro planeta, está presente en los suelos debido a su gran capacidad de almacenar los gases de efecto invernadero.

La presente investigación pretende obtener información, sobre la capacidad de almacenar de carbono del suelo en un plantación de *Gmelina arborea*, así mismo, en nuestro país se a impulsando la actividad forestal, por diferentes entidades estatales y privadas, estableciendo plantaciones las mismas que pueden afectar nuestro recurso suelo, debido a que es una especie introducida y no se conoce los impactos que pueden ocasionar a este recurso. Sobre todo, es importante conocer la potencialidad del servicio ecosistémico del almacenamiento de carbono, como una medida de mitigación contra el cambio climático, salvaguardando el bienestar de las futuras generaciones.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El carbono orgánico del suelo, está considerado como uno de los principales indicadores de calidad de los suelos, por lo que es necesario determinarlo con exactitud. La medición de este indicador permitió establecer el estado de los sistemas producción forestal sostenibles, con el fin de incentivar su implementación a los pequeños, medianos y grandes productores; debido a su importancia como mitigadores del calentamiento global y por su ayuda en la regulación del ciclo del carbono.

El propósito de estudio fue analizar el contenido de carbono orgánico del suelo que nos permitió evaluar el estado de este en la plantación estudiada. Para ello se definió el área de estudio y los puntos de muestreo a instalarse, además se realizó una caracterización físico- químicas del suelo en la zona de estudio. El contenido de carbono se analizó en laboratorio mediante el método de pérdida por ignición y utilizando el factor de Van Bémmele se obtuvo el carbono orgánico del suelo, para verificar la influencia del cultivo *G. arborea* sobre el contenido de carbono orgánico total disponible en la zona de estudio.

En el Ecuador se ha incentivado al establecimiento de plantaciones forestales de interés comercial, y se la considera a la *G. arborea* como una especie importante para este tipo de programa, porque atribuye a diferentes ventajas que presta ante la reducción de los gases de efecto invernadero, entonces es importante contar en un futuro con más información de campo, sobre los recursos ecosistémicos que nos brindan los bosques plantados de producción. Visto desde un punto forestal sostenible, estas plantaciones no cuentan con información sobre la capacidad de almacenamiento de carbono que puedan poseer y los beneficios que nos puedan brindar.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto

BENEFICIARIOS DIRECTOS		BENEFICIARIOS INDIRECTOS	
Propietarios	2	Población del cantón La Maná	
Trabajadores	12	Hombres	21420 habitantes
Total	14	Mujeres	20796 habitantes
		Total	42216 habitantes

Fuente (INEN) Elaborado por Cepeda (2019)

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El área de plantaciones forestales aumentó de manera significativa respecto a las estimaciones de 1995 que consistían en 124 millones de hectáreas. La nueva tasa anual registrada es de 4.5 millones de hectáreas en todo el mundo, de las cuales el 89 por ciento se encontraba en Asia y en América del Sur FAO (2000). Globalmente, se estima que hay cantidades mayores de carbono almacenadas como materia orgánica en el suelo que como biomasa IPCC, (2000), estas reservas podrían estar distribuidas de forma muy diferente a las reservas de carbono.

En el Ecuador las reservas de carbono del suelo son afectas por la distribución entre los tipos de cobertura terrestre. Sin embargo, nuestro conocimiento de las reservas de carbono en los suelos es aún incompleto (UNEP, 2011). Debido al poco detalle de los datos sobre suelos. Como consecuencia de la política nacional forestal de desregular el establecimiento y aprovechamiento de plantaciones forestales, Ecuador ha experimentado un incremento sustancial en la demanda de áreas para establecer plantaciones forestales, por parte de inversionistas privados nacionales e internacionales según Meza, (2001) , pero no cuentan con una información sobre los aspectos positivos o negativos que se causa al recurso suelo, lo cual es necesario tener datos de la capacidad de almacenar en los bosques plantados debido a que son especies introducidas.

Se registró un incremento del aprovechamiento de plantaciones forestales en diferentes provincias del Ecuador entre ellas destaco la Provincia de Cotopaxi, registrando un volumen de 164 770 m³, significando un incremento del 76,71%. También, se pudo incluir en esta publicación las cifras del aprovechamiento aprobado por la oficina técnica “La Mana” con un volumen de 128 117,96 m³ según MAE, (2011). Debido, a que las actividades agrícolas y ganaderas no son tan rentables en el Cantón La Maná, un gran número de propietarios de tierras han decidido establecer plantaciones de *G. arborea*; por su rápido crecimiento y el gran valor económico que presenta para el sector industrial.

5. OBJETIVOS:

5.1. Objetivo General:

Determinar el contenido de carbono en el suelo de una plantación de melina (*Gmelina arborea*) en la Parroquia Pucayacu del Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi.

5.2. Objetivos específicos:

- ✓ Establecer los puntos de muestreo y el trazado del área de estudio.
- ✓ Realizar una caracterización físico- química del suelo en las zonas de estudio.
- ✓ Analizar el contenido de carbono orgánico en el suelo de la plantación de *G. arborea*.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	RESULTADO	DESCRIPCIÓN
Establecer los puntos de muestreo y el trazado del área de estudio.	Georreferenciar el área de estudio	Superficie del área de estudio	Se tomaron puntos con el GPS para delimitarla superficie de la plantación recorriendo la superficie y a la vez se identificó el perímetro.
	Determinar un tipo de muestreo	Se realizó un muestreo aleatorio	La plantación de <i>G. arborea</i> , por el motivo de que el área del estrato es pequeña se consideró hacer 7 puntos de muestreos aleatorios
	Toma de muestras del suelo	Extracción con muestra simple 500 gr de suelo	La muestra se tomó a una profundidad de 30 cm recomendado por IPPC (2006) para lo cual se extrajo 500 gr de suelo.
	Conservación y transporte de muestras	Las muestras se conservaron y se transportaron en empaques selladas a prueba de humedad	Se utilizó la Norma INVE – 103, la cual establece métodos para la conservación, transporte y manejo de muestras de suelo.

Realizar una caracterización físico-química del suelo en las zonas de estudio.	Identificación de los parámetros físico-químicos del suelo	Valores estimados de las características como (textura, humedad, materia orgánica, densidad aparente)	El pH del suelo, método por disoluciones La densidad aparente del suelo, método del cilindro del volumen conocido La humedad relativa método gravimétrico.
	Descripción de los valores obtenidos	Promedio, desviación estándar, valores máximos y mínimos de las características	Por medio de la hoja de cálculo de Excel: se pudo realizar la estadística de los resultados.
Analizar el contenido de carbono orgánico en el suelo de la plantación de <i>G. arborea</i> .	Descripción de los valores obtenidos	Promedio, desviación estándar, valores máximos y mínimos de las características	Cuantificación de los datos obtenidos por los cálculos realizados con el fin de identificar la capacidad de almacenamiento de COS en la zona de estudio

Elaborado por Cepeda (2019)

CAPITULO I

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. Suelos

Es una colección de cuerpos naturales, está compuesto por el material orgánico y mineral que cubre la mayoría de la superficie terrestre, contiene materia viva y sirve de soporte para la vegetación en campo abierto y en lugares transformados por la actividad humana. Es un sistema abierto, trifásico y tridimensional (Ramirez , 1997).

Suelo, en este texto, es un cuerpo natural que comprende a sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurren en la superficie de las tierras, que ocupa un espacio y que se caracteriza por uno o ambos de los siguientes: horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la habilidad de soportar plantas en un ambiente natural (Soil Survey Staff, 1999).

7.1. 1. El carbono

El carbono se encuentra formando parte de la mayoría de los elementos que conforman la naturaleza así: en el agua bajo la forma de compuestos carbónicos disueltos y en el aire como dióxido de carbono o anhídrido carbónico. Los organismos vivos están constituidos por compuestos de carbono, obtenidos como resultado de sus procesos metabólicos, realizados durante su crecimiento y que son liberados cuando estos mueren (Smith, 1997).

7.1.2. Materia orgánica

Se considera a la materia orgánica del suelo como un continuo de compuestos heterogéneos con base de carbono, que están formados por la acumulación de materiales de origen animal y vegetal parcial o completamente descompuestos en continuo estado de descomposición, de sustancias

syntheticizadas microbiológicamente y/o químicamente, del conjunto de microorganismos vivos y muertos y de animales pequeños que aún faltan descomponer (Meléndez, 2003).

El aumento del contenido de materia orgánica en el suelo, hasta alcanzar un equilibrio, es uno de los procesos fundamentales en la edafogénesis. Se sabe que la materia orgánica incorporada juega un papel en la alteración y descomposición de los minerales del suelo (Salas, 1973).

La materia orgánica mejora la calidad del suelo, ayuda a prevenir la escorrentía, incrementa su humedad y contribuye a moderar las fluctuaciones diarias de temperatura en las capas superiores del suelo. La materia orgánica del suelo también funciona como un enorme almacén de carbono: se estima que los organismos vivos suponen aproximadamente un cuarto de todo el carbono de los ecosistemas terrestres, mientras que los otros tres cuartos están almacenados en la materia orgánica contenida en los suelos (Robert, L. Gignac, D, 2002).

7.1.3. Carbono Orgánico en el suelo

El COS es el componente principal de la materia orgánica del suelo y, como tal, constituye el combustible de cualquier suelo. La materia orgánica contribuye a funciones clave del suelo, ya que es fundamental para la estabilización de la estructura del suelo, la retención y liberación de nutrientes vegetales, y permite la infiltración y almacenamiento de agua en el suelo. Por lo tanto, es esencial para garantizar la salud del suelo, la fertilidad y la producción de alimentos. La pérdida de carbono indica un cierto grado de degradación del suelo (FAO, 2018).

La concentración de carbono orgánico en los suelos generalmente disminuye con la profundidad y a mayor proporción de reservorios relativamente estables menor la concentración total de carbono. La respuesta más fuerte de la reserva de carbono en el suelo a los cambios en la cobertura terrestre ocurre en los primeros 20 y 30 cm de profundidad. Sin embargo, los datos empíricos sólo suelen permitir detectar cambios en la capa de 0 a 5 cm de profundidad (IPCC, 2006).

7.1.4. Almacenamiento de carbono en suelos

El almacenamiento de carbono en el suelo comprende la interacción del elemento con aquellos factores que pueden influir en la modificación de las características del suelo a través del tiempo, tales como las condiciones ambientales del lugar y los componentes que conforman su estructura o que están íntimamente ligados a ella. Por lo tanto, la estimación del potencial de captura de carbono en suelos considera dos aspectos primordiales: la existencia original de carbono y los cambios en las existencias del mismo (Veras, 2014).

La retención de carbono en el suelo aumenta la capacidad de los suelos para mantener la humedad, resistir la erosión y enriquecer la biodiversidad de los ecosistemas, lo que ayuda a los sistemas agrícolas a soportar mejor sequías e inundaciones (FAO, 2015).

Las investigaciones sobre secuestro de carbono en el suelo, pretende establecer los factores responsables del balance humificación/mineralización, que permitirían diferenciar distintos tipos de suelo en función de su comportamiento como fuente o como sumidero de carbono, y evaluar su trascendencia sobre aspectos atmosféricos que inciden en el cambio climático global. (Sales Dávila, 2006)

7.1.5. Ciclo del carbono

El ciclo del carbono es el intercambio de carbono (en varias formas, p. ej. dióxido de carbono) entre la atmósfera, el océano, la biosfera terrestre y los depósitos geológicos. La mayor parte del dióxido de carbono que hay en la atmósfera proviene de las reacciones biológicas que tienen lugar en la tierra. La retención de carbono se produce cuando el carbono de la atmósfera es absorbido y almacenado en el suelo. Esta es una función importante, porque cuanto más carbono se almacena en el suelo, menos dióxido de carbono habrá en la atmósfera contribuyendo al cambio climático (FAO, 2015).

7.1.6 La respiración del suelo

Se define como la producción de CO₂ debido a dos procesos: la ruptura, u oxidación, de la materia orgánica rica en carbono por medio de los microorganismos del suelo, y la respiración de las células de las raíces de las plantas. La tasa de producción de CO₂ es científicamente importante porque

nos da una indicación de la tasa de descomposición de la materia orgánica y por tanto de la cantidad que se pierde de carbono del suelo. Las medidas de la respiración del suelo ayudan a determinar la contribución del suelo al balance del CO₂ en la atmósfera. La respiración del suelo se define como la producción de CO₂ debido a dos procesos: la ruptura, u oxidación, de la materia orgánica rica en carbono por medio de los microorganismos del suelo, y la respiración de las células de las raíces de las plantas. (Robert, L. Gignac,D, 2002).

7.1.7. Pérdida de carbono orgánico del suelo

La pérdida de carbono orgánico del suelo afecta negativamente no solo la salud del suelo y la producción de alimentos, sino que también agrava el cambio climático. Cuando se descompone la materia orgánica, se emiten gases de carbono de efecto invernadero a la atmósfera. Si esto ocurre a tasas demasiado altas, los suelos pueden contribuir a calentar nuestro planeta. Por otro lado, muchos suelos tienen el potencial de aumentar sus reservas de COS, mitigando así el cambio climático al reducir la concentración de CO₂ en la atmósfera (FAO, 2018).

7.1.8. Características físicas del suelo

Según la FAO, (2012) las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes.

Densidad aparente: Es la relación existente entre la masa y el volumen de suelo, en este volumen está considerado todo el espacio poroso existente.

Textura: Es la distribución de las partículas del suelo, expresada en porcentaje. Esta propiedad ayuda a identificar con facilidad de abastecimiento de los nutrientes, agua y aire son necesarios para la vida de las plantas.

Estructura: Es la forma como se agregan las partículas del suelo, es la responsable de las relaciones de aireación, infiltración humedad y temperatura del suelo.

Color: Es una de las características que guarda relación directa con la temperatura, la dinámica de los elementos y la movilidad del agua en el suelo el contenido de materia orgánica la cantidad de organismos, la evolución de los suelos etc.

Humedad: Cuanto más pequeño sea el diámetro de los poros llenos de agua, mayor será la energía que las plantas deban utilizar para extraer esa agua, ya que es retenida con mayor fuerza (Chapman, 1966).

7.1.9. Características químicas del suelo

Dentro de todos los procesos que se dan en el suelo el más importante es el intercambio iónico, junto con la fotosíntesis, son los dos procesos de mayor importancia para las plantas, El cambio iónico es debido casi en su totalidad a la fracción arcilla y a la materia orgánica (Ramirez , 1997).

- **PH:** Es una de las propiedades químicas más importante en los suelos, ya que de él depende la disponibilidad de nutrientes para las plantas, determinando su solubilidad y la actividad de los microorganismos, los cuales mineralizan la materia orgánica. El pH es una propiedad que tiene influencia indirecta en los procesos químicos, disponibilidad de nutrientes, procesos biológicos y actividad microbiana (Sánchez, 2007).

7.2.Método para la determinación de carbono

7.2.1. Método de pérdida por ignición

El método cuantifica directamente el contenido de materia orgánica y se basa en determinar la pérdida de peso de una muestra de suelo al someterla a elevadas temperaturas. Existen numerosos trabajos donde se utilizan temperaturas de ignición que van desde los 250 a los 600 °C en mufla y diferentes períodos de tiempo, desde 2 hasta 24 h. (Combs, S & Nathan, M, 1998).

El método de pérdida por ignición resulta un método económico dado que no se utilizan reactivos químicos y requiere pocas horas hombre para su realización. Este método resulta razonablemente preciso en la estimación de MO del suelo si se consideran precauciones para evitar errores por higroscopicidad y contenido de sales (Rosell, D. (2001) citado por: Burgos, D., Cerda, A., 2012).

7.2.2. Método del cilindro conocido

Según Rojas, (2010) el método del cilindro consiste en introducir un cilindro biselado de volumen conocido en el suelo, enrasando el suelo con los bordes, secar la muestra en estufa a 105° C hasta saber el peso constante y obtener su valor de la siguiente manera:

$$D_{Ap} \text{ (g cm}^{-3}\text{)} = \text{peso suelo seco (g)} \times 100$$

Volumen del cilindro (cm⁻³)

7.3. Los programas de captura de carbono

Son instrumentos de política que fueron diseñados para aprovechar el mecanismo ecológico descrito anteriormente a favor de la protección ambiental y del combate a la contaminación y, por ende, al cambio climático. La disminución en esta concentración atmosférica puede ser el resultado de evitar emisiones (bosques que no son talados) o la captura del carbono atmosférico (absorción por almacenes naturales) (Yáñez, 2004).

7.3.1. Bosques en Ecuador

Ecuador es un país con un alto nivel de cobertura forestal y una diversidad biológica muy alta. Sin embargo, los bosques ecuatorianos se encuentran bajo presión por la deforestación y la explotación de los recursos (WCMC, 2011).

7.3.1 Los bosques como reservas de carbono

El Ecuador está entre los países con mayores tasas de deforestación en Latinoamérica. Según la FAO (2009), la deforestación anual era del 1,5% entre 1990 y 2000 y aumentó al 1,7% entre 2000 y 2005, llegando a un total de 1 980 km² de bosque perdido al año. Sin embargo, existe una fuerte voluntad política para cambiar esta tendencia. El Ministerio del Ambiente está desarrollando un

nuevo Modelo de Gobernanza Forestal, con el objetivo de gestionar los bosques de manera sostenible. (WCMC, 2011)

7.3.2. Plantaciones forestales en el Ecuador

La mayor parte del suelo del país es apto para el uso forestal, correspondiendo aproximadamente 12 millones de hectáreas que significan el 44,7% del área total del país. Además, hay que considerar que con técnicas adecuadas de agroforestería, el área potencial para uso forestal puede aumentar. En la Amazonía, por diversos motivos, la colonización originó una agricultura itinerante, que amenaza con una depredación gradual del recurso forestal. En la Costa, donde la colonización se intensificó a partir de 1964 por la expansión de la frontera agrícola, las áreas cubiertas con pastizales ocupan aproximadamente cinco millones de hectáreas. En la Sierra son conocidos los efectos originados por la intensa colonización, que redujo la cobertura boscosa a menos del 7% del área original. (Zúñiga, 1999).

7.3.3. Plantaciones de *Gmelina arborea*

La *Gmelina arborea* fue introducida en Costa Rica desde 1975 y en la actualidad es la especie más utilizada en la reforestación comercial. Se estima que en el país existen cerca de 65 mil hectáreas reforestada con esta especie, cifra muy alta para la extensión territorial de Costa Rica (Moya, 2003).

La *Gmelina arborea* es la especie importante en la reforestación en Costa Rica, en el sector de la industria maderera de plantaciones se ha desarrollado por esta especie. Estas primeras plantaciones estaban orientadas a producir materia prima para la industria papelera y para la producción de leña. Sin embargo, en el país la única industria existente no tiene el sistema de producción de astillas, sino que su fuente de materia prima es la pasta comprada internacionalmente. Así también la utilización de la melina como combustible tampoco resultó una solución viable debido a la baja capacidad calórica de la especie; y además porque en Costa Rica el consumo de leña es bajo, solamente el 5% de todas las fuentes energéticas utilizadas en el país (Arce, H; Ruiz Y, 2001).

7.3.4. Especie *Gmelina arborea*

Originario del Asia, en especial de la India en el Sub Himalaya, esporádicamente encontrado en el oeste y sur de India, se ha difundido a países del cinturón tropical; es un árbol razonablemente fuerte para su peso. Melina o gamhar es un árbol caducifolio de la familia Lamiaceae, nativo de los bosques de la India y el sudeste de Asia, situados a menos de 1.500 m de altitud, se cultiva en zonas de vida de bosque húmedo y muy húmedo de la región tropical; bosque húmedo montano bajo de la región subtropical (Rodríguez F, 2004) .

El árbol decíduo, sin contrafuertes, que alcanza hasta los 30m de altura y hasta 120cm de diámetro. La gama de colores de la madera va desde blanco grisáceo a marrón amarillento. Los incrementos medios anuales son: 2 m. en altura y de 3,6 cm en diámetro.

Usos de la Madera

Una vez secada la madera la madera es utilizada para aserrío, construcciones rurales y construcción en general, tarimas, leña, muebles, artesanía, cajonería, pulpa para papel, contrachapados, embalajes, postes, tableros, carpintería, tableros y aglomerados (Rodríguez F, 2004).

Nomenclatura

Nombre científico: *Gmelina arborea* (Roxb.)

Familia: Verbenaceae

Sinónimos: *Gmelina arborea* Linn Nombres comunes: En América tropical se le conoce como melina, en Indonesia se le conoce como yemane y en la India gamari o gumadi. Otros nombres son gemelina, gmelina, gumhar, kashmir tree, malay beechwood, snapdragon, teca blanca, yemani (Birmania), so, so-maeo (Tailandia), kumhar, sewan (Pakistán), shivani (Indias central), gamar (Bangladesh).

Variedades: Han sido reportadas tres variedades de la especie: *Gmelina arborea* var. *arborea*, *Gmelina arborea* var. *glaucescens* y *Gmelina arborea* var. *canencens*, y su mayor diferencia está dada por su distribución natural.

Observaciones taxonómicas: El género *Gmelina* fue descrito por Linneo en 1742 y la especie *arborea* fue descrita por Roxburg en 1814 adaptación (Rodríguez F, 2004).

7.4. Datos generales de la Parroquia Pucayacu

Tabla 2. Datos generales de la Parroquia Pucayacu

Fecha de creación de la parroquia	Creación: 1949
Creación	Fundación: 10 de agosto 1968
Población total	2.434 habitantes
Extensión	184.6 <i>km</i> ²
Límites	Norte el Cantón Valencia provincia de los Ríos Sur La parroquia Guasaganda Este el Cantón Sigchos Oeste el Cantón Valencia, provincia de los Ríos.
Rango Altitudinal	520 a 2840 msnm
Precipitación	La precipitación promedio anual es de 3.000 mm
Temperatura	La temperatura promedio anual del sector es de 24°C (Grados Centígrados)
Clima tropical mega térmico húmedo	

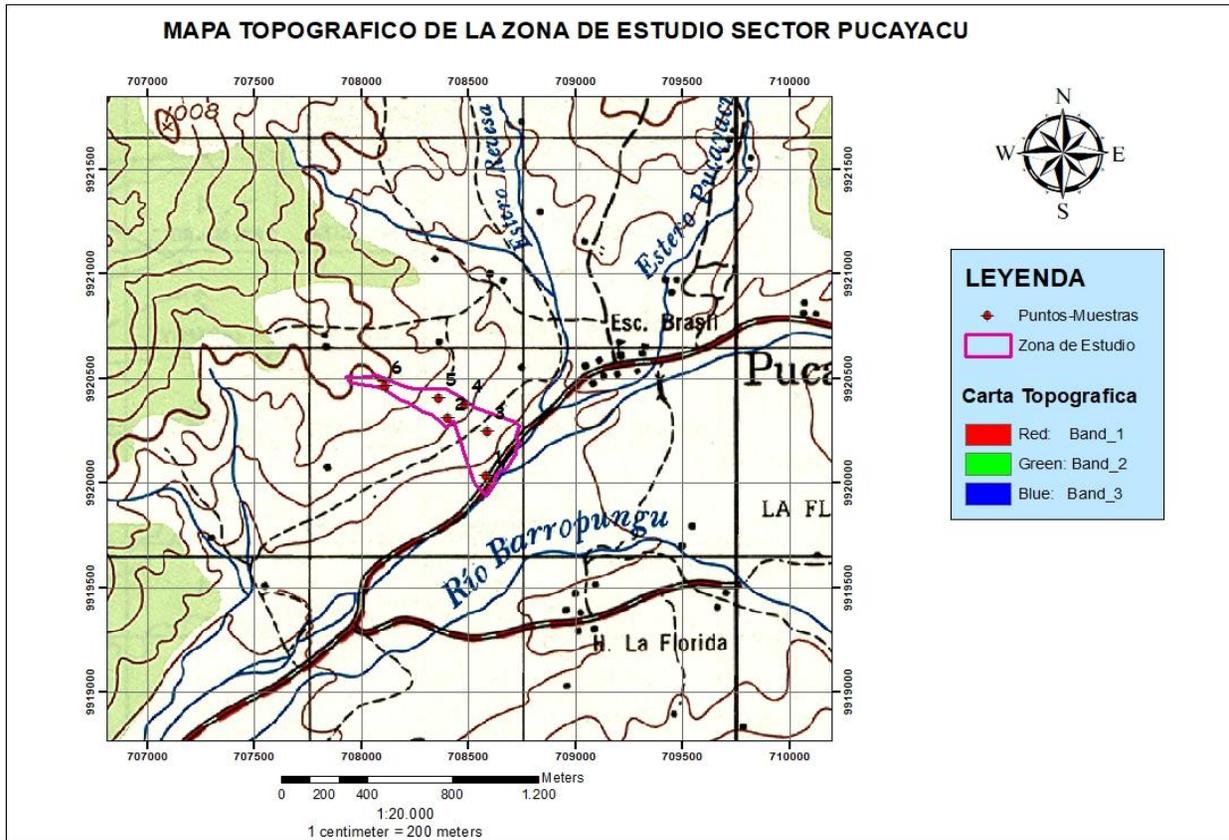
Fuente GAD Parroquial Rural Pucayacu

Elaborado por Cepeda (2019)

7.4.1. Topografía

La Parroquia se encuentra situada en una topografía irregular que va desde los 520 a 2840 msnm (Metros sobre el nivel del mar) con pendientes que oscilan de entre 25 a 40% según el geoportal del IEE (Instituto Espacial Ecuatoriano), esta parroquia se encuentra en las ramificaciones de la Cordillera Occidental de los Andes y existe vegetación de clima tropical y subtropical en los pisos más altos, como se observa en las **Gráfica 1**.

Gráfica 1. Mapa de la topografía de la Parroquia Pucayacu



Fuente MAGAP, (2018). Adaptación: Cepeda (2019)

7.4.2. Taxonomía del suelo

Según el Ordenamiento Territorial de la Parroquia Pucayacu (2015), en esta parroquia, de acuerdo a la clasificación de la USDA, los suelos se pueden considerar como Entisoles con 201,50 Ha, Inceptisoles con 8396,95 Ha, y la combinación de los dos Inceptisoles + entisoles con 9534,54 Ha.

La característica dominante del sector es su contenido arcilloso, de capa arable de color negro. El color predominante de la arcilla es de amarillo y rojo. Los suelos Inceptisoles se consideran a los suelos de región húmeda y sub húmeda con una buena retención de agua a diferencia de a los suelos Entisoles, que se desarrollan en las orillas y planicies de los ríos y arroyos.

7.4.3. Cobertura vegetal

La Parroquia Pucayacu tiene una extensión de 18168,8 Ha. Dentro de su cobertura vegetal según el Ordenamiento Territorial de la Parroquia Pucayacu (2015), predominan los bosques tropicales tanto naturales como intervenidos. Además, en cuanto a cultivos predominan los de ciclo cortopastos. Debido a la agricultura, se ha producido deforestación y degradación de los bosques. Por lo tanto, el 51% de la cobertura vegetal está destinado a pastos cultivados, mientras que el bosque natural ocupa un 41,4 %.

7.5. Marco legal

7.5.1. Constitución de la república del Ecuador 2008

En el artículo 88. Se establece que el estado apoya preferentemente el desarrollo agrario, bajo este marco se establece la ley de promover el financiamiento e inversión para regular y promover las plantaciones forestales y sistemas agroforestales que hacen mención en estas leyes.

7.5.2. Ley de Incentivos a la Forestación, Reforestación y a la Protección del Bosque

Art 1.- La Ley tiene como objetivo general establecer incentivos para promover la incorporación del sector privado en la ejecución de actividades de forestación, reforestación y de protección de los bosques, con el propósito de lograr su más amplia participación en la reversión del proceso de deforestación que sufre el país, en el adecuado manejo de los bosques naturales y en el establecimiento de plantaciones forestales.

Capítulo 2 de los incentivos

Art 7.- Las personas naturales o jurídicas que expresa y voluntariamente se acojan a la presente Ley, gozaran en su caso de los incentivos que en la misma se establecen.

7.5.3. Ley Forestal y Fauna silvestre

Capítulo 1 Del Patrimonio Forestal del Estado

Art. 1.- Constituyen patrimonio forestal del Estado, las tierras forestales que de conformidad con la Ley son de su propiedad, los bosques naturales que existan en ellas, los cultivados por su cuenta

y la flora y fauna silvestres; los bosques que se hubieren plantado o se plantaren en terrenos del Estado, exceptuándose los que se hubieren formado por colonos y comuneros en tierras en posesión.

Capítulo 2 Atribuciones y Funciones del Ministerio del Ambiente

Art. 5.- El Ministerio del Ambiente, tendrá los siguientes objetivos y funciones:

- a) Delimitar y administrar el área forestal y las áreas naturales y de vida silvestre pertenecientes al Estado;
- b) Velar por la conservación y el aprovechamiento racional de los recursos forestales y naturales existentes;
- c) Promover y coordinar la investigación científica dentro del campo de su competencia

Capítulo 4 De las Tierras Forestales y los Bosques de Propiedad Privada

Art. 9.- Las tierras forestales aquellas que por sus condiciones naturales, ubicación, o por no ser aptas para la explotación agropecuaria, deben ser destinadas al cultivo de especies maderables y arbustivas, a la conservación de la vegetación protectora, inclusive la herbácea y la que así se considere mediante estudios de clasificación de suelos, de conformidad con los requerimientos de interés público y de conservación del medio ambiente.

Art. 10.- El Estado garantiza el derecho de propiedad privada sobre las tierras forestales y los bosques de dominio privado, con las limitaciones establecidas en la Constitución y las Leyes.

7.5.4. Reglamento para la gestión de las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales

Título 6. Fomento de la competitividad de la industria de las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales

Artículo 81.- Desarrollo de Proyectos Integrales de Aprovechamiento de Plantaciones Forestales
Son Proyectos Integrales de Aprovechamiento del Bosque las iniciativas de inversión que contemplan la ejecución de actividades de producción, aprovechamiento, transformación y comercialización de los productos forestales.

Título 7. Financiamiento e Inversión para Plantaciones Forestales y Contratos de Cesión En Uso Para Los Sistemas Agroforestales

Artículo 86.- Hipoteca de las concesiones forestales para plantaciones y contratos de cesión en uso para sistemas agroforestales La concesión para plantaciones y el contrato de cesión en uso para sistemas agroforestales son un derecho real de carácter incorporal, registrable y susceptible de hipoteca. Es aplicable como norma supletoria el Código Civil.

Artículo 87.- Vuelo forestal como garantía mobiliaria El vuelo forestal de concesiones para plantaciones y contratos de cesión en uso para sistemas agroforestales es un bien mueble susceptible de ser entregado como garantía, para obtener recursos del sistema financiero o del mercado de capitales.

Artículo 88.- Restricciones a la hipoteca y garantía mobiliaria para plantaciones forestales La constitución de hipotecas o garantías mobiliarias mencionadas en los artículos anteriores sólo podrán tener por finalidad la inversión en el desarrollo de plantaciones, la conservación y aprovechamiento sostenible de las áreas bajo manejo.

8. PREGUNTA CIENTÍFICA:

¿El análisis de las características físico- química de un suelo cultivado con *G. arborea* permitirá determinar el contenido de carbono orgánico del suelo de la zona de estudio?

CAPITULO II

9. METODOLOGÍAS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

9.1. Establecimiento de puntos de muestreo y trazado del área de estudio

La metodología que se utilizó se dividió en tres etapas o fases:

- Estudio piloto
- Levantamiento de campo
- Conservación y transporte

9.1.3. Estudio preliminar

En primer lugar se consideró realizar una visita a la plantación para recorrer y delimitar el área de estudio con ayuda del GPS. Después, se realizó un croquis de la zona de estudio con el apoyo de Google map, para ayudar a decidir cómo se va a realizar el muestreo.

Por las características de la plantación se realizó un muestreo aleatorio simple, este proceso ayudó a tener información sobre la capacidad de almacenamiento de carbono orgánico y las características físico- químicas que tiene suelo de la plantación. El detalle se describe a continuación:

1. Por el motivo de que el área del estrato es pequeña se consideró hacer 7 puntos de muestreos aleatorios.
2. Un muestreo aleatorio simple sitúa los puntos de muestreo de forma aleatoria dentro de la población muestreada. A pesar de ello, continúa siendo un muestreo probabilístico válido.

Además se adquirió información previa sobre el área de estudio:

- Se identificó la taxonomía y uso de cobertura vegetal del suelo, esta información se obtuvo de en el Sistema Nacional de Información, con ayuda de los shapefile y los sistemas de información geográfica (Arcgis) se procedió a realizar mapas, para determinar las características o usos que se encuentra el suelo de la plantación.

9.1.4. Levantamiento de campo

- Una vez llegado al punto de muestreo se procedió a extraer una muestra simple por cada parcela del estrato a una profundidad de 30 cm recomendado por IPPC (2006) para lo cual se extrajo 500 gr de suelo, los mismos que se utilizó para la determinación de textura, pH, humedad relativa, materia orgánica y carbono orgánico. Una vez obtenida la muestra se colocó en una funda plástica, con su respectiva ficha de identificación.
- En el mismo punto analizado se tomó la muestra para identificar la densidad aparente del suelo, donde se utilizó un cilindro de volumen conocido, este proceso se realizó en cada punto de muestreo necesario para los cálculos posteriores de carbono orgánico.
- Este procedimiento se realizó para tomar todas las muestras necesarias a 30 cm de profundidad, lo cual permitió medir los cambios en el contenido de carbono con relación a la profundidad del suelo y las características físico- química.

9.1.5. Conservación y transporte de muestras

- Se utilizó la Norma INVE – 103, la cual establece métodos para la conservación,
- transporte y manejo de muestras de suelo después de haber sido obtenidas.
- Las muestras fueron recolectadas con la metodología del Grupo B, las cuales son para determinaciones físicas del suelo.
- Todas las muestras se identificaron de la siguiente forma:
 - Nombre
 - Fecha del muestreo y hora del muestreo
 - Numero de muestra
 - Coordenada
 - Profundidad muestreada
- Las muestras se conservaron y se transportaron en empaques selladas a prueba de humedad, los cuales fueron puestos en un culer para evitar su rotura.
- Las muestras cilíndricas se pusieron dentro de una funda plástica para proteger y se llevaron dentro del culer.

Con el uso del software Arcgis se realizó un mapa de la zona de estudio con sus respectivos puntos de muestreo.

9.2. Caracterización física y química del suelo.

9.2.3. Textura

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo.

- Para conocer la textura de una muestra de suelo, separe primero la **tierra fina**, todas las partículas de menos de 2 mm.
- Se toma una pequeña muestra de suelo
- Después se le humedece la muestra y se procede a formar una bola pequeña hasta que comience a hacerse compacta sin que se pegue a la mano.
- Se oprime con fuerza la muestra de suelo
- Si la muestra mantiene la forma arcilla, no mantiene la forma contiene más cantidad de arena.

Con ayuda de la pirámide de texturas se aproximan los valores relativos de arena, limo y arcilla, para determinar el tipo de textura que posee el suelo en estudio.

También se determinó el tamaño de las partículas sedimentarias de acuerdo a lo estipulado en el libro Geological N° 540F con el apoyo de la gráfica de partículas oscuras y con ayuda de una lupa se observó el diámetro de las partículas de suelo, además se estimó visualmente del volumen de fragmentos gruesos del suelo .

9.2.4. pH

Con el propósito de evaluar el pH del suelo se utilizó el método por disoluciones en las muestras de suelo, y se realizó lo siguiente:

- Se pesó 10 gr de suelo y se les agregó 50 ml de agua desionizada.
- Se mesclo suelo: agua se agitó durante tres minutos y se dejó reposar 15 minutos.
- El pH se midió sin agitar, con ayuda del pHmetro
- Para la calibración del pHmetro se hizo con la sustancia bufer.

9.2.5. Densidad aparente

Para determinar la densidad aparente del suelo, se utilizó el método del cilindro del volumen conocido.

- Donde se muestreo el suelo con el uso de un cilindro metálico de volumen conocido de 98,02 cm³.
- Luego secamos la muestra en la estufa a 105 °C durante 24 horas, hasta obtener un peso constante.
- Después se pesa la muestra seca, a fin de poder realizar los cálculos necesarios.

D.A. (g/cm³) = Peso seco/Volumen del cilindro

9.2.6. Humedad del suelo

En fin de identificar la humedad que tiene la zona de estudio, se tomó una muestra respectiva del suelo con ayuda del método gravimétrico se midió este parámetro siguiendo el procedimiento:

- Se tomó una muestra respectiva del suelo 7 gr y se coloca en crisoles de porcelana.
- Luego se colocan en un horno secador a una temperatura de 105° C.
- Las muestras deben mantenerse en el horno hasta llegar al peso seco, donde se pesaron las muestras en 4 ocasiones para verificar la varianza de peso que puedan tener.
- Después del secado, las muestras se pesan sus contenedores para conocer el peso seco.

$$w = (W_w / W_s) * 100 (\%)$$

w = contenido de humedad expresado en % W

W_w = peso del agua existente en la masa de suelo

W_s = peso de las partículas sólidas

9.3. Análisis del carbono orgánico del suelo en la plantación de *G. arborea*.

Después utilizamos el método de pérdida por ignición que determinó el contenido total de materia orgánica que posee el suelo.

Los contenidos de carbono se calcularán de la siguiente manera:

- Se pesa una muestra de 7 g de suelo seco al aire, se coloca en crisoles de porcelana.
- Se seca el conjunto (la muestra y el crisol) en horno a 105° C hasta peso constante (aproximadamente entre 24), se retira del horno y se deja enfriar en desecador, luego se pesa.
- Se calcina la muestra en una mufla a 650° C, durante 3 horas.
- Se retira de la mufla el conjunto, se deja enfriar en desecador y se pesa nuevamente.
- Se calcula la diferencia de peso entre las medidas antes y después de calcinar; esta diferencia de peso equivale a la cantidad de materia orgánica que se perdió de la muestra por efecto de la calcinación.
- Se expresa la diferencia de peso en porcentaje (%), con respecto al peso inicial de la muestra (seca a 105° C) y ese es el porcentaje de materia orgánica que tenía aquella.

Se calcula el contenido de Materia orgánica con la siguiente ecuación

$$\%MO = \frac{A-B}{B} \times 100$$

Donde

A= Peso de la muestra

B=Peso de la muestra calcinada a 650 °C

Se empleó el factor de Van Benmelen de 1.724, que resulta de la suposición de que la materia orgánica del suelo (SEMARNAT, 2002). El contenido de carbono orgánico total del suelo se estimó partiendo de la materia orgánica del suelo.

El contenido de carbono orgánico total en suelos se calculó con base en la ecuación propuesta por (Penman et al., 2003):

COTS= % COS *Densidad aparente *profundidad* % Fragmentos gruesos

COTS= Ton/ha

% COS = porcentaje del contenido de carbono orgánico del suelo

Densidad aparente = masa de suelo por volumen de muestra (g/cm^3)

Profundidad = profundidad de muestreo del suelo en cm

% Fragmentos gruesos = No se aplica en este trabajo, ya que no existen inclusiones en el área estudiada

Estos cálculos se hicieron por cálculo, para la capa de 0-30 cm, para su clasificación en categorías de los contenidos de Carbono Orgánico Total del Suelo se generaron con Vera, L.

En el laboratorio se tomó en consideración realizar cuatro repeticiones en cada punto de muestreo tomado en campo y como resultado se obtuvieron 28 datos de % de materia orgánica, % de carbono orgánico y carbono orgánico total del suelo en la zona de estudio, para lo cual se estimó la media de cada muestra repetida para obtener datos más reales de los puntos muestreados de la plantación.

9.4. Instrumentos

- **GPS:** permitió la tomar distintas coordenadas para la delimitación espacial.
- **Pala:** herramienta utilizada para excavar y conseguir las muestras.
- **Horno:** equipo para secar las muestras de suelo.
- **Balanza:** necesario para pesar las muestras.
- **Mufla:** es una cámara de combustión que llega a tener temperaturas muy altas.
- **Desecador:** permite mantener limpias las muestras después del secado o calcinación.
- **Crisoles o platos de evaporación:** son recipientes pequeños de porcelana necesarios para poner las muestras en el horno.
- **Cilindro:** es un tubo metálico necesario para poder conocer la densidad.
- **pHmetro:** para medir la acidez o alcalinidad en el suelo.
- **Sustancia buffer:** sustancia química que afecta a los iones de hidrogeno necesario para la calibración del phmetro.
- **Agua destilada:** sustancia cuya composición es agua purificada.

9.5. Estadística descriptiva

La presente investigación no necesita un diseño experimental como tal, ya que manejaremos los datos numéricos con estadística descriptiva.

Esta técnica matemática se utilizó en la descripción, organización y presentación del conjunto de datos del contenido de carbono del suelo que se obtendrán en la investigación, los valores serán visualizados mediante tablas o gráficas, para la interpretación del comportamiento del carbono en el suelo y sus características físico- química en la plantación de *G. arborea*.

9.5.1. La media

Con los datos cuantitativos del contenido de carbono del suelo, se sumaron 24 resultados del contenido de carbono a 30 cm y se dividen para el número de resultados sumados, con ello se determinó el promedio de carbono en la profundidad mencionada, este procedimiento se realizó para tener la media de los datos, identificando la existencia del contenido de carbono total en el suelo.

Utilizando la siguiente ecuación:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

X = término de datos

X = media

n = tamaño de la muestra

9.5.2. La varianza

Ayudó a representar la variabilidad que tendrán los datos del contenido de carbono del suelo entre los diferentes puntos muestreados, tomando en cuenta la media de los datos del contenido de carbono total.

Con la media de los datos del contenido de carbono, se calculó el cuadrado de la distancia a la media para cada dato, se sumarán los valores que resultan del cuadrado para dividir al número de datos, como resultado tendremos la variabilidad que tendrá el contenido de carbono del suelo.

Se calculó con la siguiente ecuación:

$$S^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2}{n-1}$$

S² = varianza

X_i = termino de datos

—
X = media

n = número de muestras

9.5.3. La desviación estándar

Es una medida que usó para cuantificar la variación o dispersión del conjunto de datos del contenido de carbono en el suelo, para indicar como están dispersos los datos con respecto a la media.

Con la media de los datos del contenido de carbono, se calculó el cuadrado de la distancia a la media para cada dato, se sumaron los valores que resultan del cuadrado para dividir al número de datos y al final se sacará la raíz cuadrada de la división como resultados tendremos la desviación estándar del contenido de carbono del suelo.

Se calculó con la en base a la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

S = desviación estándar

X_i = termino de datos

—
X = media

n = número de muestras

9.5.4. Mediana

Con la mediana se obtuvo el valor de contenido de carbono orgánico, que ocupa el lugar central de todos los datos cuando éstos están ordenados de menor a mayor.

$$Md = Lm + \frac{\frac{n+1}{2} - F(x_{m-1})}{f(x_m)} C_m$$

Donde: Lm: límite inferior de la clase mediana.
 $F(x_{m-1})$: frecuencia acumulada de la clase anterior a la clase mediana.
 $f(x_m)$: frecuencia absoluta de la clase mediana.
 C_m : amplitud de la clase mediana.

9.5.5. Análisis de correlación

Se realizó el diagrama de dispersión lineal, para determinar la correlación entre el contenido de carbono orgánico (Ton/ ha) y otra variable cuantitativa, como es el porcentaje de materia orgánica en el suelo. Donde, se determinó el valor de relación para saber el tipo de correlación existente entre las variables.

Al igual que el coeficiente de correlación está más cerca de + 1 o -1, indica una correlación positiva (+ 1) o negativa (-1) entre las variables de estudio. Una correlación positiva significa que si los valores de una variable aumentan, los valores de la otra aumentan también aumentan

La ecuación para el coeficiente de correlación es:

$$COEF.DE.CORREL = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

Dónde:

\bar{x} and \bar{y}

CAPITULO III

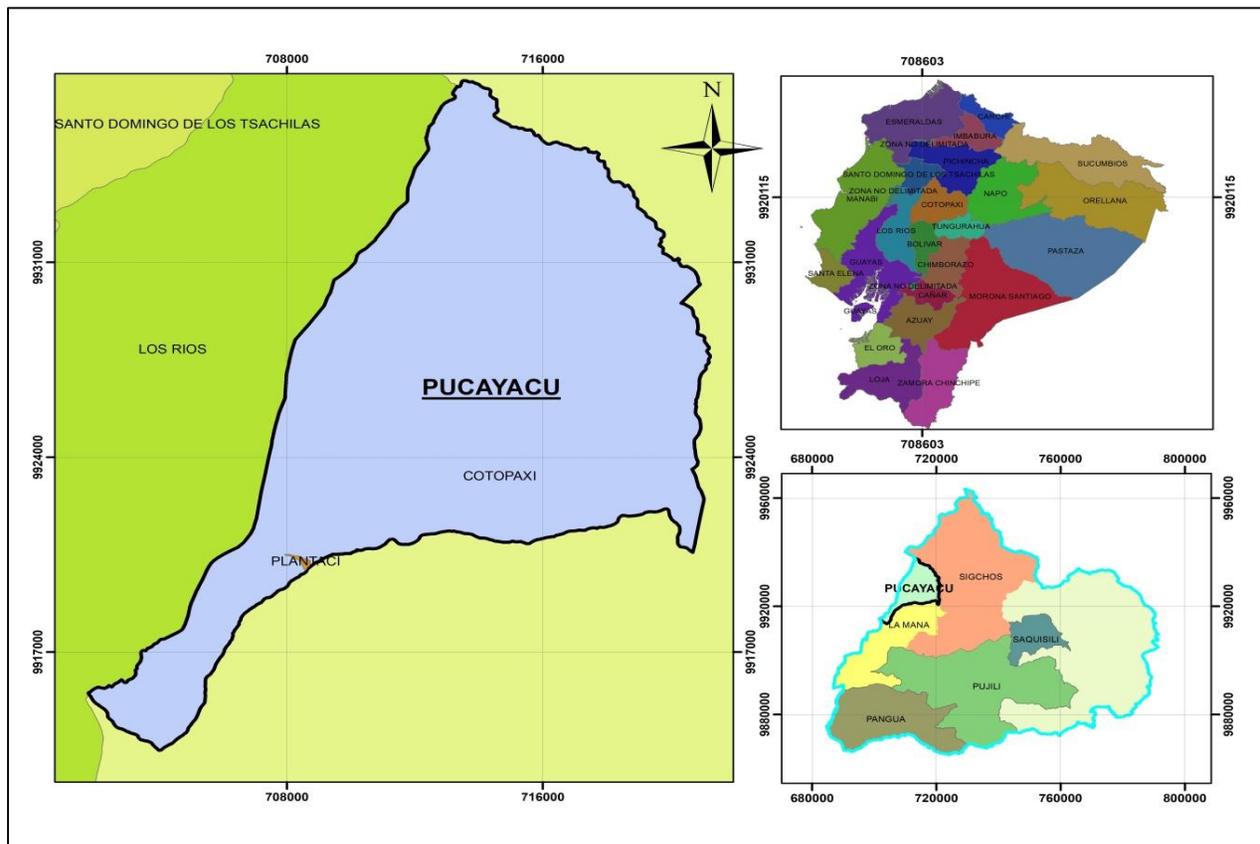
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

10.1. DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

La plantación está ubicada en la vía principal a la Parroquia Pucayacu, a una distancia de 35 km del Cantón La Maná, con un tiempo aproximado de 35 minutos de viaje en automóvil.

La Parroquia Pucayacu se encuentra dentro del Catón La Maná, Provincia de Cotopaxi, se muestra a continuación **Gráfica 2**, con una superficie de 18460,2 has, con una altura que va desde los 520 a 2840 msnm.

Gráfica 2. Mapa de ubicación de la Parroquia Pucayacu



Elaborado por Cepeda (2019)

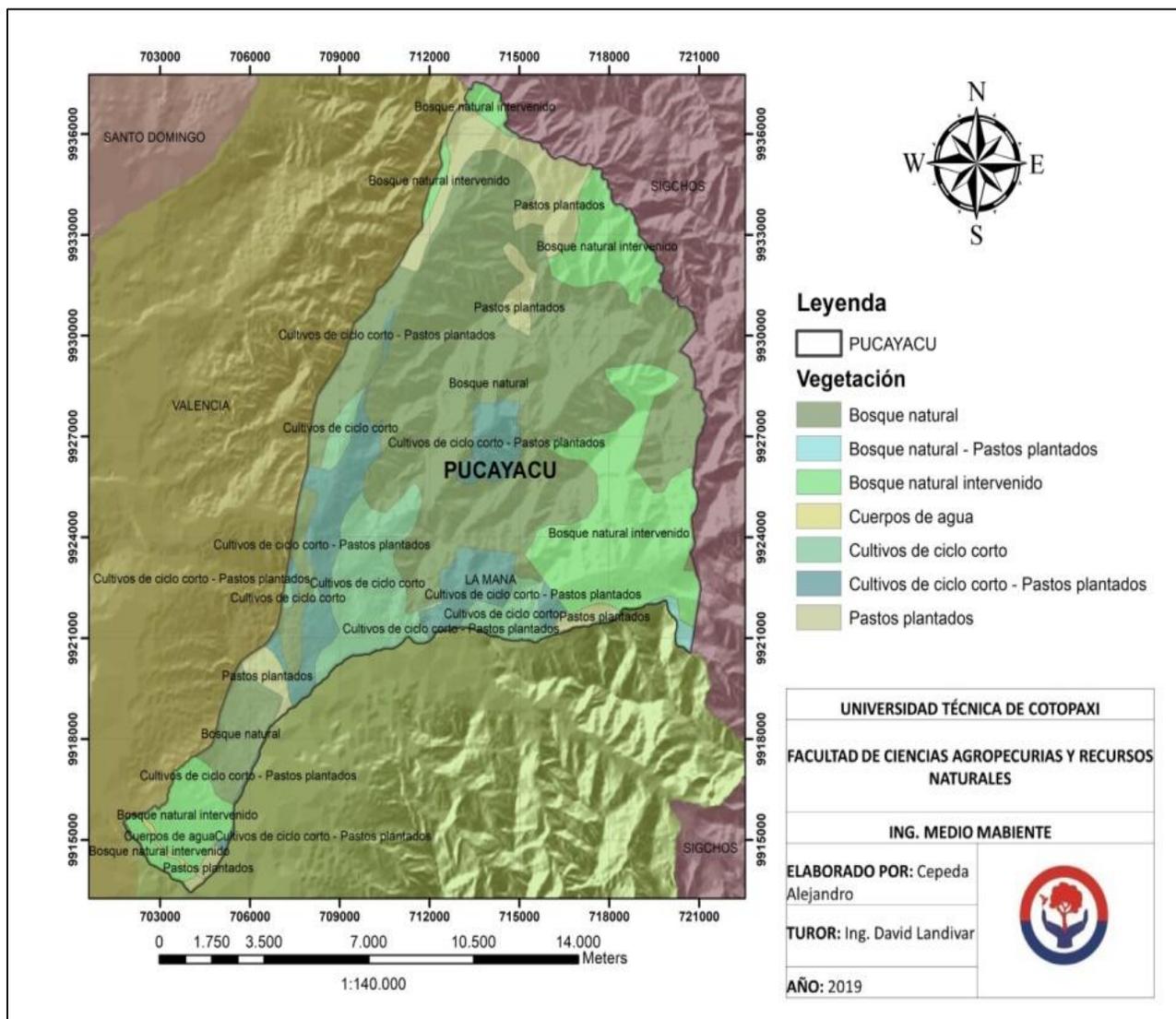
10.1.1. Localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en una plantación de *G. arborea* ubicada en el ecosistema tropical de la parroquia de Pucayacu, cantón La Maná, provincia de Cotopaxi.

10.1.2. Uso de suelos de la Parroquia Pucayacu

Según el mapa de uso de suelo **Gráfica 3**, el área de estudio está situada en el uso para cultivos, y además la distribución que tiene la parroquia se divide en bosque que representa 129.997,97 has, cultivos con un área de 4486,21 has y para la producción de pastas destinado un 704,8 has, así mismo se determinó que en la Parroquia está situada la reserva Ecológica los Ilinizas ocupando un 24% de territorio, por lo cual es poseedora de gran variedad de flora y de fauna.

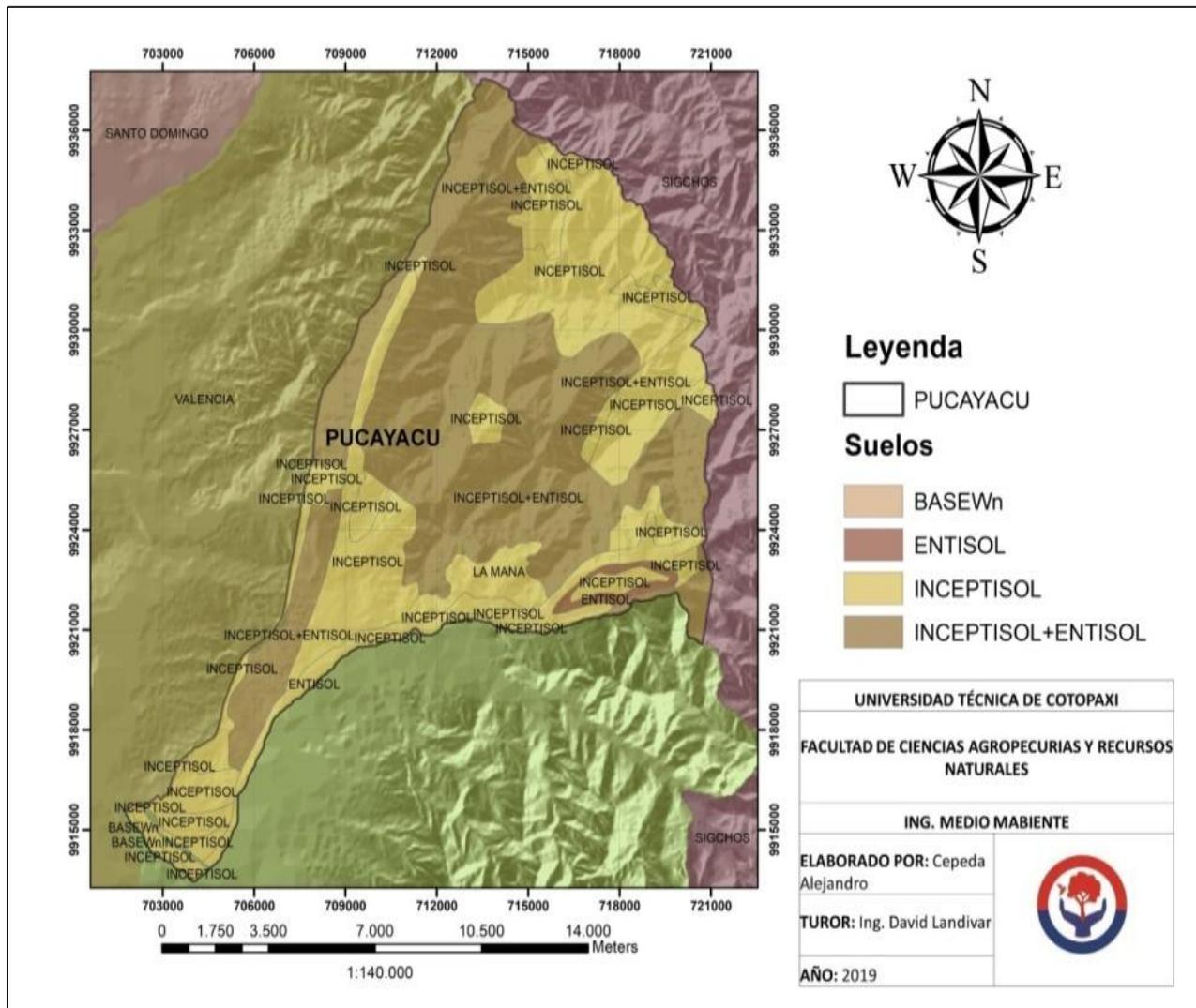
Gráfica 3. Mapa de vegetación de la Parroquia Pucayacu



Fuente: MAE, (2018). Adaptación: Cepeda (2019)

Además, se identificó que en la zona de estudio se presenta una taxonomía dominada por Inceptisoles identificado en la **Gráfica 4**, lo cual es procedente de regiones sub húmedas y húmedas. No obstante, estos suelos en estudio son poseedores de gran porcentaje de arcilla en su estructura. Además, son superficiales a moderadamente profundos, debido a la topografía inclinada que posee la zona de estudio. Por lo tanto, presentará un alto contenido de materia orgánica con un pH ácido.

Gráfica 4. Mapa de taxonomía del suelo de la Parroquia Pucayacu

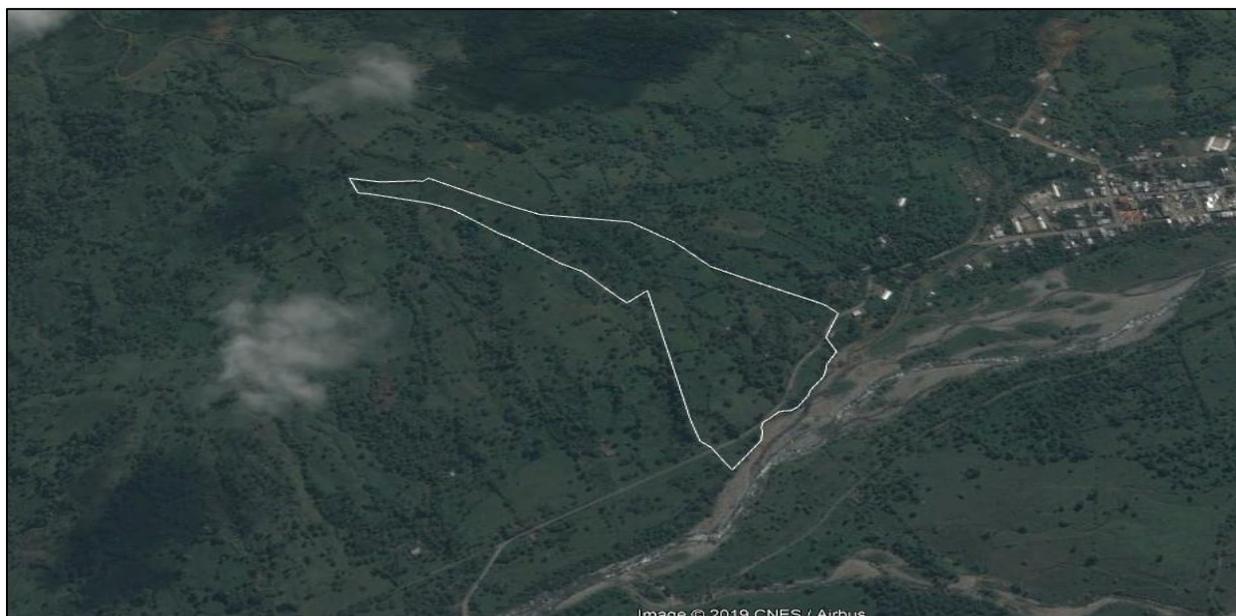


Fuente MAGAP, (2002). Adaptación: Cepeda (2019)

10.1.3. Características de la plantación

La plantación de *G. arborea* tiene 7 años de edad desde su siembra, posee una elevación que va desde 620 a 751 msnm, aproximadamente existe 14,000.00 árboles de *G. arborea*; los cuales varían en altura y ancho del tronco, como se aprecia en la **Gráfica 5**.

Gráfica 5. Área de la plantación



Fuente Google Earth (2019), Adaptación: Cepeda (2019)

10.1.4. Superficie

La plantación de *G. arborea* posee una superficie de 12.6 hectáreas, con un perímetro de 2.265 metros.

10.1.5. Coordenadas de los puntos de muestreo en la plantación

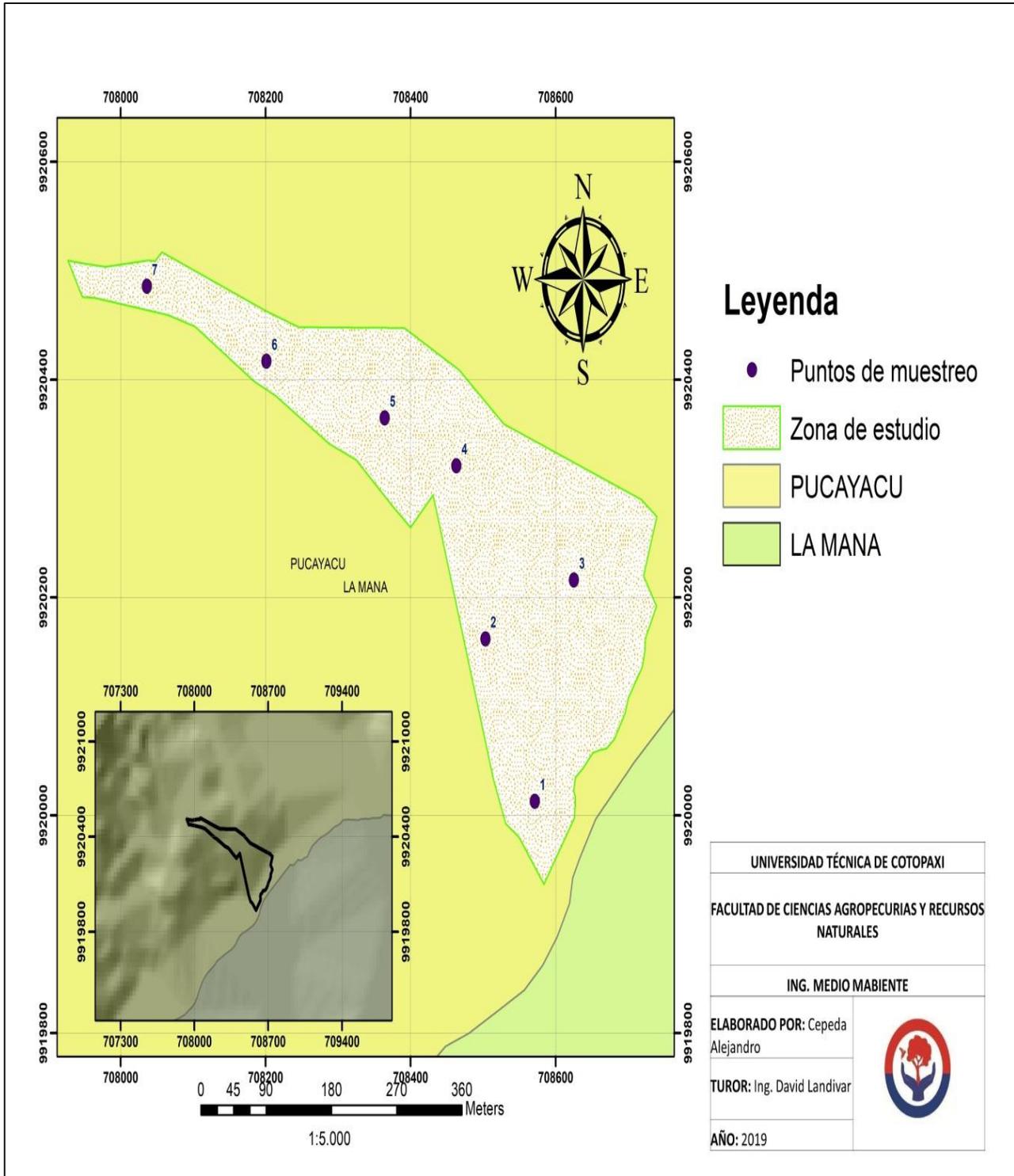
Tabla 3. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo en la plantación

PLANTACIÓN	PUNTOS DE MUESTREO	FECHA DE MUESTREO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (msnm)
	1	27/4/2019	9920013,00	708571,00	631
	2	27/4/2019	9920162,00	708503,00	663
	3	27/4/2019	9920216,00	708625,00	665
	4	27/4/2019	9920321,00	708463,00	691
	5	27/4/2019	9920145,00	708364,00	712
	6	27/4/2019	9920417,00	708201,00	733
	7	27/4/2019	9920486,00	708036,00	746

Elaborado por Cepeda (2019)

10.1.6. Mapa de la plantación de *Gmelin. arborea*

Gráfica 6. Mapa de la plantación con sus puntos de muestreo



Elaborado por Cepeda (2019)

10.2. Descripción de las características físico- químicas del suelo

10.2.1. Textura del suelo

En cuanto a textura, el suelo de la plantación de *G. arborea* presenta partículas muy finas con un diámetro aproximado de 0.25 mm y una composición porcentual de 50 %, representado por la textura Franco arcilloso y Arcilloso, con diferentes coloraciones que van de anaranjado, a marrón oscuro.

Tabla 4. Tipos de textura del suelo

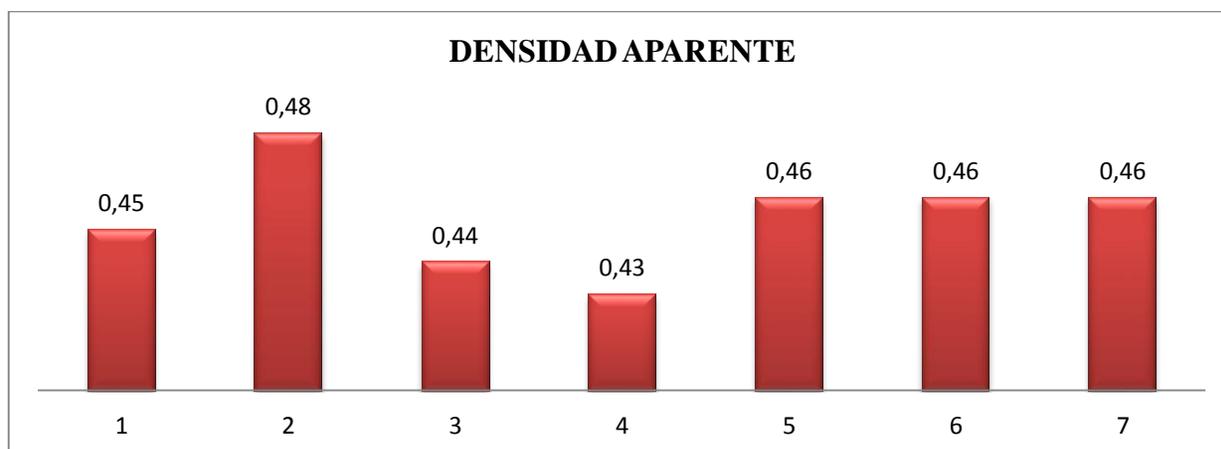
MUESTRA	COLOR	Composición porcentual	Diámetro	Arena %	Limo %	Arcilla %	SUELO
1	Anaranjado	50%	0.25 mm	8	22	75	Arcilloso
2	Marrón - Anaranjado	50%	0.25 mm	10	60	30	Franco arcilloso
3	Marrón oscuro	50%	0.25 mm	15	35	50	Arcilloso
4	Marrón – anaranjado	50%	0.25 mm	10	60	30	Franco arcilloso
5	Marrón – anaranjado	50%	0.25 mm	10	60	30	Franco arcilloso
6	Marrón – anaranjado	50%	0.25 mm	10	60	30	Franco arcilloso
7	Marrón – anaranjado	50%	0.25 mm	10	60	30	Franco arcilloso

Elaborado por Cepeda (2019)

10.2.2. Densidad aparente

Para determinar la densidad (D.A) aparente del suelo en el área de estudio, se utilizó el método del cilindro del volumen conocido. A una profundidad de 30 cm se obtuvieron los siguientes resultados señalados en la **Gráfica 7**.

Gráfica 7. Valores de densidad aparente del suelo



Elaborador por Cepeda (2019)

La D.A del suelo es un indicador importante de algunas características de éste; tales como porosidad, grado de aireación y la capacidad de drenaje que posee.

Los valores determinados indican que el suelo es rico en materia orgánica por tener una densidad menor a $1,0 \text{ g/cm}^3$, adecuado para el desarrollo de raíces y un almacenamiento de agua que facilita el crecimiento de las plantas.

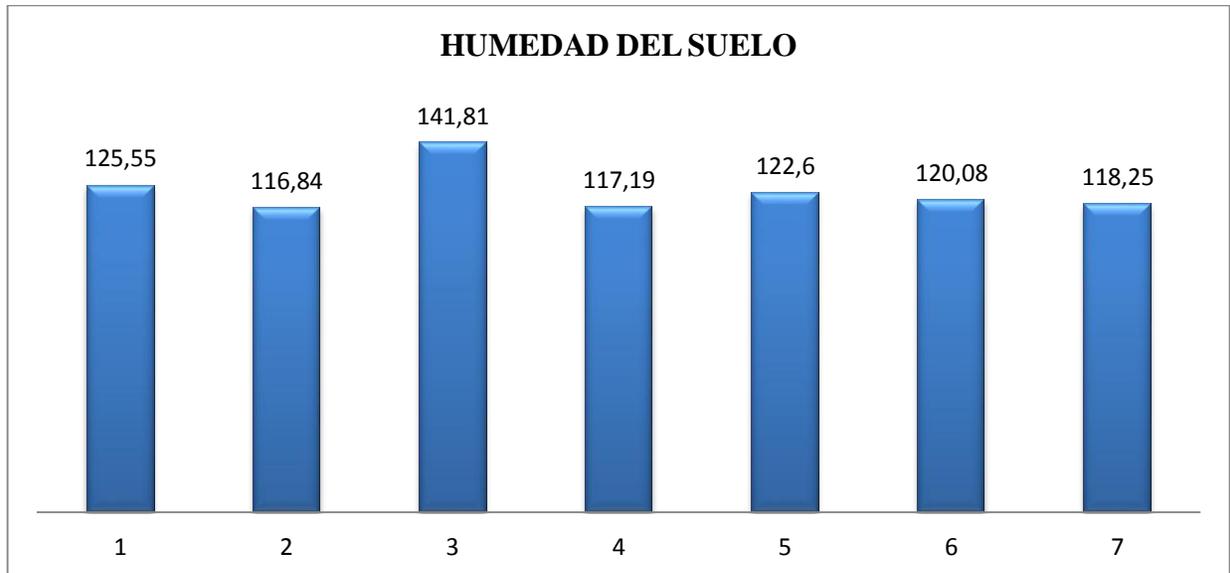
En el suelo de la plantación de *G. arborea* se determinó que el promedio de la densidad aparente del suelo es $0,454 \text{ g/cm}^3$. Teniendo en cuenta que el valor mínimo es de $0,43 \text{ g/cm}^3$ en el cuarto punto de muestro y el máximo de $0,48$ en el segundo punto de muestreo, la variabilidad de los datos de D.A es de $0,00026$, con una dispersión de datos de $0,016$ en la desviación estándar y un punto central $0,46 \text{ g/cm}^3$ en la mediana de los datos.

Del análisis de los resultados, se colige que la D.A es de $0,454 \text{ g/cm}^3$. Al comparar este dato con lo reportado por Calvache (2010), se puede inferir que este suelo presenta un alto contenido de turba, procedente de los suelos orgánicos, por cuanto el referido autor señala un rango de D.A que fluctúa de $0,20$ a $0,50 \text{ g/cm}^3$ para este tipo de suelos.

10.2.3. Humedad del suelo

Se recolectaron siete muestras a 30 cm de profundidad para el análisis de humedad. Se utilizó el método gravimétrico y se realizó cuatro repeticiones de la misma, para tener como resultado el promedio de las repeticiones, a continuación se señala los resultados en la **Gráfica 8**.

Gráfica 8. Valores del porcentaje de humedad del suelo



Elaborador por Cepeda (2019).

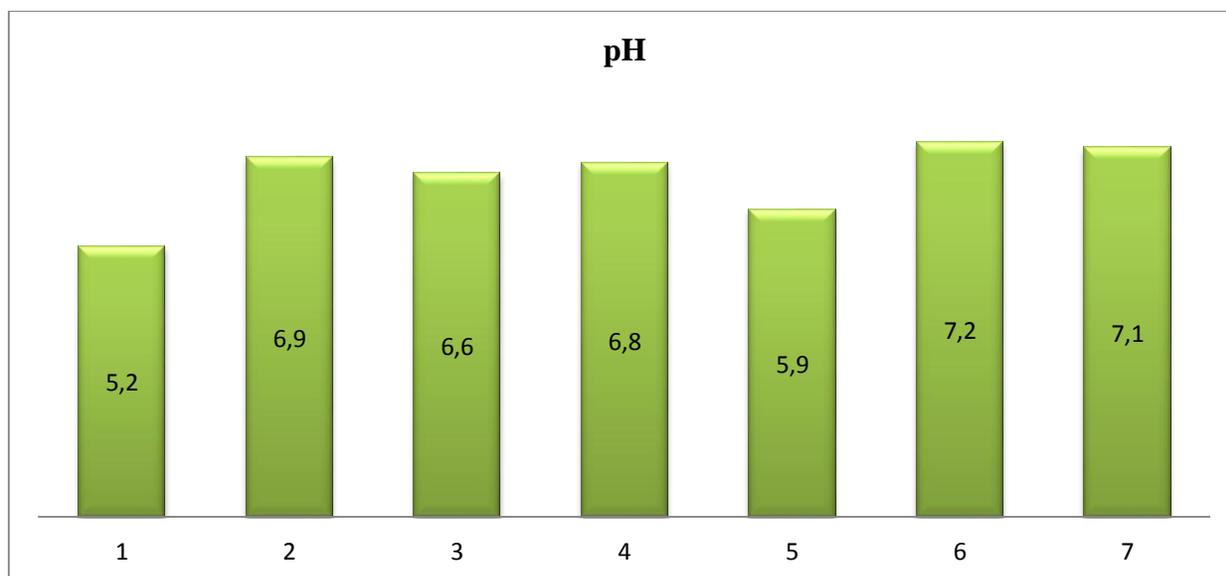
El estado del suelo en la plantación, en la característica de humedad presenta un porcentaje alto, indicando una saturación es decir, el contenido de agua se encuentra prácticamente está lleno en la zona de estudio, esto se debe a los cambios climáticos entre ellos (precipitación y humedad), a la vez el exceso de humedad se puede deber a la textura del suelo y su drenaje.

En el suelo de estudio del porcentaje de humedad presenta un valor de media de 123.18 % lo cual representa una saturación parcial del suelo según lo reportado por Fredlund (2000), debido a que sobrepaso el 100 % , además se tuvo en cuenta que el valor mínimo es de 116,84 en el segundo punto de muestro y el máximo de 141,81 en el tercer punto de muestreo, la variabilidad del porcentaje de la humedad del suelo es de 77,17 con una dispersión de datos de 8,78 en la desviación estándar y un punto central 120,08% en la mediana de los datos.

10.2.4. pH del suelo

Con las muestras recolectadas a 30 cm de profundidad se realizó cuatro repeticiones para determinar el pH del suelo de la plantación de *G. arborea*, para ello se utilizó el método de disoluciones con ayuda del pHmetro a continuación en la **Gráfica 9** se presentan los resultados de pH.

Gráfica 9. Valores de pH del suelo



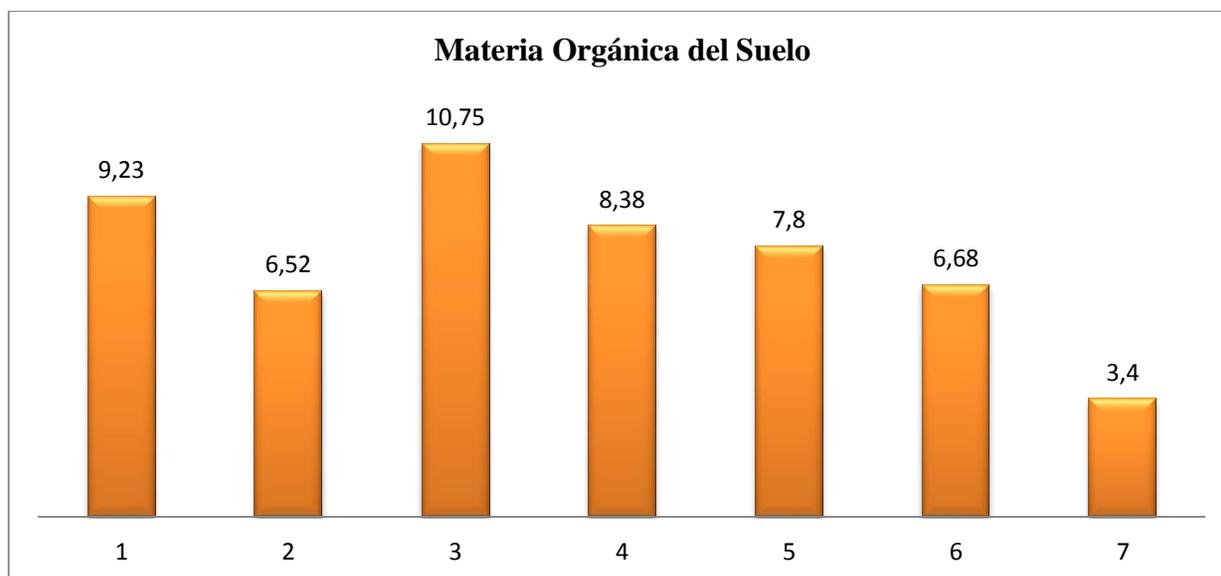
Elaborador por Cepeda (2019)

El suelo de la plantación de *G. arborea* presenta un valor de media de 6,43 lo cual representa un pH ligeramente ácido según el valor de pH de U.S.D.A, por lo que está en los rangos de 6,1 – 6,5, teniendo en cuenta que el valor mínimo es de 5,20 en el primer punto de muestro y el máximo de 7,20 en el sexto punto de muestreo, la variabilidad de los datos de pH es de 0,55 con una dispersión de datos de 0,74 en la desviación estándar y un punto central 6,70 en la mediana de los datos.

10.2.5. Materia orgánica

El porcentaje de materia orgánica (M.O) del suelo en la área de estudio, se determinaron el uso del método de pérdida por ignición y se realizó cuatro repeticiones de la misma, para tener como resultado el promedio de las repeticiones, a continuación se muestran los resultados en la **Gráfica 10**.

Gráfica 10. Valores del porcentaje de Materia orgánica



Elaborado por Cepeda (2019)

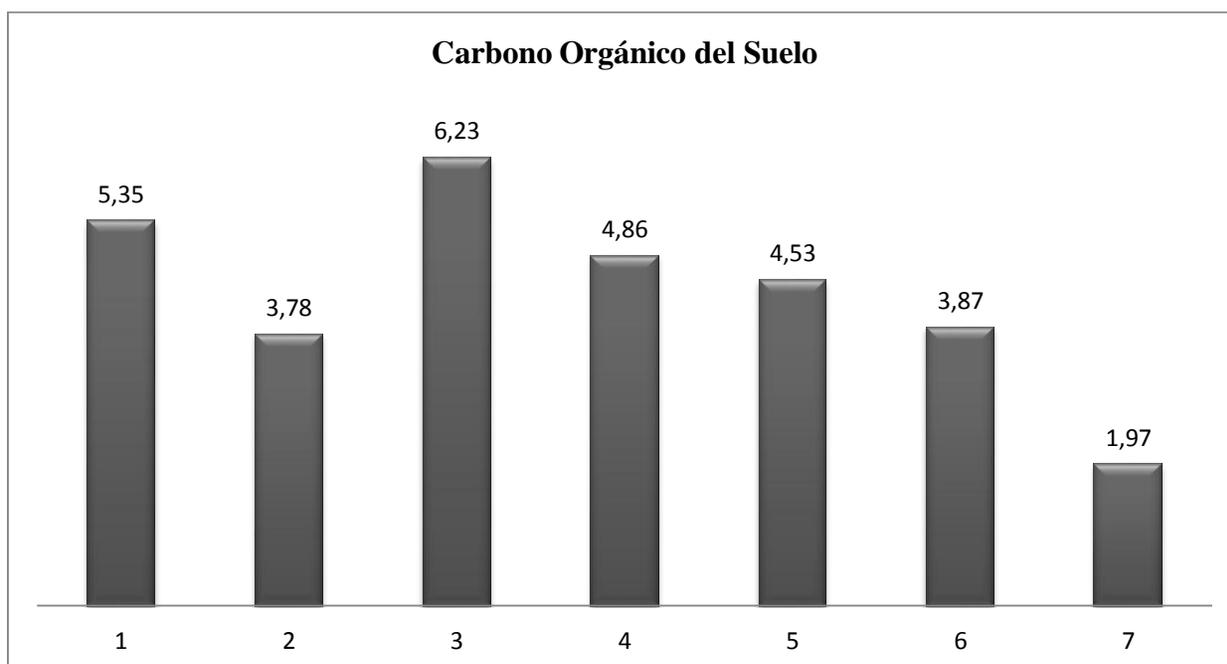
Además, se verifico la clase de suelo según el porcentaje M.O que va de un suelo rico a muy rico en materia orgánica según Tavera (1985), lo cual es propio de un suelo de taxonomía Inceptisol, que muestra ser apto para la plantación de *G. arborea*.

El suelo de la zona de estudio presenta un valor de media de 7,53% lo cual representa un porcentaje de M.O muy rico según Tavera (1985), por lo que está en los rangos de superiores al 6 %, teniendo en cuenta que el valor mínimo es de 3,4 (rico) en el último punto de muestro y el máximo de 10,75 (muy rico) en el tercer punto de muestreo, la variabilidad de los datos de % M.O es de 5,47 con una dispersión de datos de 2,33 en la desviación estándar y un punto central 7,8 % en la mediana de los datos.

10.3. Carbono orgánico del suelo

El porcentaje de Carbono Orgánico del Suelo (COS) en la área de estudio se recolectaron seis muestras a 30 cm de profundidad que fueron llevadas a laboratorio, para ello se dividió a la materia orgánica con el factor de Van Benmelen de 1.724, también realizó cuatro repeticiones de la misma, para tener como resultado el promedio de las repeticiones, a continuación en la **Gráfica 11** se muestran los resultados del porcentaje de COS.

Gráfica 11. Valores del % de Carbono Orgánico del Suelo



Elaborado por Cepeda (2019)

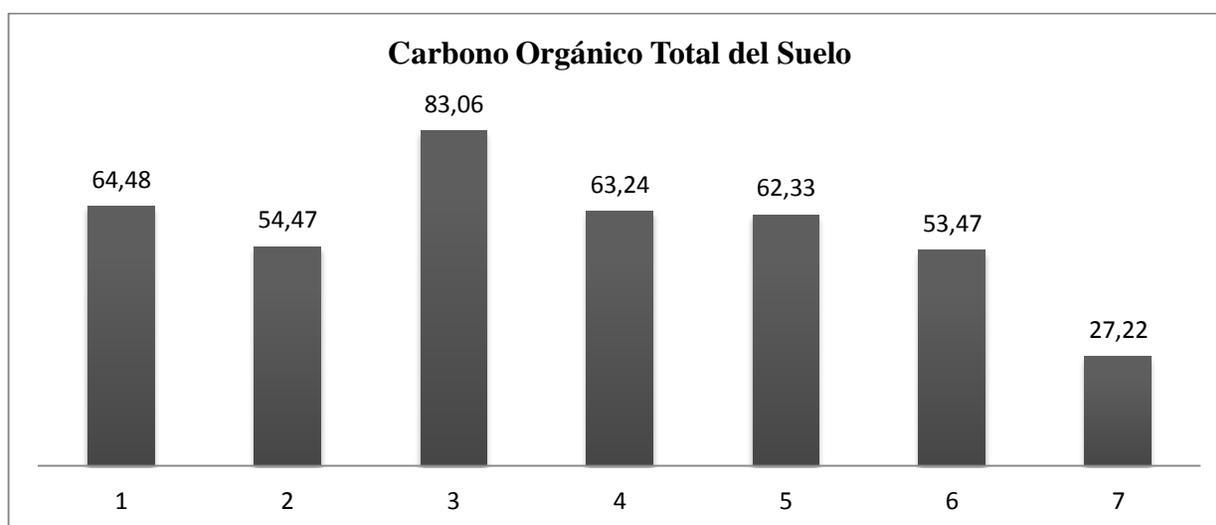
El porcentaje de COS es el componente principal de la M.O del suelo y es considerado como el combustible del suelo.

El suelo de la zona de estudio presenta un valor de media de 4,37 % lo cual está representado como porcentaje COS, teniendo en cuenta que el valor mínimo es de 1,97 % en el último punto de muestro y el máximo de 6,23 % en el segundo punto de muestreo, la varianza de los datos de porcentaje de COS es de 1,84 con una dispersión de datos de 1,35 en la desviación estándar y un punto central 4,53% en la mediana de los datos.

10.3.1. Carbono Orgánico Total del suelo

El Carbono Orgánico Total del Suelo en la área de estudio se recolectaron siete muestras a 30 cm de profundidad que fueron llevadas a laboratorio, para determinar el COTS se utilizó la ecuación propuesta por (Penman et al., 2003). Después, se multiplico el %COS con la densidad aparente del suelo y la profundidad muestreada, obteniendo cuatro repeticiones del mismo punto dando en Ton/ha, posterior mente se calculó el promedio de las veces repetidas con el objetivo de obtener datos más reales en la investigación, a continuación se muestran los resultados **Grafica 12** valores de Carbono Orgánico Total del Suelo (Ton/ha).

Gráfica 12. Valores de Carbono Orgánico Total del Suelo (Ton/ha)



Elaborado por Cepeda Alejandro (2019)

Las categorías para clasificar los contenidos de carbono orgánico fueron generadas por Vera (2017)

Tabla 5. Estas categorías se hicieron por cálculo, para la capa de 0-30 cm.

Tabla 5. Clasificación del contenido del Carbono Orgánico

Contenido en reserva de Carbono Orgánico	Categoría Ton/ha	Promedio de COTS
Extremadamente alto	Mayor de 70	58,23 Ton/ha
Muy alto	51- 70	
Alto	41- 50	
Mediano	31- 40	
Bajo	20- 30	
Muy bajo	Menor de 20	

Fuente: Vera L, (2017). Adaptación: Cepeda (2019)

Con el fin de comparar la cantidad de COS bajo el cultivo de *G. arborea*, se realizó una estadística descriptiva. Asimismo, los análisis estadísticos se realizaron con la hoja de cálculo de Excel.

El suelo de la zona de estudio presenta un valor de media de 58,32 Ton/ha lo cual está representado como el almacenamiento de COS, teniendo en cuenta que el valor mínimo es de 27,22 Ton/ha en el último punto de muestro y el máximo de 83,06 en el segundo punto de muestreo, la varianza de los datos de COTS es de 282,64 con una dispersión de datos de 16,81 en la desviación estándar y un punto central 62,33 en la mediana de los datos.

Tabla 6. Resultados de la Estadística descriptiva

Media	58,32429
Mediana	62,33
Desvío Estándar	16,81197
Varianza de la muestra	282,6424
Rango	55,84
Mínimo	27,22
Máximo	83,06
Suma	408,27
Cuenta	7

Elaborado por Cepeda Alejandro (2019)

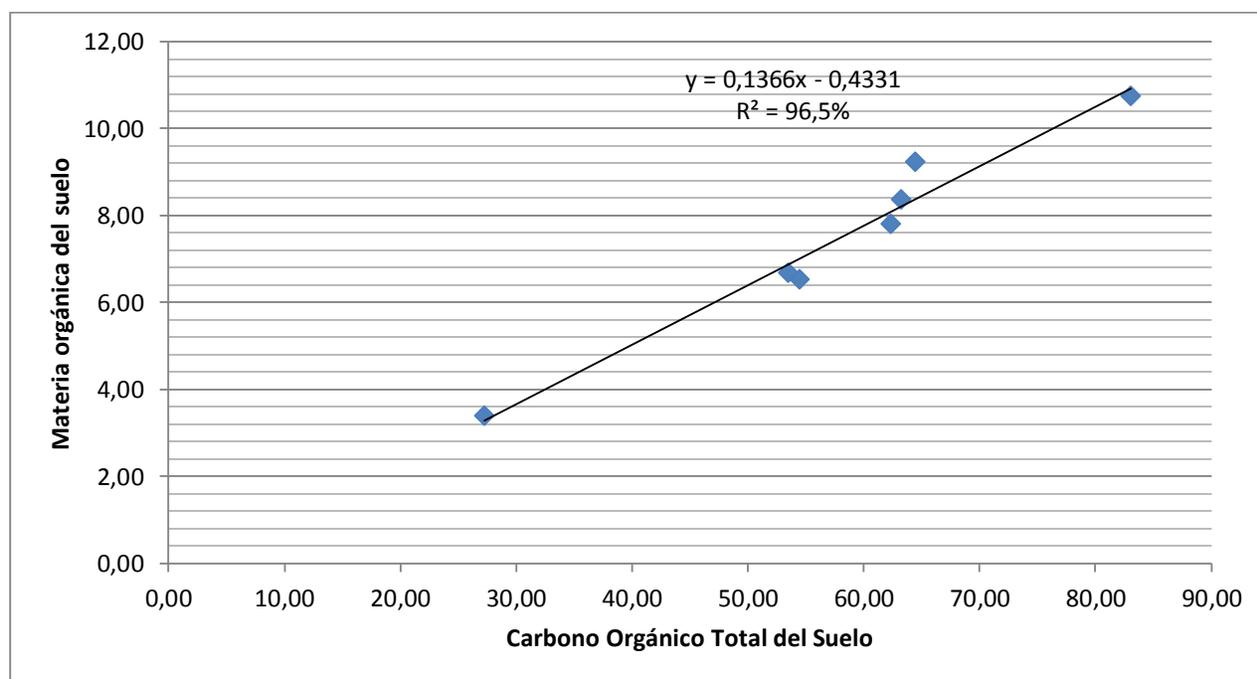
Los suelos de la plantación estudiada por la influencia del cultivo continúa mantenido estable el almacenamiento de carbono orgánico en el suelo, para la capa de 0-30 cm del muestreo. Dentro de esto, se evidencia que el suelo arcilloso ubicado en el punto tres, es el que mantienen un contenido extremadamente alto de carbono orgánico del suelo. En la zona que se ubica el punto tres de muestreo se observó arboles de mayor tamaño, a diferencia del el punto 7 con un contendió de carbono orgánico del suelo es más bajo, y con árboles más pequeños.

10.3.2. Análisis de correlación entre Carbono Orgánico Total del Suelo y la Materia Orgánica del Suelo

La **Gráfica 13**, muestra el diagrama de dispersión lineal entre el porcentaje de Materia Orgánica y el Carbono Orgánico Total del Suelo Ton/ha, implementado en la plantación de *G. arborea* a una profundidad de muestreo de 30cm, se observa una correlación positiva, mostrando una relación del 96,5% entre estas dos variables. En el suelo la descomposición de materia orgánica es más lenta y por lo que una gran cantidad de Carbono Orgánico del Suelo es almacenada en forma estable, existiendo una relación entre estas variables.

Se concluye que el 3,5% está relacionado a otras variables, como manifiesta Rhoton, F. E. (2000) existe una relación entre de Carbono Orgánico del Suelo y la estabilidad estructural de los suelos que controlan la materia orgánica.

Gráfica 13. Correlación entre Carbono Orgánico del Suelo y la Materia Orgánica del Suelo



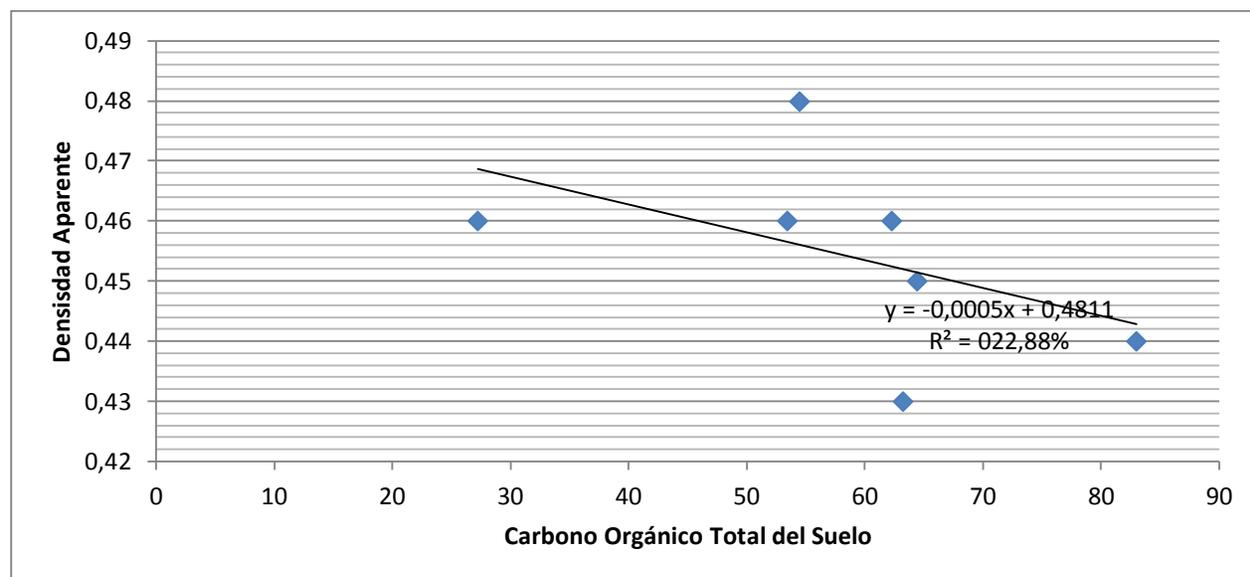
Elaborado por Cepeda (2019)

10.3.3. Análisis de correlación entre Carbono Orgánico Total del Suelo Densidad Aparente del Suelo

La **Gráfica 14**, muestra el diagrama de dispersión lineal entre el contenido de carbono orgánico Ton/ha y la densidad aparente en la plantación de *G. arborea*, a una profundidad de muestreo de 30 cm, donde se observa una correlación positiva, entre estas dos variables, con una correlación positiva del 22,88 %, lo que quiere decir que el uso de suelo está correlacionado a otras variables.

Debido a la baja compactación la densidad aparente del suelo aumenta las condiciones de porosidad por lo que se considera un suelo poseedor de turba, éste a su vez está relacionado significativamente con el contenido de materia orgánica. Mientras que, en el COTS presenta un 77,12% de diferencia, esto se puede reflejar que estas correlacionados con otras variables.

Grafica 14. Correlación entre Carbono Orgánico del Suelo y la Densidad Aparente del Suelo



11. CONCLUSIONES

- Según los resultados de las características físico- químicas del suelo en la zona de estudio, muestra un suelo predominante en arcilla con una textura franco arcillosa y arcillosa, debido a que es procedente de un suelo orgánico, para su determinación se procedió a analizar los siguientes parámetros; la densidad aparente del suelo presentó una media de $0,453 \text{ g/cm}^3$, este parámetro depende de la textura, estructura, grado de compactación y el contenido de agua del suelo.
- Se determinó que el porcentaje de humedad del suelo mostró una media de 123.70% , lo cual propio de un suelo saturado. Por último, del análisis del pH se obtuvo como resultado una media de $6,28$ por lo tanto es considerado un suelo ligeramente ácido.
- En cuanto al porcentaje de materia orgánica del suelo estudiado en la plantación de *G. arborea*, se obtuvo como resultado una media de $7,1 \%$. lo cual permite considerar este suelo muy rico en materia orgánica. Por otro lado, en cuanto al porcentaje de carbono orgánico del suelo, se obtuvo un valor estimado del 58% , debido a la relación que existe con la materia orgánica del suelo.
- El estudio de los parámetros de densidad aparente, materia orgánica y carbono orgánico del suelo, permitió determinar el contenido de carbono orgánico total del suelo en la plantación de *G. arborea*, no obstante el resultado del carbono orgánico del suelo es de $58,32 \text{ Ton/ha}$ por lo tanto la capacidad de almacenamiento es muy alta. Esto permite considerar al cultivo de *G. arborea* es un sistema forestal sostenible, por cuanto el suelo no está siendo afectado en ninguno de los parámetros analizados.

12. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que esta investigación se utilice como punto de partida para recabar más información sobre la captura de carbono en los suelos plantados con *G. arborea*.
- Continuar con el desarrollo de esta investigación para determinar la influencia del cultivo de especies forestales de interés comercial implementadas en cuanto al contenido de carbono orgánico del suelo en el Cantón La Maná.
- Se recomienda que se analice y compare el contenido de carbono orgánico del suelo entre las plantaciones de *G. arborea* versus bosques nativos en el Cantón La Maná.

13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO:

Tabla 7. Presupuesto del proyecto

RECURSOS	VALOR UNITARIO	UNIDAD	COSTO TOTAL
RECURSO HUMANO			
Investigador	100	1	100
Guía	30	1	30
Tutor	100	1	100
MATERIALES Y SUMINISTROS			
Lápices	0,4	2	0,8
Libreta de Campo	1	2	2
Pilas	2	3	6
Cilindro	20	1	20
pHmetro	30	1	30
RECURSO TECNOLÓGICO			
Computa	0.70	120 horas	84
Cámara	100	1	100
GPS	300	1	300
FOTOCOPIAS			
Impresiones	0,2	200	40
Copias	0,02	400	8
OTROS			
Hospedaje	15	10 días	150
Transporte	26	10 días	260
Alimentación	10	10 días	100
SUB TOTAL			1197.72
IMPREVISTOS 10%			133.08
TOTAL			1330.8

Elaborado por: Cepeda (2019)

14. BIBLIOGRAFÍA

- Beretta, A., Bassahun, D., Musselli, R., & Torres, D. (2015). Medición de pH del suelo con papel reactivo. *Agrociencia Uruguay*, 19(2), 68-74. Recuperado de http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2301-15482015000200009&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Arce, H; Ruiz Y. (2001). Estudio de casos sobre combustibles forestales-Costa Rica. Proyecto Información y análisis para el manejo forestal sostenible: Integrando Esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países tropicales de América Latina. Santiago, Chile: FAO.
- Calvache, M. (2010). Física del suelo y sus relación con los problemas ambientales. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del suelo.
- Combs, S, & Nathan, M. (1998). Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region. North Central Regional Research Publication Bull. No. 221.
- Corral, R., Duicela, L.A., & Maza, H. (2006). Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con café arábico y cacao, en dos zonas agroecológicas del litoral ecuatoriano. X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, “Avances del Conocimiento para la preservación del suelo”. Guayaquil, Noviembre 22-24 del 2006. 15 p.
- CORPEI, & EXPOECUADOR . (2007). Planeación estratégica de plantaciones forestales en el Ecuador. En C. d. Exportaciones, Planeación estratégica de plantaciones forestales en el Ecuador. Quito: Comunidad Económica Europea.
- Chapman, D. (1966). Diagnostic criteria for plants and soils. California: University of California, Div. of Agricultural Sciences.
- Fajardo, N. (2005). El suelo. uso y manejo de suelos. Ibagué: Litoimagen impresores. 315 p
- FAO. (2002). Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2000 - Informe Principal. Roma: ISBN 92-5-304642-2.

- FAO. (2015). Los suelos juegan un papel clave en el ciclo del carbono. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i4737s.pdf>
- FAO. (2017). Carbono organica del suelo el potencial oculto. Roma.
- FAO. (2018). Mapa de carbono orgánico del suelo . Italia .
- GOLDENFOREST. (2016). GOLDENFOREST S.A. Obtenido de <http://melinaecuador.com>
- González , Lucila; Etchevers , Jorge ; Hidalgo , Claudia. (2008). Scielo. Obtenido de Carbono en suelos de ladera: factores que deben considerarse para determinar su cambio en el tiempo: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952008000700001&script=sci_arttext
- IPCC. (2006). Metodologías genéricas aplicables a múltiples categorías de uso de la tierra. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra FAO. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/>
- MAE. (2000). Estrategia para el Desarrollo Forestal Sustentable del Ecuador. Quito.
- MAE. (2011). Aprovechamiento de recursos forestales en el Ecuador y procesos de infracciones y decomisiones. Quito: Financiado por el proyecto PD 406/06 y el Estado Ecuatoriano.
- MAE. (2013). Sistema Nacional de Control forestal. Quito.
- MAE. (2015). Evaluación Nacional Forestal. Ecuador: FAO Representación Ecuador .
- Meléndez, G. (2003). Residuos orgánicos y materia orgánica del suelo. Costa Rica.
- Meza, J. (2001). Información y ananlisis para el manejo forestal sosotenible: integrando refuerzos Nacionales e Internacionesles. Informe de Ecuador: Estado actual del manejo forestal, 17.
- Moya, R. (2003). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0591-B4.HTM>

- PROFAFOR, L. (5 de octubre de 2017). Ecuadorforestal. Obtenido de <https://ecuadorforestal.org/actualidad-forestal/promocion-del-cultivo-de-melina-gmelina-arborea-en-las-provincias-de-los-rios-santo-domingo-de-los-tsachilas-y-pichincha/>
- Ramirez , R. (1997). Propiedades físicas químicas y biológicas del suelo. Colombia: Produmedios .
- Rhoton, F. E. (2000). Influence of time on soil response to no-till practices. Soil Science Society of America Journal, 64(2), 700-709.
- Robert, L. Gignac,D. (2002). EL CICLO DEL CARBONO: Midiendo el flujo del CO2 del suelo. Obtenido de <https://greenteacher.com/article%20files/elciclodelcarbono.pdf>
- Rojas, J. (2010). Densidad aparente Comparación de métodos de determinación en ensayo de rotaciones en siembra directa. Argentina: INTA Centro Regional Chaco Formosa .
- Salas, L. (1973). Propiedades, genesis y clasificación de suelos en terrazas del Guadalquivir. Sevilla.
- Sales Dávila, B. (2006). Caracterización de la materia orgánica de los suelos representados en los ecosistemas amazonicos del Perú. Sevilla.
- Sánchez, J. (2007). Fertilidad del Suelo y Nutrición Mineral de Plantas. Obtenido de <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf>
- SEMARNAT. (2002). En N. O. NOM-021-RECNAT-2000, ue establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Mexico: Diario Oficial de la Federación, Segunda Sección, México.
- Smith, A. (1997). Introduction to tropical alpine vegetation. Obtenido de <catdir.loc.gov/catdir/samples/cam031/95109302.pdf>
- Staff, S. S. (1999). A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting . Soil Taxonomy.

- Gobierno Autónomo y Descentralizado Parroquial de Pucayacu (2014) Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Pucayacu 2014-2019. recuperado de :
- http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0560017940001_DIAGN%C3%93STICO%20PUCAYACU_15-05-2015_19-51-46.pdf
- UNEP. (2011). Carbono, biodiversidad y servicios ecosistémicos: explorando los beneficios múltiples. Reino Unido: 219 Huntingdon Road Benefits.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (1998). Plant physiology 2nd ed. Sinauer, Sunderland, Massachussets.
- Veras, H. (2014). La evaluación del almacenamiento del carbono en el suelo volumen 1.
- WCMC. (2011). Carbono, biodiversidad y servicios ecosistémicos: explorando los beneficios múltiples. En W. C. Centre. Reino Unido: Swaingrove Print.
- Yáñez, A. (2004). La captura de carbono en bosques: ¿una herramienta para la gestión ambiental? Gaceta Ecológica, 7.
- Zúñiga, T. (17 de mayo de 1999). SITUACIÓN ACTUAL DE LA FORESTACIÓN Y REFORESTACIÓN. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/ad102s/AD102S08.htm>

15. ANEXOS

Anexo 1. Levantamiento de campo

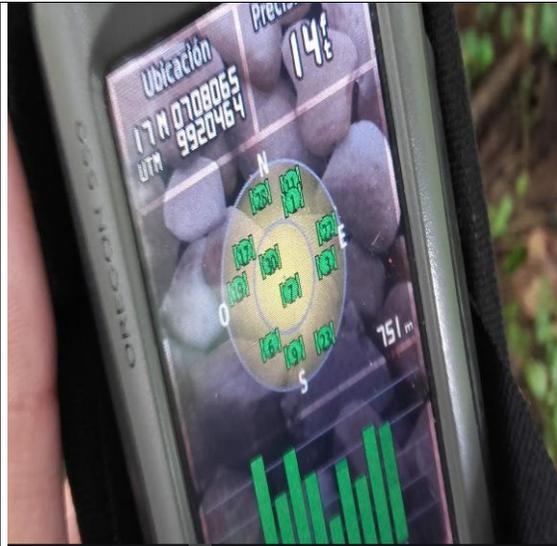


Ilustración 1. Toma de coordenadas geográficas

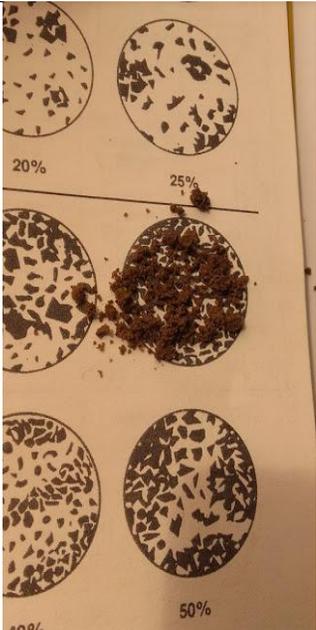
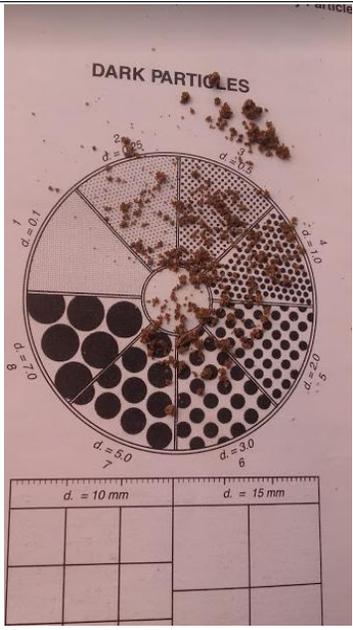
Ilustración 2. Visita a la plantación



Ilustración 3. Conservación de las muestras recolectadas

Ilustración 4. Toma de la muestra de suelo

Anexo 2. Determinación de la textura del suelo

	
<p>Ilustración 5. Determinación del porcentaje de fragmentos</p>	<p>Ilustración 6. Identificación del diámetro de las partículas</p>
	
<p>Ilustración 7. Observación de la muestra</p>	<p>Ilustración 8. Método del Tacto</p>

Anexo 3. Determinación del pH del suelo con uso del pHmetro



Ilustración 9. Peso de 10 gr de suelo

Ilustración 10. Análisis con el pHmetro

Anexo 4. Análisis de Laboratorio para la determinación de la densidad aparente del suelo

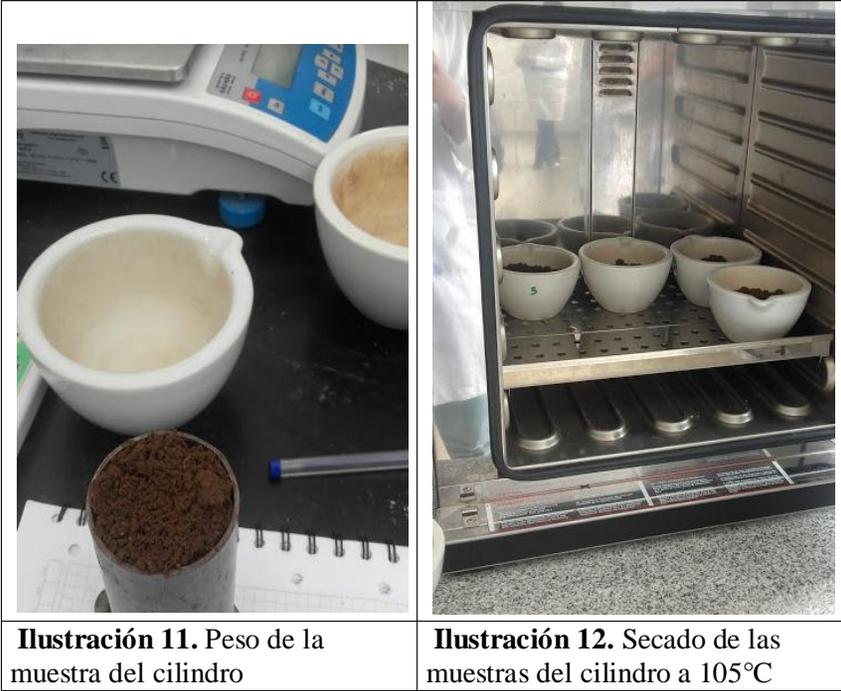


Ilustración 11. Peso de la muestra del cilindro

Ilustración 12. Secado de las muestras del cilindro a 105°C

Anexo 5. Análisis de laboratorio para determinar la Humedad, Materia Orgánica del suelo**Ilustración 13.** Peso de 7 gr en todas las muestras**Ilustración 14.** Secado de las muestras en la estufa a 105°C**Ilustración 15.** Enfriamiento de las muestras en el desecador**Ilustración 16.** Calcinación de las muestras a 650°C**Ilustración 17.** Enfriamiento de las muestras en el desecador**Ilustración 18.** Peso de las muestras calcinadas

Anexo 6. Datos de Densidad Aparente del suelo obtenidos en laboratorio

M	VOLUMEN DEL CILINDRO	PESO DEL PLATO	PESO PLATO+ MUESTRA	PESO MUESTRA HUMEDA	PESO MUESTRA SECA (105°C)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm³)
1	98,02	667,55	799,48	131,93	49,38	0,450
2	98,02	688,32	831,28	142,96	46,74	0,480
3	98,02	673,57	813,56	139,99	48,56	0,440
4	98,02	673,91	816,53	142,62	47,43	0,430
5	98,02	633,44	748,59	115,15	50,19	0,460
6	98,02	679,84	821,9	142,06	45,30	0,460
7	98,02	668,96	798,44	129,48	43,82	0,460

Elaborado por Cepeda (2019)

Anexo 7. Clasificación el valor de ph

pH	
< 4,5	Extremadamente ácido
4,5 – 5,5	Fuertemente ácido
5,6 – 6	Medianamente ácido
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 7,8	Medianamente básico
7,9 – 8,4	Básico
8,5 – 9	Ligeramente alcalino
9,1 – 10	Alcalino
10	Fuertemente alcalino

Fuente USDA

Anexo 8. Clasificación del Contenido de Carbono Orgánico del Suelo a 30 cm del suelo

Contenido en reserva de Carbono Orgánico	Categoría Ton/ha
Extremadamente alto	Mayor de 70
Muy alto	51- 70
Alto	41- 50
Mediano	31- 40
Bajo	20- 30
Muy bajo	Menor de 20

Fuente: Vera L, (2017).

Anexo 9. Clasificación de la Materia Orgánica

Clase	% MO
Muy pobre	Menor a 1
Pobre	1 - 2
Medio	2 - 3
Rico	3 - 5
Muy rico	Mayor a6

Fuente Tavera, (1985)

Anexo 10. Norma INVE - 103 para transporte y conservación de las muestras

E - 103 - 1

**CONSERVACION Y TRANSPORTE
DE MUESTRAS DE SUELOS****I.N.V. E - 103****1. OBJETO**

1.1 Esta norma establece métodos para la conservación de las muestras inmediatamente después de obtenidas en el terreno, así como para su transporte y manejo.

1.2 Puede implicar, igualmente, el manejo y transporte de muestras de suelos contaminadas con materiales que ofrecen riesgo y de muestras que pueden estar sometidas a cuarentena.

2. RESUMEN DE LOS METODOS

2.1 Los diferentes métodos se distribuyen en cuatro grupos, así:

- Grupo A.- Muestras para las cuales se requiere únicamente identificación visual.
- Grupo B.- Muestras para las cuales se necesitan únicamente ensayos de contenidos de humedad y clasificación; de peso unitario y peso específico; o el perfil de la perforación; y muestras en bruto que serán remoldeadas o compactadas en especímenes para someterlas a ensayos de presión y porcentaje de expansión, consolidación, permeabilidad, resistencia al corte, CBR, estabilómetro, etc.
- Grupo C.- Muestras intactas, formadas naturalmente o preparadas en el campo para determinaciones de peso unitario; o para presión y porcentaje de expansión, consolidación, ensayos de permeabilidad y de resistencia al corte, con y sin medidas de esfuerzo-deformación y de cambios de volumen, hasta incluir ensayos dinámicos y cíclicos.
- Grupo D.- Muestras frágiles o altamente sensibles, para las cuales se requieren los ensayos del Grupo C.

Anexo 11. Datos de las características físico- químicas del suelo obtenidos en laboratorio una vez realizados los análisis y repeticiones de las muestras

MUESTRA	PROFUNDIDAD	REPETICIÓN	PESO (gr)	PESO SECO (gr)	% HUMEDAD	% HUMEDAD PROMEDIO	PESO CALCINADO (gr)	%MATERIA ORGANICA	% MATERIA ORGANICA PROMEDIO	% CARBONO ORGANICO	% CARBONO ORGANICO PROMEDIO	DENSIDAD APARENTE	CARBONO ORGANICO (ton/has)	PROMEDIO DE COS (tan/has)
1	30 cm	1	7,00	5,55	126,13	125,55	5,13	8,19	9,23	4,75	5,35	0,45	32,17	64,48
		2	7,00	5,68	123,24		5,16	10,08		5,85			79,20	
		3	7,00	5,67	123,46		5,16	9,88		5,73			77,68	
		4	7,00	5,41	129,39		5,11	8,76		5,08			68,85	
2	30 cm	1	7,00	5,91	118,44	116,84	5,56	6,29	6,52	3,65	3,78	0,48	52,58	54,47
		2	7,00	5,96	117,45		5,69	6,87		3,98			57,38	
		3	7,00	5,96	117,45		5,72	6,58		3,82			54,96	
		4	7,00	6,14	114,01		5,88	6,34		3,68			52,96	
3	30 cm	1	7,00	4,99	140,28	141,81	4,6	8,48	10,75	4,92	6,23	0,44	65,53	83,06
		2	7,00	4,85	144,33		4,33	12,01		6,97			92,82	
		3	7,00	4,87	143,74		4,34	12,21		7,08			94,39	
		4	7,00	5,04	138,89		4,57	10,28		5,97			79,49	
4	30 cm	1	7,00	6,08	115,13	117,19	5,64	7,80	8,38	4,53	4,86	0,43	58,89	63,24
		2	7,00	6,26	111,82		5,9	8,23		4,77			62,13	
		3	7,00	5,83	120,07		5,39	8,16		4,74			61,63	
		4	7,00	5,75	121,74		5,26	9,32		5,40			70,32	
5	30 cm	1	7,00	5,77	121,32	122,60	5,27	9,49	7,80	5,50	4,53	0,46	75,79	62,33
		2	7,00	5,71	122,59		5,41	5,55		3,22			44,30	
		3	7,00	5,72	122,38		5,3	7,92		4,60			63,30	
		4	7,00	5,64	124,11		5,21	8,25		4,79			65,93	
6	30 cm	1	7,00	5,88	119,05	120,08	5,52	6,52	6,68	3,78	3,87	0,46	52,20	53,47
		2	7,00	5,88	119,05		5,47	7,50		4,35			60,00	
		3	7,00	5,74	121,95		5,64	6,39		3,71			51,15	
		4	7,00	5,82	120,27		5,23	6,31		3,66			50,51	
7	30 cm	1	7,00	5,92	118,24	118,25	5,74	3,14	3,40	1,82	1,97	0,46	25,10	27,22
		2	7,00	5,96	117,45		5,83	3,54		2,05			28,34	
		3	7,00	5,86	119,45		5,7	3,62		2,10			28,98	
		4	7,00	5,94	117,85		5,75	3,30		1,92			26,45	

Anexo 12. Hoja de vida del tutor

1. DATOS PERSONALES

APELLIDOS Y NOMBRES: LANDIVAR VALVERDE MARCOS DAVID

IDENTIFICACIÓN: 1600558728 ORCID:

RESEARCHGATE: David Landívar Valverde

FECHA DE NACIMIENTO: 03 de octubre de 1987

NACIONALIDAD: Ecuatoriano

DIRECCIÓN DOMICILIAR: Enrique
Ibáñez s/n y Carlos Infante



CIUDAD: Puyo PROVINCIA: Pastaza

TELÉFONO FIJO: (03) 2530201

CELULAR: 0991327227

CORREO ELECTRÓNICO PERSONAL dlandivar87@gmail.com

CORREO ELECTRÓNICO INSTITUCIONAL: david.landivar@student.unife.it

1. INSTRUCCIÓN

TERCER NIVEL – PREGRADO			
IES	EQUIVALENCIA DE TÍTULO	ESPECIALIZACIÓN	N° REGISTRO SENESCYT (ECUADOR)
Universidad Estatal Amazónica	Ingeniero	Ingeniería Agroindustrial	1058-12-1153866
CUARTO NIVEL – POSGRADO (Maestría y Doctorado)			
IES	EQUIVALENCIA DE TÍTULO	ESPECIALIZACIÓN	N° REGISTRO SENESCYT (ECUADOR)
Università Degli Studi Di Ferrara	Doctorado	Dottorato di Ricerca in Scienze Biomediche e Biotecnologiche (Doctorado en Ciencias Biomédicas y Biotecnología)	3801106273
Título de tesis	Isolation and characterization of cellulolytic enzymes from the Digestive Fluid of <i>Rhynchophorus palmarum</i> larvae		

2. EXPERIENCIA LABORAL

FECHAS DE TRABAJO			INSTITUCIÓN	DENOMINACIÓN DEL PUESTO	DESCRIPCIÓN	ÁMBITO
INICIO	FIN	DURACIÓN (Meses)				
29/10/2012	16/03/2013	6	Universidad Estatal Amazónica	Docente de Nivelación y Admisión	Docente del Curso de Nivelación y Admisión por Carreras	Docencia Universitaria
15/04/2013	23/08/2013	6	Universidad Estatal Amazónica	Docente y Tutor de Nivelación y Admisión	Docente y Tutor del Curso de Nivelación y Admisión por Carreras	Docencia Universitaria
09/09/2013	07/02/2014	6	Universidad Estatal Amazónica	Docente y Tutor de Nivelación y Admisión	Docente y Tutor del Curso de Nivelación y Admisión por	Docencia Universitaria

					Carreras	
13/10/2014	27/02/2015	6	Universidad Estatal Amazónica	Docente y Tutor de Nivelación y Admisión	Docente y Tutor del Curso de Nivelación y Admisión por Carreras	Docencia Universitaria
28/09/2015	12/02/2016	6	Universidad Estatal Amazónica	Docente y Tutor de Nivelación y Admisión	Docente y Tutor del Curso de Nivelación y Admisión por Carreras	Docencia Universitaria

1. CONFERENCIAS Y CURSOS DICTADOS

NOMBRE DEL EVENTO	TIPO (Taller, Workshop, seminario, congreso, simposio, conferencia)	TÍTULO DE LA PONENCIA	SEDE	TIPO DIPLOMA (Certificado, aprobación, asistencia)	FECHA
III Congreso Internacional de Gastronomía – ESPOCH	Conferencia	Los insectos: una fuente de nutrientes para el Siglo XXI	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	Certificado	05/11/2017

2. SUFICIENCIA DE IDIOMAS:

L1 - PRIMERA LENGUA	Español			
DISTINCIÓN ES Y				
IDIOMA	CERTIFICACIÓN	PORCENTAJE NIVEL ESCRITO	PORCENTAJE NIVEL ORAL	INSTITUCIÓN QUE LE OTORGÓ EL CERTIFICADO
Inglés	Suficiencia en Idioma Inglés	85%	85%	Escuela Superior Politécnica del Ejército

1. CAPACITACIÓN Y ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL:

NOMBRE DE LA CAPACITACIÓN	TIPO (Taller, Workshop, seminario, congreso, simposio, conferencia)	ÁMBITO	INSTITUCIÓN CAPACITADORA	TIPO DIPLOMA (Certificado, aprobación, asistencia)	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	DURACIÓN (EN HORAS)	CALIFICACIÓN
Curso de Capacitación para Habilitación Docente (Componente Nivelación)	Taller	Docencia	Universidad Técnica de Cotopaxi	Certificado	20/03/2017	27/07/2017	100	85/100
Torrents of Sequence	Seminario	Biología Molecular	Università degli Studi di Ferrara	Certificado	14/04/2014	14/04/2014	2	-

Next Generation Sequence	Seminario	Biología Molecular	Università degli Studi di Ferrara	Certificado	05/05/2014	05/05/2014	2	-
Come e perché si conservano i depositi e i materiali preistorici e archeologici	Seminario	Biología de la Conservación	Università degli Studi di Ferrara	Certificado	16/05/2014	16/05/2014	2	-
Tafonomia: Processi di fossilizzazione e conservazione di organismi del passato	Seminario	Biología de la Conservación	Università degli Studi di Ferrara	Certificado	19/05/2014	19/05/2014	2	-
Third International Conference on Cellular Environmental Stressors in Biology and Medicine: Focus on Redox Reactions	Conferencia	Biología Celular	Università degli Studi di Ferrara	Certificado	25/06/2014	27/06/2014	24	-
Docencia	Curso	Docencia	Universidad	Certificado	31/07/2017	28/09/2017	120	115/120

1. MÉRITOS Y DISTINCIONES:

RECONOCIMIENTO	CERTIFICACIÓN	AÑO	INSTITUCIÓN QUE LE OTORGÓ EL CERTIFICADO
Estudiante Integral de la Universidad Estatal Amazónica	Sí	2009	Universidad Estatal Amazónica
Mejor estudiante de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial	Sí	2009	Universidad Estatal Amazónica
Representante por los estudiantes a la Junta Universitaria de la Universidad Estatal Amazónica	Sí	2010	Universidad Estatal Amazónica

Anexo 13. Hoja de vida del autor

HOJA DE VIDA

NOMBRES Y APELLIDOS: RENÁN ALEJANDRO CEPEDA GRANJA

DOCUMENTO DE IDENTIDAD: 050361986- 8

FECHA DE NACIMIENTO: 11 de enero de 1997

ESTADO CIVIL: Soltero

DIRECCIÓN: Latacunga, Parroquia La Matriz, Sector La FAE

TELÉFONO: 0988629451

E-MAIL: renan.cepeda6@utc.edu.ec



ESTUDIOS SECUNDARIOS:

Institución Educativa primaria:	Escuela Isidro Ayora
Bachillerato de Especialidad:	Colegio Nacional Primero de Abril

ESTUDIOS SUPERIORES:

Universidad:	Universidad Técnica de Cotopaxi
Carrera:	Medio Ambiente

TALLERES Y CURSOS:

- Comité organizador del Seminario científico internacional de cooperación Universitaria para el Desarrollo Sostenible- Ecuador 2017
- Certificado del Seminario científico internacional de cooperación Universitaria para el Desarrollo Sostenible- Ecuador 2017
- Capacitación a los sujetos de control en planes de manejo ambiental, planes de acción, planes de emergencia.
- Seminario de capacitación en calidad ambiental.
- Guía de control y seguimiento de parámetros técnicos mineros, ambientales de la competencia para la explotación de materiales de construcción.
- Certificado del idioma inglés