



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA CIENCIAS QUÍMICAS

**“EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO
EN EL SUELO DEL ÁREA PROTEGIDA “BOSQUE Y
VEGETACIÓN PROTECTORA CERRO CASIGANA” EN LA
PARROQUIA SANTA ROSA EN EL CANTÓN AMBATO,
PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

Trabajo de titulación presentado para optar por el título de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: POVEDA SOLANO MARÍA ALEXANDRA

TUTOR: DR. CELSO GUILLERMO RECALDE MORENO

Riobamba – Ecuador

2016

©2016, POVEDA SOLANO MARÍA ALEXANDRA

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO DEL ÁREA PROTEGIDA “BOSQUE Y VEGETACIÓN PROTECTORA CERRO CASIGANA” EN LA PARROQUIA SANTA ROSA EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**”, de responsabilidad de la señorita María Alexandra Poveda Solano, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dr. Celso Recalde

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Dra. Mayra Espinoza

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, María Alexandra Poveda Solano, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que el resultado del mismo, son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 22 de Marzo del 2016

María Alexandra Poveda Solano

C.I. 180331511-6

Yo, María Alexandra Poveda Solano soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo experimental y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

MARÍA ALEXANDRA POVEDA SOLANO

C.I. 180331511-6

DEDICATORIA

A:

Dios, por darme la oportunidad de vivir, por guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Mi madre Alexandra Solano y mi padre Fabián Poveda, por quererme mucho, creer y confiar en mí y porque siempre me apoyaron. Gracias por darme una carrera para mi futuro.

Mis hermanos por su paciencia y apoyo, a mis abuelos por su cariño y preocupación diaria y todos aquellos familiares y amigos que estuvieron presentes a lo largo de mi vida estudiantil.

Mis maestros y profesionales quienes nunca desistieron al enseñarme y continuaron depositando su esperanza en mí.

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, por brindarme la fortaleza, paciencia y valentía para poder seguir adelante. A todos quienes hicieron posible la realización de este proyecto, a mis amigos y maestros que me han ayudado en el trayecto de mi carrera universitaria, a mi tutor por su predisposición, tiempo y conocimiento, David por su colaboración y aliento, y de manera especial a mi familia por su apoyo, preocupación y ayudarme a superar todas las adversidades que se han presentado a lo largo del mismo.

Un gran agradecimiento al Gobierno Autónomo Descentralizado de Ambato, y los técnicos del Departamento de Gestión Ambiental por haber confiado en mí, para la realización de este proyecto y por las directrices y cooperación para la realización del mismo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xiv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO	5
1.1. EL CARBONO	5
1.2. PARÁMETROS BÁSICOS	8
1.3. PRODUCTIVIDAD DEL SUELO.....	12
1.4. MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO (COS)	13
1.5. PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO	14
1.9. PARROQUIA SANTA ROSA.....	20
2. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3. METODOLOGÍA	32
3.1. COMPOSICIÓN DEL EQUIPO PARA CAMPO.....	32
3.2. PROCEDIMIENTOS PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EN CAMPO	33
3.3. MEDICIONES Y OBSERVACIONES EN LAS PARCELAS	34
3.7. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y DATOS A REGISTRAR.....	40
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. RESULTADOS.....	42
4.2. DISCUSIÓN	66
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
5.1. CONCLUSIONES	70
5.2. RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXOS	80

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°	Grados
BVPCC	Bosque y Vegetación Protectora Cerro Casigana
C	Carbono
°C	Grados Centígrados
COS	Carbono Orgánico en el Suelo
CH₄	Metano
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO₂	Dióxido de Carbono
CH₄	Metano
DBCA	Diseño de Bloques Completos al Azar
ENF	Evaluación Nacional Forestal
FAO	Food and Agriculture Organization
GADMA	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GHG	Gas Green house o GEI
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
GSB	Gestión Sostenible de Bosques
(g/cm³)	Gramos / centímetros cúbicos
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
(kg/m²)	Kilogramo / metros cuadrados
km	Kilómetros

MAE	Ministerio del Ambiente
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MEER	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetros
MOS	Materia Orgánica en el Suelo
m/s	Metro / segundo
NO_x	Óxidos de Nitrógeno
ONU REDD+	Programa de las Naciones Unidas para Reducir las Emisiones de la Deforestación y la Degradación de Bosques
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
SNAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
(t/ha)	Toneladas / hectárea
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS	World Geodetic System
WRB	Base Referencial Mundial del Recurso Suelo

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 3.1. Determinación Clases Texturales y color del Suelo en campo.	37
FIGURA 3.2. Determinación de la pedregosidad.	37
FIGURA 4.1. Coordenadas del punto de inicio de la caminata hacia los conglomerados.	43
FIGURA 4.2. Ubicación del cantón Ambato, parroquia de Santa Rosa, Zona de Estudio BVPCC.	45
FIGURA 4.3. Delimitación de los conglomerados y ubicación de las parcelas de muestreo dentro de la Zona de Estudio BVPCC.....	46
FIGURA 4.4. Porcentaje de Humedad en el suelo según las parcelas.	55
FIGURA 4.5. Porcentaje de Humedad en el suelo según la profundidad.	56
FIGURA 4.6. Densidad Aparente en el suelo según las repeticiones.	58
FIGURA 4.7. Densidad Aparente en el suelo según las parcelas.	59
FIGURA 4.8. Densidad Aparente en el suelo según la profundidad.	60
FIGURA 4.9. Porcentaje de Materia Orgánica en el suelo según la profundidad.	62
FIGURA 4.10. Porcentaje de Carbono Orgánico en el suelo según la profundidad.	64
FIGURA 4.11. Carbono Orgánico en el Suelo (<i>t/ha</i>) según la profundidad.	66
FIGURA 4.12. Correlación: % Materia Orgánica y Carbono Orgánico en el Suelo (<i>t/ha</i>).....	68
FIGURA 4.13. Correlación: % Humedad y Carbono Orgánico en el Suelo (<i>t/ha</i>)	69

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1. Contenido medio de carbono orgánico para algunas unidades de suelos FAO UNESCO y unidades de suelos WRB.	7
TABLA 3.1. Clave para determinar las clases texturales del suelo en campo.	36
TABLA 3.2. Índices para determinar la pedregosidad del suelo.	38
TABLA 3.3. Clase de uso de la tierra de acuerdo a la pedregosidad.	38

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 4.1. Identificación del lugar de salida.	42
CUADRO 4.2. Información del medio de transporte, tiempo y distancia hacia los conglomerados.	42
CUADRO 4.3. Ubicación del punto donde termina el viaje de vehículo y empieza la caminata hacia los conglomerados.	43
CUADRO 4.4. Información del día y la hora de llegada hasta los puntos de inicio en cada conglomerado.	43
CUADRO 4.5. Identificación de los conglomerados.....	44
CUADRO 4.6. Datos generales sobre la vegetación.	46
CUADRO 4.7. Identificación de las parcelas.	47
CUADRO 4.8. Identificación de los propietarios de las parcelas.	48
CUADRO 4.9. Descripción de la función y estructura vertical de las parcelas.	49
CUADRO 4.10. Perturbaciones naturales detectadas	49
CUADRO 4.11. Perturbaciones debido a actividades antrópicas.	50
CUADRO 4.12. Origen y sucesión y manejo de la plantación.	51
CUADRO 4.13. Pendiente y topografía de la cada una de las parcelas	52
CUADRO 4.14. Características físicas de suelo.....	52
CUADRO 4.15. El análisis de varianza para % de Humedad.....	54
CUADRO 4.16. Test de Tukey alfa al 5% para el porcentaje de Humedad en el suelo según las repeticiones.	55
CUADRO 4.17. Test de Tukey alfa al 5% para el porcentaje de Humedad en el suelo según las parcelas.	55
CUADRO 4.18. Test de Tukey alfa al 5% para el porcentaje de Humedad en el suelo según la Profundidad.	56
CUADRO 4.19. El análisis de varianza para la variable Densidad Aparente.	57
CUADRO 4.20. Test de Tukey alfa al 5% para la Densidad Aparente según las Repeticiones.	57
CUADRO 4.21. Test de Tukey alfa al 5% para la Densidad Aparente según las Parcelas.	58
CUADRO 4.22. Test de Tukey alfa al 5% para la Densidad Aparente según la Profundidad.	59
CUADRO 4.23. El análisis de varianza para la variable %Materia Orgánica.	60
CUADRO 4.24. Test de Tukey alfa al 5% para el porcentaje de Materia Orgánica en el suelo según las Repeticiones.	61

CUADRO 4.25. Test de Tukey alfa al 5% para el porcentaje de Materia Orgánica en el suelo según la Parcela.	61
CUADRO 4.26. Test de Tukey alfa al 5% para el porcentaje de Materia Orgánica en el suelo según la Profundidad.	61
CUADRO 4.27. El análisis de varianza para la variable %Carbono Orgánico.	62
CUADRO 4.28. Test de Tukey alfa al 5% para el porcentaje de Carbono Orgánico en el suelo según las Repeticiones.	63
CUADRO 4.29. Test de Tukey alfa al 5% para el porcentaje de Carbono Orgánico en el suelo según las Parcelas establecidas.	63
CUADRO 4.30. Test de Tukey alfa al 5% para el porcentaje de Carbono Orgánico en el suelo según la Profundidad.	63
CUADRO 4.31. El análisis de varianza para la variable COS (<i>t/ha</i>).	64
CUADRO 4.32. Test de Tukey alfa al 5% para COS (<i>t/ha</i>) en el suelo según las Repeticiones.	65
CUADRO 4.33. Test de Tukey alfa al 5% para COS (<i>t/ha</i>) en el suelo según las Parcelas.	65
CUADRO 4.34. Test de Tukey alfa al 5% para COS (<i>t/ha</i>) en el suelo según la Profundidad.	65

RESUMEN

En la presente investigación se realizó la evaluación del contenido de Carbono Orgánico en el Suelo (COS) en el Área Protegida Bosque y Vegetación Protectora Cerro Casigana, que se encuentra ubicado en la Parroquia Santa Rosa, en el Cantón Ambato. Se realizó las mediciones, observaciones y análisis *in-situ*, para poder conocer las diferentes características físicas del área de estudio, de este modo se estableció también las características fisiográficas y dendrológicas de las especies dentro de los dos conglomerados implantados en la cima del cerro hacia el norte del mismo. Las muestras de suelo fueron tomadas a tres profundidades (10, 20 y 30 cm) y los análisis se complementaron con ensayos en el Laboratorio de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo utilizando la técnica LOSS ON IGNITION, que permite cuantificar el contenido de materia orgánica, y así determinar el COS, teniendo como resultado a los 30 cm de profundidad el mayor contenido con 0,46 (t/ha), siendo bajo a los 10 cm de profundidad con 0,09 (t/ha) de COS. Se concluye que existe una correlación positiva de 77,6 % entre el % Materia Orgánica y COS, del mismo modo entre el % Humedad y COS con una correlación positiva de 34,4 %, sin embargo la correlación entre la Densidad Aparente y COS resulta ser baja, producto de un inadecuado manejo del suelo y cambios que se han manifestado en él. Se recomienda impulsar un desarrollo sostenible del Área Protegida Bosque y Vegetación Protectora Cerro Casigana, dando a conocer los compromisos y programas de manejo ambiental aptos para la recuperación del sitio, además es importante realizar esta clase de investigaciones en proyectos similares.

Palabras clave: <CARBONO ORGÁNICO> <DENSIDAD APARENTE> <HUMEDAD>
<MATERIA ORGÁNICA> <PARCELAS DE MUESTREO> <SUELO FRANCO ARENOSO>
<TÉCNICA LOSS ON IGNITION>

SUMMARY

The evaluation of the soil organic content of carbon (SOCC) in the Protected Area Forest and Protective Vegetation Cerro Casigana was carried out in this research, which is located in Santa Rosa, in Canton Ambato. The measurements, observations and analysis in-situ were made, to know about the different physical characteristics of the study area and establish the physiographic and dendrological features of the species within the two plots implanted toward the north at the top of the hill. The soil samples were collected at three depths (10, 20 and 30cm) and the analyzes were supplemented with tests in the Laboratory of Natural Resources of the Escuela Superior Politecnica de Chimborazo using the technique LOSS ON IGNITION, that allows to quantify the content of organic matter, and determine the SOCC, taking as a result to the 30cm depth the greatest content with 0.46 (t/ha), being under 10cm in depth with 0.09 (t/ha) of SOCC. It is concluded that there is a positive correlation of 77.6 % between the %Organic Matter and SOCC, the same way between the %Moisture and SOCC with a positive correlation of 34.4%, however the correlation between bulk density and SOCC evidence to be low, product of an inappropriate soil management and changes that have occurred. It is recommended to promote a sustainable development of the Protected Area Forest and Protective Vegetation Cerro Casigana, to publicize the management environmental programs and responsibilities, suitable for recovery the environment, also it is important to make this kind of research on similar projects.

Key Words: <ORGANIC CARBON> <BULK DENSITY> <MOISTURE> <ORGANIC MATTER> <SAMPLE PLOTS> <SANDY LOAM SOIL> <LOSS ON IGNITION TECHNIQUE>

INTRODUCCIÓN:

Uno de los grandes problemas que enfrenta la humanidad en la actualidad es el cambio climático. Según la *IPCC* (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático), se sabe que el cambio climático ha sido acelerado por muchos factores de orígenes diversos, naturales y principalmente por el actuar del hombre; y está afectando a la mayoría de los ecosistemas del planeta que incluyen a la humanidad. (IPCC, 2007). El principal agente de cambio climático es el efecto invernadero el cual es producido por el aumento, en la atmósfera, de la cantidad de concentraciones de una serie de gases tales como CO₂, CH₄, NO_x y vapor de agua entre otros. El más abundante, y que ha aumentado más rápidamente su presencia en la atmósfera debido a la actividad humana (agricultura, cambio de uso del suelo, industria, transporte, producción de energía, incendios forestales, etc) es el Dióxido de Carbono CO₂ (Acosta et al., 2001). El incremento de la superficie forestal es una medida para absorber el carbono de la atmósfera y así contribuir a reducir las concentraciones de CO₂ existentes en la atmósfera; teniendo como resultado un sumidero de carbono, que es un depósito natural o artificial de carbono, concepto promovido por el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (*CMNUCC*), y un acuerdo internacional que tiene por objetivo luchar contra el calentamiento global.

Los bosques son ejemplos importantes de sumideros de carbono, por su biomasa y materia orgánica; estos ecosistemas a través de su suelo siguen almacenando o reciclando ese carbono a través de la regeneración natural. Además de ser considerados como reservorios actúan como hábitat natural para plantas y animales, a su vez cumplen funciones protectoras hacia el suelo de la radiación, precipitación y el viento; logrando así la conservación de la humedad y dióxido de carbono, también se puede destacar funciones reguladoras como es la absorción, almacenamiento de CO₂ y generación de oxígeno; por las razones antes mencionadas se dispone el presente tema de investigación, para dar a conocer la importancia del Área Protegida *BVPCC*, con el fin de comprender la función en beneficio del cantón y del país mismo.

El tipo de bosque es importante para conocer cómo actúa en el ciclo de carbono ya que sólo los bosques templados acumulan carbono y los bosques tropicales están a menudo en equilibrio, función que podría estar limitada por el estrés hídrico. En el caso de bosques jóvenes los primeros 10 o 12 años puede perderse más carbono del que se almacena. La tala de árboles provoca a menudo erosión y conlleva a pérdidas de carbono. Generalmente esto ocurre en climas templados y

fríos. (Orellana, G. et al., 2012). Presentando a su vez una similitud con el área sujeto a estudio en este trabajo, ya que se menciona como bosque secundario joven, que según ENF 2012; están compuestos de especies leñosas jóvenes de carácter sucesional, observándose también indicios de la clase de uso de tierra anterior, además se presenta un sotobosque denso como cobertura del bosque en general.

En los ecosistemas terrestres existen diferencias en los contenidos de carbono acumulados en el suelo, y en la biomasa vegetal, las diferencias se deben a las condiciones topográficas y especialmente a las climáticas que afectan a la actividad de los microorganismos del suelo los cuales son responsables de la descomposición de los restos vegetales y de la materia orgánica la cual es el componente edáfico que influye en la porosidad y en la reserva de nutrientes del suelo, también se le considera uno de los parámetros más importantes para evaluar la susceptibilidad edáfica a la erosión del mismo.

Es oportuno mencionar que en el *BVPCC* es notorio actividades antrópicas, debido a la transformación del ecosistema forestal. Se presentan perturbaciones que originan la remoción del suelo, además de existir franjas de uso agrícola, provocando la descomposición de la materia orgánica edáfica, lo cual impide el almacenamiento de carbono en el suelo. Los principales problemas de la salud del suelo son la degradación y erosión del suelo, producidos por diversos factores, entre los que se puede destacar es la eliminación de la cubierta vegetal que desencadena procesos de degradación física y química del suelo, provocando una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios. (Gallardo, J. y A. Merino, 2007).

En base a todo lo mencionado, se implementó esta investigación en ecosistemas forestales, utilizando una metodología estandarizada, de esta manera junto con el uso de herramientas tecnológicas permitan generar información relacionada con el comportamiento de los componentes edáficos en función de cambio climático (MAE, 2008). La evaluación cubre una extensa gama de variables biofísicas y socioeconómicas, proporcionando un panorama del uso del suelo para el sector, en su totalidad. En particular la información sobre el contenido de carbono orgánico en el suelo (*t/ha*) y una caracterización del área de las especies, suelo y las perturbaciones detectadas en el área de estudio, se utilizará para planificar, diseñar y aplicar políticas y estrategias locales y nacionales para la utilización sostenible y la conservación de los ecosistemas forestales, y a su vez para comprender las relaciones entre los recursos y quienes hacen uso de ellos. (Eguiguren P. y T. Ojeda, 2009).

JUSTIFICACIÓN:

La presente investigación pretende contar con información actualizada, fiable y oficial para determinar la disponibilidad de carbono en el suelo (*COS*), al que se le considera fundamental para cualquier caracterización de un sitio, además sirve para conocer el servicio ambiental que pueden generar los ecosistemas forestales; convirtiéndose en un mecanismo clave para mitigar el cambio climático. Con el fin de aportar a la generación medidas de mitigación medibles, reportables y verificables, se presentan alternativas como; la gestión sostenible de los bosques (*GSB*), el aumento y conservación de las reservas forestales de carbono que dispone el Ecuador, que a su vez colaboran con varios beneficios como son la reducción de la erosión del suelo, reducción de impactos por eventos extremos, conservación de la biodiversidad, generación de bienes y servicios para la comunidad. Según los autores US EPA 1991, Álvarez-Mantilla, et al. 2002, la caracterización de un sitio, implica actividades de muestreo y análisis que tienen como finalidad determinar las condiciones y naturaleza del ecosistema, así mismo, provee bases para adquirir la información técnica necesaria para desarrollar, proyectar, analizar y seleccionar la viabilidad y sostenibilidad de técnicas de restauración ecológica apropiadas.

El principal objetivo de este estudio fue generar una base de datos que nos permita evaluar el estado del recurso suelo en un ecosistema forestal, enfocado en el stock de carbono orgánico. Los conglomerados, las parcelas, los puntos de muestreo a ubicarse así como el análisis dentro de laboratorio se los realizó utilizando principalmente la metodología publicada por el Proyecto “Evaluación Nacional Forestal ENF” del Ministerio del Ambiente del Ecuador bajo la cooperación del Programa “Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático” (FAO, 2006). Los contenidos de carbono en el suelo dependen de los principales factores a largo plazo relacionados con la formación del suelo pero pueden ser fuertemente modificados degradados o mejorados por los cambios en el uso y el manejo de la tierra. (Álvarez, A. et al., 2002).

Para conocer el estado y la dinámica de los recursos forestales del Ecuador, el Ministerio del Ambiente con colaboración nacional e internacional desarrolla el proyecto Evaluación Nacional Forestal (*ENF*), donde se detalla las consideraciones metodológicas para realizar las mediciones de la biomasa aérea y de suelos. La propuesta metodológica de la *ENF* es publicada como un medio

compatible con los planteamientos de la iniciativa de proyectos *REDD+* en Ecuador, Reducir las Emisiones de Deforestación y Degradación contribuyendo a la conservación, manejo sostenible de los bosques y a su vez reconocer y proveer incentivos positivos por el incremento de los stocks de carbono forestal en países en desarrollo.

Con los resultados de esta investigación se plantea generar información fiable que pueda ser utilizada para reportes locales de carbono orgánico en el suelo. La iniciativa es particularmente importante para el cantón Ambato ya que definirá un proceso atractivo para agregar valor al bosque que muestre a las comunidades que el manejo forestal es la vía más eficiente para la reducción de *GEI*. Al mismo tiempo los resultados generados pueden servir de base para la generación de proyectos de pago por servicios ambientales.

OBJETIVOS:

Objetivo General

- Evaluar el contenido de Carbono Orgánico en el Suelo del Área Protegida “BOSQUE Y VEGETACIÓN PROTECTORA CERRO CASIGANA” en la Parroquia Santa Rosa en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

Objetivos Específicos

- Establecer las características fisiográficas y dendrológicas de las especies dentro de los conglomerados que comprende el área de estudio.
- Determinar el contenido de carbono orgánico en el suelo a tres profundidades de muestreo utilizando el método de análisis de LOSS ON IGNITION.

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO

1.1. EL CARBONO

Según Smith, 1994. El carbono es el elemento que se encuentra en abundancia formando parte de la naturaleza así: en el agua bajo la forma de compuestos carbónicos disueltos y en el aire como dióxido de carbono o anhídrido carbónico. En los organismos vivos el carbono está presente como resultado de sus procesos metabólicos, realizados durante su crecimiento y que son liberados cuando estos mueren. Este elemento representa el 50% del peso seco de los organismos vivos por ende su gran importancia.

Para poder entender el ciclo del carbono en la atmosfera *FAO* lo define de la siguiente manera:

El C es la unidad principal de la vida en este planeta y su ciclo es fundamental para el desarrollo de todos los organismos. El C se acumula en compartimientos llamados depósitos y circula activamente entre ellos. Entre esos depósitos, los océanos son los que almacenan la mayor cantidad (38.000 Gt [1 Gt = mil millones de toneladas]), seguido por el suelo (1500 Gt), la atmósfera (750 Gt) y las plantas (560 Gt). (FAO, 2000).

1.1.1. Carbono Orgánico en el Suelo (COS):

Las existencias de carbono orgánico presente en los suelos naturales representan un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida durante la mineralización de la materia orgánica, donde el carbono orgánico durante el proceso de respiración de los microorganismos es oxidado hasta CO_2 , el cual se emite a la atmósfera, de donde será tomado por las plantas en la fotosíntesis cerrando el ciclo del carbono. Los flujos entre el carbono orgánico del suelo o terrestre y la atmósfera son importantes y pueden ser positivos bajo la forma de captura o negativos como emisión de CO_2 . (Álvarez, A. et al., 2002)

La presente investigación se enfoca en el estudio de suelo, ya que según (Swift, 2001), los suelos contienen más C que la suma existente en la vegetación y en la atmósfera y su contenido depende de los principales factores a largo plazo relacionados con su formación, que en ciertos casos pueden ser fuertemente modificados, degradados o mejorados por los cambios en el uso y el manejo de la tierra; como es en el presente caso del Área protegida *BVPCC*.

El C orgánico del suelo se encuentra en forma de residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y microorganismos, en forma de humus y en formas muy condensadas de composición próxima al C elemental (Jackson, 1964). En condiciones naturales, el C orgánico del suelo resulta del balance entre la incorporación al suelo del material orgánico fresco y la salida de carbono del suelo en forma de CO₂ a la atmósfera (Swift, 2001, y Aguilera, 2000), erosión y lixiviación. (Martínez et al., 2008). El método más comúnmente aplicado es la determinación del carbono orgánico total a diferentes profundidades o globalmente para uno o más horizontes y transformar los datos tomando en consideración la densidad y la pedregosidad del suelo, en base a esto las muestras de suelo son tomadas a 10, 20 y 30 cm de profundidad, realizando también una caracterización del suelo, mediante las propiedades físicas del mismo. *Las estadísticas se calculan sobre diferentes muestras para determinar las existencias de carbono. Los resultados pueden ser expresados en kg/cm², t/ha o Gt (Pg) totales sobre áreas especificadas y a varios rangos de profundidad.* (FAO, 2002).

Los antecedentes del suelo y los datos del uso de la tierra deberían ser usados para determinar las existencias de carbono en el suelo. Para justificar el almacenamiento de carbono o los reservorios en largos periodos, se consideran los factores del suelo y los factores climáticos. La variación en la captura de carbono se puede definir por los cambios de vegetación o uso de la tierra en períodos más cortos. El cambio en el contenido de carbono del suelo debido a un cambio en el uso de la tierra no suele superar los 20 Megagramos (Mg) de carbono, excepto en condiciones de humedales (IPCC, 1997), y su concentración 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 20-30 cm. (Harris J, et al., 2011). De igual manera los contenidos de carbono obtenidos en esta investigación se encuentran con mayor proporción a los 30 cm de profundidad 0,46 t/ha, siendo este bajo contenido una respuesta a los cambios bruscos del suelo, al deterioro que se puede observar a simple vista en el área protegida, los cambios en la cobertura vegetal provocados por la manipulación del suelo, erosionándolo al mismo. En cuanto a los factores climáticos se presenta temperaturas desde los 9 a los 22°C, con una precipitación de 36 mm lo cual se refiere a la infiltración del agua en el suelo, relacionándolo con la humedad y la materia orgánica del mismo.

La FAO (2012), *analizó la distribución del total de las existencias de carbono del suelo considerando zonas ecológicas, mostrando grandes diferencias en el almacenamiento del carbono orgánico sobre todo en relación a la temperatura y lluvia. Las existencias de carbono en el suelo hasta un metro de profundidad varían entre 4 kg/m² en las zonas áridas y 21-24 kg/m² en las regiones polares o boreales, con valores intermedios de 8 a 10 kg/m² en las zonas tropicales.* (De Petre et al., 2005; citados en Ayala et al., 2014).

TABLA 1.1. Contenido medio de carbono orgánico para algunas unidades de suelos FAO UNESCO y unidades de suelos WRB.

Unidad del suelo		Contenido medio de carbono kg/m^2		
FAO-UNESCO	WRB	0 - 30 cm	0 - 100 cm	0 - 200 cm
Podzoles	Podzoles	13,6	24,2	59,1
Rendzinas	Leptosoles	13,3	-	-
Litosoles	Leptosoles	3,6	-	-
Chernozems	Chernozems	6,0	12,5	19,6
Nitsoles	Nitsoles	4,1	8,4	11,3
Xerosoles	Calcisoles/Cambisoles	2,0	4,8	8,7
Yermosoles	Calcisoles/Gypsisoles	1,3	3,0	6,6
Ferralsoles	Ferralsoles	5,7	10,7	16,9
Vertisoles	Vertisoles	4,5	11,1	19,1
Andosoles	Andosoles	11,4	25,4	31,0

Fuente: FAO/UNESCO (1974) y unidades de suelos WRB (de Batjes, 1996).

Los datos presentados en la Tabla 1.1, ilustran la gran variación del carbono orgánico en relación a los tipos de suelos. Los valores son de $2 kg/m^2$ para xerosoles o arenosoles o más de $10 kg/m^2$ para podzoles, andosoles o rendzinas. Las cantidades totales de carbono en los suelos de las zonas áridas (xerosoles, yermosoles) son bajas, cerca de $7 kg/m^2$, comparados con los suelos en los trópicos de cerca de 15 a $30 kg/m^2$, pero son distintos dependiendo de la textura y la mineralogía. (FAO, 2002); mediante bibliografía el **Bosque Siempreverde Montano del Norte y Centro de la Cordillera Oriental de los Andes** presenta las características referentes a suelos indicando que son inceptisoles y andosoles desaturados y en pequeñas partes al norte franco arenoso (Vargas *et al.* 2000; citados en Santiana, J. et al., 2012:37), es conveniente indicar que los resultados de este estudio nos indican valores promedios de COS $23,46 (t/ha)$ ó $2,34 kg/m^2$ hasta los 30 cm de profundidad con una tendencia a variar por debajo o por encima de dicho contenido con $0,2 (t/ha)$, tal comparación nos indica resultados menores a lo indicado para suelos andisoles con un valor de $11,4 kg/m^2$, resultando ser igual a suelos de tierras áridas como suelos xerosoles que presentan un valor de $2,0 kg/m^2$, resaltando también que estos valores pueden variar dependiendo de la textura y la mineralogía del suelo, siendo valores altos de los obtenidos en el presente proyecto de investigación.

1.1.2. Dinámica del carbono:

El proceso que ocurre entre los elementos que forman parte de los organismos biológicos y el ambiente geológico y estos a su vez sufren un cambio químico, se le considera como Ciclo

Biogeoquímico, siendo así la disponibilidad de los elementos para ser usados una y otra vez por otros organismos; el ciclo del carbono es un ciclo biogeoquímico donde el carbono sufre distintas transformaciones a lo largo del tiempo y este ciclo juega un papel importante en la regulación del clima del planeta. Este elemento se encuentra depositado en la atmósfera como dióxido de carbono, metano y otros componentes; en la litósfera, en las rocas y en depósitos de carbón, petróleo y gas; en la biosfera, en los carbohidratos. Se puede incluir como claro ejemplo el proceso de fotosíntesis, donde las plantas incorporan el dióxido de carbono (CO₂) atmosférico a los procesos metabólicos. Todos los componentes del árbol como: follaje, ramas, raíces, y fuste, están compuestos por el CO₂. La demanda de CO₂ aumenta a medida que cada estructura del árbol crece. (Ordoñez, 1999).

El secuestro de carbono se efectúa en los ecosistemas forestales mediante el intercambio de carbono con la atmósfera a través de la fotosíntesis y la respiración, llevando al almacenamiento en la biomasa y en el suelo (Taiz & Zeiger, 1998). Concluyendo así la razón por la cual este ciclo guarda estrecha relación con estudios acerca del secuestro del carbono y la producción de carbono orgánico del suelo. Otro componente de la biomasa y que contribuye con la formación y estabilidad de los agregados, caracterizado por el incremento de la materia orgánica, es la población de microorganismos y macrofauna (organismos con tamaño > 1 cm); estos últimos colaboradores de la formación de estructura y porosidad. Su número se incrementa paralelamente al aumento de la materia orgánica con una disminución de la labranza cero. (Zambrano, A. et al., 2004).

1.2. PARÁMETROS BÁSICOS

1.2.1. Materia Orgánica:

Rosell (1999) define a la materia orgánica del suelo como un conjunto de residuos orgánicos de origen animal y / o vegetal, que están en diferentes etapas de descomposición, los cuales se acumulan tanto en la superficie como dentro del perfil del suelo, a su vez incluye una fracción viva, o biota, que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos. Se le considera como un indicador clave de la calidad del mismo, tanto en sus funciones agrícolas, como en sus funciones ambientales que son la captura de carbono y calidad del aire; resaltando también otro aspecto fundamental que con su aumento beneficia a la agregación y la estabilidad de la estructura del suelo, que a su vez, incrementan la tasa de infiltración y la capacidad de agua disponible en el suelo así como la resistencia contra la erosión hídrica y eólica; que se define como un proceso de desgaste, transporte y deposición de las partículas de la masa de suelo por acción de la lluvia o del viento.

El carbono en el suelo puede estar presente de forma orgánica y de forma inorgánica. El carbono Orgánico en el suelo (*COS*) guarda gran relación con la materia orgánica (*MOS*) presente, la cual se ve afectada por condiciones climáticas especialmente la temperatura y la precipitación. De manera que la materia orgánica aumenta a medida que la temperatura disminuye. La humedad de suelo también tiene un efecto positivo en la acumulación de *MOS*: a medida que la humedad en el suelo se incrementa, la *MOS* también lo hace. (Chacón, G. et al., 2003). Otros factores relacionados con la fertilización del suelo (N, P o S) o con el riego, tienen efecto sobre la producción de las plantas y por lo tanto sobre el contenido de materia orgánica, determinante de la actividad biológica, la cual mejora la dinámica y la biodisponibilidad de los principales nutrientes de las plantas.

Según FAO (2002), se estima que la biomasa microbiana representa de uno a cinco por ciento del total de la materia orgánica del suelo y a su vez es una fuente de reserva de nutrientes (N, P), y las principales formas de obtener un incremento de la materia orgánica en el suelo están asociadas a la agricultura de conservación y la labranza mínima o cero y el uso de una cobertura vegetal continua y protectora formada por materiales vegetales vivos o muertos sobre la superficie del suelo.

Enfocándonos en la materia orgánica y su estrecha relación con los métodos isotópicos del carbono, como el del carbono 14 o la abundancia natural de carbono 13, sirven para calcular el tiempo de permanencia de la materia orgánica en el suelo. Considerando que con estos métodos se puede seguir la evolución de los diferentes tipos de residuos vegetales en un suelo cuando han existido cambios importantes en la vegetación (como por ejemplo la conversión de bosques en áreas agrícolas o de pastoreo). (Cerri et al., 1985)

Adicionalmente podemos destacar ciertas propiedades como la textura a la cual se la define como el porcentaje en peso del suelo mineral que queda comprendido en varias fracciones de tamaño de partículas (De la Rosa, 2008). Al color como un atributo utilizado a diferentes niveles de la Taxonomía de Suelos (SOIL SURVEY DIVISION STAFF, 1999 & MUNSELL 2009). Y la densidad aparente que está relacionada con el peso específico de las partículas orgánicas de los suelos (Huerta-Cantera, 2010). Al existir un incremento de la *MOS* aumenta también el espacio poroso y disminuye la densidad aparente y viceversa, la variación de densidad aparente está asociada con las prácticas de manejo. (Salamanca J. A, 2005 & Wolf y Snyder, 2003).

1.2.2. Humedad:

El contenido de humedad del suelo disponible para el crecimiento de las plantas depende de la textura y la porosidad del mismo. Los suelos con textura franca y arcilla cuentan con mayor capacidad de retención de agua; mientras que los suelos arenosos, presentan una capacidad baja de retención de agua. El contenido de materia orgánica, la estructura y la textura del suelo influyen en

la cantidad máxima de agua disponible que se pueda retener. Los suelos orgánicos y con altos contenidos de arena muy fina tienen la capacidad disponible de agua más alta, y aquellos que contienen arena gruesa tienen la capacidad más baja. Comparando tal información con los resultados obtenidos en el *BVPCC* de un suelo con textura Franco Arenosa y estructura suelta, la materia orgánica y la humedad presenta su mayor valor a los 30 *cm* de profundidad con 1.55% y 5.39% respectivamente; en cuanto a la densidad aparente disminuye con la profundidad mostrándose a los 30 *cm* con 1.71 *gr/cm*³. Valores que se pueden asociar con las prácticas de un mal manejo del suelo, lo cual puede contribuir a la desertificación del suelo que resulta ser la degradación de la tierra perdiendo la productividad biológica y económica del mismo.

El contenido de piedra del suelo junto con su abundancia y la naturaleza de las mismas contribuyen a la capacidad disponible de agua, teniendo un claro ejemplo la cal porosa; en contraste piedras no porosas disminuyen fuertemente la retención de agua, la cual influye en la duración del periodo de crecimiento de plantas aptas para el suelo determinado. (FAO, 2005). Es oportuno también indicar que una excesiva labranza y la pérdida de materia orgánica del suelo a menudo conducen a una reducción de la tasa de infiltración debido a la pérdida de la porosidad superficial.

La falta de agua en el suelo disminuye la disponibilidad de los nutrientes reduciendo la actividad microbiana, la cual es responsable de la liberación de nitrógeno, fósforo y azufre de la materia orgánica del suelo. Una vez realizada la caracterización del suelo, es importante mencionar estudios similares, como es el caso en los suelos arenosos al Este de Bolivia, en las tierras bajas de Santa Cruz. Son suelos predominantemente arenosos que se han vuelto sumamente propicios para el encostramiento y la erosión eólica. Por lo tanto, son cada vez más susceptibles al estrés de agua en razón de los efectos combinados de:

- Infiltración reducida del agua de lluvia debido al encostramiento superficial que se define como una capa compacta que se da principalmente en suelos secos;
- Menor disponibilidad de agua en el suelo para el crecimiento de los cultivos a causa de una pérdida de poros para el almacenamiento del agua debido a la compactación y a la formación de una capa dura, a la incorporación de depósitos de arena fina debido a la erosión eólica y a la pérdida acelerada de la materia orgánica debida a la excesiva labranza. (FAO, 2005, p. 24)

1.2.3. Erosión del suelo:

La escorrentía y la erosión ocurren a causa del daño que ha sufrido la porosidad del suelo, en su superficie o debajo de la misma. Esas son las consecuencias y no la primera causa de degradación de la tierra. En muchos casos, la labranza para aflojar el suelo a fin de permitir una mayor entrada

de agua, puede también dar lugar al colapso del mismo lo cual a su vez tiende a incrementar la erosión y la pérdida de potencial de retención de la humedad del suelo a causa de la escorrentía.

La erosión hídrica y eólica componen, cuantitativamente, los procesos de degradación más importantes. Las principales causas son la deforestación, el sobrepastoreo y el mal manejo de los suelos. La pérdida de materia orgánica no ha sido identificada como un proceso específico de degradación, pero cerca de la mitad de los suelos químicamente degradados están exhaustos. (FAO, 2002). Algunos métodos específicos utilizados para controlar la erosión tales como las terrazas o a proteger la superficie del suelo con una cobertura vegetal, residuos de las plantas y otros, las curvas de nivel, están dirigidos a aumentar su estabilidad y conservación de suelos con labranza mínima e incremento de materia orgánica. Tales métodos para prevenir la erosión del suelo son también apropiados para la captura del carbono, y viceversa.

Para obtener la recuperación sostenible de la arquitectura del suelo dañada y de los espacios de poros, el suelo debería ser protegido del impacto de la lluvia y de los disturbios causados por la labranza y debería recibir la adición de materia orgánica en forma regular.

Los organismos en el ecosistema del suelo descomponen y transforman los materiales orgánicos y contribuyen a:

- La capacidad de retención de agua por medio de la porosidad y la retención de agua por el humus.
- La capacidad del suelo para retener y liberar más lentamente los nutrientes.
- La fijación del nitrógeno atmosférico.

Los organismos del suelo son trabajadores subterráneos que cumplen muchas actividades de mejoramiento del suelo sin ningún costo para los agricultores; sin duda, para satisfacer sus requerimientos merecen más atención que la recibida generalmente. (FAO, 2005, p. 41-42)

El incremento en la atmósfera de los llamados gases de invernadero (*GHG*) y el consecuente cambio climático tendrán efectos importantes en el siglo XXI, una de las medidas para reducir las emisiones de gases de invernadero es incrementar su captura en los suelos y en la biomasa terrestre, sobre todo en las tierras usadas para la agricultura o la forestación; para ello, deben ser desarrolladas nuevas estrategias y políticas apropiadas para el manejo de la agricultura y los bosques. (FAO, 2002)

Como posibles alternativas es importante mencionar que en las zonas áridas y semiáridas, el uso de cultivos de cobertura es importante para suprimir el barbecho desnudo o para mejorarlo, se considera al estiércol o composta de importancia fundamental para la retención del agua y la

producción de cultivos en estas zonas, guardando relación con el incremento de la biomasa con ayuda del riego agrícola. Además se considera que todas las prácticas dirigidas a la fijación del carbono en suelos cultivados también suelen restaurar los suelos degradados. (Hernández, J., et al. 2014).

1.3. PRODUCTIVIDAD DEL SUELO

La fertilidad es la capacidad inherente de un suelo para proporcionar nutrientes en cantidades y proporciones adecuadas, mientras que la productividad del suelo es un término más amplio que se refiere a la capacidad del mismo para producir cultivos (Brady, 1974). Los principales factores de la productividad del suelo son la materia orgánica (incluyendo la biomasa microbiana), la textura del suelo, la estructura, la profundidad, el contenido de nutrientes, la capacidad de almacenamiento de agua, la optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. (FAO, 2005)

La fertilidad del suelo depende grandemente de la cubierta vegetal, a través de restos vegetales que se depositan en él. Las especies nativas han sido vistas como productoras de restos vegetales ricos en nutrientes, en contraste con la eficacia característica de las exóticas para usar nutrientes, almacenarlos en la biomasa aérea, pero delimitado retorno al suelo. (Montagnini et al., 1995; citados en Chacón, G. et al., 2003)

1.3.1. Influencia de la fertilidad del suelo en el secuestro del carbono:

Se considera que fertilidad del suelo aumenta al máximo los rendimientos de producción, así como también puede afectar positivamente los niveles de carbono orgánico secuestrado. La fertilización con carbonato de calcio incrementan la biomasa tanto aérea como en el suelo, siempre que no hayan otras condiciones limitantes. Como resultado, el carbono del suelo será por lo general, incrementado. Pero, para que el secuestro del carbono sea efectivo bajo el incremento de la biomasa, se requiere el empleo de prácticas de manejo adecuadas tales como labranza cero. El incremento de la biomasa de los cultivos puede aumentar el ingreso de materia orgánica en el suelo, por influencia de los nutrientes, especialmente el nitrógeno. Como alternativa se recomienda el uso de leguminosas para incrementar los niveles de este elemento. Se requiere cerca de 70 – 100 kg de nitrógeno para capturar una tonelada de carbono. El aumento del contenido de CO₂ en la atmósfera debido al cambio climático puede tener una influencia positiva similar, conocido como efecto de fertilización con CO₂. (Zambrano, A. et al., 2004).

1.3.2. Cultivos en sistemas sostenibles:

Otras estrategias para el secuestro de C en el suelo podrían incluir el mejoramiento en las prácticas de manejo del suelo y de los cultivos. Los sistemas mejorados están diseñados para

controlar la erosión, conservar el agua, mejorar el ciclo y minimizar la pérdida de nutrimentos, mejorar la fertilidad del suelo y para una producción sostenible. (FAO, 2000). La adopción de sistemas de cultivos y el uso de cultivos de cobertura son otras opciones para el secuestro de C en los ecosistemas terrestres. Las rotaciones de cultivos mixtos y el uso de cultivos de cobertura mejoran los contenidos de C orgánico en el suelo, estabilizan su estructura y aumentan su biodiversidad.

1.3.3. Eucalipto:

Ya que en el Área protegida BVPCC se identifica *Pinus patula* (Pp) y en su mayoría plantaciones de *Eucalyptus globulus* (Eg), es de importancia mencionar que estas especies producen una calidad deficiente de materia orgánica en el suelo (MOS), independientemente de su cantidad. La degradación de los suelos bajo Eg y Pp presenta una posibilidad de una descomposición lenta de MO, debido a la presencia de fenoles en las hojas y a la alta capacidad de utilización de nutrientes por parte de pinos y eucaliptos, obteniéndose así una vegetación de sotobosque reducida. Las plantaciones de eucaliptos crecen usualmente en suelos desnudos y áreas de pastos, con el sigse. (Morris, 1997; citados en Chacón, G. et al., 2003).

1.4. MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO (COS)

Existen varios métodos para la determinación de la materia orgánica; se puede destacar los siguientes, en el caso que sea un suelo con alto contenido de arena se aplica la calcinación a temperatura promedio de 500 – 600 grados centígrados, aplicando este método puede obtenerse resultados de manera rápida. El método de pérdida por ignición para la determinación del contenido orgánico es más aplicable a aquellos materiales identificados como turbas, lodos orgánicos y suelos que contengan materia vegetal relativamente no descompuesta ni deteriorada o materiales de plantas frescas como madera, raíces, pasto o materiales carbonáceos como lignito, carbón, etc. Este método sirve para determinar la oxidación cuantitativa de materia orgánica en tales materiales y proporciona una estimación válida del contenido orgánico. (Steupbling, Godoy, Alberdi, 2001).

En el caso que se requiera obtener información relacionada con la adecuabilidad de un suelo para cultivo, se recomienda el método de la "Combustión húmeda" pudiendo determinar el material orgánico (del tipo humus) el cual es fácilmente oxidable.

El método aplicado en esta investigación para conocer el contenido de *COS* fue el método de ignición o calcinación usada para la determinación de la materia orgánica e implica una destrucción climatizada de toda la materia orgánica existente en el suelo. Detallando que en el proceso se coloca un peso determinado en el crisol cerámico que luego se lo calienta un promedio de 30 minutos entre 350 y 400 °C. (Nelson y Sommers, 1996). Posteriormente la muestra se enfría en un desecador y se pesa. El contenido de materia orgánica se calcula como la diferencia entre los dos pesos inicial y final de la muestra dividido por el peso de la muestra inicial multiplicado por 100. Todos los pesos deben variar es decir que no deben contener humedad antes de calcular el contenido de materia orgánica. (Sommers, 1996).

Cabe mencionar que al aplicar el método de calcinación es importante que la temperatura debe mantenerse por debajo de los 440°C, para evitar la destrucción de los carbohidratos inorgánicos que pueden estar presentes en la muestra. Además es conveniente conocer el riesgo de aplicar esta técnica de determinación de carbono orgánico ya que en algunos minerales de arcilla pierdan agua estructural o grupos hidroxilo debido a las temperaturas usadas para la combustión de las muestras y esta pérdida de agua estructural llevará a la sobreestimación del contenido de materia orgánica en los resultados, sin embargo uno de los medios para evitar ese problema es a través del pretratamiento de la muestra a través de la eliminación de la materia mineral usando ácido clorhídrico HCl y ácido fluorhídrico HF. (Nelson y Sommers, 1996)

1.5. PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO

Las parcelas permanentes son uno de los pilares principales en manejo e investigación forestal, y se las considera de gran utilidad para la toma de decisiones en la elaboración del plan de manejo de bosque o plantaciones forestales, estas a su vez permiten, a los forestales e investigadores ambientales, observar diversas variables económicas y ecológicas relevantes y coleccionar evidencia objetiva en términos de información base. Dicha información es por lo general usada para construir, mejorar o actualizar modelos o procesos estadísticos que son empleados para entender mejor y predecir el desarrollo del bosque o rodal. (Kleinn. C, Morales. D, 2002). El diseño de las parcelas permanentes debe ser planificado con cuidado, con el objetivo de que éstas produzcan información útil, ya que los resultados también son útiles en la identificación de indicadores para el manejo sostenible del bosque.

1.5.1. Muestreo:

El muestreo es una actividad que conlleva el levantamiento de datos, tanto dentro como fuera de los bosques, esta consideración también permite realizar un diagnóstico para evaluar la

recuperación de ecosistemas forestales degradados. (ENF- HONDURAS, 2005). Como guía principal de monitoreo forestal en el Ecuador tenemos la Evaluación Nacional Forestal en Ecuador la cual se aplica bajo un diseño de muestreo de doble estratificación, el cual consiste de dos fases. Durante la primera fase se seleccionará una muestra relativamente grande de forma sistemática en todo el país, en este caso de estudio es el cantón Ambato y en la segunda fase se seleccionará una muestra más pequeña, siendo esta el Área Protegida *BVPCC*. (ENF- MAE 2012).

1.5.2. Unidad de muestreo:

Es el lugar físico o parcela, establecida convenientemente en el área de estudio y donde se miden las variables previamente definidas. Principalmente estas deben ser representativas del sector y deben estar distribuidas en el área de interés de acuerdo al diseño establecido. Es importante mencionar que las unidades de muestreo siempre deben quedar delimitadas y georeferenciadas en el terreno y ubicadas en un plano para su posterior evaluación de ser necesario. (Dauber, 1995). Es necesario mencionar que para el establecimiento de la(s) parcela(s) de muestreo de acuerdo con el tamaño y la forma inicial seleccionados, es necesario describir ciertas indicaciones fundamentales que se deben tener en cuenta durante el trabajo de campo como son el trazado del perímetro, la corrección por pendiente, la revisión de ángulos rectos y ciertas dificultades que se pueden presentar en el trazado de la(s) parcela(s). (Vallejo-Joyas M.I., et al. 2005)

1.6. ANÁLISIS DE MERCADO DE CARBONO EN EL ECUADOR

El mercado de carbono se enfoca para lograr grandes mejoras para el medio ambiente y la población, beneficiándose de trabajos que conjuntamente con la propuesta de proyectos que reduzcan las emisiones de CO₂ al ambiente o también realizando transacciones donde se negocia la reducción de la contaminación ambiental. Desde el 2005, Ecuador cuenta con 18 proyectos aprobados en el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (*MDL*) de las Naciones Unidas; de estos proyectos, ocho son hidroeléctricos, los cuales son: Hidroeléctrica Mazar Dudas, Hidroeléctrica Manduriacu, Hidroeléctrica Toachi Pilatón, Hidroeléctrica Sopladora, Hidroeléctrica Minas San Francisco, Hidroeléctrica Delsitanisagua, Hidroeléctrica Quijos y la Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair; estos Proyectos Hidroeléctricos aportarán con una energía media alrededor de 16.014 *GWh/año*, remplazando la generación térmica, reduciendo emisiones de CO₂ en aproximadamente 6,29 millones de *t/año*, eliminando la importación de energía y Gas Licuado de Petróleo (MEER, 2015). También se nombra las operaciones porcícolas de Pronaca, sus granjas para engorde de cerdos

se han instalado corrales con camas de cascarilla de arroz, sistema conocido como “deep bedding”, es una tecnología implementada por Pronaca desde el 2.000, donde el tratamiento de los residuos animales se logra mediante compostaje dentro del corral con las ventajas de controlar efectivamente los malos olores y el consecuente ahorro en el consumo de agua para limpieza de corrales; proyecto instaurado para la obtención de créditos de carbono, logrando así reducir sus emisiones atmosféricas de GEI en aproximadamente 202.617 toneladas de CO₂ (PRONACA, 2011). Es importante mencionar la Central Eólica Villonaco en la Provincia de Loja, en los Ingenios Azucareros Valdez y San Carlos, el proyecto de Cogeneración Eléctrica con bagazo, para suministrar energía obtenida a partir de biomasa al Sistema Nacional Interconectado y aportar al objetivo de reducir el consumo de combustibles fósiles en actividades de generación eléctrica, la Compañía CODANA S.A. productora de alcohol etílico en Milagro, utilizando como materia prima la melaza, El relleno sanitario de Quito, la planta de gas quiteña Zámiza Landfill y, finalmente, tenemos el programa de focos ahorradores, de bajo consumo de electricidad, promovido por el Gobierno Nacional. Se puede decir que estos proyectos por sus buenas prácticas pueden producir recursos a través de la generación y comercialización de bonos de carbono (también llamados créditos de carbono) en países como Alemania, Holanda y Suiza. En el Ecuador, el Ministerio del Ambiente es el ente aprobador de proyectos que ayuden a solucionar problemas de contaminación y contribuir a mejorar la calidad del aire en nuestro territorio, con propuestas que impliquen el uso sostenible de recursos con el fin de obtener bienestar en toda la población (Gallegos, M, 2002).

Dentro del cantón Ambato es importante mencionar la gestión del Relleno Sanitario, el cual está ubicado en el sector de Chachoán, en la vía Ambato-Píllaro. Donde se encuentran instaladas 50 chimeneas las cuales tienen la función de recoger el gas metano producido por la descomposición de los residuos recolectados en el cantón Ambato, por medio de ductos de piedra creados bajo la tierra y salen por un solo tubo de metal que lo recoge y no permite su dispersión. El gas metano es un gas contaminante perjudicial para el ambiente en general, es por ello que según Ing. Rodrigo Acosta responsable del Relleno Sanitario Ambato, se considera una razón para poner en marcha el proyecto para producir energía eléctrica mediante el uso del gas metano. De hecho, en la actualidad se cuenta con 9 lámparas que funcionan con este gas y que sirven para iluminación interna del Relleno.

1.6.1. Cambio Climático:

El cambio climático mundial y calentamiento de la tierra es un hecho científicamente comprobado. La causa principal del cambio climático y el calentamiento de la tierra es el efecto invernadero, el cual está generado por la emisión de bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O)

y en menor cantidad de algunos otros gases originados por los procesos industriales. (FBDS, 1994; Martínez, 2001). Enfocándonos así en el CO₂, conociéndose como una emisión impactante por su magnitud y su permanencia en la atmósfera. La fuente principal de este gas proviene principalmente de la quema de combustibles fósiles relacionados con la producción de energía -especialmente en los países industrializados- y cambios en el uso de suelo (deforestación) en los países en desarrollo. Esta situación puede ser contrarrestada mediante una “limpieza de la atmósfera”, como es por ejemplo la fijación intencional del CO₂ de la atmósfera a la biomasa terrestre. La estimación del CO₂ capturado se hace por componente de biomasa. Normalmente el ecosistema forestal se divide en árboles, sotobosque, suelo y la capa orgánica superior al suelo mineral (piso). (Seppänen, P, 2002). De allí la importancia para la conservación de los ecosistemas forestales.

1.7. ECOSISTEMAS FORESTALES

El Ecuador continental tiene tres regiones naturales –Costa, Sierra y Oriente o Amazonía– cada una cubierta con diferentes tipos de bosques cuyas características dependen principalmente del clima y el suelo. Básicamente son ecosistemas que se conservan y alteran con la intervención humana. La información más aproximada sobre la superficie forestal del país es la publicada por el Centro de Investigación y Levantamiento por Sensores Remotos (CLIRSEN 2003), con base en fotografía aérea e imagen satelital. En total, en el año 2000, había una superficie forestal de 10’770.559 de hectáreas. (Añazco, M. et al, 2010). En los bosques naturales el carbono del suelo está en equilibrio, pero tan pronto como ocurre la deforestación o la reforestación, ese equilibrio es afectado. Los suelos forestales contienen más carbono almacenado por unidad de superficie que cualquier otro tipo de uso de la tierra y sus suelos contienen cerca del 40 por ciento del total del carbono, lo cual es de importancia primaria siempre y cuando se considere el adecuado manejo de los bosques. Si bien el contenido de carbono y la capacidad de fijar CO₂ por unidad de superficie en las tierras áridas son bajos, aun así pueden de cualquier manera hacer una contribución importante a la captura global de carbono y al mismo tiempo prevenir o disminuir la tasa de desertificación.

Cuando los bosques se convierten a otros usos del suelo, ocurre una gran liberación neta de carbono a la atmósfera. El proceso puede ser espontaneo en el caso de incendios, o durar años en el caso de la deforestación. Por lo tanto, donde la deforestación no puede ser detenida, es necesario un manejo correcto para minimizar considerables emisiones de CO₂. La reforestación, sobre todo en los suelos degradados con bajo contenido de materia orgánica, será una forma importante de secuestro de carbono a largo plazo, tanto en la biomasa como en el suelo. (Chacón, G. et al., 2003).

La fundación holandesa *FACE* Forest Absorbing Carbon Dioxide Emissions) o “Bosques para la Absorción de Emisiones de Dióxido de Carbono” se creó en 1990 por el Directorio de Empresas Holandesas Generadoras de Electricidad, N.V. Sep, con el objetivo de establecer 150.000 hectáreas

de plantaciones forestales, y así compensar las emisiones de una nueva planta térmica de carbón que se construiría en Holanda. Esta planta térmica representaría millones de toneladas de Dióxido de Carbono emitidas a la atmósfera. Entre los varios proyectos de la fundación holandesa *FACE*, el Programa *FACE* de Forestación de Ecuador S.A., *PROFAFOR*, es el más grande. *PROFAFOR* del Ecuador S.A., es una empresa constituida con el financiamiento de *FACE* con el propósito de apoyar el establecimiento de plantaciones forestales y rehabilitación de áreas para la captura y fijación de CO₂ en la atmósfera y así contribuir a la descontaminación ambiental, además de “utilizar tierras que no están aprovechadas y que podrían generar ingresos a la economía local”. En 1999 *FACE* y el *INEFAN* (Instituto Nacional Ecuatoriano Forestal y de Areas Naturales y Vida Silvestre) hoy Ministerio del Ambiente, suscribieron un Acuerdo de Entendimiento, donde se da lugar al “Desarrollo Forestal de los Andes del Ecuador”, proyecto que se ejecuta durante 4 años, financiado por la Cooperación Holandesa y *FAO*, en la región Sierra, específicamente en las provincias de Pichincha, Chimborazo, Imbabura, Azuay, Cañar, Loja. El proyecto tenía como línea base incluir en las actividades de forestación, la participación comunitaria. La forestación se realiza con especies exóticas: el Pino y el Eucalipto. En cuanto a las plantaciones se establecen a través de contratos firmados entre la empresa y propietarios privados, ya sean individuos terratenientes o comunidades indígenas de la sierra. Ciertos contratos se firman a modo de hipoteca con plazos de hasta por 99 años. (Granda, P. 2006).

1.7.1. Carbono en los ecosistemas forestales:

Malhi, Baldocchi y Jarvis, (1999) indican que los bosques, aún en pie, fijan por lo menos 25% del carbono (CO₂) proveniente de la combustión de combustibles fósiles. En los ecosistemas forestales el secuestro de carbono se efectúa mediante el intercambio de carbono con la atmósfera a través de la fotosíntesis y la respiración, llevando al almacenamiento en la biomasa y en el suelo. (Taiz & Zeiger, 1998). Según los tipos de bosques y ecosistemas existe una variación de acuerdo a la proporción de carbono acumulado en suelo y vegetación; como existe el caso para latitudes elevadas, con clima frío, la materia orgánica se descompone lentamente; así, en los bosques boreales el carbono acumulado en el suelo llega al 80-90% del total, mientras que en el trópico, las temperaturas más suaves aceleran su descomposición y el carbono se reparte a partes iguales entre suelo y vegetación. Indicando también que el potencial de secuestro de carbono de una masa forestal dependerá de la composición de especies, su estructura y clases de edad y de las características de la estación, incluyendo clima, suelos y gestión. (Pardos, J. 2010).

En el sector del uso de la tierra y bosques se han identificado dos estrategias principales para acumular carbono. La primera se refiere a aumentar la fijación de carbono al crear o mejorar los

sumideros existentes, que son ecosistemas considerados reservorios de carbono, y la segunda consiste en prevenir o reducir la tasa de liberación de carbono ya fijado en sumideros existentes. Se considera a las técnicas de forestación, reforestación y restauración de áreas degradadas, como actividades de fijación de carbono. (Zambrano, A. et al., 2004).

En cuanto a las plantaciones forestales para fijación de carbono, es muy importante la gestión sobre el área en donde se dará lugar a actividades sostenibles en cuanto al uso de tierra. Por lo general, los bosques naturales se encuentran en equilibrio, pero tan pronto como ocurre la deforestación o la reforestación, ese equilibrio es afectado; por lo tanto se considera a la reforestación, sobre todo en suelos degradados una forma importante de secuestro de carbono a largo plazo, tanto en la biomasa como en el suelo.

1.8. ÁREAS PROTEGIDAS EN EL ECUADOR

Las primeras acciones de conservación en Ecuador se inician en 1936 cuando se declara al Archipiélago de Galápagos como área protegida. Después de 30 años se declara la segunda área protegida que es la Reserva Geobotánica Pululahua. Desde entonces, los esfuerzos de conservación han evolucionado con la formulación de normas y regulaciones para mejorar su manejo y administración. Con el avance de la actividad petrolera en Ecuador en la década de los 70, hubo un fuerte impulso a la construcción de carreteras que originó un desordenado crecimiento urbano en zonas que anteriormente eran poco habitadas, frente a ello el Estado ecuatoriano fomentó el establecimiento de áreas protegidas como una forma de contrarrestar la inminente destrucción de los recursos naturales del país. (Gutiérrez, I. 2015)

Las áreas protegidas son espacios geográficos claramente definidos, reconocidos y gestionados, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados”. (Dudley, 2008. Pag.10; citados en Columba, K. 2013). En Ecuador, el sistema nacional de Áreas protegidas (*SNAP*) es el conjunto de áreas naturales protegidas que garantizan la cobertura y conectividad de ecosistemas importantes en los niveles terrestre, marino y costero marino, de sus recursos culturales y de las principales fuentes hídricas. (MAE. 2006). El *SNAP* abarca cuatro regiones del país y alberga 51 reservas naturales que se extienden en aproximadamente el 20% de la superficie del Ecuador, las cuales se caracterizan porque comprenden una importante riqueza biológica, servicios ecosistémicos de los cuales se benefician tanto las poblaciones urbanas como rurales, una riqueza paisajística que permite el turismo y la recreación en parte de ellas, y por su importancia ecológica trascienden fronteras que son reconocidas a nivel internacional. (Columba, K. 2013).

1.8.1. Conformación del sistema de áreas de conservación del cantón Ambato

Como una de las competencias exclusivas del Gobiernos Autónomo Descentralizado Municipal establecida en el Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (*COOTAD*) se determina: “Preservar, mantener y difundir el patrimonio arquitectónico, cultural y natural del cantón y construir los espacios públicos para estos fines”; además tiene como misión "Mejorar la calidad de vida de los habitantes del Cantón Ambato, actuando como ente planificador, regulador, facilitador y ejecutor de servicios municipales que satisfagan a la comunidad, con el valioso aporte de su recurso humano comprometido y la participación de todos los actores sociales". En cumplimiento de la competencia y misión del *GADMA* indicada, la Dirección de Gestión Ambiental realizó el contacto con Conservation International Foundation Ecuador para identificar áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en la jurisdicción municipal que potencialmente podrían ser declaradas como áreas protegidas municipales, conformando el Subsistema de Áreas Protegidas Municipales del Cantón Ambato.

El Patrimonio Natural del cantón Ambato ha sido afectado por la expansión de la frontera agrícola, la pérdida de flora y fauna nativa del cantón está ocasionada principalmente por la introducción de especies, la deforestación y los cambios de uso de suelo producidos por el fraccionamiento de la tierra urbana y rural, la quema de páramos, el pastoreo intensivo y extensivo con especies no nativas, la contaminación de los recursos, entre otras. Es por ello que se seleccionó 8 sitios prioritarios de conservación en el cantón Ambato, como son: Sitio 1: Pucayaca – Lozantingo; Sitio 2: Mula Corral; Sitio 3: Chiquiurco; Sitio 4: Cerro Casahuala; Sitio 5: Río Ambato; Sitio 6: Río Alajua; Sitio 7: Cerro Casigana; Sitio 8: Humedales de Totoras.

Se considera oportuno mencionar al Río Ambato y el Río Alajua, debido a la similitud de zonas que mantienen remanentes del ecosistema Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes, al igual que la declaratoria del Cerro Casigana. El Río Ambato cubre una superficie de 1.008 ha, su altitud varía entre 2.790 y 3.490 msnm. Al margen derecho del Río Ambato, se presentan las Quebradas Paila Huaycu y Ashpachaca que se caracterizan por la vegetación existente. El Río Alajua cubre una superficie de 425 ha, presenta también zonas con características de Bosque siempreverde del Páramo, localizados en las zonas de ribera de los ríos Alajua, Pumagua y Chontarumi; con un rango altitudinal entre 2.720 y 3.400 msnm. (*GADMA*, 2013).

1.9. PARROQUIA SANTA ROSA

El pueblo de Santa Rosa es una parroquia urbana ubicada en el cantón Ambato, en la provincia de Tungurahua, limitado al Norte con el Cantón Ambato, al Sur con el Cantón Tisaleo y la Parroquia Juan Benigno Vela, al Este con la Parroquia Huachi Grande y al Oeste con las Parroquias Quisapincha y Pasa, su superficie territorial es de 9,7 km^2 , según datos del *INEC* 2010 cuenta con

21.003 habitantes de los cuales el 10.163 son hombres y 10.840 son mujeres, Santa Rosa es conocida como un centro de producción de textiles y elaboración de muebles. También, existen hábiles costureras y sastres, distinguidos en el diseño y confección de prendas de vestir de calidad. Los sábados se desarrolla la Feria Agro-Ecológica, que ofrece productos cultivados sin la utilización de químicos. Esta producción es comercializada sin intermediarios.

1.9.1. Bosque siempreverde montano del norte y centro de la cordillera oriental de los Andes:

Los bosques siempreverdes que alcanzan los 15-25 m de alto. Los árboles tienden a tener troncos y ramas nudosas, copas densas y compactas. Se puede observar algunas intrusiones graníticas y numerosas, además proyecciones de cenizas volcánicas, formaciones metamórficas indiferenciadas y cobertura piroclástica discontinua. Las pendientes son fuertemente inclinadas a escarpadas (5-87°) (Demek, 1972). Los suelos son inceptisoles y andosoles desaturados con una textura franco-franco limosa y en pequeñas partes al norte franco arenoso y al sur de franco arcilloso. La flora está dominada por elementos andinos, principalmente de las familias Melastomataceae (*Miconia*), Solanaceae, Myrsinaceae, Aquifoliaceae, Araliaceae, Rubiaceae, y varias familias de helechos (Gentry 2001). El sotobosque es generalmente denso, con árboles pequeños. Otros géneros importantes en estas elevaciones son *Hieronyma* y *Alchornea*. Varias familias de epífitas tienen un pico de diversidad en este ecosistema, entre ellas Orchidaceae, Bromeliaceae, Araceae, y algunas familias de helechos que contribuyen sustancialmente a la biomasa de estos bosques (Mogollón y Guevara 2004). A las zonas relativamente planas, el estado de conservación en estos ecosistemas, considera especialmente a los largo de los ríos, que los bosques han sido transformados para establecer pastizales y cultivos (Vargas *et al.* 2000; citados en Santiana, J. *et al.*, 2012:37)

1.9.2. Bosque y Vegetación Protectora Cerro Casigana BVPCC:

En la actualidad el incremento de la población del cantón Ambato, el confort y el bienestar de ello, han afectado al Patrimonio Natural del cantón, actividades como el transporte por carretera, la proliferación de industrias, y nombrando también a la deforestación debido a la tala indiscriminada de árboles, son consecuencias que van agravando la emisión de dióxido de carbono CO₂, el cual será considerado como objeto de estudio, indicando que los bosques contribuyen en gran medida a contrarrestar la contaminación del aire, además de su función relevante en la producción de oxígeno y la extracción de dióxido de carbono.

Las desigualdades socioeconómicas y el acceso a los recursos y servicios públicos; son considerados también una fuente de amenaza al Bosque Protector Casigana que a su vez se

encuentra afectado por la frontera urbanística y la expansión de la frontera agrícola lo cual implica la pérdida del paisaje y a su vez la erosión; y la presencia de desechos sólidos que no son recolectados en las áreas rurales y urbano-rurales, lo que genera quemas a cielo abierto originando depósitos y a su vez contaminación ambiental.

En el Registro Oficial No. 8 del 22 de agosto de 1984 con Resolución Ministerial No. 364 del 5 julio de 1984, acuerda declarar Bosque y Vegetación Protectora del Área denominada “Cerro Casigana” ubicada en el Cantón Ambato, Parroquia de Santa Rosa, Provincia de Tungurahua, en una superficie total de 138 *ha*, con un rango altitudinal entre 2.650 y 2.975 msnm, correspondiendo a remanentes de Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes; con alta prioridad local de conservación.

Por otra parte la desaparición casi total de las especies nativas provocando una reducción de la incipiente cobertura vegetal, junto con habituales actividades antropogénicas como es la costumbre de arrojar basura y la indiscriminada explotación de las canteras de ripio y arena, son situaciones que agravan el estado de la zona de estudio, debilitando el sistema ecológico.

En Mayo 2004, el Ilustre Municipio de Ambato promueve la disposición del Proyecto Piloto de Forestación del Cerro Casigana, con una duración estimada de 3 años; el cual presenta los siguientes objetivos específicos:

- Cubrir el suelo del Casigana con árboles, arbustos y sub arbustos para darle sustento y evitar deslaves.
- Brindar a la ciudad de Ambato una imagen paisajística del que sus habitantes sientan orgullo.
- Empezar un programa de toma de conciencia ciudadana, a través de la educación ambiental para que sean protagonistas en la conservación y respeto al medio ambiente.

Como inicio del proyecto el establecimiento de las plantaciones se asoció en 20 *ha*, para en los siguientes años la forestación y actividades de mejoramiento arquitectónico se han contemplado realizarse en superficies de 40 y 60 *ha*. Además se provee construir un reservorio natural con 65 metros cúbicos con una vida útil de 15 años junto con un adecuado sistema de riego, estableciendo ya el sistema de riego por goteo. Las especies seleccionadas fueron en base a criterios técnicos como suelo, disponibilidad de agua, económicos y ecológicos. Las especies a utilizarse fueron nativas y exóticas combinadas; destacaremos Pino *Pino radiata*, Eucalipto *Eucalyptus globulus* establecido y las especies Molle *Schinus molle*, Jacaranda *Jacaranda*

mimoseae, Acacias *Acacia chalybeata*, Cholan *Tecoma stans*, Calistemos *Callistemon citrinus*, Fresnos *Fraxinus chinensis* R., por ser consideradas las que más se adaptan a este tipo de suelos y condiciones climatológicas, conservando la vegetación existente.

La identificación de sitios se lo realizó con el apoyo de los técnicos del departamento de planificación y de la Unidad de Parques y Jardines; concluyendo así que la plantación forestal se formó con sistemas demostrativos de protección en sitios erosionados y sistemas demostrativos en hileras para mejorar el microclima del sector. Finalmente para cumplir con éxito los objetivos del proyecto se consideró necesario la construcción de casetas de vigilancia. (Haro, M. 2004).

Es conveniente mencionar que, la escasa información sobre la dinámica del carbono en el suelo, no permite implementar políticas para desarrollo de proyectos que ayuden a la evaluación de impactos del cambio climático sobre el Bosque Protector Casigana y a su vez establecer un plan de manejo y restauración del mismo, por estas razones se dispuso el tema de investigación antes mencionado, teniendo como referencia bibliográfica tesis que reposan en la biblioteca de la Facultad de Recursos Naturales y Ciencias Químicas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, las cuales presentan objetivos similares cabe recalcar que estas investigaciones se han realizado en ecosistemas páramo sin existir vínculo alguno con el sitio propuesto a analizar; entre los que se puede destacar los siguientes:

Vinueza, Luis. (2015). *DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN EL SUELO EN UNA PLANTACIÓN DE PINO (Pinnus radiata D. Don) IMPLEMENTADA EN EL PÁRAMO EN LA COMUNIDAD DE TOTORAS, CANTÓN ALAUSÍ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO*. (Tesis inédita de Ingeniería Forestal). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba Ecuador. <http://hdl.handle.net/123456789/3888>

En la presente investigación propone: determinar el contenido de carbono orgánico en el suelo (COS) a tres profundidades (10, 20 y 30 cm) se llevó a cabo en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay en las comunidades Totoras y Cobshe Alto; Realizado el trabajo in-situ, donde se determinó que C1 implementado en la plantación de *Pinnus radiata* D. Don presenta una mayor acumulación de carbono orgánico en el suelo con 122,33 t/ha, mientras que en C2 (Páramo libre de cobertura forestal) presenta una media de 101,54 t/ha lo que se interpreta como un incremento de 20,79 t/ha o el 17 %, y demuestra que la plantación forestal a influenciado en el incremento de COS. La mayor reserva de COS se observó a los 20 cm de profundidad, tanto en C1 como en C2 y la menor concentración COS a 30 cm. Realizada la correlación entre COS – materia orgánica en el suelo (MOS) y entre COS y densidad aparente (Da), se observó que el COS no tiene

una relación negativa al contenido de *MOS*, ni con la *Da* y tampoco la tiene con respecto a la profundidad del suelo.

Haro, Francisco (2013). *DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN LA BIOMASA Y SUELO DEL PÁRAMO DE LA COMUNIDAD PICHÁN CENTRAL SAN ISIDRO*. (Tesis inédita de Ingeniería en Biotecnología Ambiental). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba Ecuador <http://hdl.handle.net/123456789/2495>

En la investigación mencionada se plantea la determinación de Carbono Orgánico en la Biomasa y Suelo del Páramo de la Comunidad de Pichán Central - San Isidro, Cantón Guano, Provincia Chimborazo. En cuanto a la metodología, se desarrolló un muestreo aleatorio representativo para lo cual fue necesario el uso de *SIG*. En la fase experimental, las muestras extraídas fueron pre-tratadas, es decir, lavadas, secadas al aire libre, molidas y tamizadas, para así obtener una muestra homogénea representativa de casa estrato, tanto de Biomasa, como de Suelo. Y a nivel de laboratorio, para la determinación de Carbono Orgánico en Biomasa y Suelo se aplicó la técnica colorimétrica, siempre con la finalidad de mejorar la precisión de los valores obtenidos. Se determinó el Carbono Orgánico en cada uno de los pisos altitudinales, con un promedio de Paja con un 26.99%, de Paja Raíz con un 28.73%, de Almohadilla con 43.10%, de Almohadilla Raíz con 34.94%, eso en cuanto a Biomasa, en tanto que para el Suelo 1 (0-70 *cm* de profundidad) tenemos un promedio de 34.90% y finalmente para el Suelo 2 (70-120 *cm* de profundidad) tenemos 27.43%. Concluimos que el páramo debido a sus condiciones ambientales, posee gran cantidad de materia orgánica acumulada, y a más de ser abastecedor constante de agua, es un gran captador de CO_2 y acumulador de Carbono Orgánico.

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS:

2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

2.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Localización:

La presente investigación se llevó a cabo en el Área Protegida “Bosque y Vegetación Protectora Cerro Casigana”, ubicado en la parroquia de Santa Rosa, en el cantón Ambato, en la provincia de Tungurahua.

Superficie:

El Área Protegida BVPCC, tiene una superficie de 138 *ha*.

2. Ubicación Geográfica:

Altitud: 2650-2975 (m.s.n.m)

Latitud: 9860231.55 m S

Longitud: 761719.52 m E

3. Características Climáticas:

En el programa *QGIS* versión 2.10.1, cargamos el shapefile de la delimitación del *BVPCC* que fue facilitado por el Departamento de Gestión Ambiental *GAD* Municipalidad de Ambato, a su vez agregamos una tabla de atributos con las coordenadas de las estaciones

meteorológicas y con los datos de los factores climáticos de interés, posteriormente con la opción Ráster realizamos una Interpolación triangular TIN, en el Ráster creado generamos una banda pseudocolor espectral, donde se clasifica automáticamente cada color con un valor respectivo del parámetro de medición. Finalmente en el mapa es posible obtener valores próximos de los factores climáticos de interés para este estudio como son: temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación máxima, velocidad media anual del viento. Como información base se utilizó las siguientes Estaciones Meteorológicas, las cuales fueron seleccionadas con criterios de altura (m.s.n.m), y la proximidad, distancia hacia el Área protegida *BVPCC*.

- Estación Píllaro ubicada al Noreste de la ciudad de Ambato en el cantón Píllaro, con longitud: 772093,78 m E y latitud: 9870284,49 m S.
- Estación Querochaca ubicada al Sur de la ciudad de Ambato en el cantón Cevallos, longitud: 766444,37 m E y latitud: 9848747,68 m S.
- Estación Calamaca ubicada al Oeste de la ciudad de Ambato en la parroquia Pilahuín, longitud: 742702,23 m E y latitud: 9858848,23 m S.

Los datos fueron tomados del Resumen Anual de cada estación descrita anteriormente que se encuentran en los Anuarios Meteorológicos desde el año 2005 al año 2014, publicados en la red en la página web del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología *INAMHI*.

Los mapas son elaborados con Sistema de Referencia y Marco de Coordenadas: WGS 84 UTM 17 S, Escala Grafica 1:13000, Escala de Trabajo 1:250000, y las imágenes satelitales de fondo fueron exportadas de Google Earth 2005.

Temperatura Máxima Anual:

Como se indica en el mapa se puede interpretar la Temperatura Máxima del sitio con un valor promedio de 21,87°C.

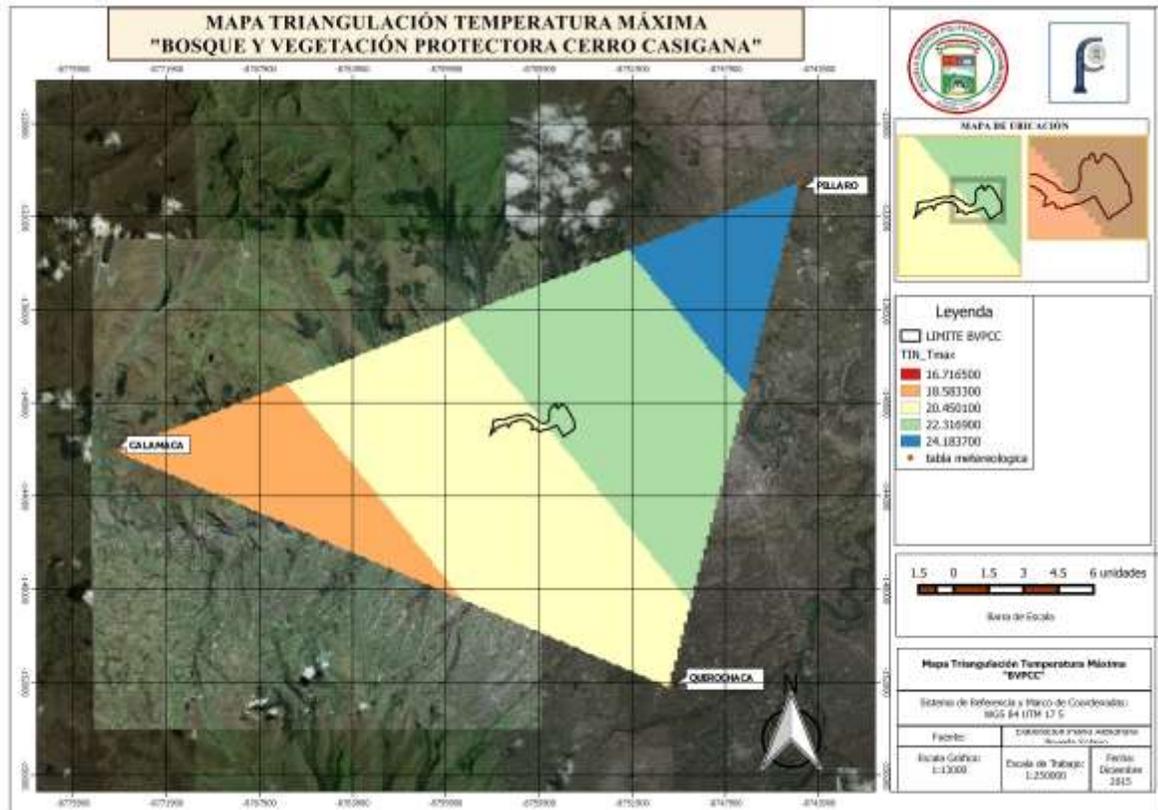


FIGURA 2.1. Mapa Triangulación Temperatura Máxima Anual "BVPCC".
Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

Temperatura Mínima Anual:

Como se indica en el mapa se puede interpretar la Temperatura Mínima del sitio con un valor promedio de 9,95°C.

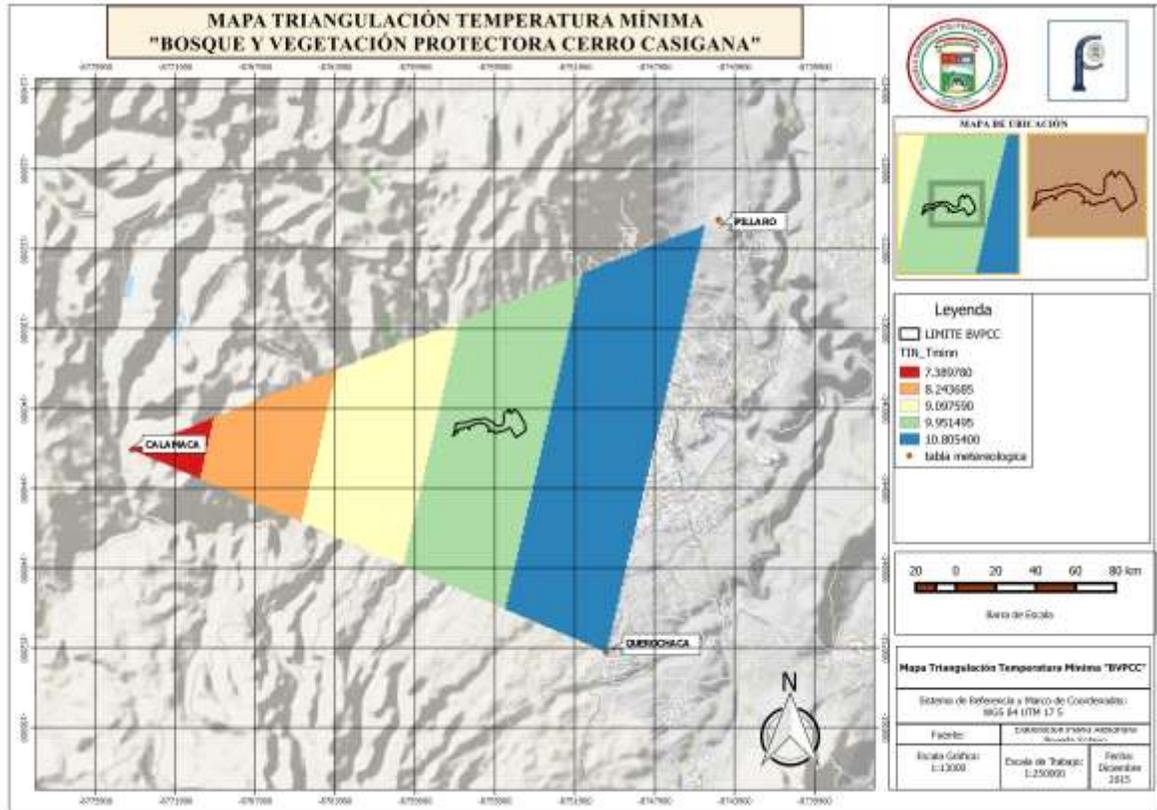


FIGURA 2.2 Mapa Triangulación Temperatura Mínima Anual "BVPPC".
Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

Precipitación Máxima:

Como se indica en el mapa se puede interpretar la Precipitación Máxima del sitio con un valor promedio de 36 mm en la parte baja del Bosque llegando a 38 mm en la parte alta del *BVPCC*.

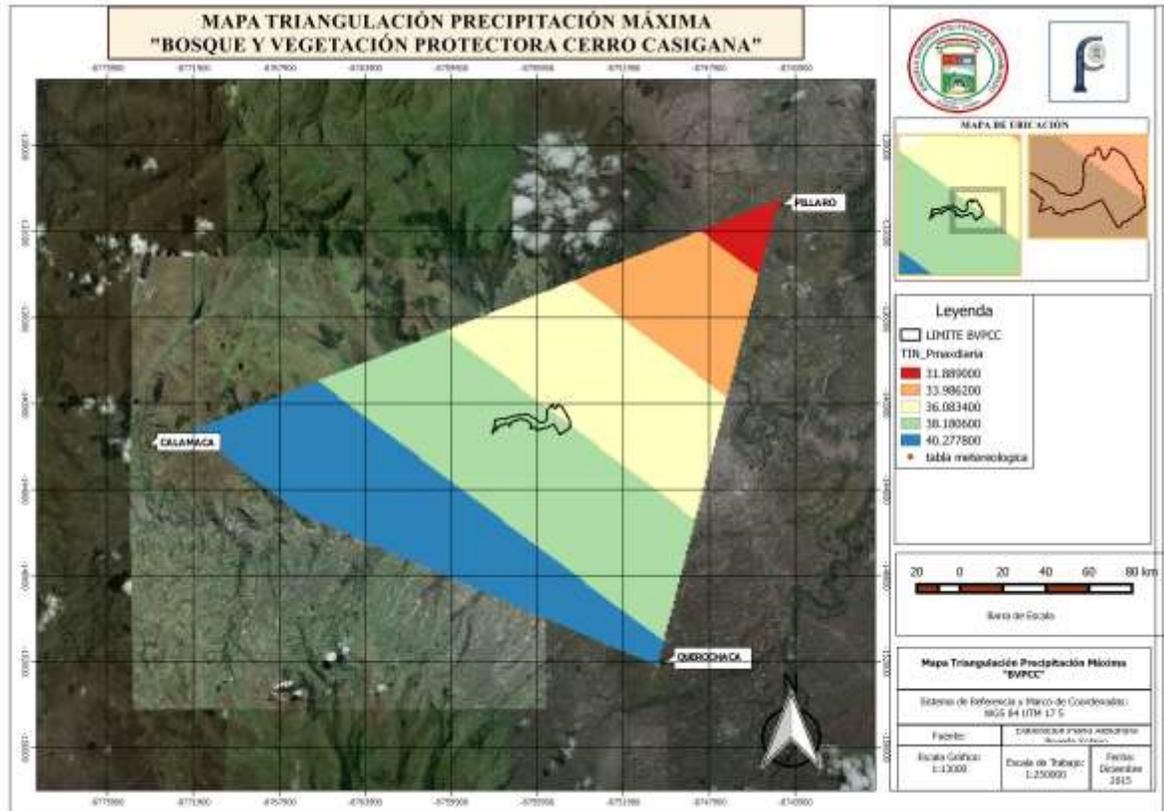


FIGURA 2.3. Mapa Triangulación Precipitación Máxima "BVPCC".
Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

Velocidad Media Anual del Viento:

Como se indica en el mapa se puede interpretar la Velocidad Media Anual del Viento del sitio con un valor promedio de 3,22 m/s.

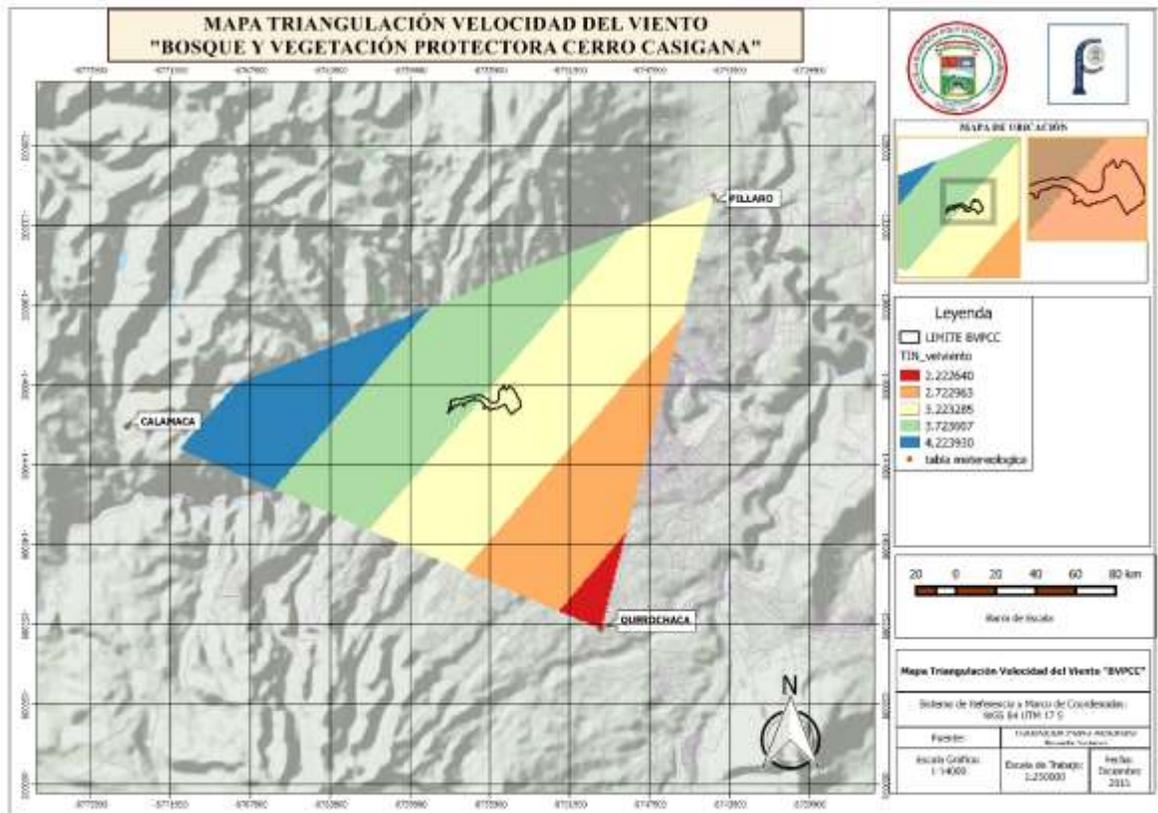


FIGURA 2.4. Mapa Triangulación Velocidad Media Anual del Viento "BVPCC".
Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

4. Clasificación Ecológica:

Según la Clasificación de uso de la tierra y tipos de Bosque para la ENF organizada según las clases globales del IPCC (Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático) el área de estudio se la clasifica como Bosque Nativo, dentro de la categoría Bosque Siempre Verde Andino Montano, con código 03. (MAE (ENF), 2012).

5. Topografía:

El lugar donde se llevó a cabo la investigación se encuentra situado en un área con una topografía irregular, con pendientes que van del 9 al 36%.

2.1.2. MATERIALES

2.1.2.1. Materiales para campo:

- Manual de campo *ENF*
- Libreta de campo
- Formularios de campo
- Mapas con la ubicación del conglomerado y parcela
- Metro
- Estacas
- Pala
- Barra
- Pico
- Cilindros de 72.80 cm^3 para toma de muestras de suelo
- Tabla de Munsell para suelos
- Cámara fotográfica
- Fundas con cierre hermético
- Cajas de cartón.

2.1.2.2. Equipos:

- GPS (geoposicionador)
- Brújula 360°
- Teléfono celular
- Vehículo

2.1.2.3. Materiales para laboratorio:

- Balanza analítica
- Estufa (memmert)
- Muffla (Muffle Furnace F0610C)
- Crisol
- Cilindros para humedad
- Pinzas
- Tamiz #10
- Bandejas

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA:

La presente investigación se destaca por los esfuerzos para determinar el contenido de carbono, presente en el ecosistema suelo del *BVPCC*, ya que se requiere de datos y resultados sobre los cuales se sustenta la estimación de la cantidad de carbono presente, para así evaluar el plan de manejo del área. La metodología utilizada en esta investigación para el levantamiento de información en campo fue la liderada por el Ministerio del Ambiente. (MAE2012). Manual de Campo publicado por el Proyecto Evaluación Nacional Forestal *ENF*, bajo la sustentación del programa Nacional Conjunto *ONU-REDD+* del Ministerio del Ambiente del Ecuador, junto con la cooperación del programa “Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático” *FAO* Finlandia y el componente *ONU REDD FAO*.

Para cumplir los objetivos planteados en esta investigación se procedió a realizar los siguientes pasos:

1. Establecer las características fisiográficas y dendrológicas de las especies dentro del conglomerado que comprende el área de estudio.

Para las mediciones de campo en el área de estudio se estableció dos conglomerados con parcelas en forma de L. A la vez para el levantamiento de información en el área se midieron 3 parcelas por conglomerado las mismas que fueron de forma cuadrada de 60 x 60 metros, con una distancia entre ellas de 250 metros. Para mejorar la eficiencia en las observaciones, cada parcela tuvo un diseño anidado con sub-parcelas de 20 x 20 metros, en donde se realizó las mediciones.

3.1.COMPOSICIÓN DEL EQUIPO PARA CAMPO:

El equipo técnico de campo fue conformado por:

Un técnico ambiental; asistente de campo, y técnico de la Municipalidad de Ambato.

Por consiguiente se describe las responsabilidades que fueron asignadas a cada miembro del equipo:

3.1.1. Técnico Ambiental:

El autor del presente trabajo de titulación es el líder del equipo, el cual fue el responsable de estructurar todas las fases del trabajo de campo dentro y fuera de los conglomerados, desde la planificación de acceso a las unidades de muestreo hasta la aceptación e ingreso final de la información a la base de datos. A su vez se encargó de mantener buenas relaciones con los habitantes de la zona y responsable de examinar la ubicación de las parcelas para instaurar el acceso, considerando también la información sobre los propietarios, se preparó el trabajo de campo organizando manuales, libreta de campo, mapas, equipos y materiales etc., además realizó el

manejo adecuado de *GPS* y generando mapas de ubicación, con adecuadas asesorías de técnicos de la municipalidad. Adicional a esto es conveniente mencionar que se fijó a los miembros del equipo definiendo adecuadamente las funciones para el trazado, levantamiento y medición de las parcelas, organizando la logística del equipo (transporte, alimentación, etc.), siendo una de las principales funciones llenar adecuadamente la libreta de campo, para que la información de cada parcela esté completamente clara y aceptada, verificando que los datos sean fiables para el posterior ingreso correcto de datos al sistema. Para concluir las actividades de reconocimiento, observación, medición, muestreo y toma de datos en el campo, el técnico ambiental fue el responsable de organizar las muestras de suelo tomadas en el campo y además realizó el trabajo de laboratorio.

3.1.2. Asistentes de campo:

La función del asistente de campo fue principalmente brindar apoyo al técnico ambiental en el desarrollo de sus tareas en la fase de mediciones, se cercioró que los materiales y equipos estén siempre completos y operativos durante el trazado de las parcelas, además colaboró en la colocación de valijas o estacas para la orientación en la parcela.

3.1.3. Técnico de la Municipalidad de Ambato:

Colaboro con la identificación de las especies vegetativas presentes en cada parcela y a su vez coopero como mediador con los miembros de la comunidad ya que informó sobre el acceso al área de muestreo y el objetivo de la investigación, además ayudo en el levantamiento de información sobre tenencia de la tierra y proporcionó información sobre los usos y gestión del bosque.

3.2. PROCEDIMIENTOS PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EN CAMPO:

El proceso de levantamiento de información en cada conglomerado y parcelas se realizó en tres etapas: planificación, levantamiento y almacenamiento de datos e información. El líder de equipo realizó una programación de toda la planificación y el levantamiento de campo.

3.2.1. Análisis de ubicación, acceso y tenencia de la tierra:

Para empezar con el objetivo propuesto el líder del equipo junto con los técnicos de la municipalidad iniciaron con una salida de reconocimiento al área objeto de estudio, con el fin de identificar el sitio adecuado para el establecimiento de las parcelas, ya que el *BVPCC* se caracteriza por pendientes bastantes pronunciadas, lo cual nos indica que es un terreno escarpado, es por ello que se fijó los conglomerados desde la cima del cerro hacia el norte; de este modo se estableció

puntos de referencias para posteriormente mediante mapas georeferenciados con los límites de la declaratoria del área protegida *BVPCC*, implantar los conglomerados incluyendo las parcelas de muestreo de campo obteniendo las coordenadas de los puntos de inicio de cada parcela, tanto en el sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (*UTM*), como en las coordenadas geográficas (latitud-longitud) las mismas que fueron grabadas en el geoposicionador *GPS* y así posteriormente el acceso para el muestreo en las parcelas, teniendo en cuenta que no debe existir interferencias que puedan afectar el proceso de muestreo, se procedió al inicio de la planificación del levantamiento de campo.

3.3. MEDICIONES Y OBSERVACIONES EN LAS PARCELAS:

3.3.1. Acceso a la parcela:

Antes de salir se verifico que el *GPS* esté correctamente configurado y que las coordenadas son las precisas, utilizando las instrucciones sobre ajustes del *GPS* y se mantuvo el *GPS* encendido desde las áreas fuera de bosque, para facilitar una mayor precisión y rapidez de lecturas del *GPS* una vez que entre a coberturas boscosas, además con el apoyo del mapa elaborado con la información del SIG, en campo se revisó y ubico lo más cercano al punto indicado donde es posible realizar el levantamiento de información, también se tomó en cuenta las recomendaciones de acceso e información recabada durante la planificación, apoyándose de otros recursos como imágenes de satélite de Google Earth. El levantamiento de datos en la parcela se inició con una revisión del diseño y distribución de las parcelas, descrita en el diseño de muestreo, del Manual de Campo, de esta manera se realizó el trazado de las parcelas y subparcela para la observación y medición de los diferentes elementos en cada punto de muestreo asignado.

3.3.2. Trazado o instalación de las parcelas:

Para el trazado de las parcelas se tomó en consideración los siguientes lineamientos:

En cada conglomerado se instalaron tres parcelas en conformidad al diseño del muestreo. Estas tres parcelas formaron una “L”. Se inició con la instalación de la parcela lateral derecha de la L; continuando hacia la izquierda y luego a la parcela superior. Las parcelas cuadradas de 60 x 60 m se trazaron utilizando el método del carril, faja o trocha central; las cuales estuvieron compuestas de 3 subparcelas de 20 x 20 m. Para el trazado de la parcela se considera el punto de inicio del *GPS* proporcionado por el equipo técnico que correspondió al carril central de la primera faja y a partir de este punto se midió los extremos hacia los lados de la faja, utilizando la brújula con un azimut de 90°. Se realizó el mismo procedimiento con un azimut de 270° y posteriormente con un azimut de 0° (Norte franco) medimos 30 m horizontales, marcamos el punto y dejando la cinta en el suelo.

2. Determinar el contenido de carbono orgánico en el suelo a tres profundidades de muestreo utilizando el método de análisis de LOST IGNICION.

En cuanto a las observaciones y muestreo de las características del suelo, en la parcela anidada de 20 x 20 m se evaluaron 5 calicatas en los extremos y centro. Para conocer los cambios en el contenido de carbono, en los cinco puntos de muestreo se extrajeron muestras de suelo a 10, 20 y 30 cm de profundidad, donde son más notorios dichos cambios. (IPCC 2006).

El código para cada parcela se ingresó de la siguiente manera:

Como ejemplo se etiquetó las muestras de suelo de este modo (C1 P3 p1-30). Donde C1 corresponde al conglomerado 1, P3 a la parcela 3, p1 es el punto 1 de muestreo, y el número 30 indica a la profundidad a la que ha sido tomada la muestra. Este código se mantuvo durante todas las fases de la presente investigación (en campo, laboratorio, análisis de datos, redacción y presentación del informe).

3.4. MUESTREO DE SUELO

Las características físicas y muestras de suelo para análisis de laboratorio se tomaron dentro de la sub-parcela de 20 x 20 m. Donde se establecieron cinco puntos de muestreo, distribuidos uno en el centro y en cada extremo de los cuatro vértices. En el punto central de la sub-parcela se observó el color, textura, estructura y pedregosidad del suelo. (FAO 2006). Adicionalmente, se observó la fisiografía y la accesibilidad a la parcela.

Para conocer los cambios en el contenido de carbono, en los cinco puntos de muestreo se extrajeron muestras de suelo a tres profundidades: entre 0 a 10 cm, de 10 a 20 cm y de 20 a 30 cm, para lo cual fue necesario construir pequeñas calicatas de 40 x 40 cm. En cada profundidad la muestra tomada estaba compuesta de 3 cilindros extraídos, de la misma forma se realizó en los cinco puntos de muestreo en cada parcela para el posterior cálculo de carbono orgánico y densidad aparente.

El siguiente procedimiento fue llevado a cabo para tomar todas las muestras a 10, 20 y 30 cm de profundidad, con el fin de medir los cambios en el contenido de carbono con relación a la profundidad del suelo. De manera detallada el procedimiento fue el siguiente:

- Se removió la hojarasca hasta que se pueda observar el suelo limpio en los cinco puntos de muestreo.
- Utilizando una pala se realizó pequeñas calicatas de 40 x 40 cm hasta una profundidad de 30 cm.
- Extraer la muestra de suelo a cada profundidad con el cilindro de capacidad conocida, el volumen de cada muestra de suelo colocamos en una funda plástica cerrándola herméticamente y etiquetándola con el código correspondiente.

Terminada cada jornada de medición de campo, las muestras de suelo al siguiente día fueron llevadas al laboratorio para su posterior análisis.

Las características físicas del suelo se evaluaron en la muestra de la calicata central de cada parcela siguiendo el siguiente:

- El color del suelo se identificó usando la tabla de Munsell (MUNSELL 2009) comparando el color correspondiente.
- Para reconocer la textura en base a la composición granulométrica del suelo se usó en el método de la sensibilidad del tacto, se procedió a evaluar la ocurrencia relativa de arcilla, limo y arena.

TABLA 3.1. Clave para determinar las clases texturales del suelo en campo.

Características	Clase textural	Código
1. No es posible enrollar y formar un cordón de un diámetro cercano a 7 mm.		
1.1. No ensucia, no es arenoso, no deja material fino en los dedos.	Arena	A
Si el tamaño de granos es mixto	Arena no clasificada	AN
Si la mayoría de granos son muy gruesos	Arena muy gruesa y gruesa	AG
Si la mayoría de los granos son de tamaño medio	Arena media	AM
Si la mayoría de los granos son e tamaño fino pero aun granuloso	Arena fina	AFi
Si la mayoría de granos son de tamaño muy fino tendiendo a ser arenoso	Arena muy fina	AMF
1.2 No es harinoso, granuloso, material escasamente fino entre los dedos, débilmente moldeable, ligeramente adhesivo a los dedos.	Arena franco	AF
Moderadamente harinoso	Franco Arenoso	FA

Fuente: MAE, ENF. (2012).



FIGURA 3.1. Determinación Clases Texturales y color del Suelo en campo.
Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La estructura y la pedregosidad se valoró en base a los porcentajes de piedras mayores a 4,5mm encontradas en el suelo y se determinó presencia o no de fragmentos rocosos gruesos en la superficie que afecten al desarrollo de la plantas.



FIGURA 3.2. Determinación de la pedregosidad.
Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

TABLA 3.2. Índices para determinar la pedregosidad del suelo.

Descripción	Nombre	Presencia de rocas en el suelo
<5%	Libre o ligeramente pedregosa	Con ninguna o muy pocas rocas de tamaño pequeño dispersas sobre la superficie y perfil del suelo.
5 a 20%	Moderadamente pedregosa	Con pocas rocas distribuidas sobre la superficie y perfil del suelo.
21 a 50%	Pedregosa	Rocas distribuidas sobre la superficie y perfil del suelo cubriendo de 21 a 50%.
51 a 90%	Muy pedregosa	Rocas de todo tamaño cubriendo entre un 50 a 90% la superficie y perfil del suelo.
>91%	Extremadamente pedregosa	Rocas de todo tamaño repartidas por todas partes cubriendo entre el 90 y 100% de la superficie y perfil.

Fuente: MAE, ENF. (2012).

Una vez definidas las categorías de pedregosidad se hace una relación con la clase de uso de tierra que se indica en el cuadro siguiente:

TABLA 3.3. Clase de uso de la tierra de acuerdo a la pedregosidad.

Clase de uso de suelo	Pedregosidad
I	Menor a 10 %
II	Menor a 25 %
III	Menor a 25 %
IV	Menor a 25 %
V	Menor a 50 %
VI	Menor a 25 %
VII	Menor a 50 %
VIII	Cualquiera

Fuente: MAGAP-EE 2008.

En base a la Tabla 3.3 se determinó la clase de usos de suelo de acuerdo a la pedregosidad presente en el mismo, de acuerdo al cuadro 4, presentado anteriormente donde se detalla la clase I pedregosidad menor a 10 %, a la clase II, III, IV y VI pertenecen a la categoría de pedregosidad menor a 25 %, la clase V y VII, corresponde las pedregosidad menor a 50 % y la clase VIII que se la califica como cualquiera, ya que a estas pertenecen cualquier categoría de pedregosidad superior a los porcentajes anteriores. (MAGAP 2008).

3.5. MANEJO Y ENVÍO DE MUESTRAS AL LABORATORIO:

Una vez finalizado el proceso de recolección de muestras se procedió a llevarlas al laboratorio, cada una con tu respectivo código y posteriormente realizamos el análisis para determinar la densidad aparente, humedad y contenido de materia orgánica para mediante cálculos determinar la cantidad de carbono almacenado en el suelo a las diferentes profundidades.

3.5.1. Ingreso de datos de campo y tabulación:

Se dispuso la información recopilada en la libreta tanto en el laboratorio como en el campo, datos que incluyen los tomados en GPS y fotografías. Se organizó y se realizó las correcciones pertinentes para contar con datos depurados y listos para realizar la tabulación y procesamiento de la información y generación del presente informe.

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL REALIZADO

Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (*DBCA*), trifactorial y el análisis de varianza ANOVA el material experimental es dividido en las 6 parcelas cuadradas con 5 puntos de muestreo en cada una, a tres profundidades de muestreo (10, 20, 30 *cm*) y con 3 repeticiones cada una de ellas. Además se utilizó la prueba de Tukey al 5% y se determinó el coeficiente de variación el cual se expresó en porcentaje. Realizando también el análisis de correlación y regresión entre el contenido de Carbono Orgánico *COS (t/ha)* con otras variables cuantitativas como el porcentaje de Humedad y el porcentaje de Materia Orgánica en el Suelo (*MOS*), y se determinó el valor de (*R*) para saber el tipo de correlación existente entre las variables.

3.6.1. Tratamientos:

a. FACTOR P: Parcelas establecidas

P1: Parcela 1 del Conglomerado 1 (C1P1)

P2: Parcela 2 del Conglomerado 1 (C1P2)

P3: Parcela 3 del Conglomerado 1 (C1P3)

P4: Parcela 1 del Conglomerado 2 (C2P1)

P5: Parcela 2 del Conglomerado 2 (C2P2)

P6: Parcela 3 del Conglomerado 2 (C2P3)

b. FACTOR p: Puntos de muestreo

p1: Punto 1 de muestreo

p2: Punto 2 de muestreo

p3: Punto 3 de muestreo

p4: Punto 4 de muestreo

p5: Punto 5 de muestreo

c. FACTOR Pr: Profundidad de muestreo

Pr 1: Muestreo a 10cm de profundidad

Pr 2: Muestreo a 20cm de profundidad

Pr 3: Muestreo a 30cm de profundidad

3.6.2. Unidad de observación:

En los dos conglomerados el total de muestras obtenidas es de 90 y se realizó la fase de análisis de laboratorio con tres repeticiones por cada una de las muestras dando un total de 270 datos individuales (C *t/ha*) para su posterior análisis estadístico e interpretación de resultados.

3.7. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y DATOS A REGISTRAR:

3.7.1. % Humedad:

La humedad del suelo es la relación representada en porcentaje, donde se requiere los pesos de los cilindros bien secos y con su debida codificación para lo cual se utilizó las letras del abecedario, posterior se rellenó cada cilindro con cada una de las muestras de suelo ya codificadas. Esta muestra debe estar compacta y al ras del cilindro, para así nuevamente pesar el cilindro y poder colocarlo en la estufa a 105°C durante un periodo de 24 horas donde se consiguió eliminar el contenido de agua de las muestras analizadas obteniendo el peso seco del suelo.

Fórmula para determinar el % de Humedad:

$$PH (g) = (\text{Peso del cilindro } (g) + \text{Peso suelo húmedo } (g)) - \text{Peso del cilindro } (g)$$

$$PS (g) = (\text{Peso del cilindro } (g) + \text{Peso suelo seco } (g)) - \text{Peso del cilindro } (g)$$

$$\% H = ((PH - PS) / PH) * 100\%$$

Donde:

PH: Peso Húmedo

PS: Peso Seco

% H: Porcentaje de Humedad

3.7.2. Densidad Aparente:

Para conocer la densidad aparente del suelo se utilizó el método del “cilindro de volumen conocido”. Utilizamos un cilindro de volumen conocido (72,80 *cm*³) el cual fue pesado y a su vez se

colocó la muestra de suelo en húmedo, posteriormente la secamos en la estufa a 105° C por 24 horas hasta obtener un peso seco.

Fórmula para determinar la Densidad Aparente:

$$DA (g/cm^3) = (\text{Peso suelo seco } (g) / \text{Volumen del cilindro } (cm^3))$$

3.7.3. Materia Orgánica en el Suelo (MOS):

Se determinó el contenido de materia orgánica (MO) en condiciones de laboratorio y se lo expresó en porcentaje. Se realizó por el método de ignición con una muffle marca Fumace. Se inició pesando y anotando el peso del crisol de porcelana que este bien seco, donde se pesó 5,00 g +/- 0.05 de suelo para poner a secar en la estufa por 24 horas a 105°C, obteniendo un nuevo peso, en seco. De esta manera se procede a colocar el crisol en la muffle a una temperatura de 450 °C durante 15 minutos y se expresó la pérdida de peso como porcentaje de materia orgánica por ignición en base al peso del suelo seco al horno.

Fórmula para determinar el % de Materia Orgánica en el Suelo (MOS):

$$\%MOS = ((5,00 (g) - \text{Peso en Seco } (g)) / (\text{Peso después de Muffle})) * 100\%$$

3.7.4. % Carbono Orgánico en el Suelo:

Para determinar el porcentaje de carbono orgánico en el suelo, se requiere el porcentaje de materia orgánica obtenido. Según Alvarez y Steinbach, (2006) en el horizonte superficial del suelo la materia orgánica humificada tiene en promedio 58% de C. Por lo que según Nelson y Sommers, (1996) es necesario aplicar el coeficiente 1,72 para transformar la cantidad de uno a otro. Siendo así $COS = MO/1,72$ o $1/1,72=0,58$.

Fórmula para determinar el % de Carbono Orgánico

$$\%C = (\%MOS * 0,58)$$

3.7.5. Carbono Orgánico en el Suelo (COS (t/ha)):

Una vez determinados todos los parámetros establecidos, el contenido de carbono se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Carbono en suelo } (t/ha) = (\% C / 100) * DA * (E * A)$$

Dónde:

%C = Porcentaje de carbono;

DA = Densidad aparente (g/cm^3);

E = Espesor de la capa de muestreo (cm);

A = Área considerada (1 ha).

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

4.1. RESULTADOS:

1. Acceso a los conglomerados

CUADRO 4.1. Identificación del lugar de salida.

Conglomerado	Provincia	Cantón	Parroquia
C1	18	01	09
C2	18	01	09

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

En el Cuadro 4.1 se detalla la información del lugar de partida con la respectiva codificación definida por el *INEC* para todas las provincias, cantones y parroquias del Ecuador; el código 18 para la provincia de Tungurahua, 01 corresponde al cantón Ambato y 09 a la parroquia San Francisco; identificando la ubicación de partida hacia la zona de estudio donde se llevó a cabo la fase de campo.

2. Información del medio de transporte

CUADRO 4.2. Información del medio de transporte, tiempo y distancia hacia los conglomerados.

Conglomerado	Medio de Transporte	Tiempo (min)	Distancia (km)
C1	Terrestre – Kia Sportage	25	6.1
C2	Terrestre – Kia Sportage	25	6.1

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

En el Cuadro 4.2 se detalla el medio de transporte utilizado para llegar a la zona de estudio fue un Kia Sportage, la distancia recorrida es de 6.1 *km* y el tiempo de viaje hasta la zona de estudio para establecer los conglomerados es de aproximadamente 25 minutos de tardanza.

3. Descripción del punto inicio de la caminata al punto de monitoreo

CUADRO 4.3. Ubicación del punto donde termina el viaje de vehículo y empieza la caminata hacia los conglomerados.

ZONA	UTM X	UTM Y	Altitud (m)
17 S	761733	9860234	2947

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015



FIGURA 4.1. Coordenadas del punto de inicio de la caminata hacia los conglomerados.

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

En el Cuadro 4.3 se detalla las coordenadas *UTM* (Universal TransverseMercator) donde se terminó el viaje en el vehículo y empezó la caminata hacia donde se establecieron los conglomerados y el trazado de las pacerlas, fotografías codificadas con la información de campo georeferenciada para términos de verificación.

4. Información de acceso a los conglomerados

CUADRO 4.4. Información del día y la hora de llegada hasta los puntos de inicio en cada conglomerado.

Conglomerado	Fecha	Hora de inicio	Hora de llegada
C1	19-Sep-2015	8:30 AM	9:00AM
C2	8-Oct-2015	8:10 AM	8:35 AM

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

En el Cuadro 4.4 se detalla la información del inicio de la fase de campo de esta investigación con la fecha y hora de salida y llegada al conglomerado C1, el día 19 de Septiembre del 2015, partiendo

desde la parroquia San Francisco a las 8:30 am, registrándose la llegada a las 9:00 am. Para el conglomerado C2 se realizó la salida de campo el 8 de Octubre del 2015 partiendo desde la parroquia San Francisco a las 8:10 am y con hora de llegada a las 8:35 am.

5. Ubicación de los Conglomerados

En el Cuadro 4.5 se detalla la ubicación del conglomerado, los códigos correspondientes a la Zona MAE, Provincia, Cantón, Parroquia, Comunidad, Zona UTM y clase de uso de tierra (ENF, 2012).

CUADRO 4.5. Identificación de los conglomerados.

Conglomerado	CUT	Descripción	Zona	Provincia	Cantón	Parroquia	UTM
C1	03	Bosque Siempre Verde Andino Montano	03	18	01	65	17S
C2	03	Bosque Siempre Verde Andino Montano	03	18	01	65	17S

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La codificación fue tomada del Manual de Campo publicado por el proyecto Evaluación Nacional Forestal ENF y el programa Nacional ONU-REDD+ del Ministerio del Ambiente del Ecuador, que clasifica al Área con el código 03 que corresponde a Bosque Siempre Verde Andino Montano, identificando así al Conglomerado C1 y al conglomerado C2; la Zona MAE 03 para los dos conglomerados y la codificación definida por el INEC se usa el código 18 de la provincia de Tungurahua, código 01 para el cantón Ambato, código 65 que corresponde a la parroquia Santa Rosa y finalmente se detalla la zona UTM 17 del hemisferio Sur Ecuador.

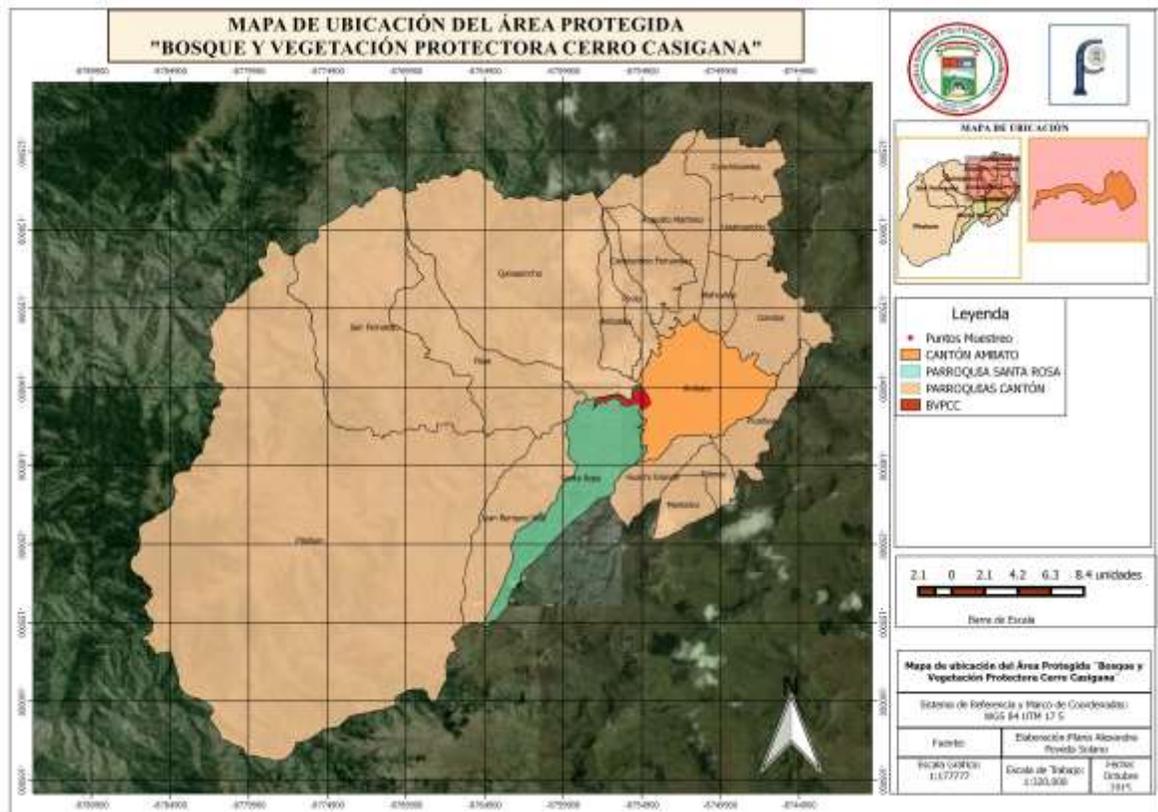


FIGURA 4.2. Ubicación del cantón Ambato, parroquia de Santa Rosa, Zona de Estudio BVPCC. Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

En la Figura 4.2, se puede observar la ubicación general de la Parroquia Santa Rosa, la localización del Área Protegida “Bosque y Vegetación Protectora Cerro Casigana”, ubicada en la zona geográfica 17 sur del Ecuador continental a una escala 1:12500. El shape del límite parroquial y límite del BVPCC fue facilitado por el Departamento de Avalúos y Catastros GAD Municipalidad de Ambato; la imagen satelital fue exportada de Google Earth 2005.

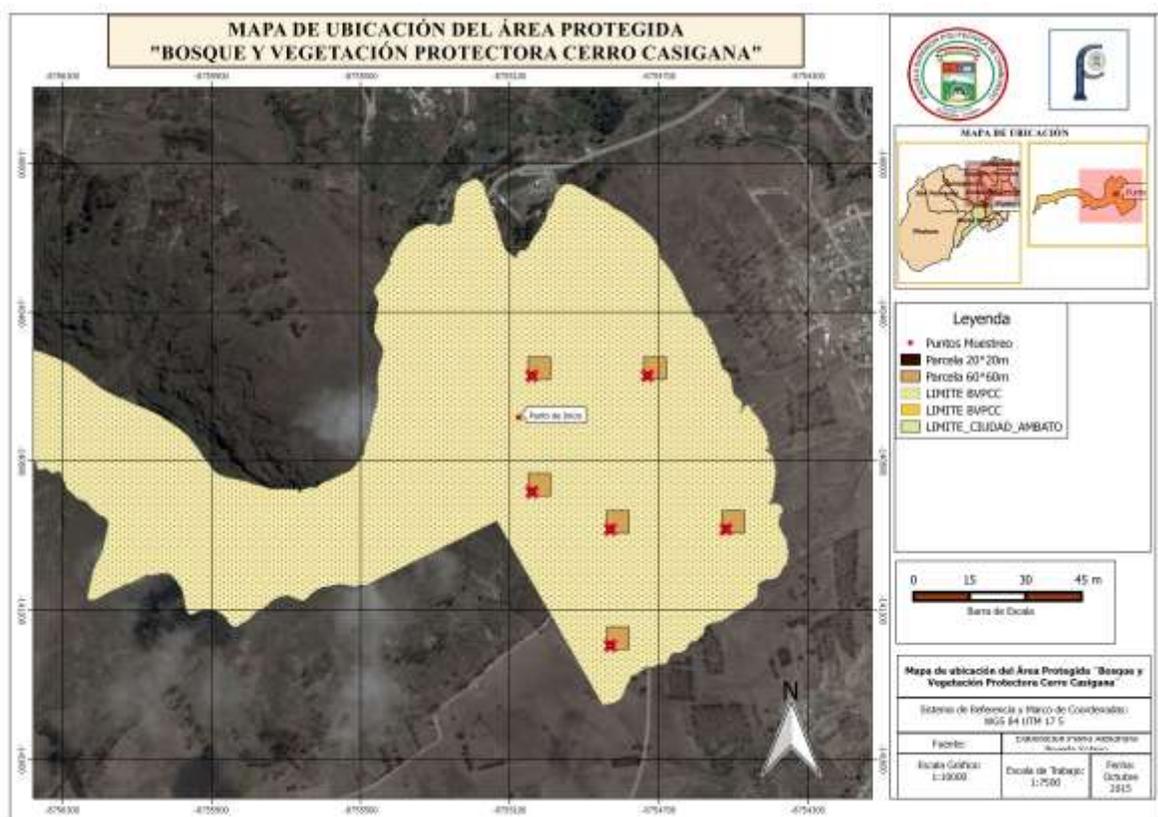


FIGURA 4.3. Delimitación de los conglomerados y ubicación de las parcelas de muestreo dentro de la Zona de Estudio BVPCC.

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

En la Figura 4.3, se puede tener una vista de la ubicación de los conglomerados establecidos y cada una de sus 3 parcelas, la distancia de recorrido hasta el área de estudio es de veinticinco minutos aproximadamente recorriendo una distancia de 6,1 km desde la ciudad de Ambato tomando la Vía Ecológica Santa Rosa, también se puede observar el punto inicio de la caminata hacia los conglomerados, el cual está ubicado a 2970 msnm. El shape del límite del BVPCC fue facilitado por el Departamento de Gestión Ambiental GAD Municipalidad de Ambato, y la imagen satelital fue exportada de Google Earth 2005.

6. Información de la vegetación existente en los conglomerados

CUADRO 4.6. Datos generales sobre la vegetación.

Familia	Especie	Nombre común	Hábito	Uso
Leguminosae	<i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia Negra	Árbol	Forestal - Ornamental
Leguminosae	<i>Acacia dealbata</i>	Acacia	Árbol	Forestal - Ornamental
Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	Ashpa chocho	Subarbusto	Alimenticia -

				Ornamental
Bromeliaceae	<i>Tillandsia sp.</i>	Bromelia	Suculenta Terrestre	Ornamental
Asteraceae	<i>Bacharis latifolia</i>	Chilca	Arbusto	Medicinal
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Árbol	Combustible
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	Molle	Árbol	Combustible
Euphorbiaceae	<i>Croton elegans</i>	Mosquera	Arbusto	Medicinal
Rosaceae	<i>Margyricarpus pinnatus</i>	Niguas	Arbusto	Medicinal
Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Ñachag	Hierba	Medicinal
Poaceae	<i>Holcus lanatus L.</i>	Olco	Hierba	
Orchidaceae	<i>Epidendrum alba</i>	Orquidea	Terrestre	Ornamental
Agavaceae	<i>Agave americana L</i>	Penco	Suculentas	Reforestación
Pinnaceae	<i>Pinnus radiata</i>	Pino	Árbol	Maderable
Poaceae	<i>Cortaderia nítida</i>	Sigze	Hierba	Artesanías

Fuente: (Ríos et al., 2008), (Menéndez, J. 2004), (Aimacaña, V. 2010)

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

En el Cuadro 4.6 se detallan las especies enunciadas en el cuadro anterior se encuentran distribuidas en el conglomerado C1 y en el conglomerado C2, describiendo también que las especies como *Pinnus radiata*, *Schinus molle*, *Acacia melanoxylon*, *Acacia dealbata*, se encuentran presentes en el área de estudio ya que han formado parte de la selección de especies que fueron plantadas en el año 2004 como parte del Proyecto del Parque Forestal Ambato en el Cerro Casigana. Concluyendo que las demás especies encontradas sobre el área de estudio son especies silvestres nativas del sitio de acuerdo a las condiciones físicas y climáticas del lugar.

7. Datos de la parcela

Se detallan las parcelas de cada conglomerado con sus puntos georeferenciados precisos y el Anexo fotográfico para términos de verificación.

CUADRO 4.7. Identificación de las parcelas.

Conglomerado	Parcela	CUT	Fecha	UTM X	UTM Y	Altitud	Área (m ²)
C1	P1	03	19-09-15	761734	9859998	2970	3600
	P2	03	19-09-15	761734	9860308	2937	3600
	P3	03	19-09-15	762044	9860308	2836	3600

C2	P1	03	8-10-15	761944	9859588	2921	3600
	P2	03	8-10-15	761944	9859898	2913	3600
	P3	03	8-10-15	762254	9859898	2816	3600

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

En el Cuadro 4.7 se describe cada una de las parcelas dentro de cada conglomerado C1 y C2 detallando los códigos de acuerdo a la clase de uso de tierra (*CUT*), el código 03 corresponde a Bosque Siempre Verde Andino Montano de acuerdo al manual de *ENF*, y con la fecha que se realizó cada salida de campo para las observaciones, toma de datos y muestreo de cada una de las parcelas en cada conglomerado, además las coordenadas expresadas en el sistema de coordenadas *UTM* (Universal Transversal de Mercator) incluida la altitud y finalmente el área de cada una de las parcelas en metros cuadrados (m^2).

8. Tenencia de la tierra

La información relacionada con la tenencia de la tierra es muy importante para la determinación del uso de suelo y los consecuentes planes de acción futuros en relación a al estado diversidad.

CUADRO 4.8. Identificación de los propietarios de las parcelas.

Conglomerado	Parcela	Área que ocupa el propietario (%)	Tenencia de la Tierra	Tipo de Tenencia
C1	P1	90%	Privado independiente (4)	Con título de propiedad (1)
	P2	90%	Privado independiente (4)	Con título de propiedad (1)
	P3	90%	Privado independiente (4)	Con título de propiedad (1)
C2	P1	60% 40%	Municipal (2) Privado independiente (4)	Con título de propiedad (1)
	P2	100%	Municipal (2)	Con título de propiedad (1)
	P3	100%	Municipal (2)	Con título de propiedad (1)

Fuente: GAD Municipal de Ambato

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

En el Cuadro 4.8 se detalla que el *BVPCC* a pesar de su declaratoria como Área Protegida se señala que parte de la tenencia de la tierra es privada independiente y municipal legalmente con código 4 y 3 respectivamente, con título de propiedad código 1. (ENF, 2010).

9. Función asignada a los conglomerados y estructura vertical

CUADRO 4.9. Descripción de la función y estructura vertical de las parcelas.

Conglomerado	Parcela	Función	Estructura Vertical
C1	P1	Conservación	Sotobosque
	P2	Conservación	Sotobosque
	P3	Conservación	Sotobosque
C2	P1	Conservación	Dos doseles: Dominante y sotobosque
	P2	Conservación	Sotobosque
	P3	Conservación	Dos doseles: Dominante y sotobosque

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

En el Cuadro 4.9 se muestra la información sobre los niveles de dominancia existentes en el área objeto de estudio esta, presenta características relativamente heterogéneas, por lo que se observaron dos doseles dominante y sotobosque. Se puede hablar de una estructura dominante relacionada con la especie *Eucalyptus globulus*, que según (ENF, 2012) esta estructura se presenta con árboles con copas que se extienden sobre el nivel general del dosel y reciben luz total por arriba y parte por los costados, son más grandes que los arboles de tamaño promedio y tienen copas bien desarrolladas y densas. En cuanto a sotobosque se caracteriza por estar situado por debajo del dosel vegetal principal de las especies arbóreas, principalmente integrado por arboles jóvenes, arbustos y hiervas. Lo cual se hace relación por la reforestación desarrollada tiempo atrás.

10. Perturbaciones naturales de los conglomerados

CUADRO 4.10. Perturbaciones naturales detectadas

Conglomerado	Parcela	Tipo	Magnitud	Anexo
C1	P1	Sequia	Moderadamente perturbado	ANEXO 8
	P2	Barranco	Moderadamente perturbado	
	P3	Sequia	Moderadamente perturbado	
C2	P1	Sequia	Moderadamente perturbado	ANEXO 9
	P2	Sequia	Moderadamente perturbado	
	P3	Daños por el viento	Moderadamente perturbado	

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

En el Cuadro 4.10 se detallan las perturbaciones que afectan al ecosistema de manera natural encontradas en las diferentes parcelas, en cada conglomerado y en cada uno de los estratos, en el caso del conglomerado C1, donde se destacan daños moderados producidos probablemente por el

viento y de forma natural se encuentra un barranco, de la misma manera en el conglomerado C2 por tratarse de la misma zona, se encuentran afectaciones similares daños por el viento y sequía en el área.

11. Perturbaciones humanas

CUADRO 4.11. Perturbaciones debido a actividades antrópicas.

Conglomerado	Parcela	Tipo	Magnitud	Magnitud del aprovechamiento	Anexo
C1	P1	Contaminación del ambiente	Moderadamente perturbado	Aprovechamiento de postes Comercial	ANEXO 10
	P2	Reforestación - Riego por goteo - Contaminación del ambiente - Chaquiñanes	Moderadamente perturbado	No determinado	
	P3	Cercas y alambrado	Ligeramente Perturbado	No determinado	
C2	P1	Chaquiñanes - Contaminación del ambiente - Cultivos	Moderadamente perturbado	Moderadamente aprovechado	ANEXO 11
	P2	Incendio	Incendio superficial > 1 año	No determinado	
	P3	Reforestación - Riego por goteo	Moderadamente perturbado	No determinado	

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

En el Cuadro 4.11 se detalla el tipo de perturbaciones provocadas por los seres humanos, en el caso del conglomerado C1 debido a las actividades antrópicas realizadas por parte de los comuneros dentro las parcelas establecidas, se pudo observar que el estado del bosque presenta un grado variado debido a la contaminación ambiental presente, por otro lado se puede observar la discontinuidad del área a causa de la reforestación que se ha dado y los consecuentes daños por el pisoteo, por lo que se ha clasificado a la zona como “ligeramente perturbada” y “moderadamente perturbada”, indicando también que en la parcela P2 se ha instaurado caminos que a su vez sirven de vías que benefician el acceso a una cantera clandestina ubicada en el área del *BVPCC* afectando así a la conservación del área, a su vez en el conglomerado C2 implementado en la misma área del bosque existe mayor incidencia antropogénica como consecuencia de los deportes practicados en el

área como es el más conocido el downhill que se lo practica frecuentemente debido a la topografía del sitio, además del motocross, ejercicios físicos y a su vez el pisoteo visible debido al traslado de las personas, provocando la formación de surcos o caminos que favorecen la escorrentía del agua, por lo que se la ha clasificado como bosque con perturbación humana “moderada”, además que es evidente secuelas de un incendio superficial provocado hace un tiempo mayor a un año; debido a la heterogeneidad del área de estudio se ha implementado dichos conglomerados, lo que nos permitirá determinar si el contenido de carbono orgánico varía debido al cambio de uso de suelo múltiple en el área.

12. Origen de la plantación

CUADRO 4.12. Origen y sucesión y manejo de la plantación.

Conglomerado	Parcela	Origen	Sucesión	Existencia y aplicación del plan de manejo ambiental
C1	P1	Mixto	Bosque secundario joven	No existe
	P2	Mixto	Bosque secundario joven	No existe
	P3	Mixto	Bosque secundario joven	No existe
C2	P1	Mixto	Bosque secundario joven	No existe
	P2	Mixto	Bosque secundario joven	No existe
	P3	Mixto	Bosque secundario joven	No existe

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

El Cuadro 4.12 muestra el tipo de origen, la sucesión y la existencia de un plan de manejo del área protegida *BVPCC*, se distingue a esta zona como bosque secundario joven, basándose en las características que presenta MAE, ENF (2012), identificándose por estar compuesto de especies leñosas jóvenes de carácter sucesional que se desarrollan sobre tierras abandonadas observándose indicios de la clase de uso de tierra anterior y presenta un sotobosque denso. Se puede enunciar que en esta área debido al manejo que se le ha dado es evidente su sensibilidad e importancia también en cuanto a la hidrología como los estudios realizados por CORNISH 1989, que muestran que existe beneficios relacionados con las plantaciones forestales que presentan una evapotranspiración mayor y una escorrentía reducida en comparación con vegetación baja compuestas por pasturas naturales.

Es necesario mencionar que hasta la actualidad no se encuentra establecido un plan de manejo ambiental enfocado a la recuperación del bosque, es así que el área fue intervenida con la plantación de especies silvestres y exóticas.

13. Características de medio natural

CUADRO 4.13. Pendiente y topografía de la cada una de las parcelas

Conglomerado	Parcela	Accesibilidad	Fisiografía	Pendiente (%)
C1	P1	Medianamente Fácil	Cima de colina	9
	P2	Medianamente Fácil	Ladera alta	28
	P3	Medianamente Fácil	Ladera media	36
C2	P1	Medianamente difícil	Ladera alta	27
	P2	Medianamente difícil	Ladera media	36
	P3	Medianamente difícil	Ladera media	36

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

En el Cuadro 4.13 se detallan las características físicas o topográficas y de accesibilidad al área de estudio, en el conglomerado C1 se pudo determinar que la accesibilidad es un poco más asequible a pesar de la pendiente, y la distancia con respecto al punto de inicio favorece a las mediciones, a pesar de la presencia de los árboles como fruto de la reforestación se puede concluir que el tránsito en este conglomerado (C1) es un poco más fácil que en C2 que se encuentra pendiente abajo, por lo que en este estudio se ha clasificado al conglomerado C1 como de fácil acceso y el conglomerado C2 como de acceso medianamente difícil, se puede deducir que las parcelas instauradas presentan diferentes pendientes desde cima de colina con 9%, ladera alta con 27% y en ladera media con un 36 % de pendiente.

14. Características físicas del suelo del área de estudio C1 y C2

CUADRO 4.14. Características físicas de suelo.

Conglomerado	Parcela	Profundidad H1	Color	Textura	Estructura	Pedregosidad
C1	P1	10 cm	10 YR ^{5/2} Pardo grisáceo	Franco Arenoso	Suelta	21-50% Pedregosa
	P2	10 cm	10 YR ^{4/2} Pardo grisáceo	Franco Arenoso	Suelta	5-20% Moderadamente Pedregosa

			oscuro			
	P3	10 cm	10 YR ⁵ / ₃ Pardo café	Franco Arenoso	Suelta	5-20% Moderadamente Pedregosa
C2	P1	10 cm	10 YR ⁵ / ₂ Pardo grisáceo	Franco Arenoso	Suelta	5-20% Moderadamente Pedregosa
	P2	10 cm	10 YR ⁵ / ₃ Pardo café	Franco Arenoso	Suelta	5-20% Moderadamente Pedregosa
	P3	10 cm	10 YR ⁶ / ₂ Pardo grisáceo claro	Franco Arenoso	Suelta	5-20% Moderadamente Pedregosa

Fuente: MUNSELL 2009; MAE-ENF 2010

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

Según FAO. (2006) los suelos arenosos por lo general presentan una estructura suelta y se caracterizan por tener una elevada permeabilidad al agua y tienen pocas reservas de nutrientes aprovechables por las plantas. La textura en el suelo de los dos conglomerados es franco arenosa. La textura se define como el porcentaje en peso del suelo mineral que queda comprendido en varias fracciones de tamaño de partículas (DE LA ROSA, 2008); para la descripción del color del suelo se utilizó el sistema de especificación Munsell (MUNSELL, 2009) que según (TACURI, V. 2002) la coloración de los suelos sirve como guía al momento de valorar ciertas condiciones que guardan relación sobre la manera como se utilizan y manejan los suelos. Se indica que el contenido de materia orgánica puede ser deducido de acuerdo a la tonalidad más o menos oscura del horizonte respectivo. Cuando existe una coloración predominante entre los colores (café claro, café y pardo claro) significa que son suelos con bajo contenido de materia orgánica, se les nombra como suelos pobres; perteneciendo a este grupo los suelos arenosos con bajas cantidades productivas y de retención de humedad, debido a la coloración café y parda tienen baja capacidad retentiva de calor lo cual provoca una lenta descomposición de materia orgánica incorporada, lo cual repercute en la productividad del suelo.

La pedregosidad del suelo se valoró en base a los porcentajes de piedras mayores a 4,5 mm encontradas en el suelo teniendo como resultado la existencia de pocas rocas distribuidas sobre la superficie y perfil del suelo lo cual nos indica una pedregosidad moderada con un porcentaje de 5 a 20 % en todas las parcelas a excepción de la parcela 1 donde se encontró fragmentos rocosos como cangahua que en el Ecuador está relacionado con suelos volcánicos de tierra estéril, sin embargo

basándonos en la pedregosidad de los puntos de muestreo de acuerdo con MAGAP (2008) se atribuye la clase de uso de suelo VI que según DELNO (1977) menciona que el uso más adecuado es el Forestal teniendo factores limitantes principales como pendientes inclinadas o pronunciadas; susceptibilidad severa a la erosión; erosión severa; baja capacidad de retención de agua; drenaje pobre, y salinidad o alcalinidad severa, indicando que se requiere prácticas de conservación exclusivas.

B. Determinar el contenido de carbono orgánico en el suelo a tres profundidades de muestreo utilizando el método de análisis de LOST IGNICION.

Análisis de varianza para Porcentaje de Humedad en el suelo de *BVPCC*

CUADRO 4.15. El análisis de varianza para % de Humedad.

Fuente de Varianza	Suma de Cuadrados SC	Grados de libertad gl	Cuadrado medio CM	Distribución F	Probabilidad p-valor	Significancia
Repetición	0,05	2	0,02	0,14	0,8681	ns
Parcela	87,47	5	17,49	99,12	<0,0001	**
Punto	25,16	4	6,29	35,64	<0,0001	**
Parcela*Punto	226,10	20	11,30	64,05	<0,0001	**
Profundidad	159,32	2	79,66	451,37	<0,0001	**
Parcela*Profundidad	13,11	10	1,31	7,43	<0,0001	**
Punto*Profundidad	8,94	8	1,12	6,33	<0,0001	**
Parcela*Punto*Profundidad	84,11	40	2,10	11,91	<0,0001	**
Error	31,41	178	0,18			
Total	635,68	269				
CV= 9,47						

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

Probabilidad > 0,05: ns: No significativo

Probabilidad < 0,05 > 0,01: *: Significativo

Probabilidad < 0,01: **: Altamente significativo

El análisis de varianza para el porcentaje de humedad (Cuadro 4.15), presentó diferencias altamente significativas en factores de Parcela, Profundidad, con un coeficiente de variación de 9,47 %.

CUADRO 4.16. Test de Tukey alfa al 5% para el porcentaje de Humedad en el suelo según las repeticiones.

Repetición	Medias	Rango
3	4,47	A
1	4,44	A
2	4,42	A

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de humedad (Cuadro 4.16.), en cuanto a repeticiones presento un solo rango “A” lo cual indica que no existe variaciones significativas entre las 3 repeticiones realizadas en laboratorio.

CUADRO 4.17. Test de Tukey alfa al 5% para el porcentaje de Humedad en el suelo según las parcelas.

Parcela	Medias	Rango
6	5,17	A
3	4,70	B
4	4,56	B
1	4,50	B
2	4,47	B
5	3,27	C

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

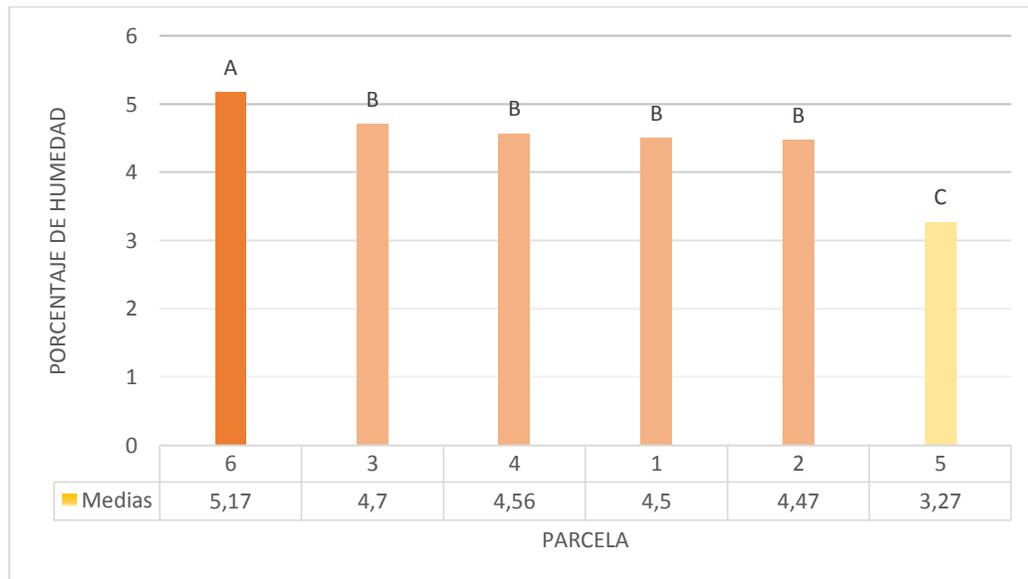


FIGURA 4.4. Porcentaje de Humedad en el suelo según las parcelas.

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de humedad (Cuadro 4.17), en cuanto a Parcelas presentaron 3 rangos, se determinó que la parcela 6 (C2P3) alcanzo el valor más alto y se ubicó en el rango “A” con una media de 5,17; lo cual presenta estrecha relación ya que en la descripción de esta parcela nos indica que esta área se encuentra reforestada con especies como *Acacia Melanoxylon*, con el nombre común Acacia Negra. En el último rango “C” se ubica la parcela 5 (C2P2) con una media de 3,27; debido a que en esta parcela se dio la presencia de un incendio superficial con una magnitud establecida mayor a 1 año; debido a la regeneración natural que ya presenta el área. Las otras parcelas se ubican en posiciones intermedias entre estos dos rangos guardando relación con la homogeneidad del bosque.

CUADRO 4.18. Test de Tukey alfa al 5% para el porcentaje de Humedad en el suelo según la Profundidad.

Profundidad	Medias	Rango
3	5,39	A
2	4,45	B
1	3,50	C

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

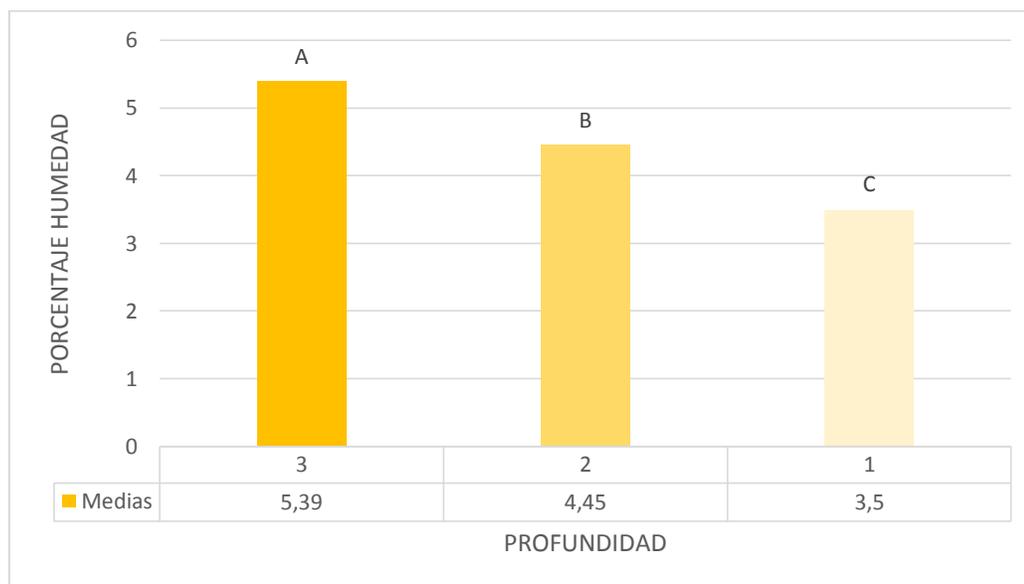


FIGURA 4.5. Porcentaje de Humedad en el suelo según la profundidad.

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de humedad (Cuadro 4.18), en cuanto a profundidad se presentó 3 rangos, teniendo mayor % de humedad Rango A a los 30 cm de profundidad con un porcentaje de 5,39, en el Rango B se ubica un valor de 4,45% a los 20 cm de profundidad y

finalmente en la capa superior a los 10 cm de profundidad tenemos en Rango C donde se ubica un valor de 3,5% en lo referente al % de humedad.

Análisis de varianza para Densidad Aparente en el suelo de *BVPCC*

CUADRO 4.19. El análisis de varianza para la variable Densidad Aparente.

Fuente de Varianza	Suma de Cuadrados SC	Grados de libertad gl	Cuadrado medio CM	Distribución F	Probabilidad p-valor	Significancia
Repetición	0,09	2	0,04	7,29	0.0009	**
Parcela	0,30	5	0,06	10,26	<0,0001	**
Punto	0,05	4	0,01	2,08	0,0849	ns
Parcela*Punto	0,79	20	0,04	6,67	<0,0001	**
Profundidad	0,08	2	0,04	7,12	0,0011	**
Parcela*Profundidad	0,12	10	0,01	1,97	0,0389	*
Punto*Profundidad	0,04	8	4,9E-03	0,82	0,5846	ns
Parcela*Punto*Profundidad	0,77	40	0,02	3,26	<0,0001	**
Error	1,05	178	0,01			
Total	3,29	269				
CV= 4,49						

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

Probabilidad > 0,05: ns: No significativo

Probabilidad < 0,05 > 0,01: *: Significativo

Probabilidad < 0,01: **: Altamente significativo

El análisis de varianza para la variable Densidad Aparente (Cuadro 4.19) presenta diferencias altamente significativas en factores de Repetición, Parcela, Profundidad, con un coeficiente de variación de 4,49 %.

CUADRO 4.20. Test de Tukey alfa al 5% para la Densidad Aparente según las Repeticiones.

Repetición	Medias	Rango
2	1,73	A
3	1,72	A
1	1,69	B

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

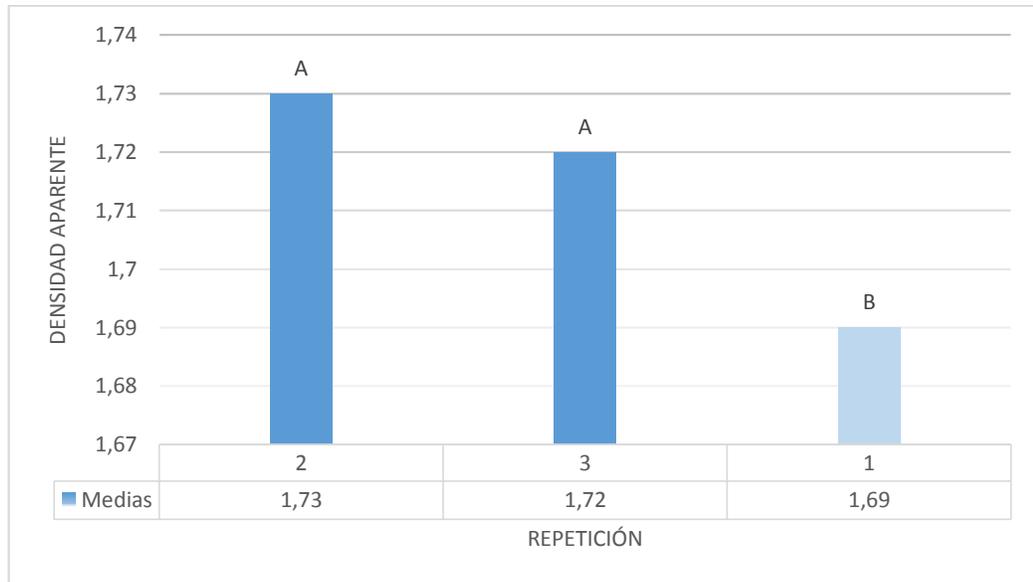


FIGURA 4.6. Densidad Aparente en el suelo según las repeticiones.

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La prueba de Tukey al 5% para la variable Densidad Aparente (Cuadro 4.20), en cuanto a repeticiones presentó dos Rangos “A” y “B” lo cual indica que existe variaciones significativas mínimas, entre las 3 repeticiones realizadas en laboratorio que pueden estar relacionadas con fallas en la medición en la balanza analítica o manipulación de los cilindros.

CUADRO 4.21. Test de Tukey alfa al 5% para la Densidad Aparente según las Parcelas.

Parcela	Medias	Rango
5	1,76	A
6	1,75	AB
2	1,71	BC
4	1,69	C
3	1,68	C
1	1,67	C

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

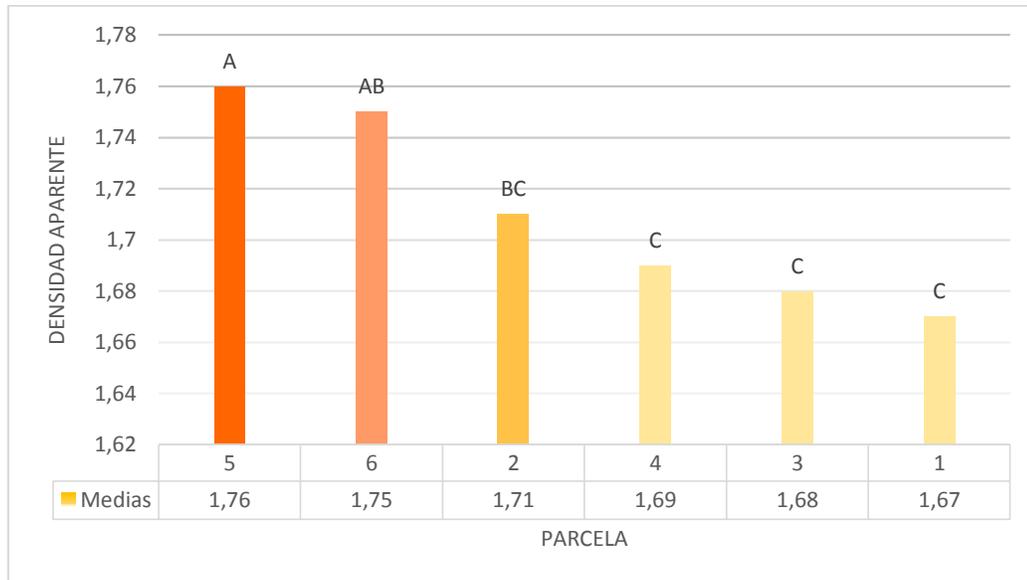


FIGURA 4.7. Densidad Aparente en el suelo según las parcelas.

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La prueba de Tukey al 5% para la variable Densidad Aparente (Cuadro 4.21), en cuanto a Parcela, presentó 4 rangos, se determinó que las muestras tomadas en la parcela 6 son suelos con mayor densidad aparente, presentando una media de $1,76 \text{ g/cm}^3$, indicando también que la parcela 4, 3 y 1 se ubican en un rango “C”, como se puede observar las variaciones en los valores no son muy distantes.

CUADRO 4.22. Test de Tukey alfa al 5% para la Densidad Aparente según la Profundidad.

Profundidad	Medias	Rango
1	1,73	A
3	1,71	AB
2	1,69	B

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

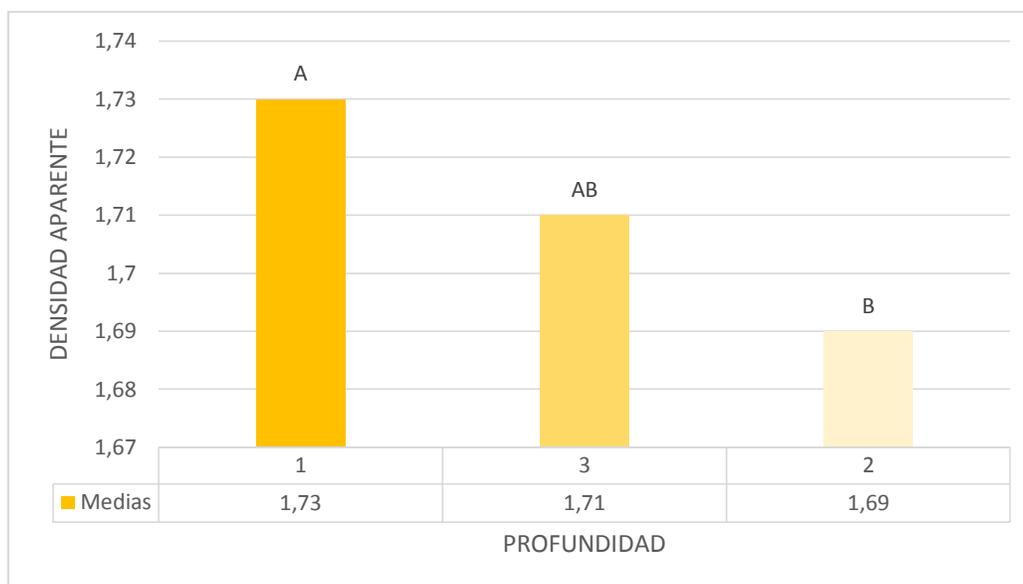


FIGURA 4.8. Densidad Aparente en el suelo según la profundidad.

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La prueba de Tukey al 5% para la variable Densidad Aparente (Cuadro 4.22), en cuanto a profundidad se presentó 3 rangos. En el Rango “A” a una profundidad de 10 *cm* con una media de 1,73 *g/cm*³, también se presentó variaciones entre las medias de la profundidad 30 y 20 *cm*, con valores de 1,71 y 1,69 *g/cm*³ respectivamente.

Análisis de varianza para Porcentaje de Materia Orgánica en el suelo de *BVPCC*

CUADRO 4.23. El análisis de varianza para la variable %Materia Orgánica.

Fuente de Varianza	Suma de Cuadrados SC	Grados de libertad gl	Cuadrado medio CM	Distribución F	Probabilidad p-valor	Significancia
Repetición	0,72	2	0,36	2,80	0,0636	ns
Parcela	1,19	5	0,24	1,86	0,1035	ns
Punto	0,85	4	0,21	1,66	0,1611	ns
Parcela*Punto	17,26	20%	0,86	6,73	<0,0001	**
Profundidad	18,44	2	9,22	71,90	<0,0001	**
Parcela*Profundidad	1,30	10	0,13	1,01	0,4341	ns
Punto*Profundidad	2,30	8	0,29	2,25	0,0262	*
Parcela*Punto*Profundidad	14,19	40	0,35	2,77	<0,0001	**
Error	22,82	178	0,13			
Total	79,08	269				
CV= 29,61						

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

Probabilidad > 0,05: ns: No significativo

Probabilidad < 0,05 > 0,01: *: Significativo

Probabilidad < 0,01: **: Altamente significativo

El análisis de varianza para la variable % Materia Orgánica (Cuadro 4.23), presentó diferencias altamente significativas en el factor Profundidad, presentándose también diferencias no significativas tanto para Parcelas como para Repeticiones, con un coeficiente de variación de 29,61 %.

CUADRO 4.24. Test de Tukey alfa al 5% para el porcentaje de Materia Orgánica en el suelo según las Repeticiones.

Repetición	Medias	Rango
3	1,29	A
1	1,17	A
2	1,17	A

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de Materia Orgánica (Cuadro 4.24), en cuanto a repeticiones presentó un solo rango “A” lo cual indica que no existe variaciones significativas entre las 3 repeticiones realizadas en laboratorio.

CUADRO 4.25. Test de Tukey alfa al 5% para el porcentaje de Materia Orgánica en el suelo según la Parcela.

Parcela	Medias	Rango
6	1,31	A
3	1,28	A
1	1,23	A
2	1,19	A
4	1,13	A
5	1,13	A

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de Materia Orgánica (Cuadro 4.25), en cuanto a Parcelas presentó un solo Rango “A”, lo cual indica que no existe variación, dando valores aproximados entre el contenido de materia orgánica de las muestras de suelo tomadas en las parcelas establecidas.

CUADRO 4.26. Test de Tukey alfa al 5% para el porcentaje de Materia Orgánica en el suelo según la Profundidad.

Profundidad	Medias	Rango
3	1,55	A
2	1,17	B
1	0,91	C

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

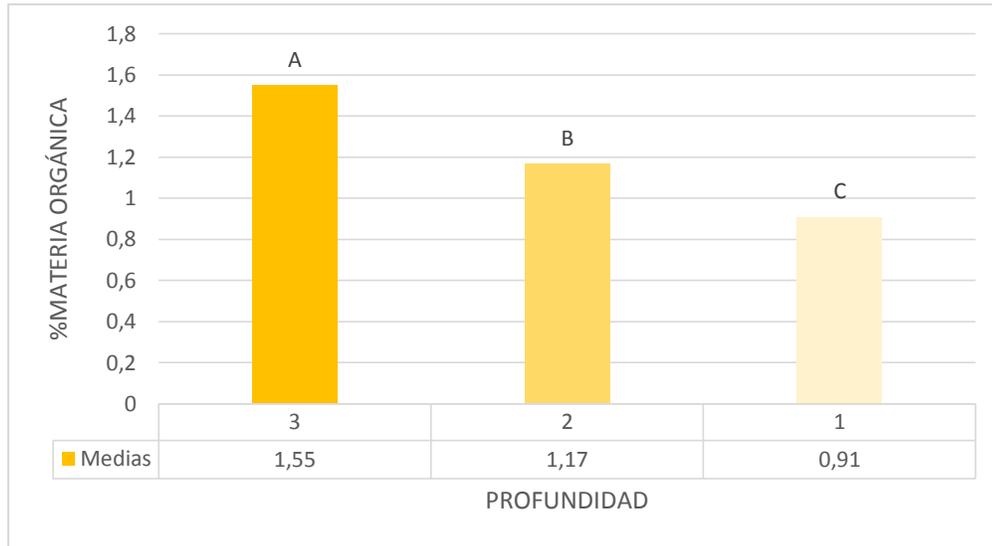


FIGURA 4.9. Porcentaje de Materia Orgánica en el suelo según la profundidad.
Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de Materia Orgánica (Cuadro 4.26), en cuanto a profundidad se presentó 3 rangos, a los 30 cm de profundidad con 1,55% de Materia Orgánica ubicándose así en el Rango “A”, se puede distinguir que la materia orgánica es menor en capas próximas a superficie de suelo presentándose a los 10 cm de profundidad con el valor más bajo de 0,91% de Materia Orgánica.

Análisis de varianza para Porcentaje de Carbono Orgánico en el suelo de *BVPCC*

CUADRO 4.27. El análisis de varianza para la variable %Carbono Orgánico.

Fuente de Varianza	Suma de Cuadrados SC	Grados de libertad gl	Cuadrado medio CM	Distribución F	Probabilidad p-valor	Significancia
Repetición	0,22	2	0,11	2,68	0,0716	ns
Parcela	0,38	5	0,08	1,80	0,1154	ns
Punto	0,29	4	0,07	1,72	0,1477	ns
Parcela*Punto	5,84	20	0,29	6,95	<0,0001	**
Profundidad	6,25	2	3,13	74,48	<0,0001	**
Parcela*Profundidad	0,43	10	0,04	1,03	0,4161	ns
Punto*Profundidad	0,79	8	0,10	2,34	0,0203	*
Parcela*Punto*Profundidad	4,77	40	0,12	2,84	<0,0001	**
Error	7,47	178	0,04			
Total	26,44	269				
CV= 29,23						

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015
 Probabilidad > 0,05: ns: No significativo
 Probabilidad < 0,05 > 0,01: *: Significativo
 Probabilidad < 0,01: **: Altamente significativo

El análisis de varianza para la variable %carbono orgánico (Cuadro 4.27), presentó diferencias altamente significativas en el factor Profundidad y con diferencias no significativas en los factores Repetición y Parcelas con un coeficiente de variación de 29,23 %.

CUADRO 4.28. Test de Tukey alfa al 5% para el porcentaje de Carbono Orgánico en el suelo según las Repeticiones.

Repetición	Medias	Rango
3	0,74	A
1	0,68	A
2	0,68	A

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de Carbono Orgánico (Cuadro 4.28), en cuanto a repeticiones presentó un solo rango “A” lo cual indica que no existe variaciones significativas entre las 3 repeticiones realizadas en laboratorio.

CUADRO 4.29. Test de Tukey alfa al 5% para el porcentaje de Carbono Orgánico en el suelo según las Parcelas establecidas.

Parcela	Medias	Rango
6	0,75	A
3	0,74	A
1	0,71	A
2	0,69	A
4	0,66	A
5	0,66	A

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de Carbono Orgánico (Cuadro 4.29), en cuanto a Parcelas presentó un solo Rango “A”, indicando que no existe variación, dando valores aproximados entre el porcentaje de carbono orgánico de las muestras de suelo tomadas en las parcelas establecidas.

CUADRO 4.30. Test de Tukey alfa al 5% para el porcentaje de Carbono Orgánico en el suelo según la Profundidad.

Profundidad	Medias	Rango
3	0,90	A

2	0,68	B
1	0,53	C

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

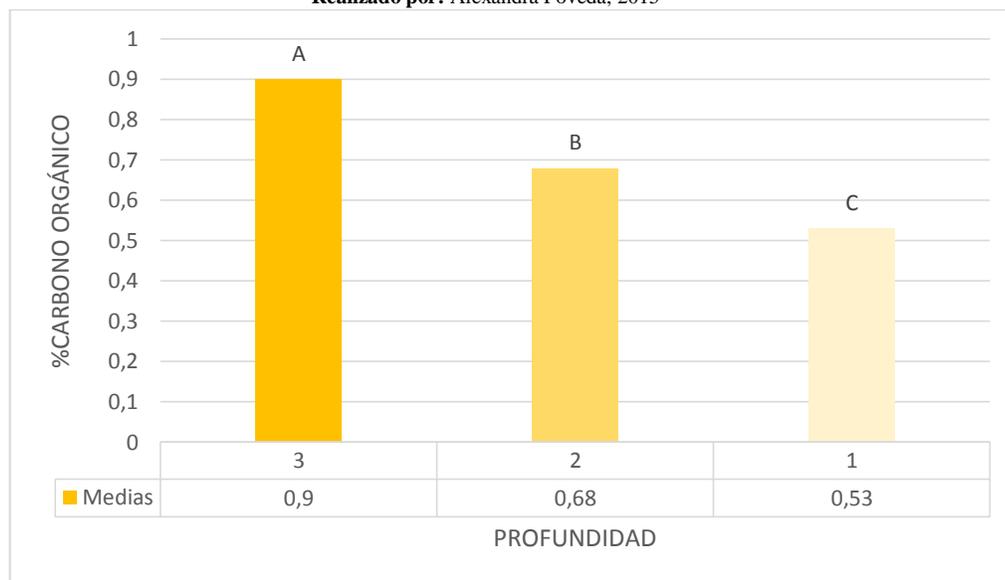


FIGURA 4.10. Porcentaje de Carbono Orgánico en el suelo según la profundidad.

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de Carbono Orgánico (Cuadro 4.30), en cuanto a profundidad se presentó 3 rangos, a los 30 *cm* de profundidad se presentó 0,9% de Carbono Orgánico ubicándose así en el Rango “A”, a los 10 *cm* de profundidad se presentó el valor medio más bajo con 0,53% de Carbono Orgánico.

Análisis de varianza para Carbono Orgánico en el Suelo *COS (t/ha)* en el suelo de *BVPCC*

CUADRO 4.31. El análisis de varianza para la variable *COS (t/ha)*.

Fuente de Varianza	Suma de Cuadrados SC	Grados de libertad gl	Cuadrado medio CM	Distribución F	Probabilidad p-valor	Significancia
Repetición	0,02	2	0,01	1,21	0,3008	ns
Parcela	0,05	5	0,01	1,08	0,3737	ns
Punto	0,06	4	0,02	1,85	0,1209	ns
Parcela*Punto	0,85	20	0,04	5,03	<0,0001	**
Profundidad	6,21	2	3,11	367,44	<0,0001	**
Parcela*Profundidad	0,07	10	0,01	0,88	0,5516	ns
Punto*Profundidad	0,15	8	0,02	2,16	0,0327	*
Parcela*Punto*Profundidad	1,08	40	0,03	3,19	<0,0001	**
Error	1,50	178	0,01			
Total	9,99	269				

CV= 35,27	
-----------	--

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

Probabilidad > 0,05: ns: No significativo

Probabilidad < 0,05 > 0,01: *: Significativo

Probabilidad < 0,01: **: Altamente significativo

El análisis de varianza para la variable *COS (t/ha)* (Cuadro 4.31) presenta diferencias altamente significativas en factores de Parcela*Punto, Profundidad, Parcela*Punto*Profundidad, y con diferencias significativas en el factor Punto*Profundidad con un coeficiente de variación de 35,27 %.

CUADRO 4.32. Test de Tukey alfa al 5% para *COS (t/ha)* en el suelo según las Repeticiones.

Repetición	Medias	Rango
3	0,27	A
2	0,26	A
1	0,25	A

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La prueba de Tukey al 5% para el contenido de Carbono Orgánico en el Suelo *COS (t/ha)* (Cuadro 4.32), en cuanto a repeticiones presentó un solo rango “A”, lo cual indica que no existe variaciones significativas entre las 3 repeticiones realizadas en laboratorio.

CUADRO 4.33. Test de Tukey alfa al 5% para *COS (t/ha)* en el suelo según las Parcelas.

Parcela	Medias	Rango
6	0,28	A
3	0,27	A
5	0,26	A
1	0,26	A
2	0,26	A
4	0,24	A

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La prueba de Tukey al 5% para el contenido de Carbono Orgánico en el Suelo *COS (t/ha)* (Cuadro 4.33), en cuanto a Parcelas presentó un solo Rango “A”, lo cual indica que no existe variación, dando valores aproximados entre el contenido de Carbono Orgánico en el Suelo *COS (t/ha)* en las muestras de suelo tomadas en las parcelas establecidas.

CUADRO 4.34. Test de Tukey alfa al 5% para *COS (t/ha)* en el suelo según la Profundidad.

Profundidad	Medias	Rango

3	0,46	A
2	0,23	B
1	0,09	C

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

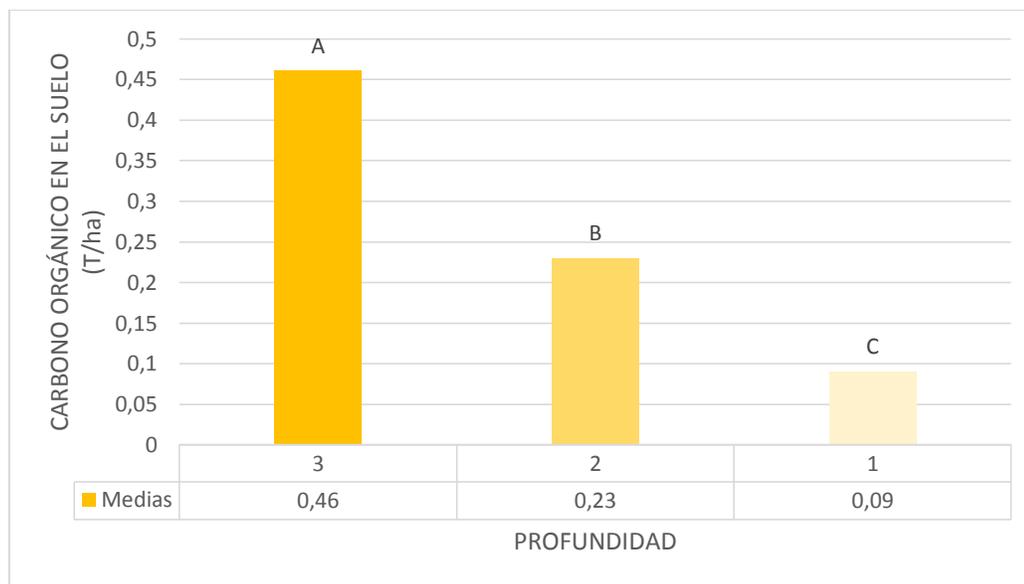


FIGURA 4.11. Carbono Orgánico en el Suelo (*t/ha*) según la profundidad.

Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de Carbono Orgánico (Cuadro 4.34), en cuanto a profundidad se presentó 3 rangos, a los 30 *cm* de profundidad con 0,46 (*t/ha*) Carbono Orgánico en el Suelo ubicándose así en el Rango “A”, a los 10 *cm* de profundidad se presentó el valor medio más bajo con 0,09 (*t/ha*) Carbono Orgánico en el Suelo.

4.2. DISCUSIÓN:

La investigación realizada determinó el contenido de Carbono Orgánico en el Suelo en (*t/ha*) teniendo valores uniformes en las 6 parcelas establecidas como se ha indicado en las pruebas descritas anteriormente. En cuanto a las variables analizadas en laboratorio se puede definir que existen variaciones altamente significativas con relación a la profundidad, según IPCC (2006), la respuesta más fuerte de la reserva de carbono en el suelo a los cambios en la cobertura terrestre ocurre en los primeros 20-30 *cm* de la capa de suelo; concordando así con los resultados obtenidos en laboratorio presentando la mayor concentración de Carbono Orgánico en el Suelo con un valor 0,46 (*t/ha*) a los 30 *cm* de profundidad, por otro parte se presenta el valor más bajo a los 10 *cm* de

profundidad con 0,09 (*t/ha*). 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. (IPCC, 1997; Murty y otros, 2002), adicionalmente se puede mencionar que en relación con los cambios en la profundidad, (Diekow et al. 2005) en Brasil encontraron una tendencia donde cultivos asociados a cereales y leguminosas almacenaron mayores cantidades de carbono a partir de 17,5 *cm*, lo que explicaron por la posible disposición de material orgánico por medio del aporte directo de las raíces o por el transporte de residuos orgánicos a través del perfil por la meso y macrofauna. Otra variable analizada en esta investigación fue la Densidad Aparente que según Salamanca, A. y Sadeghian, S; 2005) es una propiedad del suelo relacionada principalmente con las prácticas de manejo de los suelos y de las aguas, siendo necesario mencionar que en suelos arenosos puede variar entre 1,2 y 1,6 g/cm^3 , concordando con los valores obtenidos en la presente investigación, señalando que a los 10 *cm* de profundidad se obtiene el valor de 1,73 g/cm^3 , asimismo se indica que a medida que aumenta la Materia Orgánica y el espacio poroso, disminuye la Densidad Aparente; coincidiendo que a los 10 *cm* de profundidad se presenta menor contenido de Materia Orgánica con un porcentaje de 0,91%, al contrario a los 30 *cm* de profundidad se obtuvo un porcentaje de 1,55% siendo el mayor contenido presente; según (Ibáñez, J. 2006), la materia orgánica es un indicador clave de la calidad del suelo, ya que en ella ocurren procesos microbiológicos que pueden aportar nutrientes para las plantas, del mismo modo incrementa la capacidad de infiltración y la disponibilidad de agua para las plantas. Por último en cuanto al porcentaje de humedad es bajo a los 10 *cm* de profundidad con 3,5% y según Hernández, J., et al (2014), cuando se presenta un suelo con una textura franco arenoso, son considerados suelos secos presentando colores claros, factor que se relaciona con poca humedad, los suelos arenosos no retienen el agua, es así que rápidamente se hunde a capas más profundas, de modo similar los análisis realizados en laboratorio se obtiene el valor más alto en los 30 *cm* de profundidad con 5,39% de humedad. Adicionalmente se indica que la Parcela 6 (C2P3) presentó mayor contenido de humedad, lo cual se relaciona con la presencia de vegetación a causa de la reforestación realizada años atrás, también es conveniente indicar que las instalaciones de riego por goteo se encuentran presentes en dicha parcela, es oportuno mencionar que se le considera un método de riego apto para este tipo de suelos, aunque en la actualidad no se encuentre funcionando dicho riego las instalaciones se encuentran establecidas en una pequeña parte del área de estudio. Finalmente se indica que en la Parcela 5 (C2P2) existe secuelas de un incendio provocado años atrás lo cual ha perjudicado al porcentaje de humedad existente en dicha área, por otro lado no ha afectado al porcentaje de materia y carbono orgánico presente en el área estipulada.

4.2.1. Análisis de correlación de las variables %materia orgánica MOS y carbono orgánico en el suelo COS (t/ha) en los puntos de muestreo de los conglomerados.

El carbono orgánico en el suelo (COS) es el principal elemento que forma parte de la materia orgánica en el suelo (MOS), por esto es común que ambos términos se confundan o se hable indistintamente de uno u otro (Jackson, 1964).

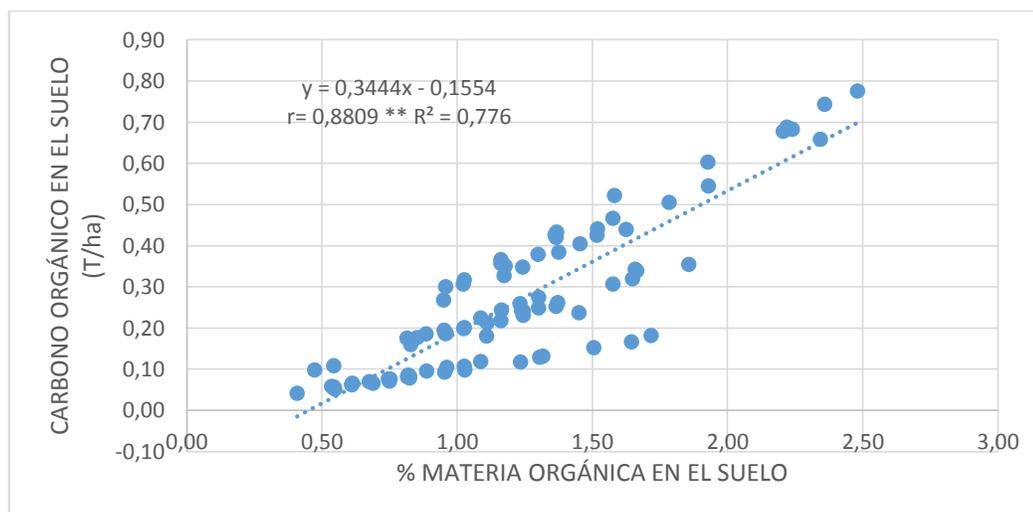


FIGURA 4.12. Correlación: % Materia Orgánica y Carbono Orgánico en el Suelo (t/ha)
Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La Figura 4.12, muestra el diagrama de dispersión lineal entre el porcentaje de materia orgánica (%) y el carbono orgánico en el suelo (t/ha) entre los puntos de muestreo establecidos en las parcelas de estudio en el Área de investigación del BVPCC, la cual presenta una correlación positiva con un 77,6% mostrando una relación entre estas dos variables altamente significativa con un valor de $r = 0,8809$, esto se debe a que el carbono ingresa a los suelos a través de la descomposición de los residuos vegetales depositados en la parte superficial del suelo del bosque y sotobosque, ya que todos los componentes del árbol como follaje, ramas, raíces, y fuste, demás restos vegetales están compuestos por el CO_2 ya que como manifiesta Ordoñez, 1999, la demanda de CO_2 aumenta a medida que cada estructura del árbol crece, por lo que es entendible que la correlación entre el porcentaje de materia orgánica y el contenido de carbono orgánico en el suelo sea altamente significativa.

4.2.2. Análisis de correlación de las variables % humedad y carbono orgánico en el suelo *COS* (*t/ha*) en los puntos de muestreo de los conglomerados.

El contenido de agua del suelo es una variable para predecir la descomposición de la materia orgánica y la formación de gases de efecto invernadero asociada a ella. (Mendiara, S. 2012).

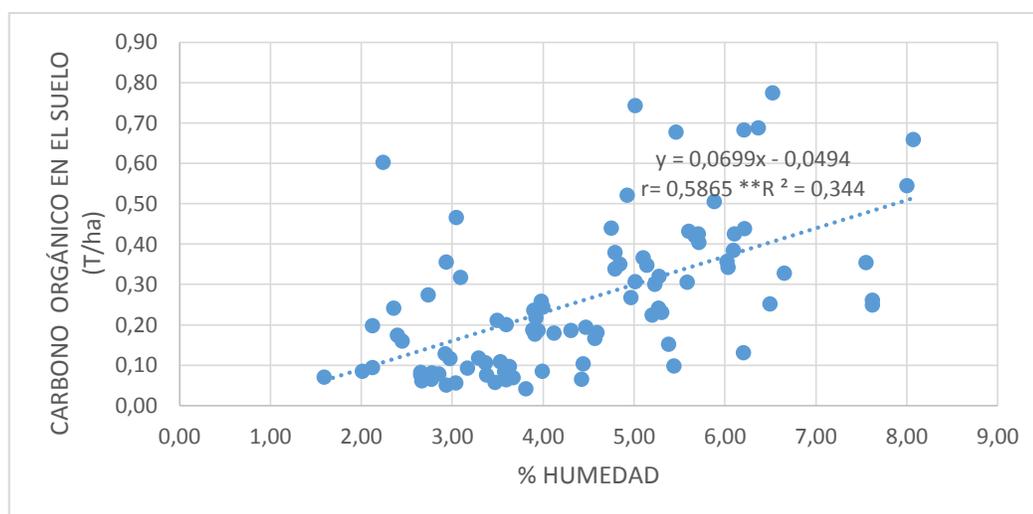


FIGURA 4.13. Correlación: % Humedad y Carbono Orgánico en el Suelo (*t/ha*)
Realizado por: Alexandra Poveda, 2015

La Figura 4.13, muestra el diagrama de dispersión lineal entre el porcentaje de humedad (%) y el carbono orgánico en el suelo (*t/ha*) entre los puntos de muestreo establecidos en las parcelas de estudio en el Área de Investigación del *BVPCC*, la cual presenta una correlación positiva con un 34,4% mostrando una relación entre estas dos variables altamente significativa con un valor de $r = 0,5865$, esto se debe a que la acumulación de carbono es mayor en suelos muy húmedos ya que la descomposición está restringida por altos valores de humedad. La tasa de descomposición generalmente decae a valores menores de 30 a 50% de humedad del suelo (Haynes, 1986), debido a una reducción en el espesor de las películas de humedad sobre la superficie del suelo. En zonas áridas, la actividad microbiana está frecuentemente limitada por la humedad (Austin et al., 2004). Por otro lado es importante indicar que la relación entre la Densidad Aparente del suelo (g/cm^3) y Carbono Orgánico en el suelo (*t/ha*) es no significativa con coeficiente de correlación de $r = 0,076$, ya que los valores que puede tomar la densidad aparente dependen de factores como la textura,

estructura y contenido de materia orgánica del suelo, así como del manejo del mismo. De modo que a esta propiedad se le considera variable debido a variaciones en la cantidad / calidad del espacio poroso. (Rubio, A. 2010)

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

5.1. CONCLUSIONES:

- El Área Protegida “Bosque y Vegetación Protectora Cerro Casigana”, en la Parroquia Santa Rosa, Cantón Ambato; por documentación investigada se obtiene que en el Registro Oficial No. 8 del 22 de Agosto de 1984 con Resolución Ministerial No. 364, fue declarada como Bosque Siempre Verde Andino Montano, por ello el interés en la evaluación de contenido de Carbono Orgánico en el Suelo, donde mediante análisis en laboratorio se determinó valores muy por debajo con relación a los suelos pertenecientes a la declaratoria antes dicha; lo cual se vincula con el manejo de la tierra y los cambios antropogénicos efectuados en el Área objeto de estudio.
- La caracterización fisiográfica y dendrológica de las especies dentro de los conglomerados establecido se determinó mediante observación y análisis *in-situ*, que dentro del área objeto de estudio se encuentran especies como *Lupinus pubescens*, *Tillandsia sp*, *Bacharis latifolia*, *Eucalyptus globulus*, *Croton elegans*, *Margyricarpus pinnatus*, *Bidens andicola*, *Holcus lanatus L*, *Epidendrum alba*, *Agave americana L.*, *Cortaderia nítida*, además las especies como *Acacia melanoxylon*, *Acacia dealbata*, *Schinus molle*, *Pinnus radiata*, han sido plantadas en el año 2004 cumpliendo con el objetivo de reforestación del Proyecto del Parque Forestal Ambato en el Cerro Casigana, la zona presenta una ladera media con 36 % de pendiente, ladera alta de 27 % de pendiente y cima de colina con 9 % de pendiente, el suelo presenta una textura Franco Arenoso de estructura suelta, con una pedregosidad de hasta 20 %, la estructura vertical en su mayoría se presenta como sotobosque integrado por árboles jóvenes, arbustos y hierbas, a su vez se puede hablar de una estructura dominante debido a la presencia de la especie *Eucalyptus globulus*, por el tamaño del árbol y las copas desarrolladas. En cuanto a las perturbaciones naturales detectadas aquellas de mayor importancia se puede nombrar a la sequía y daños por el viento con una magnitud moderada, por el contrario la intervención humana se ve reflejada en la contaminación ambiental presente además de la existencia de chaquiñanes a causa del Down Hill que es un deporte practicado por varios ciudadanos, también la presencia de cercas y alambrado en ciertas zonas del bosque indicando la delimitación de terrenos que en su mayoría presentan

título de propiedad y en algunos casos su uso es para cultivo, recalando también que gran parte del área de estudio es municipal; todas estas actividades se las puede clasificar como perturbaciones antrópicas con una magnitud de ligera a moderadamente perturbada. Finalmente es necesario indicar que las instalaciones de riego por goteo se encuentran inhabilitadas lo cual se manifiesta de manera negativa para el ecosistema, de la misma manera existen secuelas de incendio forestal provocado hace más de un año, observando una baja recuperación.

- El contenido de carbono orgánico en el suelo en los conglomerados C1 y C2, tienen su mayor reserva de COS a 30 *cm* de profundidad con 0,46 *t/ha*, y la menor concentración COS a 10 *cm* de profundidad con 0,09 *t/ha*. Al mismo tiempo la correlación entre %Materia Orgánica-COS presenta una relación altamente significativa con 77% y entre %Humedad-COS, presenta una relación significativa con 34%, teniendo un resultado contrario entre la Densidad Aparente-COS donde la relación es no significativa lo cual se puede sustentar que a mayor contenido de materia orgánica disminuye la densidad aparente del suelo. El contenido de Carbono Orgánico en el suelo se enlaza directamente con el contenido de materia orgánica, asimismo estas variables no difieren entre las parcelas establecidas en el área de estudio, lo cual puede estar influenciado por la erosión detectada en el suelo que a su vez denotan los valores bajos de COS, por el contrario el porcentaje de humedad es mayor en la Parcela 6 como se indica (C2P3), lo cual se relaciona con la infiltración del agua en el suelo, ya que la vegetación existente en esta parcela fruto de la reforestación aplicada, favorece a suelos más porosos.

5.2. RECOMENDACIONES:

- Se recomienda incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo de forma regular, manteniendo los residuos vegetales en la superficie del mismo, lo cual sirve de protección al suelo y estimulación a la actividad microbiana, permitiendo así crear resistencia contra la erosión eólica.
- Se propone la reforestación como una medida para fomentar los sumideros de carbono, con el incremento de árboles ya que no solo tiene la función de almacenar carbono en su biomasa foliar, sino que contribuyen con el aporte de residuos al suelo como es la hojarasca que a su vez brindan nutrientes a la vegetación existente. Son particularmente importante los árboles de la familia de las leguminosas como son *Faidherbia albida*, *Acacia Senegal*, que son fijadores de N, ayudando a la reducción de pérdidas de nutrientes, provocado por la erosión eólica.
- Para incrementar el secuestro de carbono se sugiere el riego y la fertilización orgánica con abonos verdes, el más conocido es el humus, necesario para intensificar los niveles de materia orgánica; se consideran métodos eficientes para abastecer la necesidad de las plantas presentes, pero sobre todo para el mejoramiento de la calidad del suelo lo cual tendrá un impacto social y económico importante en los medios de vida de la población en general.
- Se sugiere impulsar un desarrollo sostenible del Área Protegida “Bosque y Vegetación Protectora Cerro Casigana”, trabajando en conjunto con la sociedad en general, incentivando a estudiantes a promover el cuidado y la limpieza del área para evitar malezas, es de gran importancia aplicar estrategias enfocadas al manejo responsable de los recursos naturales en los niveles regionales y locales, dando a conocer los compromisos y programas de manejo ambiental aptos para la recuperación del sitio.
- Se considera indispensable realizar una evaluación de las necesidades del suelo, mediante una análisis de los elementos nutritivos del suelo N, P, K; para así conocer el grado de suficiencia y deficiencia de los mismos, de esta manera se facilitara desarrollar un programa de fertilización, para obtener una recuperación de la arquitectura del suelo dañada; además

de evitar la labranza que afecta a los agregados del suelo que son vitales para la captura de carbono.

BIBLIOGRAFÍA

- 1. ACOSTA, M. et al.**, “Un método para la medición del carbono en los compartimientos subterráneos (raíces y suelo) de sistemas forestales y agrícolas en terrenos de ladera en México” [En Línea] Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, 2001.
[Consulta: 15 Noviembre 2015]. Disponible en:
http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/10_Acosta.PDF
- 2. AGUILERA, María.**, Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. Boletín N° 14. Valdivia, Chile, 2000. pp. 77-85.
- 3. AIMACAÑA, Verónica.**, Inventario de las especies vegetales nativas del Cerro Teligote Cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua desde los 3200 hasta los 3420 m.s.n.m. (Tesis pregrado). Universidad técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Agronómica. Ambato – Ecuador. 2010.
- 4. ÁLVAREZ, Alfonso. et al.** Caracterización de suelos y control espacial por medio de los sistemas de información geográfica. Secretaria de Comunicación y Transportes México. Valle de Querétaro. 2002. pp. 56.
- 5. ÁLVAREZ, R., y H.S. Steinbach.** Factores climáticos y edáficos reguladores del nivel de materia orgánica. En: Materia Orgánica “Valor Agronómico y Dinámica en Suelos Pampeanos”. Editorial R Álvarez. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 2006. pp. 31-40.
- 6. AÑAZCO, Mario. et al.** Sector Forestal Ecuatoriano: propuestas para una gestión forestal sostenible. Serie Investigación y Sistematización No. 8. Programa Regional ECOBONA-INTERCOOPERATION. 2010. Quito.

7. **AUSTIN, A. et al.**, Water pulses and biogeochemical cycles in Arid and Semiarid ecosystems. Revista Oecología. [En línea]. Vol. 141. 2004. pp. 221-235. [Consulta: 29 Noviembre 2015]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14986096>
8. **AYALA, Leonardo. et al.**, Cuantificación del carbono en los páramos del Parque Nacional Yacuri. En Revista Cedamaz. 2014. [En línea] Vol. 4, No. 1. pp. 45–52. Universidad Nacional de Loja. [Consulta: 06 Noviembre 2015]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/280561086_Cuantificacin_del_carbono_en_los_pramos_del_parque_nacional_Yacuri_provincias_de_Loja_y_Zamora_Chinchipe_Ecuador
9. **CHACÓN, Gustavo. et al.**, “Impacto de la deforestación, pastizales, plantaciones de Eucalipto y Pino en suelos de Bosque Montano Alto, en la Sierra Sur del Ecuador” en Revista de Investigaciones de la Universidad del Azuay. [En línea] No.11. 2003. [Consulta: 11 Noviembre 2015]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/260123398_Impacto_de_la_deforestacin_pastizales_plantaciones_de_Eucalipto_y_Pino_en_suelos_de_bosque_montano_alto_en_la_Sierra_Sur_del_Ecuador_Revista_de_Investigaciones_de_la_Universidad_del_Azuay_No_11
10. **CORNISH, P.**, The effects of radiata pine plantation establishment and management on water yields and water quality - a review. Revista Technical Paper Forestry Commission of NSW. No. 49. Vol. 53. 2000.
11. **COLUMBA, Karin.** Manual para la Gestión Operativa de las Áreas protegidas de Ecuador. Imprenta Mariscal. Quito-Ecuador. 2013
12. **DAUBER, Erhard.** Guía práctica y teórica para el diseño de un inventario forestal de reconocimiento. Santa Cruz, Bolivia. 1995. Proyecto BOLFOR. pp.12
13. **DE LA ROSA, Diego.**, Evaluación agro-ecológica de suelos. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. 2008. pp. 176-177, 199, 208, 223, 231-252.
14. **DELNO.** República Dominicana - Plan de Acción para el Desarrollo Regional de la Línea Noroeste. Secretaría general de la organización de los Estados Americanos Washington, D.C. 1977. [En línea]. [Consulta: 10 Enero 2016]. Disponible en: <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea17s/begin.htm#Contents>

15. **DIEKOW, J. et al.**, Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. *Soil and Tillage Research*. 2005. pp. 81, 87–95.
16. **ECUADOR**. INEC. Población por sexo, según provincia, parroquia y cantón de empadronamiento. Censo de población y vivienda 2010. [En Línea]. [Consulta: 09 Diciembre 2015]. Disponible en:
http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_content&view=article&id=232&Itemid=128&lang=es
17. **ECUADOR**. MAE. (Ministerio del Ambiente del Ecuador). ENF. Evaluación Nacional Forestal ENF. Proyecto Sistema Nacional de Monitoreo Forestal. Manual de Campo. Quito-Ecuador. 2012.
18. **ECUADOR**. MAGAP. (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, EC); PRAT (Programa de Regulación y Administración de Tierras Rurales, EC). Metodología de valoración de tierras rurales: propuesta. Quito. 2008. pp. 93-98, 161.
19. **EGUIGUREN, Paul. y OJEDA, Tatiana.**, Línea base para el monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático, sobre la diversidad florística en una zona piloto del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Loja. Ingeniería Forestal. Loja–Ecuador. 2009. pp 101.
20. **FRANCIA**. FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Evaluación de recursos forestales mundiales. Francia 2006. Estudio FAO Montes. pp. 147.
21. **GADMA**. Conformación del sistema de áreas de conservación del cantón Ambato. 2013.
22. **GALLARDO, Juan. y MERINO, Agustín.**, Capítulo 2: El ciclo del carbono y la dinámica de los sistemas forestales. pp. 43-64. Revista El papel de los bosques Españoles en la mitigación del cambio climático. Coordinador Felipe Bravo. Edición a cargo de Fundación Gas Natural. Barcelona-España. 2007.

23. **GALLEGOS, Miguel.** Análisis mercado de carbono en el Ecuador. En Observatorio de la Economía Latinoamericana. [En línea]. No. 168. 2012. [Consulta: 8 Diciembre 2015]. Disponible en: <http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/ec/2012/magg.html>
24. **GINEBRA. IPCC.** Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza. 2007. pp. 104.
25. **GRANDA, Patricia.** Monocultivos de árboles en Ecuador. Edición: Hersilia Fonseca. Uruguay. Mayo 2006.
26. **GUTIÉRREZ, Isidro.** Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Ecuador. Revista Parques 2015. Dirección Nacional de Biodiversidad Ministerio del Ambiente de Ecuador.
27. **HARO, Marco.** Proyecto del Parque Forestal Ambato en el Cerro Casigana. Gobierno Autónomo Descentralizado Ilustre Municipio de Ambato. Mayo 2004. Ambato.
28. **HARRIS, Jonathan. et al.** Bosques, Agricultura y Clima: Consideraciones Económicas y de Políticas en Global Development And Environment Institute. [En línea], Tufts University. Medford-USA. 2011. [Consulta 13 Noviembre 2015]. Disponible en: http://www.ase.tufts.edu/gdae/education_materials/modules/REDD_Spanish.pdf
29. **HERNÁNDEZ, Joyce. et al.** Captura de carbono en los suelos. En Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Vol. 1, No. 2. [En línea]. México. 2014. [Consulta: 18 Noviembre 2014]. Disponible en: <http://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n2/e4.html>
30. **HONDURAS. ENF.** Evaluación Nacional Forestal Honduras 2005 / Manual de campo. pp 13.
31. **HUERTA, Hilda.** Determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con mercurio en la región de San Joaquín, Querétaro y su relación con el crecimiento bacteriano. [En Línea]. (Tesis pregrado). Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México. 2010. pp. 61. [Consulta: 05 Enero 2016]. Disponible en: <http://www.geociencias.unam.mx/~bole/eboletin/tesisHilda1101.pdf>

- 32. IBÁÑEZ, Juan.** La distribución de la Materia Orgánica del suelo en profundidad por climas y tipo de vegetación en MIOD. Revista Un lugar para la ciencia y la tecnología. [En línea]. Madrid – España. 2006. [Consulta: 05 Enero 2016]. Disponible en:
<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/11/17/51410>
- 33. KLEINN Christoph, MORALES David.** Consideraciones metodológicas al establecer parcelas permanentes de observación en bosque natural o plantaciones forestales. University of Gottingen, Gottingen, Niedersachsen. Alemania. Revista Forestal Centroamericana. Costa Rica. Julio – Diciembre 2002. pp 6-12.
- 34. MALHI, Y. et al.,** The Carbon Balance of Tropical, Temperate and Boreal Forests. Revista Plant, Cell and Environment. [En línea]. 1999. Vol. 22. No. 6. USA. pp. 715-740.
[Consulta: 07 Enero 2016]. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-3040.1999.00453.x/pdf>
- 35. MARTÍNEZ, Eduardo. et al.,** Carbono orgánico y propiedades del suelo. En Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal. [En línea]. 2008. Vol. 8, No. 1. Universidad de Chile. pp. 68-96. [Consulta: 06 Noviembre 2015]. Disponible en:
http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27912008000100006
- 36. MENÉNDEZ, Juan.** Naturaleza: Flora y Fauna. En Revista ASTURNATURA. [En línea]. 2004. [Consulta 13 Noviembre 2015]. Disponible en:
<http://www.asturnatura.com/plantas-flores-color/rojo/2.html>
- 37. MENDIARA, Sarah.** Efecto de los usos del suelo en la emisión de dióxido de carbono del suelo a la atmósfera en un agroecosistema semiárido del Valle del Ebro. (Tesis Posgrado). [En Línea]. Universitat de Vic. Escuela Politécnica Superior. España. 2012. [Consulta: 13 Noviembre 2015]. Disponible en : <http://repositori.uvic.cat/handle/10854/1889?show=full>
- 38. Ministerio del Ambiente del Ecuador, MAE.** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Fondo Mundial GEF. Adaptación al cambio climático a través de una efectiva gobernabilidad del agua en Ecuador PACC. 2008.
- 39. MUNSELL.** Color Company Soil Color Charts. 2009.

- 40. NELSON, D.W. and L, E, SOMERS.** Total carbon, organic carbon, and organic matter. In. Methods of Soil Analysis. Parte 2. 1996.
- 41. ORELLANA, Gustavo. et al.,** Descripción de la dinámica de carbono en suelos forestales mediante un modelo de reservorios. En Revista de Avances en Ciencia e Ingeniería [En línea]. 2012. Vol. 3, No. 1, pp. 123-135. Universidad Nacional Autónoma de México. [Consulta: 15 Noviembre 2015]. Disponible en: <http://www.researchgate.net/publication/277270559>
- 42. ORDOÑEZ, Benjamín.** Captura de carbono en un bosque templado: El caso de San Juan Nuevo. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAP. Michoacán, México. 1999.
- 43. PARDOS, José.** Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global. Edición de Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria Ministerio de Ciencia e Innovación. Madrid - España. 2010.
- 44. RÍOS, Montserrat. et al.,** Conocimiento Tradicional y plantas útiles del Ecuador: Saberes y Prácticas. IEPI y Edición ABYA-YALA. Quito, Ecuador. 2008. pp. 79.
- 45. ROMA.** FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Sistemas de uso de la tierra en los trópicos húmedos y la emisión y secuestro de CO₂. WorldSoilResourcesReports88. Rome. 2000. pp. 98.
- 46. ROMA.** FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informes sobre recursos mundiales de suelos 96. pp. 58. [En línea]. Roma. 2002. [Consulta: 9 Noviembre 2015]. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/wsrr96s.pdf>
- 47. ROMA.** FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. Boletín de Suelos de la FAO79. pp. 111. [En línea]. Rome. 2005. [Consulta: 9 Noviembre 2015]. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/sb79s.pdf>
- 48. ROSELL, R.A.** Materia orgánica, fertilidad de suelos y productividad de cultivos. Informe XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Pucón, Chile. 1999.
- 49. RUBIO, Ana María.** “La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los Alcornocales”. Universidad de Sevilla. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de

Sevilla Consejo Superior de Investigaciones Científicas. [En Línea]. Sevilla – Julio 2010.
Disponible en:
<http://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20.pdf>

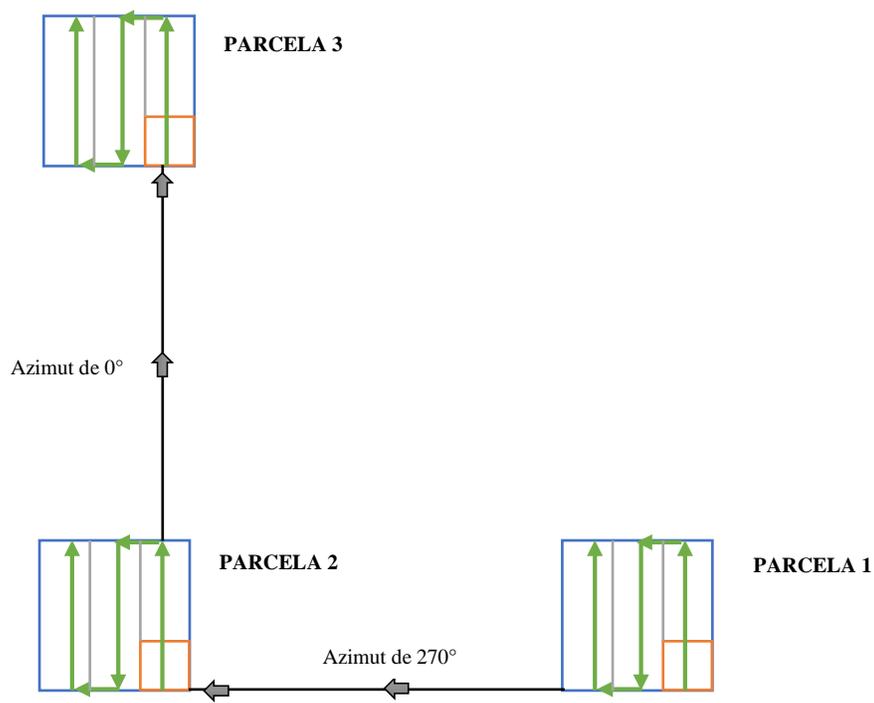
50. **SALAMANCA, Alveiro; SADEGHIAN, Siavosh.** La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la Zona Cafetera Colombiana. *Revista Cenicafé*. Vol.56 No.4. 2005. pp. 381-397. [Consulta 12 Diciembre 2015]. Disponible en:
<http://www.cenicafe.org/es/publications/avt0326.pdf>
51. **SANTIANA, Janeth. et al.,** Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. En Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito. 2012. pp. 136.
52. **SEPPÄNEN, Petteri.** Secuestro de carbono a través de plantaciones de eucalipto en el trópico húmedo. En *Revista Redalyc*. [En línea]. 2002. Vol. 4, No.2, pp. 51-58. Foresta Veracruzana. [Consulta:11 Noviembre 2015]. Disponible en:
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49740208>
53. **SMITH, A.** Introduction to tropical alpine vegetation. In: *Tropical*. 1994.
54. **SOIL SURVEY DIVISION STAFF.** Soil Survey Manual. USDA, Handbook No, 18.Washington, D.C. 1993. pp. 437.
55. **STEUHLING, L, GODOY, R., & ALBERDI, M.** Métodos de ecología vegetal (Primera edición). Santiago de Chile. [En Línea]. Chile: Editorial Universitaria, S.A. 2001. [Consulta: 12 Diciembre 2015]. Disponible en:
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1667-782X2008000100001&script=sci_arttext
56. **SWIFT, R. S.** Sequestration of carbon by soil. *Soil Sci*. No. 166. pp. 858-871. 2001.
57. **TACURI, Víctor.** Conocimiento Campesino en la conservación de suelos Ayllus de Qhorqa, Qapaqhanaqa, y Aranzaya. Edición Patricia Jiménez Torres. La paz, Bolivia. 2002.
58. **TAIZ L, ZEIGER E.** *Plant Physiology*. Edición Sinauer. 1998. pp. 80.
59. **VALLEJO, Martha. et al.,** Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 2005. pp. 310.

60. WASHINGTON, D.C. SOIL SURVEY DIVISION STAFF. Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Segunda Edición. USDA, Agriculture Handbook No. 436. Washington, D.C. 1999. pp. 869.

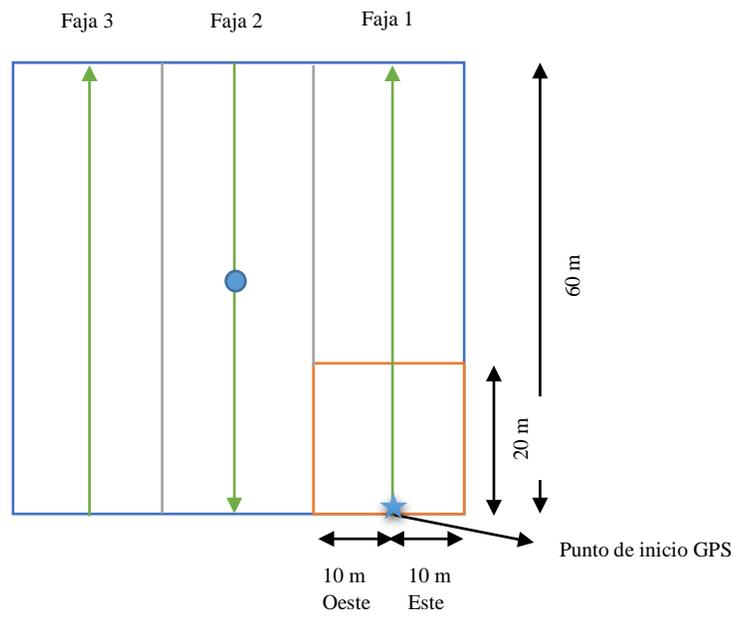
61. ZAMBRANO, Alexis. et al. Emisión y Captura de Carbono en los Suelos en Ecosistemas Forestales. En Revista For. Lat. [En línea]. 2004. N° 35, Universidad de los Andes. pp. 11-20. [Consulta: 18 Noviembre 2015]. Disponible en:
<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/24117/2/articulo2.pdf>

ANEXOS:

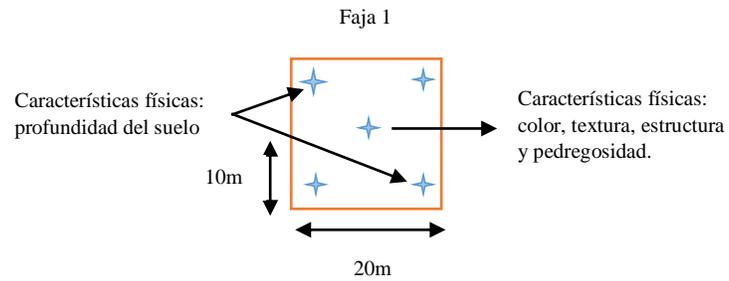
ANEXO 1. Esquema de la instalación del conglomerado y ubicación de las tres parcelas en forma de L.



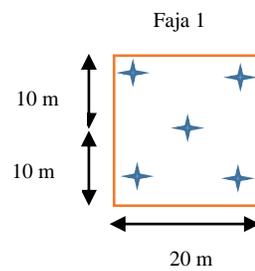
ANEXO 2. Diseño de las parcelas de 60 x 60 m y de 20 x 20 m.



ANEXO 3. Extracción de la muestras para la caracterización física del suelo de las cinco calicatas en la subparcela de 20 x 20 m, en la faja1.



ANEXO 4. Ubicación de los puntos de muestreo para determinar D_a y COS en la subparcela.



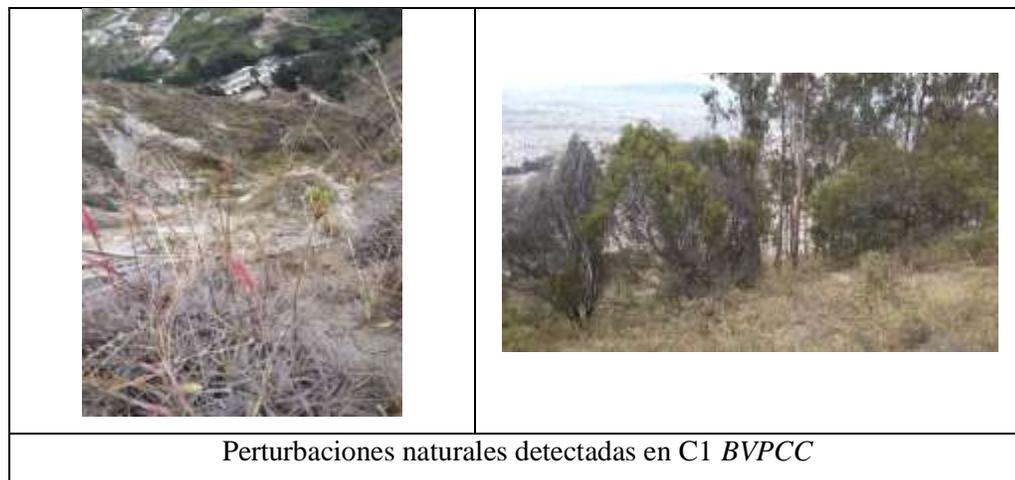
ANEXO 5. Identificación de las parcelas en C1, en BVPCC.



ANEXO 6. Identificación de las parcelas en C2, en *BVPCC*.



ANEXO 7. Perturbaciones naturales en C1, en *BVPCC*.



ANEXO 8. Perturbaciones naturales en C2, en *BVPCC*.



ANEXO 9. Perturbaciones antrópicas en C1, en *BVPCC*.



ANEXO 10. Perturbaciones antrópicas en C2, en *BVPCC*.



ANEXO 11. Vista panorámica del área de estudio.



ANEXO 12. Materiales y equipos utilizados en el campo y en laboratorio.



Materiales y equipos utilizados tanto en la fase de campo como en la fase de laboratorio.

ANEXO 13. Medición y trazado de las parcelas.



ANEXO 14. Elaboración de las calicatas.



ANEXO 15. Muestreo del suelo.



ANEXO 16. Características físicas del suelo.



Evaluación de las características físicas del suelo



ANEXO 18. Determinación de la densidad aparente del suelo.



Cálculo de la densidad aparente del suelo utilizando la metodología del cilindro de volumen conocido

ANEXO 19. Secado de las muestras en la estufa.



ANEXO 20. Determinación del contenido de materia orgánica en el suelo.





ANEXO 21. Colocación de las muestras en la Mufla.





Secadas las muestras en la estufa se procede a pesar nuevamente y posterior se las coloca en la mufla a 460°C durante 15 minutos para pesar la muestra y calcular el % de materia orgánica y contenido de carbono orgánico.

ANEXO 22. Vegetación identificada dentro de los conglomerados establecidos.

		
Familia	Especie	Nombre Común
Leguminosae	<i>Acacia Melanoxylon</i>	Acacia Negra

		
Familia	Especie	Nombre Común
Poaceae	<i>Holcus lanatus L.</i>	Olco

		
Familia	Especie	Nombre Común
Euphorbiaceae	<i>Croton elegans</i>	Mosquera

		
Familia	Especie	Nombre Común
Poaceae	<i>Cortaderia nitida</i>	Sigze

		
Familia	Especie	Nombre Común
Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	Ashpa chocho

		
Familia	Especie	Nombre Común
Rosaceae	<i>Margyricarpus pinnatus</i>	Niguas

		
Familia	Especie	Nombre Común
Asteraceae	<i>Bacharis latifolia</i>	Chilca

		
Familia	Especie	Nombre Común
Leguminosae	<i>Acacia dealbata</i>	Acacia

		
Familia	Especie	Nombre Común
Bromeliaceae	<i>Tillandsia sp.</i>	Bromelia

		
Familia	Especie	Nombre Común
Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Ñachag

		
Familia	Especie	Nombre Común
Agavaceae	<i>Agave americana L</i>	Penco

		
Familia	Especie	Nombre Común
Pinnaceae	<i>Pinnus radiata</i>	Pino

		
Familia	Especie	Nombre Común
Orchidaceae	<i>Epidendrum Alba</i>	Orquidea

		
Familia	Especie	Nombre Común
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	Molle

		
Familia	Especie	Nombre Común
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto

ANEXO 30. Codificación y datos obtenidos en C1 implementado en el *BVPCC* con las repeticiones realizadas en los 5 puntos de muestreo a las diferentes profundidades en la parcela P2.

DETRERMINACION DEL STOCK DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO C1							
CODIFICACIÓN	PROF. MUESTRA (cm)	REPETICION	HUMEDAD (%)	D a (g/cm ³)	% MATERIA ORGANICA	% CARBONO ORGANIGO	COS (Tn / Ha)
C1P2p1	10	R1	4,45	1,84	0,83	0,48	0,088
		R2	4,42	1,85	1,03	0,60	0,110
		R3	4,45	1,87	1,03	0,60	0,111
	20	R1	3,57	1,75	0,81	0,47	0,164
		R2	3,49	1,64	0,41	0,24	0,077
		R3	3,54	1,70	0,42	0,24	0,082
	30	R1	5,21	1,81	1,04	0,60	0,326
		R2	5,24	1,82	0,82	0,47	0,260
		R3	5,25	1,77	1,02	0,59	0,314
C1P2p2	10	R1	3,38	1,72	0,61	0,36	0,061
		R2	3,34	1,76	1,44	0,84	0,147
		R3	3,38	1,84	1,03	0,60	0,109
	20	R1	3,62	1,79	0,41	0,24	0,084
		R2	3,66	1,75	0,41	0,24	0,083
		R3	3,63	1,76	0,61	0,35	0,124
	30	R1	6,08	1,59	1,45	0,84	0,402
		R2	6,11	1,61	1,44	0,83	0,402
		R3	6,08	1,61	1,24	0,72	0,347
C1P2p3	10	R1	2,68	1,66	0,41	0,24	0,039
		R2	2,78	1,76	0,61	0,35	0,062
		R3	2,54	1,72	0,81	0,47	0,081
	20	R1	7,67	1,66	1,66	0,96	0,319
		R2	7,62	1,60	0,82	0,47	0,152
		R3	7,58	1,65	1,43	0,83	0,274
	30	R1	4,94	1,66	1,04	0,60	0,301
		R2	4,92	1,73	1,03	0,60	0,310
		R3	4,67	1,73	1,46	0,85	0,439
C1P2p4	10	R1	3,79	1,56	1,03	0,60	0,093
		R2	2,81	1,73	0,81	0,47	0,081
		R3	2,91	1,75	1,02	0,59	0,103
	20	R1	3,98	1,82	0,81	0,47	0,171
		R2	3,96	1,86	1,24	0,72	0,269
		R3	4,01	1,76	1,64	0,95	0,335
	30	R1	6,21	1,77	3,35	1,94	1,031
		R2	5,31	1,71	1,64	0,95	0,488
		R3	4,88	1,80	1,64	0,95	0,513
C1P2p5	10	R1	2,71	1,75	1,44	0,84	0,146
		R2	2,98	1,58	1,24	0,72	0,114
		R3	3,08	1,72	1,23	0,71	0,123
	20	R1	3,93	1,13	1,45	0,84	0,191
		R2	3,96	1,75	1,23	0,71	0,249
		R3	3,80	1,39	1,67	0,97	0,269
	30	R1	6,40	1,55	2,29	1,33	0,618
		R2	5,65	1,87	2,60	1,51	0,849
		R3	6,58	1,83	1,83	1,06	0,581

ANEXO 31. Codificación y datos obtenidos en C1 implementado en el *BVPCC* con las repeticiones realizadas en los 5 puntos de muestreo a las diferentes profundidades en la parcela P3.

DETERMINACION DEL STOCK DE CARBONO ORGANICO EN EL SUELO C1							
CODIFICACIÓN	PROF. MUESTRA (cm)	REPETICION	HUMEDAD (%)	D a (g/cm ³)	% MATERIA ORGANICA	% CARBONO ORGANICO	COS (Tn / Ha)
C1P3p1	10	R1	5,75	1,59	0,83	0,48	0,076
		R2	5,63	1,64	0,82	0,47	0,078
		R3	4,95	1,66	1,44	0,84	0,139
	20	R1	6,48	1,60	1,84	1,07	0,341
		R2	6,54	1,61	1,03	0,60	0,192
		R3	6,48	1,55	1,23	0,71	0,222
	30	R1	6,65	1,51	0,82	0,48	0,216
		R2	6,66	1,64	1,03	0,60	0,293
		R3	6,67	1,63	1,66	0,96	0,472
C1P3p2	10	R1	2,95	1,61	1,03	0,60	0,097
		R2	3,07	1,60	1,44	0,83	0,133
		R3	2,92	1,66	1,23	0,71	0,118
	20	R1	2,33	1,69	1,45	0,84	0,283
		R2	2,39	1,67	0,84	0,49	0,163
		R3	2,35	1,65	1,45	0,84	0,276
	30	R1	3,00	1,68	1,43	0,83	0,419
		R2	3,03	1,67	1,24	0,72	0,360
		R3	3,12	1,72	2,06	1,19	0,617
C1P3p3	10	R1	6,21	1,73	1,24	0,72	0,125
		R2	6,19	1,69	0,83	0,48	0,082
		R3	6,22	1,69	1,88	1,09	0,184
	20	R1	3,88	1,15	1,25	0,72	0,166
		R2	3,75	1,80	0,83	0,48	0,173
		R3	4,74	1,38	1,25	0,73	0,201
	30	R1	6,55	1,54	1,46	0,84	0,389
		R2	6,53	1,87	3,13	1,82	1,020
		R3	6,50	1,84	2,86	1,66	0,915
C1P3p4	10	R1	2,40	1,77	0,82	0,48	0,085
		R2	1,73	1,83	1,02	0,59	0,108
		R3	2,24	1,91	0,81	0,47	0,090
	20	R1	3,48	1,78	0,81	0,47	0,168
		R2	3,72	1,61	1,22	0,71	0,229
		R3	3,59	1,69	1,04	0,60	0,204
	30	R1	5,33	1,78	1,24	0,72	0,385
		R2	5,13	1,85	1,64	0,95	0,527
		R3	6,35	1,80	1,22	0,71	0,383
C1P3p5	10	R1	3,30	1,75	0,62	0,36	0,063
		R2	4,44	1,77	1,02	0,59	0,105
		R3	4,24	1,84	0,82	0,48	0,088
	20	R1	5,05	1,80	1,01	0,59	0,212
		R2	5,21	1,78	1,22	0,71	0,252
		R3	5,34	1,73	1,03	0,60	0,206
	30	R1	6,08	1,59	1,24	0,72	0,344
		R2	6,30	1,61	1,64	0,95	0,459
		R3	5,94	1,62	1,67	0,97	0,471

ANEXO 32. Codificación y datos obtenidos en C2 implementado en el *BVPCC* con las repeticiones realizadas en los 5 puntos de muestreo a las diferentes profundidades en la parcela P1.

DETRERMINACION DEL STOCK DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO C2							
CODIFICACIÓN	PROF. MUESTRA (cm)	REPETICION	HUMEDAD (%)	D a (g/cm ³)	% MATERIA ORGANICA	% CARBONO ORGANIGO	COS (Tn / Ha)
C2P1p1	10	R1	3,63	1,74	0,61	0,35	0,061
		R2	3,53	1,80	0,41	0,24	0,042
		R3	3,63	1,81	0,82	0,47	0,086
	20	R1	5,68	1,63	1,23	0,72	0,234
		R2	5,44	1,69	2,06	1,20	0,404
		R3	5,63	1,68	1,43	0,83	0,279
	30	R1	5,79	1,70	1,23	0,72	0,366
		R2	5,69	1,82	1,22	0,71	0,387
		R3	5,55	1,78	1,64	0,95	0,506
C2P1p2	10	R1	3,74	1,84	1,22	0,71	0,130
		R2	2,80	1,85	0,82	0,47	0,088
		R3	3,33	1,90	1,22	0,71	0,134
	20	R1	4,75	1,75	1,02	0,59	0,207
		R2	3,90	1,64	1,03	0,60	0,196
		R3	4,26	1,65	0,82	0,47	0,156
	30	R1	5,73	1,81	1,03	0,60	0,324
		R2	4,25	1,83	1,22	0,71	0,389
		R3	5,34	1,78	1,24	0,72	0,382
C2P1p3	10	R1	3,23	1,68	0,61	0,35	0,060
		R2	4,04	1,75	1,03	0,60	0,104
		R3	3,47	1,83	0,82	0,48	0,087
	20	R1	4,41	1,78	1,22	0,71	0,252
		R2	4,92	1,72	0,81	0,47	0,163
		R3	4,09	1,76	0,82	0,48	0,167
	30	R1	5,91	1,58	1,66	0,96	0,457
		R2	5,61	1,61	1,24	0,72	0,348
		R3	5,64	1,61	1,46	0,84	0,407
C2P1p4	10	R1	4,45	1,59	0,62	0,36	0,057
		R2	4,09	1,65	0,41	0,24	0,040
		R3	4,73	1,67	1,03	0,60	0,100
	20	R1	5,03	1,61	1,24	0,72	0,231
		R2	5,25	1,63	1,04	0,60	0,197
		R3	5,65	1,55	1,46	0,85	0,262
	30	R1	6,85	1,48	1,25	0,72	0,322
		R2	5,62	1,59	1,56	0,91	0,434
		R3	6,17	1,56	2,06	1,20	0,560
C2P1p5	10	R1	2,95	1,61	0,62	0,36	0,058
		R2	3,02	1,61	1,03	0,60	0,096
		R3	2,59	1,65	0,83	0,48	0,079
	20	R1	3,30	1,62	1,25	0,72	0,234
		R2	3,69	1,67	1,05	0,61	0,204
		R3	3,51	1,63	1,03	0,60	0,196
	30	R1	4,27	1,66	1,23	0,71	0,354
		R2	4,26	1,64	1,45	0,84	0,413
		R3	5,73	1,68	1,88	1,09	0,551

ANEXO 33. Codificación y datos obtenidos en C2 implementado en el *BVPCC* con las repeticiones realizadas en los 5 puntos de muestreo a las diferentes profundidades en la parcela P2.

DETERMINACION DEL STOCK DE CARBONO ORGANICO EN EL SUELO C2							
CODIFICACIÓN	PROF. MUESTRA (cm)	REPETICION	HUMEDAD (%)	D a (g/cm3)	% MATERIA ORGANICA	% CARBONO ORGANICO	COS (Tn / Ha)
C2P2p1	10	R1	2,70	1,73	1,01	0,59	0,102
		R2	2,71	1,76	0,82	0,47	0,083
		R3	2,56	1,78	0,41	0,24	0,042
	20	R1	2,43	1,83	0,61	0,35	0,129
		R2	2,38	1,85	0,82	0,48	0,176
		R3	2,38	1,85	1,01	0,59	0,218
	30	R1	2,25	1,86	1,84	1,07	0,595
		R2	2,22	1,80	1,01	0,59	0,318
		R3	2,25	1,75	2,93	1,70	0,893
C2P2p2	10	R1	2,73	1,74	0,41	0,24	0,041
		R2	3,44	1,79	0,61	0,35	0,063
		R3	2,94	1,81	0,61	0,36	0,064
	20	R1	5,46	1,63	1,23	0,72	0,234
		R2	5,26	1,70	1,24	0,72	0,245
		R3	5,10	1,70	1,24	0,72	0,244
	30	R1	6,44	1,70	1,24	0,72	0,366
		R2	6,09	1,82	1,02	0,59	0,322
		R3	5,55	1,78	1,23	0,71	0,380
C2P2p3	10	R1	2,61	1,43	0,41	0,24	0,034
		R2	2,72	1,76	0,82	0,47	0,083
		R3	2,65	1,80	1,24	0,72	0,130
	20	R1	2,70	1,81	0,82	0,48	0,172
		R2	2,73	1,84	1,65	0,96	0,352
		R3	2,78	1,78	1,43	0,83	0,297
	30	R1	3,01	1,83	1,23	0,72	0,393
		R2	3,11	1,75	1,02	0,59	0,312
		R3	3,16	1,72	0,82	0,47	0,245
C2P2p4	10	R1	2,53	1,56	0,62	0,36	0,056
		R2	2,93	1,71	1,02	0,59	0,101
		R3	2,88	1,76	0,81	0,47	0,083
	20	R1	3,94	1,83	1,02	0,59	0,216
		R2	4,00	1,85	1,04	0,60	0,222
		R3	4,06	1,75	1,44	0,83	0,291
	30	R1	5,43	1,87	2,96	1,72	0,961
		R2	4,80	1,73	2,27	1,32	0,683
		R3	4,83	1,81	1,85	1,07	0,584
C2P2p5	10	R1	2,05	1,74	0,82	0,48	0,083
		R2	2,01	1,81	1,02	0,59	0,108
		R3	1,97	1,76	0,61	0,35	0,062
	20	R1	2,11	1,75	0,81	0,47	0,165
		R2	2,20	1,92	0,81	0,47	0,181
		R3	2,06	1,47	1,44	0,84	0,246
	30	R1	2,98	1,56	1,43	0,83	0,387
		R2	2,93	1,87	1,03	0,60	0,335
		R3	2,90	1,87	1,05	0,61	0,342

ANEXO 34. Codificación y datos obtenidos en C1 implementado en el *BVPCC* con las repeticiones realizadas en los 5 puntos de muestreo a las diferentes profundidades en la parcela P3.

DETERMINACION DEL STOCK DE CARBONO ORGANICO EN EL SUELO C2							
CODIFICACIÓN	PROF. MUESTRA (cm)	REPETICION	HUMEDAD (%)	D a (g/cm ³)	% MATERIA ORGANICA	% CARBONO ORGANICO	COS (Tn / Ha)
C2P3p1	10	R1	3,79	1,75	0,41	0,24	0,041
		R2	3,72	1,69	0,20	0,12	0,020
		R3	3,92	1,73	0,61	0,35	0,061
	20	R1	6,08	1,76	1,45	0,84	0,295
		R2	5,98	1,81	1,24	0,72	0,260
		R3	6,05	1,78	2,29	1,33	0,472
	30	R1	6,38	1,75	2,50	1,45	0,762
		R2	6,40	1,86	2,30	1,33	0,743
		R3	6,32	1,72	1,86	1,08	0,557
C2P3p2	10	R1	4,56	1,81	2,70	1,56	0,283
		R2	4,63	1,79	1,02	0,59	0,106
		R3	4,60	1,83	1,44	0,84	0,153
	20	R1	4,81	1,74	1,44	0,84	0,291
		R2	6,10	1,63	1,65	0,96	0,312
		R3	4,92	1,66	1,85	1,07	0,356
	30	R1	3,75	1,81	1,65	0,95	0,519
		R2	6,90	1,81	1,43	0,83	0,449
		R3	6,47	1,75	1,01	0,59	0,308
C2P3p3	10	R1	3,43	1,71	0,61	0,35	0,060
		R2	3,38	1,74	0,61	0,35	0,062
		R3	4,21	1,84	0,81	0,47	0,087
	20	R1	3,57	1,80	1,28	0,74	0,267
		R2	3,61	1,76	0,68	0,39	0,138
		R3	4,55	1,76	0,60	0,35	0,124
	30	R1	6,00	1,61	1,23	0,71	0,343
		R2	3,45	1,62	0,81	0,47	0,229
		R3	5,45	1,62	0,81	0,47	0,229
C2P3p4	10	R1	4,57	1,73	1,03	0,60	0,103
		R2	5,90	1,70	1,64	0,95	0,161
		R3	5,68	1,77	1,85	1,07	0,189
	20	R1	7,72	1,64	1,23	0,71	0,233
		R2	7,55	1,64	1,65	0,95	0,313
		R3	7,60	1,63	1,24	0,72	0,236
	30	R1	8,21	1,65	2,06	1,20	0,594
		R2	8,02	1,61	1,86	1,08	0,521
		R3	7,79	1,60	1,86	1,08	0,517
C2P3p5	10	R1	2,78	1,80	0,61	0,36	0,064
		R2	2,78	1,82	0,61	0,35	0,065
		R3	2,75	1,88	0,61	0,36	0,067
	20	R1	3,86	1,88	0,61	0,35	0,133
		R2	4,00	1,77	1,23	0,71	0,254
		R3	3,97	1,80	0,81	0,47	0,169
	30	R1	4,94	1,88	1,65	0,96	0,540
		R2	4,91	1,93	1,44	0,84	0,484
		R3	4,93	1,87	1,65	0,96	0,538

ANEXO 23. Datos de carbono orgánico en el suelo (COS) obtenidos en laboratorio una vez realizados los análisis y repeticiones de las muestras a diferentes profundidades en el C1 BVPCC, parcela 1.

DETERMINACION DEL STOCK DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO C1 PARCELA 1

PUNTO	PROF. MUESTRA (cm)	REPETICION	P. CILINDRO (g)	P. CILINDRO + SUELO HUMEDO (g)	P. SUELO SECO EST. 105 °C (g)	PESO HUMEDO (g)	PESO SECO (g)		HUMEDAD (%)	V. CILINDRO (cm ³)	D a (g/cm ³)	P. CRISOL (g)	P. SUELO (g)	P. CRISOL + SUELO (g)		P.SUELO SECO DESP. IGNIC. (g)			% MATERIA ORGANICA	% CARBONO ORGANIGO	COS (Tn / Ha)
1	10	R1	48,50	129,92	127,16	81,42	78,66	2,76	3,39	72,80	1,75	26,68	5,00	31,68	31,64	31,59	4,96	4,91	0,81	0,47	0,083
		R2	47,82	132,51	129,74	84,69	81,92	2,77	3,27	72,80	1,78	26,85	5,00	31,85	31,82	31,73	4,97	4,88	0,61	0,36	0,064
		R3	48,15	127,23	124,48	79,08	76,33	2,75	3,48	72,80	1,71	27,57	5,00	32,57	32,53	32,42	4,96	4,85	0,82	0,48	0,082
	20	R1	49,88	122,07	119,31	72,19	69,43	2,76	3,82	72,80	1,64	23,57	5,00	28,57	28,53	28,44	4,96	4,87	0,82	0,48	0,156
		R2	47,70	127,2	124,10	79,50	76,40	3,10	3,90	72,80	1,70	26,16	5,00	31,16	31,11	31,02	4,95	4,86	1,03	0,60	0,203
		R3	47,17	124,81	121,75	77,64	74,58	3,06	3,94	72,80	1,67	26,49	5,00	31,49	31,44	31,34	4,95	4,85	1,03	0,60	0,200
	30	R1	47,65	119,33	115,00	71,68	67,35	4,33	6,04	72,80	1,58	24,68	5,00	29,68	29,60	29,55	4,92	4,87	1,64	0,95	0,451
		R2	49,07	123,22	118,91	74,15	69,84	4,31	5,81	72,80	1,63	25,07	5,00	30,07	29,98	29,92	4,91	4,85	1,86	1,08	0,527
		R3	46,80	125,35	120,79	78,55	73,99	4,56	5,81	72,80	1,66	23,55	5,00	28,55	28,46	28,40	4,91	4,85	1,86	1,08	0,536
2	10	R1	48,15	114,82	112,70	66,67	64,55	2,12	3,18	72,80	1,55	26,04	5,00	31,04	31,02	30,90	4,98	4,86	0,41	0,24	0,037
		R2	48,60	121,88	119,64	73,28	71,04	2,24	3,06	72,80	1,64	28,42	5,00	33,42	33,40	33,31	4,98	4,89	0,41	0,24	0,039
		R3	46,24	120,02	118,12	73,78	71,88	1,90	2,58	72,80	1,62	25,66	5,00	30,66	30,62	30,54	4,96	4,88	0,82	0,48	0,077
	20	R1	48,79	119,88	117,21	71,09	68,42	2,67	3,76	72,80	1,61	25,70	5,00	30,70	30,64	30,58	4,94	4,88	1,23	0,71	0,230
		R2	48,31	121,05	118,23	72,74	69,92	2,82	3,88	72,80	1,62	27,43	5,00	32,43	32,38	32,30	4,95	4,87	1,03	0,60	0,193
		R3	48,87	118,66	115,77	69,79	66,90	2,89	4,14	72,80	1,59	24,91	5,00	29,91	29,85	29,79	4,94	4,88	1,23	0,71	0,227
	30	R1	47,98	114,58	110,78	66,60	62,80	3,80	5,71	72,80	1,52	27,00	5,00	32,00	31,96	31,85	4,96	4,85	0,82	0,48	0,218
		R2	49,25	125,07	120,89	75,82	71,64	4,18	5,51	72,80	1,66	26,15	5,00	31,15	31,09	31,00	4,94	4,85	1,24	0,72	0,357
		R3	47,72	120,74	117,67	73,02	69,95	3,07	4,20	72,80	1,62	27,57	5,00	32,57	32,49	32,38	4,92	4,81	1,66	0,96	0,468

ANEXO 24. Datos de carbono orgánico en el suelo (COS) obtenidos en laboratorio una vez realizados los análisis y repeticiones de las muestras a diferentes profundidades en el C1 BVPCC, parcela 2.

DETERMINACION DEL STOCK DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO C1 PARCELA 2

PUNTO	PROF. MUESTRA (cm)	REPETICION	P. CILINDRO (g)	P. CILINDRO + SUELO HUMEDO (g)	P. SUELO SECO EST. 105 °C (g)	PESO HUMEDO (g)	PESO SECO (g)		HUMEDAD (%)	V. CILINDRO (cm ³)	D a (g/cm ³)	P. CRISOL (g)	P. SUELO (g)	P. CRISOL+ SUELO (g)		P.SUELO SECO DESP. IGNIC. (g)			% MATERIA ORGANICA	% CARBONO ORGANIGO	COS (Tn / Ha)
1	10	R1	48,50	137,65	133,68	89,15	85,18	3,97	4,45	72,80	1,84	26,68	5,00	31,68	31,64	31,50	4,96	4,82	0,83	0,48	0,088
		R2	47,82	138,49	134,48	90,67	86,66	4,01	4,42	72,80	1,85	26,85	5,00	31,85	31,80	31,70	4,95	4,85	1,03	0,60	0,110
		R3	48,15	140,21	136,11	92,06	87,96	4,10	4,45	72,80	1,87	27,57	5,00	32,57	32,52	32,44	4,95	4,87	1,03	0,60	0,111
	20	R1	49,88	130,29	127,42	80,41	77,54	2,87	3,57	72,80	1,75	23,57	5,00	28,57	28,53	28,53	4,96	4,96	0,81	0,47	0,164
		R2	47,70	121,91	119,32	74,21	71,62	2,59	3,49	72,80	1,64	26,16	5,00	31,16	31,14	31,09	4,98	4,93	0,41	0,24	0,077
		R3	47,17	126,75	123,93	79,58	76,76	2,82	3,54	72,80	1,70	26,49	5,00	31,49	31,47	31,30	4,98	4,81	0,42	0,24	0,082
	30	R1	47,65	136,09	131,48	88,44	83,83	4,61	5,21	72,80	1,81	24,68	5,00	29,68	29,63	29,50	4,95	4,82	1,04	0,60	0,326
		R2	49,07	137,41	132,78	88,34	83,71	4,63	5,24	72,80	1,82	25,07	5,00	30,07	30,03	29,96	4,96	4,89	0,82	0,47	0,260
		R3	46,80	133,70	129,14	86,90	82,34	4,56	5,25	72,80	1,77	23,55	5,00	28,55	28,50	28,46	4,95	4,91	1,02	0,59	0,314
2	10	R1	48,06	127,87	125,17	79,81	77,11	2,70	3,38	72,80	1,72	26,93	5,00	31,93	31,90	31,82	4,97	4,89	0,61	0,36	0,061
		R2	47,89	130,81	128,04	82,92	80,15	2,77	3,34	72,80	1,76	25,07	5,00	30,07	30,00	29,93	4,93	4,86	1,44	0,84	0,147
		R3	53,03	136,55	133,73	83,52	80,70	2,82	3,38	72,80	1,84	26,83	5,00	31,83	31,78	31,70	4,95	4,87	1,03	0,60	0,109
	20	R1	51,70	133,26	130,31	81,56	78,61	2,95	3,62	72,80	1,79	27,46	5,00	32,46	32,44	32,39	4,98	4,93	0,41	0,24	0,084
		R2	47,62	130,48	127,45	82,86	79,83	3,03	3,66	72,80	1,75	23,98	5,00	28,98	28,96	28,89	4,98	4,91	0,41	0,24	0,083
		R3	48,58	131,06	128,07	82,48	79,49	2,99	3,63	72,80	1,76	25,01	5,00	30,01	29,98	29,94	4,97	4,93	0,61	0,35	0,124
	30	R1	47,54	120,52	116,08	72,98	68,54	4,44	6,08	72,80	1,59	25,09	5,00	30,09	30,02	29,92	4,93	4,83	1,45	0,84	0,402
		R2	47,88	121,65	117,14	73,77	69,26	4,51	6,11	72,80	1,61	27,57	5,00	32,57	32,50	32,44	4,93	4,87	1,44	0,83	0,402
		R3	46,38	121,70	117,12	75,32	70,74	4,58	6,08	72,80	1,61	26,79	5,00	31,79	31,73	31,63	4,94	4,84	1,24	0,72	0,347

ANEXO 25. Datos de carbono orgánico en el suelo (COS) obtenidos en laboratorio una vez realizados los análisis y repeticiones de las muestras a diferentes profundidades en el C1 BVPCC, parcela 3.

DETERMINACION DEL STOCK DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO C1 PARCELA 3

PUNTO	PROF. MUESTRA (cm)	REPETICION	P. CILINDRO (g)	P. CILINDRO + SUELO HUMEDO (g)	P. SUELO SECO EST. 105 °C (g)	PESO HUMEDO (g)	PESO SECO (g)		HUMEDAD (%)	V. CILINDRO (cm ³)	D _a (g/cm ³)	P. CRISOL (g)	P. SUELO (g)	P. CRISOL+ SUELO (g)		P.SUELO SECO DESP. IGNIC. (g)	ESTUFA	MUFFLA	% MATERIA ORGANICA	% CARBONO ORGANICO	COS (Tn / Ha)
1	10	R1	48,15	119,82	115,70	71,67	67,55	4,12	5,75	72,80	1,59	26,04	5,00	31,04	31,00	30,87	4,96	4,83	0,83	0,48	0,076
		R2	48,60	123,88	119,64	75,28	71,04	4,24	5,63	72,80	1,64	28,42	5,00	33,42	33,38	33,31	4,96	4,89	0,82	0,47	0,078
		R3	46,24	125,02	121,12	78,78	74,88	3,90	4,95	72,80	1,66	25,66	5,00	30,66	30,59	30,52	4,93	4,86	1,44	0,84	0,139
	20	R1	48,79	120,88	116,21	72,09	67,42	4,67	6,48	72,80	1,60	25,70	5,00	30,70	30,61	30,58	4,91	4,88	1,84	1,07	0,341
		R2	48,31	122,05	117,23	73,74	68,92	4,82	6,54	72,80	1,61	27,43	5,00	32,43	32,38	32,30	4,95	4,87	1,03	0,60	0,192
		R3	48,87	117,66	113,20	68,79	64,33	4,46	6,48	72,80	1,55	24,91	5,00	29,91	29,85	29,79	4,94	4,88	1,23	0,71	0,222
	30	R1	47,98	114,18	109,78	66,20	61,80	4,40	6,65	72,80	1,51	27,00	5,00	32,00	31,96	31,85	4,96	4,85	0,82	0,48	0,216
		R2	49,25	124,07	119,09	74,82	69,84	4,98	6,66	72,80	1,64	26,15	5,00	31,15	31,10	31,00	4,95	4,85	1,03	0,60	0,293
		R3	47,72	123,74	118,67	76,02	70,95	5,07	6,67	72,80	1,63	27,57	5,00	32,57	32,49	32,38	4,92	4,81	1,66	0,96	0,472
2	10	R1	50,00	119,38	117,33	69,38	67,33	2,05	2,95	72,80	1,61	28,04	5,00	33,04	32,99	32,88	4,95	4,84	1,03	0,60	0,097
		R2	47,75	118,51	116,34	70,76	68,59	2,17	3,07	72,80	1,60	46,69	5,00	51,69	51,62	51,56	4,93	4,87	1,44	0,83	0,133
		R3	49,16	122,87	120,72	73,71	71,56	2,15	2,92	72,80	1,66	32,85	5,00	37,85	37,79	37,72	4,94	4,87	1,23	0,71	0,118
	20	R1	47,38	124,52	122,72	77,14	75,34	1,80	2,33	72,80	1,69	38,08	5,00	43,08	43,01	42,91	4,93	4,83	1,45	0,84	0,283
		R2	49,48	123,56	121,79	74,08	72,31	1,77	2,39	72,80	1,67	64,44	5,00	69,44	69,40	69,21	4,96	4,77	0,84	0,49	0,163
		R3	46,54	121,70	119,93	75,16	73,39	1,77	2,35	72,80	1,65	47,27	5,00	52,27	52,20	52,11	4,93	4,84	1,45	0,84	0,276
	30	R1	47,82	124,91	122,60	77,09	74,78	2,31	3,00	72,80	1,68	48,37	5,00	53,37	53,30	53,26	4,93	4,89	1,43	0,83	0,419
		R2	46,86	123,86	121,53	77,00	74,67	2,33	3,03	72,80	1,67	56,16	5,00	61,16	61,10	61,00	4,94	4,84	1,24	0,72	0,360
		R3	48,88	127,95	125,48	79,07	76,60	2,47	3,12	72,80	1,72	17,40	5,00	22,40	22,30	22,26	4,90	4,86	2,06	1,19	0,617

ANEXO 26. Datos de carbono orgánico en el suelo (COS) obtenidos en laboratorio una vez realizados los análisis y repeticiones de las muestras a diferentes profundidades en el C2 BVPCC, parcela 1.

DETERMINACION DEL STOCK DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO C2 PARCELA 1

PUNTO	PROF. MUESTRA (cm)	REPETICION	P. CILINDRO (g)	P. CILINDRO + SUELO HUMEDO (g)	P. SUELO SECO EST. 105 °C (g)	PESO HUMEDO (g)	PESO SECO (g)		HUMEDAD (%)	V. CILINDRO (cm ³)	D a (g/cm ³)	P. CRISOL (g)	P. SUELO (g)	P. CRISOL+ SUELO (g)		P.SUELO SECO DESP. IGNIC. (g)	ESTUFA	MUFFLA	% MATERIA ORGANICA	% CARBONO ORGANIGO	COS (Tn / Ha)
1	10	R1	47,40	129,46	126,48	82,06	79,08	2,98	3,63	72,80	1,74	24,56	5,00	29,56	29,53	29,48	4,97	4,92	0,61	0,35	0,061
		R2	48,67	133,74	130,74	85,07	82,07	3,00	3,53	72,80	1,80	24,58	5,00	29,58	29,56	29,50	4,98	4,92	0,41	0,24	0,042
		R3	49,47	134,67	131,58	85,20	82,11	3,09	3,63	72,80	1,81	27,18	5,00	32,18	32,14	32,08	4,96	4,90	0,82	0,47	0,086
	20	R1	49,04	123,17	118,96	74,13	69,92	4,21	5,68	72,80	1,63	24,93	5,00	29,93	29,87	29,79	4,94	4,86	1,23	0,72	0,234
		R2	48,07	127,25	122,94	79,18	74,87	4,31	5,44	72,80	1,69	28,55	5,00	33,55	33,45	33,40	4,90	4,85	2,06	1,20	0,404
		R3	45,62	126,78	122,21	81,16	76,59	4,57	5,63	72,80	1,68	27,44	5,00	32,44	32,37	32,33	4,93	4,89	1,43	0,83	0,279
	30	R1	48,2	128,53	123,88	80,33	75,68	4,65	5,79	72,80	1,70	24,61	5,00	29,61	29,55	29,47	4,94	4,86	1,23	0,72	0,366
		R2	47,84	137,28	132,19	89,44	84,35	5,09	5,69	72,80	1,82	24,62	5,00	29,62	29,56	29,52	4,94	4,90	1,22	0,71	0,387
		R3	48,24	134,00	129,24	85,76	81,00	4,76	5,55	72,80	1,78	27,47	5,00	32,47	32,39	32,35	4,92	4,88	1,64	0,95	0,506
2	10	R1	48,50	136,99	133,68	88,49	85,18	3,31	3,74	72,80	1,84	26,68	5,00	31,68	31,62	31,59	4,94	4,91	1,22	0,71	0,130
		R2	47,82	137,49	134,98	89,67	87,16	2,51	2,80	72,80	1,85	26,85	5,00	31,85	31,81	31,75	4,96	4,90	0,82	0,47	0,088
		R3	48,15	141,21	138,11	93,06	89,96	3,10	3,33	72,80	1,90	27,57	5,00	32,57	32,51	32,48	4,94	4,91	1,22	0,71	0,134
	20	R1	49,88	131,29	127,42	81,41	77,54	3,87	4,75	72,80	1,75	23,57	5,00	28,57	28,52	28,48	4,95	4,91	1,02	0,59	0,207
		R2	47,70	122,23	119,32	74,53	71,62	2,91	3,90	72,80	1,64	26,16	5,00	31,16	31,11	31,00	4,95	4,84	1,03	0,60	0,196
		R3	47,17	123,15	119,91	75,98	72,74	3,24	4,26	72,80	1,65	26,49	5,00	31,49	31,45	31,39	4,96	4,90	0,82	0,47	0,156
	30	R1	47,65	136,89	131,78	89,24	84,13	5,11	5,73	72,80	1,81	24,68	5,00	29,68	29,63	29,54	4,95	4,86	1,03	0,60	0,324
		R2	49,07	136,91	133,18	87,84	84,11	3,73	4,25	72,80	1,83	25,07	5,00	30,07	30,01	29,98	4,94	4,91	1,22	0,71	0,389
		R3	46,80	133,89	129,24	87,09	82,44	4,65	5,34	72,80	1,78	23,55	5,00	28,55	28,49	28,40	4,94	4,85	1,24	0,72	0,382

ANEXO 27. Datos de carbono orgánico en el suelo (COS) obtenidos en laboratorio una vez realizados los análisis y repeticiones de las muestras a diferentes profundidades en el C2 BVPCC, parcela 2.

DETERMINACION DEL STOCK DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO C2 PARCELA 2

PUNTO	PROF. MUESTRA (cm)	REPETICION	P. CILINDRO (g)	P. CILINDRO + SUELO HUMEDO (g)	P. SUELO SECO EST. 105 °C (g)	PESO HUMEDO (g)	PESO SECO (g)		HUMEDAD (%)	V. CILINDRO (cm ³)	D _a (g/cm ³)	P. CRISOL (g)	P. SUELO (g)	P. CRISOL + SUELO (g)		P. SUELO SECO DESP. IGNIC. (g)	ESTUFA	MUFFLA	% MATERIA ORGANICA	% CARBONO ORGANICO	COS (Tn / Ha)
1	10	R1	48,15	128,26	126,10	80,11	77,95	2,16	2,70	72,80	1,73	26,04	5,00	31,04	30,99	30,97	4,95	4,93	1,01	0,59	0,102
		R2	48,60	130,57	128,35	81,97	79,75	2,22	2,71	72,80	1,76	28,42	5,00	33,42	33,38	33,32	4,96	4,90	0,82	0,47	0,083
		R3	46,24	131,75	129,56	85,51	83,32	2,19	2,56	72,80	1,78	25,66	5,00	30,66	30,64	30,58	4,98	4,92	0,41	0,24	0,042
	20	R1	48,79	135,64	133,53	86,85	84,74	2,11	2,43	72,80	1,83	25,70	5,00	30,70	30,67	30,63	4,97	4,93	0,61	0,35	0,129
		R2	48,31	136,83	134,72	88,52	86,41	2,11	2,38	72,80	1,85	27,43	5,00	32,43	32,39	32,30	4,96	4,87	0,82	0,48	0,176
		R3	48,87	136,94	134,84	88,07	85,97	2,10	2,38	72,80	1,85	24,91	5,00	29,91	29,86	29,84	4,95	4,93	1,01	0,59	0,218
	30	R1	47,98	137,38	135,37	89,40	87,39	2,01	2,25	72,80	1,86	27,00	5,00	32,00	31,91	31,89	4,91	4,89	1,84	1,07	0,595
		R2	49,25	133,15	131,29	83,90	82,04	1,86	2,22	72,80	1,80	26,15	5,00	31,15	31,10	31,08	4,95	4,93	1,01	0,59	0,318
		R3	47,72	129,42	127,58	81,70	79,86	1,84	2,25	72,80	1,75	27,57	5,00	32,57	32,43	32,35	4,86	4,78	2,93	1,70	0,893
2	10	R1	47,40	129,02	126,79	81,62	79,39	2,23	2,73	72,80	1,74	24,56	5,00	29,56	29,54	29,48	4,98	4,92	0,41	0,24	0,041
		R2	48,67	132,94	130,04	84,27	81,37	2,90	3,44	72,80	1,79	24,58	5,00	29,58	29,55	29,50	4,97	4,92	0,61	0,35	0,063
		R3	49,47	134,07	131,58	84,60	82,11	2,49	2,94	72,80	1,81	27,18	5,00	32,18	32,15	32,08	4,97	4,90	0,61	0,36	0,064
	20	R1	49,04	123,04	119	74,00	69,96	4,04	5,46	72,80	1,63	24,93	5,00	29,93	29,87	29,79	4,94	4,86	1,23	0,72	0,234
		R2	48,07	128,25	124,03	80,18	75,96	4,22	5,26	72,80	1,70	28,55	5,00	33,55	33,49	33,38	4,94	4,83	1,24	0,72	0,245
		R3	45,62	127,78	123,59	82,16	77,97	4,19	5,10	72,80	1,70	27,44	5,00	32,44	32,38	32,28	4,94	4,84	1,24	0,72	0,244
	30	R1	48,2	128,98	123,78	80,78	75,58	5,20	6,44	72,80	1,70	24,61	5,00	29,61	29,55	29,46	4,94	4,85	1,24	0,72	0,366
		R2	47,84	137,66	132,19	89,82	84,35	5,47	6,09	72,80	1,82	24,62	5,00	29,62	29,57	29,52	4,95	4,90	1,02	0,59	0,322
		R3	48,24	134,00	129,24	85,76	81,00	4,76	5,55	72,80	1,78	27,47	5,00	32,47	32,41	32,35	4,94	4,88	1,23	0,71	0,380

ANEXO 28. Datos de carbono orgánico en el suelo (COS) obtenidos en laboratorio una vez realizados los análisis y repeticiones de las muestras a diferentes profundidades en el C2 BVPCC, parcela 3.

DETERMINACION DEL STOCK DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO C2PARCELA 3

PUNTO	PROF. MUESTRA (cm)	REPETICION	P. CILINDRO (g)	P. CILINDRO +SUELO HUMEDO (g)	P. SUELO SECO EST. 105 °C (g)	PESO HUMEDO (g)	PESO SECO (g)		HUMEDAD (%)	V. CILINDRO (cm ³)	D a (g/cm ³)	P. CRISOL (g)	P. SUELO (g)	P. CRISOL+ SUELO (g)		P.SUELO SECO DESP. IGNIC. (g)	ESTUFA	MUFFLA	% MATERIA ORGANICA	% CARBONO ORGANIGO	COS (Tn / Ha)
1	10	R1	48,50	130,29	127,19	81,79	78,69	3,10	3,79	72,80	1,75	26,68	5,00	31,68	31,66	31,57	4,98	4,89	0,41	0,24	0,041
		R2	47,82	125,86	122,96	78,04	75,14	2,90	3,72	72,80	1,69	26,85	5,00	31,85	31,84	31,75	4,99	4,90	0,20	0,12	0,020
		R3	48,15	129,18	126	81,03	77,85	3,18	3,92	72,80	1,73	27,57	5,00	32,57	32,54	32,50	4,97	4,93	0,61	0,35	0,061
	20	R1	49,88	132,99	127,94	83,11	78,06	5,05	6,08	72,80	1,76	23,57	5,00	28,57	28,50	28,40	4,93	4,83	1,45	0,84	0,295
		R2	47,70	137,11	131,76	89,41	84,06	5,35	5,98	72,80	1,81	26,16	5,00	31,16	31,10	31,01	4,94	4,85	1,24	0,72	0,260
		R3	47,17	134,66	129,37	87,49	82,20	5,29	6,05	72,80	1,78	26,49	5,00	31,49	31,38	31,29	4,89	4,80	2,29	1,33	0,472
	30	R1	47,65	132,89	127,45	85,24	79,80	5,44	6,38	72,80	1,75	24,68	5,00	29,68	29,56	29,48	4,88	4,80	2,50	1,45	0,762
		R2	49,07	141,23	135,33	92,16	86,26	5,90	6,40	72,80	1,86	25,07	5,00	30,07	29,96	29,86	4,89	4,79	2,30	1,33	0,743
		R3	46,80	130,24	124,97	83,44	78,17	5,27	6,32	72,80	1,72	23,55	5,00	28,55	28,46	28,38	4,91	4,83	1,86	1,08	0,557
2	10	R1	48,50	135,65	131,68	87,15	83,18	3,97	4,56	72,80	1,81	26,68	5,00	31,68	31,55	31,50	4,87	4,82	2,70	1,56	0,283
		R2	47,82	134,49	130,48	86,67	82,66	4,01	4,63	72,80	1,79	26,85	5,00	31,85	31,80	31,77	4,95	4,92	1,02	0,59	0,106
		R3	48,15	137,21	133,11	89,06	84,96	4,10	4,60	72,80	1,83	27,57	5,00	32,57	32,50	32,43	4,93	4,86	1,44	0,84	0,153
	20	R1	49,88	130,29	126,42	80,41	76,54	3,87	4,81	72,80	1,74	23,57	5,00	28,57	28,50	28,42	4,93	4,85	1,44	0,84	0,291
		R2	47,70	122,91	118,32	75,21	70,62	4,59	6,10	72,80	1,63	26,16	5,00	31,16	31,08	31,00	4,92	4,84	1,65	0,96	0,312
		R3	47,17	124,75	120,93	77,58	73,76	3,82	4,92	72,80	1,66	26,49	5,00	31,49	31,40	31,36	4,91	4,87	1,85	1,07	0,356
	30	R1	47,65	135,09	131,81	87,44	84,16	3,28	3,75	72,80	1,81	24,68	5,00	29,68	29,60	29,54	4,92	4,86	1,65	0,95	0,519
		R2	49,07	137,91	131,78	88,84	82,71	6,13	6,90	72,80	1,81	25,07	5,00	30,07	30,00	29,98	4,93	4,91	1,43	0,83	0,449
		R3	46,80	132,70	127,14	85,90	80,34	5,56	6,47	72,80	1,75	23,55	5,00	28,55	28,50	28,48	4,95	4,93	1,01	0,59	0,308

ANEXO 35. Test de Tukey alfa al 5% para el %Humedad en el suelo según los puntos.

Punto	Medias	Rango
3	4,83	A
1	4,63	AB
4	4,53	B
2	4,23	C
5	3,98	D

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 36. Test de Tukey alfa al 5% para el %Humedad en el suelo según la interacción Parcela*

Punto.

Parcela	Punto	Medias	Rango
6	4	7,00	A
1	3	6,73	AB
3	1	6,20	BC
3	3	5,62	CD
6	1	5,40	DE
4	4	5,32	DEF
6	2	5,19	DEF
3	5	5,10	DEFG
2	3	5,04	DEFGH
4	1	4,95	DEFGHI
5	2	4,78	EFGHIJ
1	5	4,43	GHIJKL
2	1	4,40	GHIJKL
1	1	4,38	GHIJKL
2	5	4,34	HIJKL
4	2	4,23	IJKL
2	4	4,21	JKL
6	3	4,18	JKL
1	2	4,00	KL
6	5	3,95	KL
5	4	3,93	KL
3	4	3,77	L
4	5	3,70	L
1	4	2,94	M
5	3	2,83	M
3	2	2,80	M
5	1	2,43	M
5	5	2,36	M

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 37. Test de Tukey alfa al 5% para el %Humedad en el suelo según la interacción Parcela * Profundidad.

Parcela	Profundidad	Medias	Rango
6	3	6,07	A
1	3	5,78	AB
3	3	5,59	AB
2	3	5,57	AB
4	3	5,49	B
6	2	5,36	B
4	2	4,63	C
2	2	4,53	C
1	2	4,52	C
3	2	4,36	CD
6	1	4,15	CD
3	1	4,15	CD
5	3	3,86	DE
4	1	3,55	EF
2	1	3,31	F
5	2	3,31	F
1	1	3,19	F
5	1	2,63	G

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 38. Test de Tukey alfa al 5% para el %Humedad en el suelo según la interacción Punto*Profundidad.

Punto	Profundidad	Medias	Rango
4	3	5,85	A
3	3	5,54	AB
1	3	5,34	BC
2	3	5,19	BC
3	2	5,07	BCD
5	3	4,99	CD
1	2	4,66	DE
4	2	4,49	EF
2	2	4,13	FG
5	2	3,91	G
3	1	3,89	G
2	1	3,37	H

5	1	3,09	H
---	---	------	---

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 39. Test de Tukey alfa al 5% para la Densidad Aparente según los Puntos.

Punto	Medias	Rango
1	1,73	A
5	1,72	A
2	1,71	A
4	1,70	A
3	1,69	A

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 40. Test de Tukey alfa al 5% para la Densidad Aparente según la interacción Parcela*Punto.

Parcela	Punto	Medias	Rango
6	5	1,85	A
5	1	1,80	AB
2	1	1,78	ABC
4	2	1,78	ABC
3	4	1,78	ABC
5	4	1,76	ABCD
6	1	1,76	ABCD
1	5	1,76	ABCD
6	2	1,76	ABCD
2	4	1,75	ABCDE
5	5	1,75	ABCDE
5	3	1,75	ABCDE
5	2	1,74	ABCDE
4	1	1,74	ABCDEF
3	5	1,72	ABCDEFG
6	3	1,72	ABCDEFG
2	2	1,71	ABCDEFG
4	3	1,70	BCDEFG
2	3	1,69	BCDEFG
1	1	1,68	BCDEFG
6	4	1,66	CDEFG
3	2	1,66	CDEFG
1	4	1,66	CDEFG
4	5	1,64	DEFG
3	3	1,63	DEFG
2	5	1,62	EFG

3	1	1,60	FG
1	2	1,60	FG
4	4	1,59	G

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 41. Test de Tukey alfa al 5% para la Densidad Aparente según la interacción Parcela*Profundidad.

Parcela	Profundidad	Medias	Rango
5	3	1,78	A
6	1	1,77	A
5	2	1,77	AB
2	1	1,74	ABC
6	2	1,74	ABC
4	1	1,73	ABC
6	3	1,73	ABCD
5	1	1,73	ABCD
2	3	1,72	ABCD
3	1	1,72	ANCD
1	1	1,71	ABCD
3	3	1,69	ABCD
4	3	1,68	BCD
4	2	1,67	CD
2	2	1,67	CD
1	2	1,66	CD
1	3	1,65	CD
3	2	1,63	D

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 42. Test de Tukey alfa al 5% para la Densidad Aparente según la interacción Punto*Profundidad.

Punto	Profundidad	Medias	Rango
5	1	1,76	A
1	1	1,75	A
2	1	1,74	A
1	3	1,73	A
5	3	1,72	A
3	1	1,72	A
2	3	1,71	A
1	2	1,71	A
4	3	1,70	A
4	2	1,70	A
4	1	1,70	A

5	2	1,68	A
2	2	1,68	A
3	3	1,68	A

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 43. Test de Tukey alfa al 5% para el %Materia Orgánica en el suelo según los Puntos.

Punto	Medias	Rango
4	1,29	A
3	1,26	A
5	1,19	A
1	1,16	A
2	1,15	A

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 44. Test de Tukey alfa al 5% para el %Materia Orgánica en el suelo según la interacción Parcela*Parcela.

Parcela	Punto	Media	Rango
1	3	1,95	A
2	5	1,66	AB
3	3	1,64	ABC
6	4	1,60	ABCD
6	2	1,58	ABCDE
2	4	1,46	ABCDE
5	4	1,45	ABCDEF
6	1	1,43	ABCDEF
3	2	1,35	ABCDEF
3	1	1,19	BCDEF
4	4	1,19	BCDEF
4	1	1,18	BCDEF
1	1	1,16	BCDEF
5	1	1,16	BCDEF
4	5	1,15	BCDEF
3	5	1,14	BCDEF
3	4	1,09	BCDEF
4	3	1,07	BCDEF
1	5	1,07	BCDEF
6	5	1,07	BCDEF
4	2	1,07	BCDEF
5	3	1,05	BCDEF
2	3	1,03	BCDEF
5	5	1,00	CDEF
1	2	0,98	DEF

5	2	0,98	DEF
2	2	0,96	EF
6	3	0,83	F

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 45. Test de Tukey alfa al 5% para el %Materia Orgánica en el suelo según la interacción Parcela*Profundidad.

Parcela	Profundidad	Medias	Rango
3	3	1,62	A
6	3	1,61	A
2	3	1,59	A
1	3	1,54	AB
5	3	1,53	AB
4	3	1,42	ABC
1	2	1,29	ABCD
6	2	1,28	ABCD
4	2	1,17	ABCDE
3	2	1,17	ABCDE
5	2	1,11	BCDE
3	1	1,06	CDE
6	1	1,05	CDE
2	2	1,00	CDE
2	1	0,97	CDE
1	1	0,84	DE
4	1	0,81	E
5	1	0,75	E

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 46. Test de Tukey alfa al 5% para el %Materia Orgánica en el suelo según la interacción Punto*Profundidad.

Punto	Profundidad	Medias	Rango
4	3	1,80	A
1	3	1,57	AB
3	3	1,57	AB
5	3	1,50	ABC
2	3	1,31	BCD
3	2	1,23	BCDE
5	2	1,20	BCDE
1	2	1,15	CDEF
4	2	1,14	CDEF
2	2	1,12	CDEF

2	1	1,03	DEF
5	1	0,87	EF
1	1	0,75	F

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 47. Test de Tukey alfa al 5% para el % *COS* según los Puntos de muestreo.

Punto	Medias	Rango
4	0,75	A
3	0,73	A
5	0,69	A
1	0,67	A
2	0,67	A

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 48. Test de Tukey alfa al 5% para el % *COS* según la interacción Parcela*Punto.

Parcela	Punto	Media	Rango
1	3	1,13	A
2	5	0,97	AB
3	3	0,95	ABC
6	4	0,93	ABCD
6	2	0,91	ABCDE
2	4	0,85	ABCDE
5	4	0,84	ABCDEF
6	1	0,83	ABCDEF
3	2	0,78	ABCDEF
3	1	0,69	BCDEF
4	4	0,69	BCDEF
4	1	0,69	BCDEF
1	1	0,68	BCDEF
5	1	0,68	BCDEF
4	5	0,67	BCDEF
3	5	0,66	BCDEF
3	4	0,63	BCDEF
4	3	0,62	BCDEF
1	5	0,62	BCDEF
4	2	0,62	BCDEF
5	3	0,61	BCDEF
6	5	0,60	BCDEF
2	3	0,60	CDEF
5	5	0,58	DEF
1	2	0,57	DEF

5	2	0,57	DEF
1	4	0,56	EF
2	1	0,48	F

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 49. Test de Tukey alfa al 5% para el % *COS* según la interacción Parcela*Profundidad.

Parcela	Profundidad	Medias	Rango
3	3	0,94	A
6	3	0,93	AB
2	3	0,92	AB
1	3	0,89	ABC
5	3	0,89	ABC
4	3	0,83	ABCD
1	2	0,75	ABCDE
6	2	0,74	ABCDE
4	2	0,68	BCDEF
3	2	0,68	BCDEF
5	2	0,64	CDEF
3	1	0,61	DEF
6	1	0,60	DEF
2	2	0,58	DEF
2	1	0,56	EF
1	1	0,49	EF
4	1	0,47	F
5	1	0,43	F

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 50. Test de Tukey alfa al 5% para el % *COS* según la interacción Punto*Profundidad.

Punto	Profundidad	Medias	Rango
4	3	1,04	A
1	3	0,91	AB
3	3	0,91	AB
5	3	0,87	ABC
2	3	0,76	BCD
3	2	0,71	BCDE
5	2	0,70	BCDE
1	2	0,67	CDE
4	2	0,66	CDEF
2	2	0,65	CDEF
2	1	0,60	DEF
3	1	0,57	DEF

4	1	0,54	DEF
5	1	0,50	EF
1	1	0,44	F

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 51. Test de Tukey alfa al 5% para *COS (t/ha)* en el suelo según los Puntos de muestreo.

Punto	Medias	Rango
4	0,28	A
3	0,27	A
1	0,26	A
5	0,26	A
2	0,24	A

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 52. Test de Tukey alfa al 5% para *COS (t/ha)* en el suelo según la interacción Parcela*Punto.

Parcela	Punto	Media	Rango
1	3	0,39	A
3	3	0,36	AB
6	1	0,36	ABC
5	4	0,36	ABC
2	5	0,35	ABC
2	4	0,34	ABC
6	4	0,32	ABCD
6	2	0,31	ABCD
5	1	0,28	ABCD
3	2	0,27	ABCD
6	5	0,26	ABCD
4	1	0,26	ABCD
1	1	0,26	ABCD
4	4	0,24	ABCD
3	5	0,24	ABCD
4	5	0,24	ABCD
3	4	0,24	ABCD
1	5	0,23	ABCD
4	3	0,23	BCD
3	1	0,23	BCD
5	3	0,22	BCD
4	2	0,22	BCD
2	3	0,22	BCD
5	2	0,22	BCD

5	5	0,21	BCD
1	2	0,21	BCD
2	2	0,20	CD
6	3	0,17	D

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 53. Test de Tukey alfa al 5% para *COS (t/ha)* en el suelo según la interacción Parcela*Profundidad.

Parcela	Profundidad	Medias	Rango
6	3	0,49	A
3	3	0,48	A
2	3	0,48	A
5	3	0,47	A
1	3	0,44	A
4	3	0,41	A
6	2	0,26	B
1	2	0,25	B
5	2	0,23	BC
4	2	0,23	BC
3	2	0,22	BCD
2	2	0,19	BCDE
6	1	0,12	CDE
3	1	0,10	DE
2	1	0,10	E
1	1	0,08	E
4	1	0,08	E
5	1	0,08	E

Realizado por: Poveda, A. 2015

ANEXO 54. Test de Tukey alfa al 5% para *COS (t/ha)* en el suelo según la interacción Punto*Profundidad

Punto	Profundidad	Medias	Rango
4	3	0,54	A
1	3	0,47	AB
3	3	0,46	AB
5	3	0,45	AB
2	3	0,39	B
3	2	0,24	C
5	2	0,23	C
1	2	0,23	C
4	2	0,23	C

2	2	0,22	C
2	1	0,10	D
5	1	0,10	D
3	1	0,10	D

Realizado por: Poveda, A. 2015