

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Determinación de captura de carbono en suelos de un sistema
agroforestal con café (*Coffea arábica*) en el Valle Esquilaya -
Región Puno, 2018**

Por:

Luz Madeleine Enriquez Lope

Asesor:

MSc. Jael Calla Calla

Juliaca, diciembre de 2018

DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

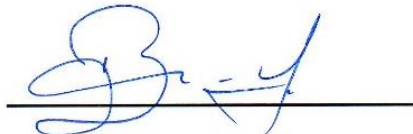
MSc. Jael Calla Calla, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: ***“Determinación de captura de carbono en suelos de un sistema agroforestal con café (Coffea arábica) en el Valle Esquilaya - Región Puno”*** Constituye la memoria que presenta la bachiller Luz Madeleine Enriquez Lope para aspirar al título Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 31 días del mes de diciembre del año 2018.



MSc. Jael Calla Calla

Asesor

Determinación de captura de carbono en suelos de un sistema agroforestal con café (*Coffea arábica*) en el Valle Esquilaya - Región Puno, 2018

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera

Presidente



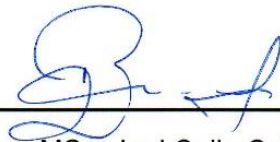
MSc. Rose Adeline Callata Chura

Secretario



Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani

Vocal



MSc. Jael Calla Calla

Asesor

Juliaca, 31 de diciembre de 2018

DEDICATORIA

A mis queridos padres Marina y Wilfredo, por su apoyo incondicional en todo momento por sus consejos, sus valores, por la motivación que me permitió ser una mejor persona. A mis Hermanos Carlos, Royer y Naydely por su amor incondicional que me dieron. Mi querido hijo Yerrick por su amor incondicional. A Yohan por su apoyo, cariño y sus consejos en todo momento.

.

.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por cuidarme, protegerme y guiarme en el camino de mi vida

Al programa nacional de beca 18 (PRONABEC), que me ayudo económicamente y moralmente en mi formación Profesional.

A la Universidad Peruana Unión - Filial Juliaca, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental que me ayudo en mi formación Profesional.

Al Mg. Jael Calla Calla , docente de Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión - Filial Juliaca, asesor del siguiente trabajo, por su trabajo como formador, su apoyo y supervisión de la presente tesis.

A mis padres Luz Lope y Wilfredo Enriquez, quienes me apoyaron en el transcurrir de mi carrera profesional.

A Yohan mi compañero, amigo quien me apoyo en el transcurrir de mi carrera profesional

Así mismo a todas las personas que me apoyaron en la elaboración del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I : EL PROBLEMA.....	14
1.1. Identificación del Problema	14
1.2. Justificación de la investigación	15
1.3. Presuposición filosófica.....	16
1.4. Objetivos	16
1.5. Objetivo General.....	16
1.6. Objetivos específico.....	17
CAPÍTULO II : REVISIÓN DE LITERATURA.....	18
2.1. Antecedentes	18
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	18
2.1.2. Antecedentes nacionales	20
2.1.3. Antecedentes Locales	21
2.2. Revisión de literatura	21
2.2.1. Cambio Climático	21
2.2.2. Calentamiento Global	22
2.2.3. Ciclo del carbono	23
2.2.4. Sistema Agroforestales	24
2.2.5. Almacenamiento de carbono en suelos agroforestales	24
2.2.6. Almacenamiento de carbono en suelos con plantación de café.....	24
2.2.7. Clima.....	25
2.2.8. Geología.....	25
2.2.9. Suelo	26
2.2.10. Aspectos físicos	26
2.2.11. Parámetros para determinar la captura de carbono	26
2.2.11.1. Materia orgánica	26
2.2.11.2. Densidad aparente.....	27
2.2.11.3. La densidad aparente y el desarrollo vegetal	27
2.2.11.4. Carbono Orgánico.....	27
2.2.11.5. pH.....	28
2.2.11.6. Calicata	28
2.3. Marco legal	28

2.3.1. Guía para el muestreo de suelos	28
CAPÍTULO III : MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1. Ámbito de estudio	31
3.2. Tipo de Investigación.....	33
3.3. Diseño de investigación	33
3.4. Material y equipos	33
3.4.1. Materiales de Laboratorio	33
3.4.2. Equipos	34
3.4.3. Material de campo	34
3.4.4. Hardware y software	34
3.5. Procedimientos.....	34
3.5.1. Selección de las parcelas.....	34
3.5.2. Muestreo	35
3.5.3. Puntos de Muestreo.....	36
3.5.4. Toma de muestras	36
3.5.6. Análisis de los parámetros físico químicos.....	37
3.5.6.1. Materia orgánica.....	37
3.5.6.2. Densidad Aparente.....	37
3.5.6.3. Carbono orgánico.....	38
CAPÍTULO IV : RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.2. Contenido de Carbono orgánico entre profundidad de 20 y 40 cm en cada	43
4.1. Contenido de Carbono orgánico entre sistemas de café y pastura.....	46
CAPÍTULO V : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
5.1. Conclusiones	49
5.2. Recomendaciones	49
REFERENCIAS.....	50
ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM del distrito de Ayapata	31
Tabla 2. Metodología para los parámetros fisicoquímico.....	37
Tabla 3. Promedio del sistema de café	41
Tabla 4. Promedio del sistema de pastura.....	42
Tabla 5. Prueba de correlación	44
Tabla 6. Media entre sistemas.....	44
Tabla 7. Pruebas de normalidad para profundidad	45
Tabla 8. Prueba de correlación	46
Tabla 9. Media entre sistemas.....	46
Tabla 10. Prueba de Normalidad	47
Tabla 11. Tiene distribución normal.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de ámbito de estudio	32
Figura 2. Mapa de los puntos de muestreo en terrenos con café y pastura.....	33
Figura 3. Metodología de muestreo del suelo	35
Figura 4. Punto de muestreo	36
Figura 5. Metodología.....	39
Figura 6. Carbono orgánico del suelo (tnC/ha) en profundidades de 20 y 40 cm	45
Figura 7. Carbono orgánico total del suelo (t/ha) en sistemas con pastura y café.....	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Panel Fotográfico	53
Anexo B. Mapa de ubicación.....	56
Anexo C. Certificado de resultados del análisis del suelo.....	58
Anexo D. Ficha de muestreo de suelo	60
Anexo E. Rotulado.....	62

SÍMBOLOS USADOS

CE: Conductividad eléctrica

CO: Carbono orgánico

CO₂: Dióxido de carbono

DA: Densidad Aparente

ECA: Estándares de calidad ambiental

GEI: Gases del efecto invernadero

ha: Hectárea

MINAM: Ministerio del ambiente

MO: Materia orgánica

RESUMEN

El propósito de la presente investigación fue determinar la captura de carbono en suelos de un sistema agroforestal con café (*Coffea arabica*) en el Valle Esquilaya - Región Puno, 2018. El presente estudio se realizó en sistemas agroforestales con café y tomando como grupo control o grupo testigo a suelos con pastura. La metodología consistió en la recopilación de datos de las propiedades físicas y químicas del suelo. Para el estudio se consideró dos unidades exploratorias: Sistema agroforestal agroforestales con café y un suelo con pastura, se tomaron 5 puntos al azar y dos repeticiones en cada punto por sistema. Para la estimación del carbono orgánico del suelo (COS) se utilizó la metodología de Rosenzweig y Hillel (2000). Los resultados del contenido de carbono orgánico entre sistemas si hubo diferencia significativa puesto que el sistema con café tuvo mayor captura de carbono a diferencia de los suelos con pastura. Así mismo respecto al comportamiento a través de los estratos, si existe diferencia significativa. Así también en la caracterización del suelo entre sistemas y profundidad si hubo diferencia significativa. Del estudio realizado se concluye que si hubo diferencia significativa entre sistemas con café a diferencia de la pastura ya que el carbono orgánico para pastura fue de 108.6 t c /ha, y para pastura 38,3. Por tanto un sistema agroforestal con café influye en el contenido de materia orgánica, densidad aparente y en la captura de carbono orgánico en el suelo

Palabras Clave: Agroforestal, Captura, Sistemas, Suelos, Café, Pastura.

ABSTRACT

The purpose of the present investigation was to determine the carbon sequestration in soils of an agroforestry system with coffee (*Coffea arabica*) in Valle Esquilaya - Puno Region, 2018. The present study was conducted in agroforestry systems with coffee and taking as control group or control group to soils with pasture. The methodology consisted of data collection of the physical and chemical properties of the soil. For the study, considered two exploratory units: agroforestry agroforestry system with coffee and a soil with pasture, 5 points were taken at random and two repetitions at each point per system. For the estimation of soil organic carbon (SOC), the formula was used of organic carbon. As a result, the organic carbon content between systems there was a significant difference since the coffee system had a higher catch of carbon, unlike soils with pasture. Also regarding the behavior to through the strata, if there is a significant difference. So also in the characterization of soil between systems and depth if there was a significant difference. From the studio It is concluded that if there was a significant difference between systems with coffee difference of the pasture since the organic carbon for pasture was 108.6 t c / ha, and for pasture 38.3. Therefore, an agroforestry system with coffee influences the content of organic matter, bulk density and in the capture of organic carbon in the soil

Keywords: Agroforestry, Capture, Systems, Soils, Coffee, Pasture.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Identificación del Problema

En la actualidad uno de los problemas que está afectando al planeta y que es de mayor importancia a nivel mundial es el incremento de las emisiones del dióxido de carbono, óxido nitroso y metano, ya que vienen ocasionando un incremento de la temperatura del planeta tierra y se dan a consecuencia de las actividades humanas, entre estas están la actividad industrial, el consumismo y transporte.

A nivel mundial, Perú ocupa el puesto 54 entre los países de América Latina, con emisiones anuales de los gases del efecto invernadero de 40264 kilotonnes (kt), como es el dióxido de carbono (CO₂), ya que un peruano emite alrededor de 4.7 toneladas de CO₂ al año, lo que equivale a que cada día, una persona genera aproximadamente las mismas emisiones que un auto. Aun así, Perú produce solo 0.4 % de los gases del efecto invernadero (GEI) (Francesco ,2015). El incremento del efecto invernadero es un problema que afecta a todo el planeta, generando cambios en los ecosistemas por tal motivo diferentes organizaciones realizaron diferentes investigaciones como combatir y conseguir la mitigación de estos efectos. (Colque & Sánches, 2007).

Por tanto, para mitigar las emisiones del dióxido de carbono, se plantea capturar carbono en los suelos mediante el depósito de materia orgánica en suelos de un sistema agroforestal. Es por esta razón que se realiza la presente investigación, para saber qué sistemas son mejores para almacenamiento de carbono, por tal motivo se pretende determinar la captura de carbono en sistema agroforestal con café, esto para poder determinar si los sistemas

agroforestales con café son mejores para la captura de carbono , ya que las plantaciones del café son uno de los productos más importantes a nivel nacionales según investigaciones realizadas (Mena, Andrade, & Navarro, 2011).

A si mismo actualmente el almacenamiento de carbono en los sistemas agroforestales es un servicio eco sostenible reconocido a nivel nacional y global, y generalmente estas están asociadas con plantaciones de café.

1.2. Justificación de la investigación

En nuestro País Actualmente se ha ido incrementando los gases del efecto invernadero, esto a causa de las actividades que realiza el hombre, ya que es el principal causante del incremento del efecto invernadero por ende aumento de la temperatura o calentamiento del planeta tierra.

Por tanto, es por esta razón que se debe realizar investigaciones sobre que sistemas agroforestales son buenas para el almacenamiento de carbono, para así realizar más plantaciones de árboles ya que esto contribuye al cambio climático por ende estaríamos aportando para el bienestar de la sociedad y del planeta.

Por tal motivo se pretende determinar la captura de carbono en un suelo de un sistema agroforestal con café (*Coffea arábica*) en el Valle de Esquilaya – Región Puno, ya que según varias investigaciones que se realizaron, el café es una planta que cumple el rol de almacenar carbono orgánico. Así mismo este estudio a realizarse será muy beneficioso ya que se tomará como información para otras investigaciones sobre el almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con café, por otro lado, aportará con información para combatir con los efectos que provoca el calentamiento global.

1.3. Presuposición filosófica

En la Biblia en el libro de Génesis 2:15 que menciona Dios puso al hombre en el huerto del Edén para que lo labrase y lo cuidase. Esto demuestra que nuestro creador nos dejó en la tierra como cuidadores de lo que creo. Pero la realidad es otra ya que el hombre hace todo lo contrario, a pesar de eso el hombre se cree el dueño de la tierra.

Asimismo, si revisamos el libro de Apocalipsis 11:18 donde dice y se airaron las naciones, y tu ira ha venido, y el tiempo de juzgar a los muertos y de dar el galardón a tus siervos los profetas, a los santos, a los que temen a tu nombre, a los pequeños y a los grandes, y de destruir a los que destruyen la tierra. Claro está que Dios dejó la tierra al cuidado de hombre y lo hace responsable del problema ocasionado como el cambio del sistema climático.

Por otra parte, es interesante de como la Biblia define la atmósfera en el libro de Isaías, en el capítulo 40:22, donde dice “el extiende los cielos como una cortina, los despliega como una tienda para morar” este texto representa una bella descripción de la atmósfera, ya que nuestra tienda para morar y es la que nos permite sobrevivir.

Así también en la Biblia en el libro de Juan 2 1-2, menciona, “Amado, yo deseo que seas prosperado en todas las cosas, y que tengas salud, así como prospera tu alma”, claro está que dios no desea que nos enfermemos, por tanto, nosotros debemos cuidar de nosotros, evitando contaminar nuestro medio ambiente ya que los seres humanos somos la principal causa del incremento del efecto.

1.4. Objetivos

1.5. Objetivo General

Determinar la captura de carbono en suelos de un sistema agroforestal con café (*Coffea arábica*) en el Valle Esquilaya - Región Puno, 2018.

1.6.Objetivos específicos

- Determinar la captura de carbono entre sistemas de café y pastura
- Determinar la captura de carbono entre profundidad de 20 y 40 cm para los sistemas de café y pastura

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Ovalle (2016) realizó una investigación en Costa Rica, lo cual tuvo como objetivo determinar la captura de carbono en sistemas agroforestal con café, donde la metodología para estimar la captura de carbono se realizó en diferentes sistemas, para lo cual se comparó 4 sistema agroforestales, uno se trabajó con plantaciones de café, también del árbol de sombra, la poda, la hojarasca y carbono bajo el suelo en las raíces. Como resultados muestran que el mayor porcentaje de captura de carbono aporta el suelo, siguiéndole el árbol de sombra y por último la planta de café. Por otro lado, el sistema agroforestal con café captura 16.19 y 43.70 Mg C / ha, por tanto, el valor cambia dependiendo del arreglo con árboles de servicio, maderables, frutales o musáceas, por tanto, según la investigación nos indica que la fijación de carbono dependerá del tipo de árbol,

Por otro lado en una investigación realizada en Colombia por Alvarado, Andrade, & Segura (2013)Tuvo como objetivo evaluar la capacidad de captura de carbono de suelos en 3 sistemas de producción de café, donde estas fueron monocultivo, sistemas agroforestales con plantaciones de nogal y Sistema agroforestal con plantaciones de plátano; La metodología aplicada fue seleccionar cinco repeticiones por sistema de producción, donde estas fueron las especies más predominantes de la zona de estudio, seguidamente se evaluaron mediante un diseño experimental al azar, donde en cada repetición se tomaron cinco muestras . Los resultados de la concentración de carbono en el suelo $p > 0.05$ puesto que el p valor fue menor a 0.05, lo cual indica que si hubo diferencia significativa y que el

suelo con café tuvo mayor captura de carbono. Pero cabe indicar que el sistema agroforestal con plantaciones de plátano tuvo menor densidad aparente que los sistemas de monocultivo y sistema agroforestal con nogal (0.83 ± 0.03 vs. 0.88 ± 0.03 vs. 0.92 ± 0.04 g·cm³,). Estos sistemas agroforestales almacenaron de 50 y 54 t·ha⁻¹ de carbono en el primer estrato que fue de 30 cm de profundidad, esto demuestra la eficiencia en el almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales. En conclusión, los sistemas de producción no afectaron significativamente la densidad aparente ni concentración de carbono.

A sí mismo en un estudio ejecutado en Costa Rica por Castro (2017) tuvo como objetivo determinar cuál arreglo utilizado en el área de estudio es mejor para el almacenamiento de carbono. Por tanto, se estableció un diseño completamente aleatorio con 4 tratamientos y 3 repeticiones y las parcelas fueron tomadas de forma circular seguidamente se tomaron muestras en estrato diferentes. Como resultado si encontraron diferencias significativas en el carbono almacenado por la hojarasca, por el arreglo utilizado ($p = 0,0189$) puesto que el p valor es menor a 0.05 de nivel de significancia. Por otra parte, se encontraron diferencias por el área basal utilizada en los horizontes del suelo ($p = 0,0038$) y árboles ($p = 0,0022$). En conclusión, nos indica que se encontraron diferencias significativas entre las demás comparaciones realizadas, esto debido a las condiciones naturales de la zona de estudio y al manejo que estos sistemas agroforestales tienen.

Corral, Duicela, & Maza, (2006) tuvo como objetivo cuantificar el carbón fijado y almacenados en sistemas silvoagícola con sistemas agroforestales, sistemas con café y sistemas con cacao, Para lo cual la metodología aplicada tomar tres sistemas agroforestales con café, estas fueron *Inga edulis*, *Café arabica* + *Schizolobium parahyba*. *Cafe arábica* + *Schizolobium parahyba* y *T cacao*+ *Cordia alliodora* para lo cual todos contaban con 5 a 6 años de edad, seguidamente como resultado se determinó que el almacenamiento de carbono en la biomasa de suelos de sistemas agroforestales con café fue de 115 y de cacao fue de 121

t/ha, lo que indica que los resultados casi idénticas a la captura de carbono, por otro lado el almacenamiento de carbono en suelo + biomasa en los sistemas agroforestales con café fue de 1875,5 t C / ha y de cacao fue 196,7 t C/ha, por tanto se concluye que el café y cacao son buenos almacenadores de carbono ya que tiene valores significativos en carbono por tanto se recomienda realizar los cultivos de cacao y café para así contribuir con el medio ambiente.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Villogas (2013) realizó una investigación en Huánuco, Perú, donde tuvo como objetivo cuantificar el almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao L.*) En producción de 6, 8 y 10 años de edad (p.15). La metodología utilizada para determinar el almacenamiento de carbono en el suelo se realizó por el método de Walkley Black. Como resultado el carbono del suelo de los sistemas agroforestales de 6, 8 y 10 años fue de, 62.95, 62.46 y 73.73 t C/ha, los que representa un valor de 37.65% 51.38% y 47.73%. En conclusión, la mayor captura de carbono total se obtuvo en el Sistema agroforestal de 10 años con 166.85 t C/ha, seguidamente fue el sistema agroforestal de 8 años con 143.49 t C/ha y el sistema agroforestal de 6 años fue el que acumuló la menor cantidad de-carbono total con 130.86 t C/ha.

Por otro lado, Barahona (2012) realizó un estudio en Huancayo, Perú donde tiene como objetivo determinar la influencia de las plantaciones de *Eucalyptus globulus Labill* de 33 años y *Pinus radiata D.* son de 28 años, en las propiedades físicas y químicas del suelo en Chamisería (p.10). Para ello, se seleccionaron plantación de *Eucalyptus globulus* de 6.16 ha y otra de *Pinus radiata* de 6.31 ha. En las plantaciones y pastura cercano a estas, se seleccionaron 12 parcelas de 0.25 ha cada una. La metodología de investigaciones, consiste en la extracción del área de estudio, 36 muestras simples y 12 muestras compuestas de suelo. Como resultado se encontró que el valor de densidad aparente, contenido de humedad, potencial de hidrógeno, contenido de materia orgánica y concentración de potasio en las

plantaciones forestales, fueron inferiores a los resultados en los suelos con pastura. El porcentaje de macro agregados y la concentración de fósforo fueron superiores en *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata* respectivamente. Los resultados obtenidos demostraron las 2 plantaciones influyen significativamente en las propiedades del suelo, por tanto, es importante revisar las prácticas de forestación y según el caso disminuir o evitar efectos negativos, como son el uso inadecuado del abono natural.

2.1.3. Antecedentes Locales

En un estudio realizado en Puno por Leon (2016) tuvo como objetivo estimar la cantidad de Carbono (C), así como la calidad de la materia orgánica almacenada en el suelo (P.9), Para lo cual se evaluaron 9 bofedales a una altitud de 3800 msnm en épocas de sequía y de lluvia. El porcentaje de materia orgánica se evaluó con el método de Walkey y Black, y la calidad de la materia orgánica analizo a través de la cantidad de sustancias húmicas usando la metodología de Kononova. Los resultados nos indican que en los bofedales existe menor cantidad de Carbono, pero existe una buena calidad de la materia orgánica, lo cual indica que está relacionado a que al presentar mayor cantidad de plantas deseables son más pastoreados, por tanto, existe mayor consumo de los herbívoros lo cual ocasiona menor regreso de Carbono al suelo y ocasiona una mayor acumulación de nitrógeno ,lo cual mejora la relación de Carbono , Nitrógeno , materia orgánica y por concerniente el carbono orgánico.

2.2. Revisión de literatura

2.2.1. Cambio Climático

La vida de los seres vivos está limitada por el permanente equilibrio entre factores diversos. La influencia del clima, condicionante de las características básicas de los distintos ecosistemas que conforman nuestro planeta, sobre la especie humana, tanto desde el punto de vista cuantitativo, y tomando en cuenta del crecimiento poblacional, cualitativo,

manifestado en su contribución al mantenimiento y mejora del nivel de salud, e incluso de la distribución geográfica de la población. La influencia del clima en las condiciones medioambientales, en el desarrollo socioeconómico de las poblaciones y su correspondiente crecimiento demográfico, en las migraciones por fenómenos climáticos y los resultados en mortalidad son anómalos conocidos a los que las administraciones deben enfrentarse (Useros, 2012).

Por otro lado, el cambio climático es uno de los problemas más mencionados hoy en día, pero no más importante, por tanto, los seres humanos vienen siendo afectados hoy en día así también como a los ecosistemas y especies. Por tanto, frente a este problema que nos aqueja debemos tomar conciencia y cambiar nuestro comportamiento ya que todos somos responsables del cambio (Anadón, 2008).

2.2.2. Calentamiento Global

Las heladas, las sequías e inundaciones afectan a todo el mundo. Por tanto, a consecuencia de estos fenómenos del clima están ocasionando enfermedades, muertes y rotación de poblaciones. Por otro lado podemos decir que las industrias y el consumismo están impulsando la combustión de los hidrocarburos las cuales son: minas de carbón, refinerías de petróleo y el más común que es los botaderos clandestinos de basura, así también como la deforestación de los bosques forestales. Todo esto bien es ocasionándose por la actividad del hombre y por tanto a consecuencia del incremento de la temperatura, esto produce grandes concentraciones de los gases del efecto invernadero que vendría calentando más y más la tierra, a consecuencia se producirá un cambio de los fenómenos del clima. Una de las consecuencias es el calentamiento global que es el resultado del incremento de las concentraciones de gases del efecto invernadero que retienen el calor y de esta manera incrementan las temperaturas del planeta tierra (MINAM, 2009).

Los cambios climáticos a lo largo de 4.600 millones de años vienen provocando diferentes cambios climáticos tales como el incremento de la temperatura. Estos cambios se dan por los procesos naturales de la Tierra, sin embargo, en el último siglo las varianzas climáticas se han incrementado debido a la sobre acumulación de los gases de efecto invernadero. Los gases de efecto invernadero son esenciales para la vida en la Tierra, ya que hacen que parte del calor emitido por el sol quede aferrado manteniendo una temperatura de 15° C en lugar de 18° C, ya que retienen el calor generado por el sol y esto va reteniéndolo dentro de la atmósfera, generando el calentamiento global. El problema se ha generado por la presencia de estos gases, a si ocasionando el aumento de la superficie terrestre y aumento de la temperatura del aire (Rodriguez, 2014).

El carbono es un elemento químico esencial, tanto del dióxido de carbono como del metano, de ahí nace analizar la cantidad que se libera de este, cuando ocurre un cambio de uso de suelo. Como su contenido total almacenado en la parte aérea de la biosfera terrestre que sería la biomasa, lo cual se encuentra 420 y 660 t, miles de millones de toneladas; mientras que en la parte subterránea que es el suelo puede ser de 2 000 a 2 500 Gt. Por otra parte, la cantidad anual de carbono absorbido por las plantas oscila entre 90 a 120 Gt, y el carbono total emitido, actualmente a la atmósfera, cada año por el uso de combustibles fósiles, se calcula de 5 a 6 Gt.

2.2.3. Ciclo del carbono

El ciclo del carbono es un ciclo biogeoquímico donde el carbono sufre distintas transformaciones en el transcurso del tiempo. Este ciclo es muy importante en la regulación del clima del planeta, así mismo importante para la descomposición de la materia orgánica y por concerniente el carbón orgánico. Ya que este elemento se encuentra depositado en todo sistema global en diferentes formas: en la atmósfera como dióxido de carbono, metano y otros componentes; en la hidrosfera, en forma de dióxido de carbono disuelto en al agua; en

la litósfera, en las rocas y en depósitos de carbón, petróleo y gas; en la biosfera, en los carbohidratos; en la antropósfera, en diferentes formas en los objetos creado por la sociedad. El carbono se mantiene en toda la atmósfera, la hidrosfera, la biosfera y la litosfera por medio de la interacción en escalas de tiempo que van desde procesos que demoran algunas horas, días, meses y estaciones hasta aquellos que tardan largos periodos geológicos (Benavides & León, 2007).

2.2.4. Sistema Agroforestales

Los sistemas agroforestales se encuentran asociados con la producción forestal con siembras frutales. Así mismo son sistemas productivos que contienen una serie de elementos que se aprovechan en diferentes niveles. Por otro lado, un sistema agroforestal funciona igual que un bosque natural, ya que es una combinación de cultivos que ayudan a la seguridad alimentaria como, maíz, arroz, frijol, y ente otros, así mismos estos asociados con árboles, maderables, frutales y medicinales, por otro lado, estos están agrupados con la pastura (CONAFOR, 2013).

2.2.5. Almacenamiento de carbono en suelos agroforestales

La extracción de los gases del efecto invernadero por la acumulación en el suelo y en la biomasa en los ecosistemas terrestres es una manera de mitigar los cambios que se presentan a consecuencia del cambio climático, puesto que en este proceso es importante la participación del ciclo de carbono. Por tanto, es importante mencionar o definir el rol que cumplen los sistemas agroforestales ya que estas son tecnologías manejadas y diseñadas perfectamente. Ya que hoy en día con el paso del tiempo se incrementan la producción de los sistemas agroforestales y generan servicios ambientales (Mena et al., 2011).

2.2.6. Almacenamiento de carbono en suelos con plantación de café

Los cultivos de café son de los productos agrícolas importantes a nivel nacional, ya que el café aporta económicamente y ambientalmente, sin embargo, el cambio climático y las

prácticas inadecuadas ponen en peligro la producción del café. Ante esta situación la humanidad debe hacerse responsable de qué modo, cambiando su pensamiento y comportamiento estas pueden ser mediante capacitaciones, sensibilización e información, sobre el aporte que tiene la plantación de café ya que es una alternativa muy interesante, porque tienen posibilidad de generar productos, así mismo esto beneficiara económicamente, ambientalmente y a la sociedad en general y por ende tiende a mejorar la sostenibilidad del sistema(Castro, 2017).

2.2.7. Clima

En el distrito de Ayapata el clima es cálido y templado, Así mismo los valles de Ayapata se caracterizan por tener climas cálidos y caluroso. En la estación meteorológica se observan que las temperaturas máxima promedio anual es de 18, 47° c, la mínima es 6, 46° c, tal información permite saber que la temperatura se mantiene casi constante.

2.2.8. Geología

La formación del suelo de Ayapata, implica la meteorización química descomposición de minerales como la oxidación y disolución, que es útil para la agricultura, animales plantas y para el hombre.

Así mismo, está conformada por medianas cadenas de cerros que están conectados a la cordillera de Carabaya y lo más imponente es el nevado Allinqhapaq, es de difícil acceso, de la misma manera los cerros son muy pendientes y mayormente están compuestas de rocas metamórficas, así como glacial y rocas ígneas. En algunos sitios son zonas rocosas y áridas, las zonas pobladas y la parte baja es terreno cultivable para agricultura principalmente los valles de Esquilaya hasta loro mayo iniciando desde la ceja de la selva.

2.2.9. Suelo

La tierra o suelo del distrito de Ayapata tiene un suelo de color negro ocre y en su mayor parte es de tipo lógamo, por ello es favorable para la agricultura

El distrito de Ayapata tiene una superficie de 107,692.29 has. El 37% de tierras corresponden a la sub unidad geográfica sierra y el 63% a la selva que hay suficiente cantidad de tierras para el desarrollo de la agricultura y ganadería.

2.2.10. Aspectos físicos

La altitud oscila desde la cordillera oriental de 3800 a 1500 m.s.n.m. su topografía presenta zonas, principalmente laderas y cascos muy espinados, existiendo planicies, por lo que tiene una topografía montañosa. Así mismo tiene un clima templado y caluroso a medida que disminuye la altitud. Por otro lado, el distrito de Ayapata presenta pisos ecológicos: Ceja de selva y sierra

2.2.11. Parámetros para determinar la captura de carbono

2.2.11.1. Materia orgánica

La descomposición de residuos ya sean estas de las plantas y animales en el suelo, comprende a un proceso biológico donde el carbono (C) está circulando hasta la atmósfera esta conocida como el dióxido de carbono (CO_2); el nitrógeno (N) está disponible como amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_4^+) y entre otros elementos asociados es el fósforo y otros micronutrientes. El proceso del carbono (C) es absorbido dentro del tejido microbiano de la biomasa del suelo y gran parte es convertido en Humus y parte del humus es mineralizado, en consecuencia, el contenido total de materia orgánica es mantenido a un nivel estable característico del suelo y del manejo del sistema (Silva, s/f).

2.2.11.2. Densidad aparente

(Rubio, 2010). La densidad aparente es el peso seco de la muestra de suelo, por unidad de volumen de un suelo inalterado, Esto indica que se realizara un muestreo de suelo sin alteraciones y tomar una muestra sin alteraciones, incluyendo los espacios de la porosidad del suelo. Para medir la densidad aparente se retira del área a estudiar una muestra de suelo de volumen específico y el secado se realiza en un horno a 105°C, hasta que alcance un peso constante, y para finalizar la densidad aparente se determina dividiendo el peso seco del suelo por el volumen que ocupaba en área de estudio.

2.2.11.3. La densidad aparente y el desarrollo vegetal

La densidad puede ser incluida dentro de un grupo reducido de parámetros cuya medida es necesaria para evaluar la estructura y propiedades de un suelo, Ya que esto será como un indicador de la estructura, la resistencia mecánica al enraizamiento y la cohesión del mismo. Por otro los cambios de la densidad aparente reflejan cambios que se dan en la estructura de un suelo, esto debido a la relación que existe entre densidad aparente y la porosidad total. Por otro lado, la densidad aparente del suelo nos indica las propiedades fundamentales del suelo y estas pueden ser: la porosidad, compactación, grado de aireación y capacidad de infiltración, lo que indica la circulación de aire y agua en el suelo. (Rubio, 2010).

2.2.11.4. Carbono Orgánico

Es parte del ciclo global del carbono, el cual enlaza el ciclo del carbono mediante el suelo, la vegetación, el océano y la atmósfera. Así mismo se estima que la reserva de carbono orgánico almacena 1 500 Pg C en el primer metro de suelo, lo cual supone más carbono que el contenido en la atmósfera aproximadamente 800 Pg C , la vegetación terrestre (FAO, 2017).

El carbono orgánico ocupa el 69,8 % del carbono orgánico en el suelo, debido a que el suelo es el recipiente del carbono, pero esto dependerá del uso y manejo de suelo que se da,

por ende se estima que desde que se incorporan nuevos suelos a la agricultura hasta establecer sistemas intensivos de cultivo se producen pérdidas de carbono en el suelo que oscilan entre 30 y 50% del nivel primario (Martínez, Fuentes, & Acevedo,s/f.).

2.2.11.5. pH

El pH es un parámetro donde se puede medir la acidez o de la alcalinidad de una sustancia. Ya sea esta en suelos, agua y entre otras. Ésta medida es fundamental porque muchas veces no es suficiente decir que el suelo o aguas están caliente, al saber que su pH es 2.3 nos dice el grado exacto de acidez (Goyenola, 2007).

2.2.11.6. Calicata

Son hoyos en el terreno estas pueden tener diferentes medidas ya sean estas de ancho, de largo y de profundidad, y puede llegar hasta el contacto con la madre roca en los cuales se encuentra expuesto los horizontes completos del suelo (León, 2016).

La calicata se realiza una con pala recta y pico grande. Atraves de ello podemos observar detalladamente y completa el perfil del suelo que se va a estudiar. Por otro lado el propósito de este tipo de muestreo es para identificar todas sus propiedades y características, las calicatas es un tipo de muestreo de suelos empleadas para poder facilitar los estudios edafológicos de un terreno (SERFOR, 2016).

2.3. Marco legal

2.3.1. Guía para el muestreo de suelos

Guía para el muestreo de suelos en el marco del decreto supremo N° 002-2013- MINAM, Estándares De Calidad Ambiental (ECA), para suelos, esta Guía es aplicable para el muestreo de suelos en proyectos nuevos, actividades en curso.(MINAM, 2014).

2.3.2. Implementación de acciones para el acceso a Certificación Módulo Clima para la adaptación y mitigación al cambio climático dentro de la Norma de Agricultura Sostenible

Recinos (2014) El Módulo de Clima de la Red de Agricultura Sostenible prevea promover la producción agrícola sostenible mediante grupo de voluntarios específicos de mitigación al cambio climático, lo cual suplementan a la existente Norma para Agricultura Sostenible. Los criterios con el clima refuerzan las certificaciones existentes y proveen un valor agregado a la plantación de café. Con el cumplimiento de los criterios el módulo Clima, será capaz de evaluar los riesgos asociados al cambio climático. Así mismo, estará preparada para cuantificar y reducir las emisiones de gases del efecto invernadero generadas en las diferentes actividades de siembra. Se puede también aumentar los niveles de carbono almacenados en las fincas mediante la restauración de tierras degradadas, la reforestación y la conservación del suelo; lo que les permitirá adaptarse mejor a las épocas alteradas de cosecha u otras condiciones.

- **El Módulo de Clima de la Red de Agricultura Sostenible busca:**
 - a) Aumentar la conciencia y la preparación de los productores para la adaptación y enfrentamiento a los impactos del cambio climático a nivel del paisaje.
 - b) Implementar programas y procedimientos para la adaptación y mitigación del cambio climático
 - c) Disminuir las principales fuentes que contribuyen a las emisiones de GEI y monitorear los cambios en el tiempo.
 - d) Analizar y considerar acciones para abordar los riesgos del cambio climático; y mejorar la resiliencia de las fincas.

- e) Promover la regeneración de la vegetación natural en los sitios que están degradados que son vulnerables a los eventos climáticos extremos.

- f) Mejorar la capacidad adaptativa de la comunidad frente al cambio climático por medio de trabajo con instituciones y asociaciones locales

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. **Ámbito de estudio**

La investigación se realizará en el Valle de Esquilaya del distrito de Ayapata de la Provincia de Carabaya de la región de Puno ver *Figura*. Para lo cual se contará con 2 ha, 1 para suelos con plantaciones de café y otra con pastura lo cual se realizará en el terreno del Señor Adan Rodrigo Quispe.

El Valle de Esquilaya se encuentra en la ceja de selva, y está ubicado en el distrito de Ayapata y las coordenadas UTM se muestran en la tabla 1.

Tabla 1.
Coordenadas UTM del distrito de Ayapata

Coordenadas	
X	374023
Y	88485851

En la Figura 1 se aprecia un mapa indicando el lugar de ejecución para la presente investigación que se realizó.

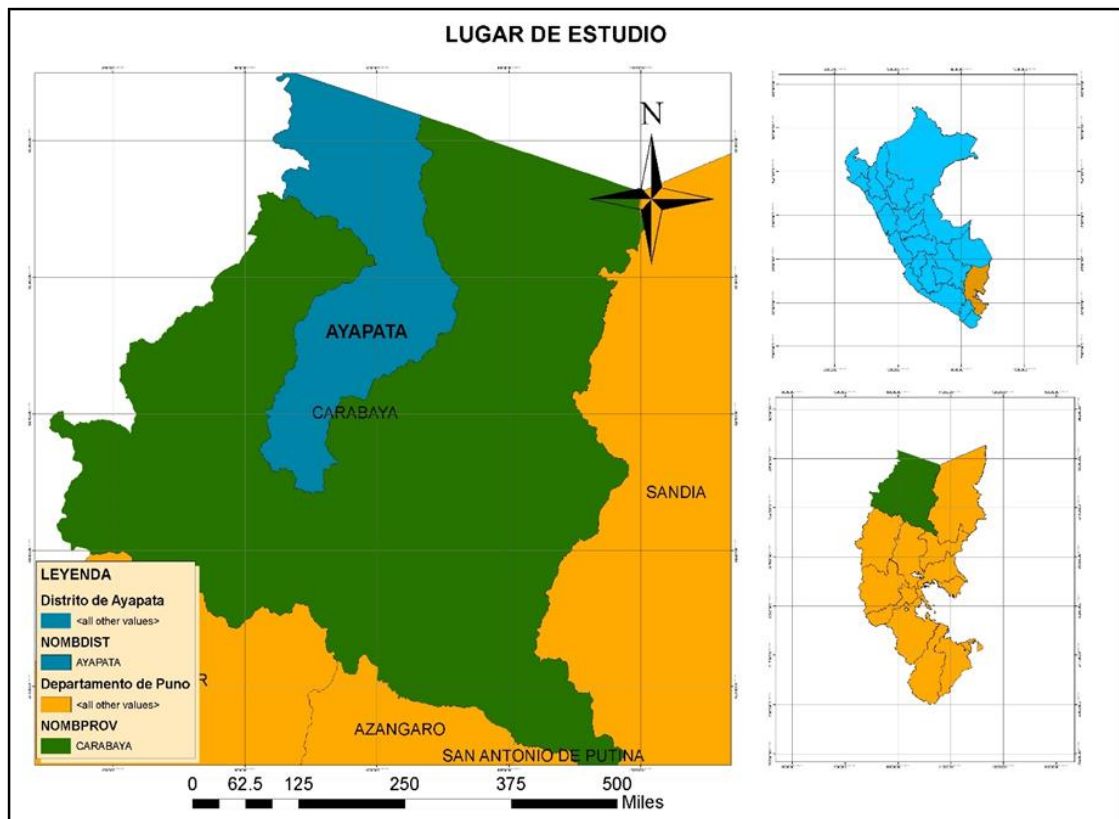


Figura 1. Mapa de ubicación de ambito de estudio.

En la figura 1 se muestra un mapa indicando el lugar donde se ejecutó el proyecto de tesis indicando el lugar de los puntos de muestreo para cada sistema, una para sistema agroforestal con café y otra para suelos con pastura.

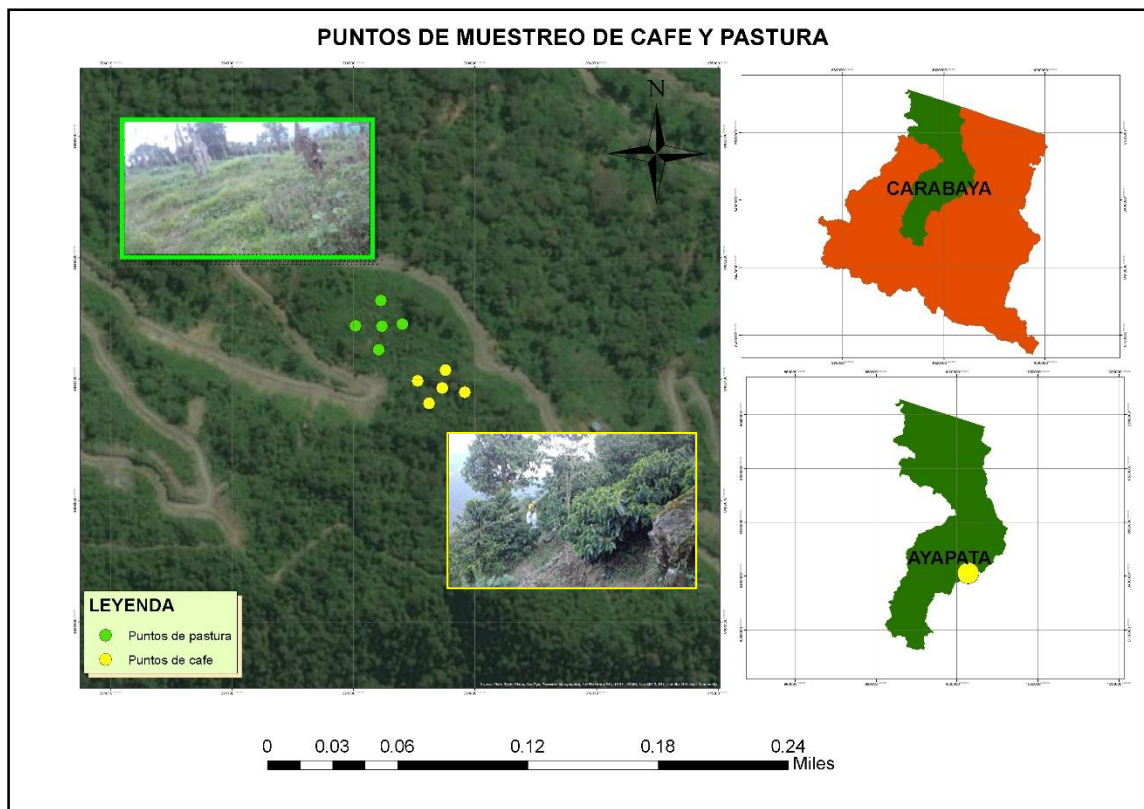


Figura 2. Mapa de los puntos de muestreo en terrenos con café y pastura.

3.2. Tipo de Investigación

El trabajo de investigación de tipo exploratorio, ya que para el estudio tomó como objeto describir la relación entre dos variables en un momento determinado, en función de causa y su efecto.

3.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación fue no experimental, transversal ya que los datos fueron tomados en un solo momento en cada parcela.

3.4. Material y equipos

3.4.1. Materiales de Laboratorio

- Probeta
- Bureta
- Pizeta

- Agua destilada
- Espátula
- Balanza
- Papel craf

3.4.2. Equipos

- GPS marca garmin 650
- Equipo multiparametro

3.4.3. Material de campo

- Cámara Digital
- Cinta Métrica (50 m)
- Bolsas Siploc (10 x 20)
- Pala
- Pico
- Cuaderno de Campo

3.4.4. Hardware y software

- Programa ArcGis 10.3 versión español

3.5. Procedimientos

3.5.1. Selección de las parcelas

Se determinó la selección de las muestras según realizo Rodríguez (2014), donde la investigación se determinó en 1 ha, ya que se aplica en uso de terrenos con plantas frutales. Por tanto, se tomó una parcela con 1 ha con plantaciones de café y otra con pastura (grupo control), en el distrito de Ayapata de la provincia de Carabaya, para lo cual ambas parcelas de estudio cumplieron con los criterios de selección.

- Criterios para la selección del terreno
 - a) Fisiografía uniforme. para que los suelos sean uniformes.
 - b) Las edades de los sistemas agroforestales a estudiar deben tener mayor a dos años, esto para aumentar o ver la efectividad de un sistema para almacenamiento de carbono en el suelo.

3.5.2. Muestreo

La demarcación del área de estudio se realizó en ambas parcelas de sistemas agroforestales, por un área de 1ha, se tomó 5 puntos de muestreo en suelos con café y en el grupo control que tiene contenido de pastura. Por otro lado, el método de muestreo del suelo, fue un muestreo al azar y para la toma de muestra se realizó mediante una calicata

Para lo cual, se tomó las muestras del estrato 0- 20 y 20 - 40 y el largo y ancho será de 40 cm x 40 cm ver Figura 3. (Bringas, 2010).

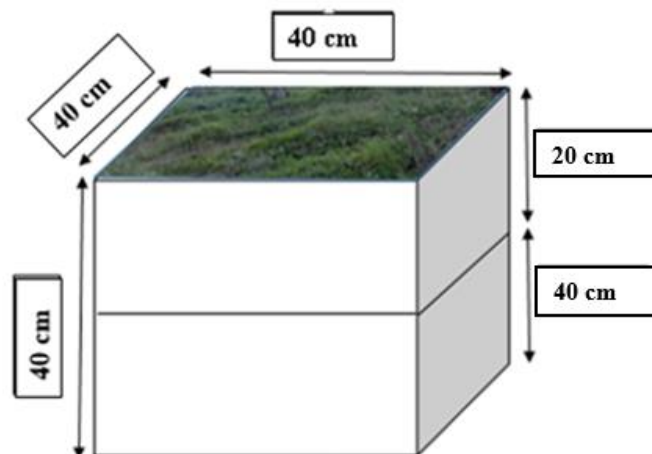


Figura 3. Metodología de muestreo del suelo.

Fuente. (Bringas, 2010).

3.5.3. Puntos de Muestreo

Para los puntos de muestreo de suelo se realizó similar a lo recomendado por el Tropical Soil Biology and Fertility (Ingram & Anderson, 2017) y para el tipo de muestreo de suelos se tomó los siguientes aspectos:

- El área para para realizar un muestreo de suelos con plantaciones de café se tomó 1 ha o 1 parcela.
- Se tomaron 5 muestras por parcela con café y pastura (grupo testigo)

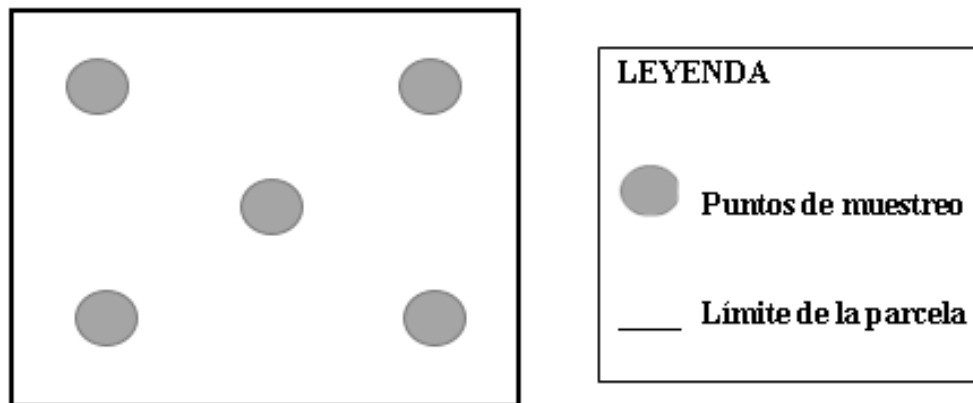


Figura 4. Punto de muestreo.

3.5.4. Toma de muestras

Para la toma de las muestras de suelo se realizó considerando la capa de suelo donde, en el presente proyecto se extrajo la muestra entre los 0-20 y 20-40 cm de profundidad, en calicatas de 40 x 40 cm.

Para la toma de muestra se realizó según la guía de muestreo de suelos MINAM (2014) Donde la toma para las muestras simples de suelo se realizó por parcela y cada muestra fue depositada en una bolsa ziploc, codificada. Una vez completada la cantidad de muestras requeridas, estas fueron transportadas al laboratorio para su respectivo análisis. Por otro lado, para la obtención de muestras de suelo, consistió en obtener 1kg de suelo por estrato en cada punto.

3.5.6. Análisis de los parámetros físico químicos

El análisis de suelo de los parámetros fisicoquímico de las 20 muestras se realizó con diferentes metodologías ver Tabla N° 2.

Tabla 2.
Metodología para los parámetros fisicoquímico

Variable	Parámetros	Unidad	Método Instrumento
Almacenamiento de carbono en suelos agroforestales con café	Materia orgánica	%	Walkley y Black.
	Densidad Aparente	gr/cm ³	Probeta
	Carbono orgánico	%	Formula
	Ph	pH	Potenciométrico
	Conductividad eléctrica	us/cm ³	Conductimetro

Fuente. Instituto Nacional De Innovación Agraria (INIA).

3.5.6.1. Materia orgánica

La materia orgánica (MO) utiliza el método de Walkley y Black. Este método consiste en la oxidación del carbono orgánico en el suelo mediante una disolución de bicromato de potasio y el calor de resistencia por lo cual se genera al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado

3.5.6.2. Densidad Aparente

Para analizar la densidad aparente (DA) se realizó mediante el método de la probeta el cual consiste en utilizar el suelo seco al aire, molido y tamizado con malla de 2 mm, y luego se coloca 50 gr de suelo en una probeta de 100 ml y seguidamente se realizó 20 golpes debajo de la probeta, luego se procedió a verificar el volumen final. Todas estas determinaciones corrigen la masa del suelo según la humedad de la muestra (INTA, 2012).

$$DA = \frac{M}{V} \quad (1)$$

DA: Densidad aparente

M: Masa

V: Volumen

3.5.6.3. Carbono orgánico

Para obtener el promedio del carbono orgánico (COS) por tn C/ha se utilizó la metodología por Walkley y Black (1938).

$$\%CO = 0,58 \times \%MO \quad (3)$$

% Co=Carbono orgánico

% MO= Materia orgánica

Para estimar el carbono orgánico (COS), en cada estrato de evaluación (0 - 20 cm, 20-40 cm), se utilizará la formula sugerida por Rosenzweig y Hillel (2000).

El carbono total en el suelo se determinó a base los valores de carbono y densidad aparente con la presente formula.

$$CS = CC * DA * P \quad (2)$$

Donde:

C = Carbono en suelo (tC/ha

CC = Contenido de C (%)

DA = Densidad Aparente (g/cm³)

P = Profundidad de muestreo

Así mismo para determinar la materia orgánica, se tomará muestras por cada estrato de suelo estas serán de 0 - 20 cm y 20 - 40 cm, estas aplicadas en las dos parcelas de estudio

una con café y otra con pastura, luego se envió las muestras de suelo al laboratorio de suelos para obtener los datos de materia orgánica por profundidad.

El análisis se realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para lo cual se realizó el análisis el parámetro de % de materia orgánica, Así mismo el análisis para los parámetros de pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico y densidad aparente se realizaron en la Universidad Peruana Unión (UPeU) – Filial Juliaca.

De manera resumida se puede apreciar la metodología en el Flujo grama ver *Figura 1*.

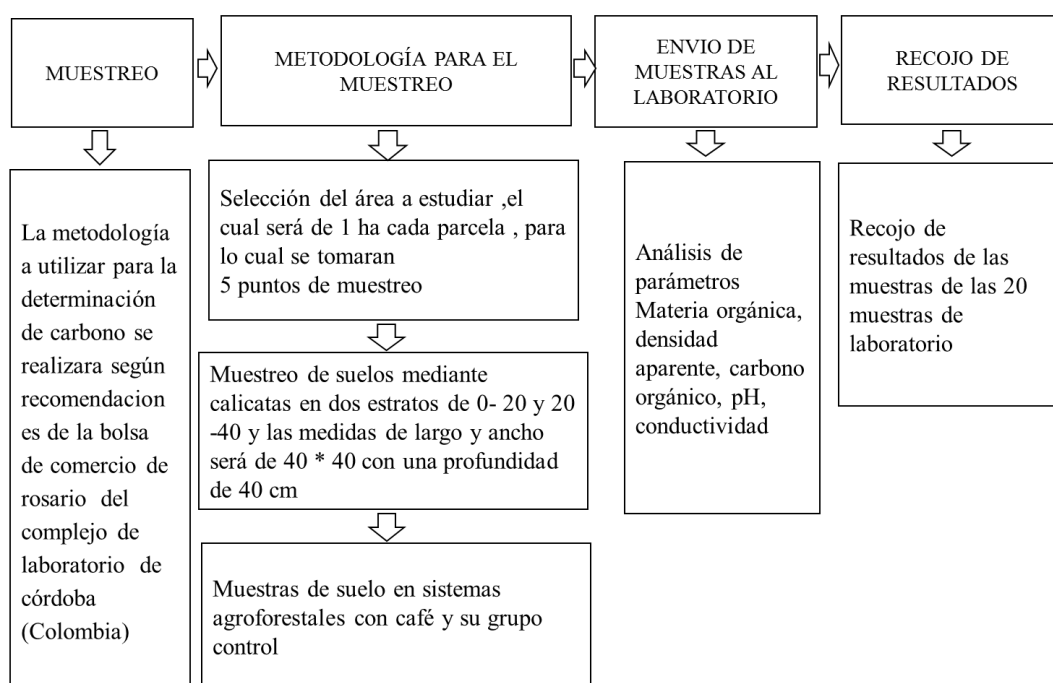


Figura 5. Metodología.

Fuente. (Rodriguez, 2014)

3.5. Análisis de datos

Para el análisis de datos se analizaron aplicando arreglo factorial 2x2, con cuatro tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento, haciendo un total de 20 unidades experimentales, donde los factores en estudio son :

A=sistema de uso de suelo

A1=café

A2=pastura

B=profundidad

B1=20 cm

B2 = 40 cm

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó la determinación de la captura de carbono entre sistemas de café y pastura, así mismo la captura de carbono para profundidad de (0-20 cm) y (20-40 cm) para los sistemas.

El resultado obtenido del contenido de materia orgánica, densidad aparente, carbono orgánico, carbono orgánico total, se observa en la tabla N°1.

Tabla 3.
Promedio del sistema de café

Muestra	Profundidad	DA	MO	CO	COS
Café 1	20	0.88	7.03	4.0777262	71.77
Café 2	20	0.88	9.17	5.3190255	93.61
Café 3	20	0.98	6.64	3.8515081	75.49
Café 4	20	0.93	6.07	3.5208817	65.49
Café 5	20	0.91	7.14	4.1415313	75.38
Café 1	40	0.93	5.59	3.2424594	120.62
Café 2	40	0.98	5.59	3.2424594	127.10
Café 3	40	0.98	5	2.900232	113.69
Café 4	40	0.94	6.62	3.8399072	144.38
Café 5	40	0.98	8.73	5.0638051	198.50
				Promedio	108.60

En la Tabla 3 se muestran los resultados para los sistemas de café en profundidades de (0-20 cm) y (20-40cm), donde el promedio 108.60 tnC/ha es el carbono orgánico total obtenida con la Formula (1).

Tabla 4.
Promedio del sistema de pastura

Muestra	Profundidad	da	MO	CO	COS
Pastura 1	20	1.14	2.48	1.4384	32.79552
Pastura 2	20	1.02	1.61	0.9338	19.04952
Pastura 3	20	0.98	3.24	1.8792	36.83232
Pastura 4	20	1.22	0.88	0.5104	12.45376
Pastura 5	20	1.19	3.7	2.146	51.0748
Pastura 1	40	1.16	1.49	0.8642	40.09888
Pastura 2	40	1.22	1.38	0.8004	39.05952
Pastura 3	40	1.02	3.17	1.8386	75.01488
Pastura 4	40	1.19	1.38	0.8004	38.09904
Pastura 5	40	1.16	1.44	0.8352	38.75328
				Promedio	38.323152

En la Tabla 4, muestran los resultados para los sistemas de pastura en profundidades de (0-20 cm) y (20-40cm), donde el promedio 38.32 tnC/ha es el carbono orgánico total obtenida con la Formula (1).

En la Tabla 3 y Tabla 4 se muestran los resultados para los sistemas de café y pastura, donde materia orgánica tienen un valor alto en suelos con café, a diferencia del suelo con pastura, para densidad aparente los suelos con pastura (1.13), tiene un valor alto a diferencia de suelos con café (0.939).

El contenido de densidad aparente entre las unidades exploratorias de café y pastura, presentan diferencia significativamente estadísticamente, (Silicuana, Ponce, Vargas & Miranda, 2018) evaluó los valores de la densidad aparente a profundidades de (0-10cm) y (10-20cm) a nivel del suelo, donde se determinó que la densidad aparente es mayor a profundidad de (10-20 cm). Alvarado, Andrade, & Segura (2013) indican que el valor de densidad aparente depende de factores, como el contenido de materia orgánica y carbono orgánico y estas están relacionada directamente. El comportamiento de la materia orgánica y carbono orgánico en relación de la densidad aparente entre nuestras unidades en estudio

confirma lo mencionado por el autor, ya que se encontró mayor concentración de materia orgánica en el sistema agroforestal y siendo menor la densidad aparente, puesto que la densidad aparente del suelo y el contenido de carbono orgánico, a medida que se incorpora mayor carbono orgánico al suelo, disminuye su densidad aparente y, por ende, su compactación.

Alvarado & Forsythe (2005) indican que la densidad aparente encontrada en las plantaciones de café calculadas son óptimas para el establecimiento de los sistemas agroforestales, debido a que valores entre 0.7 y 0.9 g cm⁻³ no afectan el crecimiento del sistema radicular de los cultivos, al contrario, favorecen la utilización de actividades agrícolas que reducen la posibilidad de compactarlos y erosionarlos.

El contenido de materia orgánica entre las unidades exploratorias de café y pastura, si presentan diferencia significativa estadísticamente, Ya que se evidenció mayor concentración (6.758) en el sistema agroforestal con café, a diferencia (2.077) de suelo con pastura. Este comportamiento está relacionado directamente al grado de la descomposición de las hojas y posteriormente agregándose como materia orgánica en el suelo. Ya que esto es influenciado directamente por el clima como. Rodríguez (2014) Menciona que la variación del contenido de materia orgánica en el suelo, dependen de factores como el clima (precipitación, altitud, Temperatura.) y el tipo de uso que se da al suelo, lo cual se ha observado en el en el sistema agroforestal con café y suelos con pastura

4.2. Contenido de Carbono orgánico entre profundidad de 20 y 40 cm en cada

El contenido de carbono orgánico en profundidades de 0-20 y 20-40 cm para cada sistema, hay deferencia significativa ver Tabla 5.

Tabla 5.
Prueba de correlación

Fuente		Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Efectos	Principales					
	A: Sistema	24690.8	1	24690.8	55.83	0.0000
	B: Prof	8054.49	1	8054.49	18.21	0.0006
	Interacciones					
	AB	2969.97	1	2969.97	6.72	0.0197
	Residuos	7075.5	16	442.219		
	Total (Corregido)	42790.7	19			

Nota. * =diferencia significativa $P < 0.01$

En la prueba estadística se aprecia que, si existe diferencia significativamente entre profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm, porque (p -valor =0.006) es menor a 0.01. Siendo mayor la captura de carbono orgánico COS a una profundidad de 20-40 cm y un valor menor a una profundidad de 0-20 cm. En tal sentido, los sistemas agroforestales con café si influyen significativamente en el almacenamiento de carbono orgánico en el suelo a una profundidad de 20 - 40 cm ver Tabla 5.

Tabla 6.
Media entre sistemas

Profundidad	Casos	Media LS
20	10	53.39
40	10	93.526

En la figura 6, se aprecia claramente la diferencia significativamente entre profundidades de 20 y 40 cm. Porque a mayor profundidad la captura de carbono incrementa, debido a que a profundidad de 20-40 cm fue 93.526 y seguido de 0 -20 cm con 53.39.

Tabla 7.
Pruebas de normalidad para profundidad

Profundidad	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig
tC 20	,944	10	,598
40	,878	10	,123

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

En la Figura 6, se observa la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, donde se determinó para los sistemas agroforestales con café y pastura con un P-valor mayor al nivel de significancia de 0.01, por tanto, los las muestras tienen una distribución normal en los sistemas de café y pastura.

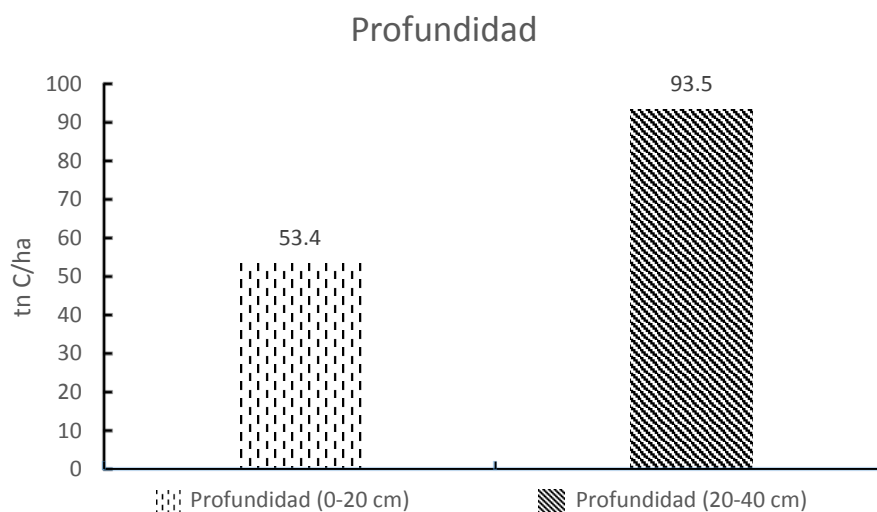


Figura 6. Carbono orgánico del suelo (tnC/ha) en profundidades de 20 y 40 cm.

Los resultados en esta investigación se asemejan los resultados obtenidos por Johnson (1995) donde los cambios del carbono orgánico del suelo suelen cambiar por perturbación y posterior re acumulación a mayor profundidad. La captura de carbono a una profundidad de 40 cm, tienen la capacidad de capturar mayor carbono orgánico a diferencia de la profundidad de 20 cm ver Figura 7, Por otro lado, Rodríguez (2014) estimo la captura de

carbono orgánico a una profundidad de 0-30 cm de suelo en tres sistemas, donde la captura de carbono fue mejor a 30 cm.

4.1. Contenido de Carbono orgánico entre sistemas de café y pastura

El contenido de carbono orgánico para sistemas agroforestales con café y pastura existe diferencia significativa ver Tabla 8.

Tabla 8.
Prueba de correlación

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Efectos Principales					
A: Sistema	24690.8	1	24690.8	55.83	0.0000
B: Prof	8054.49	1	8054.49	18.21	0.0006
Interacciones					
AB	2969.97	1	2969.97	6.72	0.0197
Residuos	7075.5	16	442.219		
Total (Corregido)	42790.7	19			

Nota. * =diferencia significativa $P < 0.01$

En la Tabla 8. Se observa que hay diferencia significativa entre sistemas de café y pastura porque que el (p-valor =0.0000) es menor a 0.01. Siendo mayor la captura de carbono orgánico (COS) en un sistema agroforestal de café a diferencia de los sistemas con pastura. En tal sentido, los sistemas agroforestales con café influyen significativamente en el almacenamiento de carbono orgánico en el suelo.

Tabla 9.
Media entre sistemas

Sistema	Casos	Media LS
Pasto	10	38.322
Café	10	108.594

En la figura 6, se aprecia claramente la diferencia significativamente entre sistemas agroforestales con café y pastura. Porque la captura de carbono fue mayor por los sistemas agroforestales con café con 108.594 tnC/ha diferencia de los pastos naturales con 38.322 tnC/ha.

Tabla 10.
Prueba de Normalidad

Sistema		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
tC	Café	,892	10	,178
	Pastura	,902	10	,229

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de la significación de Lilliefors

En la Figura 10, se observa la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, donde se determinó para los sistemas agroforestales con café y pastura con un P-valor mayor al nivel de significancia de 0.01. Donde las muestras tienen una distribución normal en los sistemas de café y pastura.

En la figura N° 4 se aprecia claramente la diferencia significativamente entre sistemas

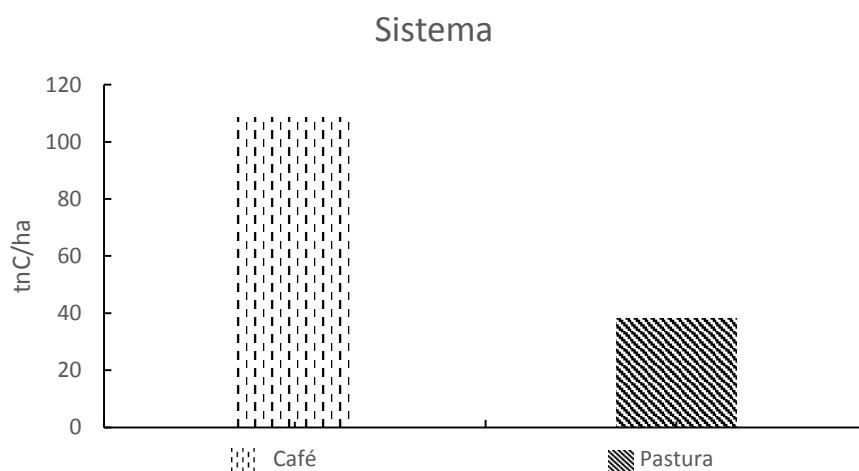


Figura 7. Carbono orgánico total del suelo (t/ha) en sistemas con pastura y café.

Los resultados en esta investigación son similares a los resultados obtenidos por: Andrade, Figueroa & Silva (2013) donde indican que la captura de carbono en sistemas agroforestales, tienen la misma capacidad de capturar y almacenar carbono orgánico esto se aprecia en la Figura 6 donde el sistema agroforestal con café captura mayor carbono orgánico a diferencia de la pastura, Así mismo Rodriguez (2014) en una investigación

realizada sostiene que los principales almacenes de carbono en los ecosistemas son el suelo y la vegetación, así mismo Domínguez et al. (2013). Para el caso del carbono orgánico del suelo, el tratamiento que presentó mayor contenido de carbono fácilmente oxidable en el suelo, con 58 tnC/ha, y el menor fue el tratamiento potrero (P), con 50 tnC/ha. Del carbono orgánico total entre los SAF el tratamiento de café fue el que tuvo el mayor valor y el tratamiento silvopastoril presentó el menor. De los sistemas evaluados se concluye que, en promedio, los SAF almacenan más carbono total. Macedo (2009) determinó la captura de carbono en dos parcelas de sistemas agroforestales de café, donde la cantidad de carbono total en el suelo fue de 119,37 t/ha. Por tanto, estos resultados son similares a los resultados obtenidos donde los suelos con café capturaron más carbono orgánico a diferencia del suelo con pastura.

Tabla 11.
Homogeneidad de varianza

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error ^a			
Variable dependiente: tC			
F	gl1	gl2	Sig.
1,827	3	16	,183

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos. Diseño: Intersección + sistema + profundidad + sistema * profundidad. Sobre las varianzas son homogénea, como se muestra en la tabla 11 la prueba de homogeneidad de varianza para los sistemas agroforestales con café y pastura y profundidades de 20 y 40 cm en cada sistema, para lo cual muestra un P-value mayor al nivel de significancia de 0.01. Entonces aceptamos la hipótesis nula.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En conclusión, el contenido de carbono orgánico en los sistemas de café y pastura si existe diferencia significativa puesto que el mayor almacenamiento de carbono total se obtuvo en el sistema agroforestal de café con 108.6 t C/ha, a diferencia del suelo con pastura con 38.3 t C/ha.

El contenido de carbono orgánico en el suelo entre profundidad de 20 y 40 cm en cada sistema si existe diferencia significativa, ya que mediante se profundiza el horizonte del suelo, la captura de carbono orgánico tiende incrementar esto debido a la acumulación de materia orgánico y por el tipo de suelo.

5.2. Recomendaciones

- Realizar más estudio de captura de carbono orgánico en el suelo con sistemas agroforestales
- Utilizar diferentes especies agroforestales para así presentar opciones como cultivo de explotación.
- Sensibilizar a las autoridades de las municipalidades, sobre el mantenimiento de los sistemas agroforestales con café, para proveer servicios ambientales.
- Realizar el análisis del suelo completo, para conocer su función y su estado actual de los elementos presentes y así poder determinar la dosis de abonamiento o fertilización.

REFERENCIAS

- Alvarado, J., Andrade, H. J., & Segura, M. (2013). Storage of soil organic carbon in coffee (*Coffea arabica* L.) production systems in the municipality of Líbano, Tolima, Colombia, *16*(1), 11.
- Alvarado, A., Forsythe, W. (2005) Variación de la densidad aparente en órdenes de suelos de costa rica. [www.mag.go.cr/rev agr/inicio.htm](http://www.mag.go.cr/rev_agr/inicio.htm).
- Anadón, R. (2008). *Cambio climático. Causas y consecuencias*. Cangas de narcea.
- Barahona, J. C. (2012). *Influencia de las plantaciones DE Eucalyptus globulus Labill y Pinus radiata D. don en las propiedades del suelo, Chamiseria - Junin*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Benavides, H. O., & León, G. E. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*.
- Bringas, H. A. (2010). *Estimación del carbono almacenado en un sistema agroforestal de cacao (theobroma cacao L.) comparado con un bosque secundario de tres edades*. Universidad Nacional Agraria De La Selva.
- Carreira, D. (n.d.). Carbono orgánico (Método de Walkley & Black), 4.
- Castro, R. J. (2017). *Almacenamiento de carbono y análisis de rentabilidad en sistemas agroforestales con Coffea arabica (L) en la zona de los santos , Costa Rica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Colque, T., & Sánchez, V. (2007). *Los gases del efecto invernadero: ¿Por qué se produce el calentamiento global?* Lima - Perú. Retrieved from www.labor.org.pehttp://www.foei.org/esp/climate/index.html
- CONAFOR. (2013) *Sistemas Agroforestales Maderables en México*, Universidad Nacional Chapingo. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/8/5572SISTEMAS%20AGROFORESTALES%20MADERABLES%20EN%20MEXICO%20AVM.pdf>
- Corral, R., Duicela, L., & Maza, H. (2006). Fijación Y Almacenamiento De Carbono En Sistemas Agroforestales Con Café Arabigo Y Cacao , En Dos Zonas Agroecológicas Del Litoral Ecuatoriano. *Congreso Ecuatoriano De La Ciencia Del Suelo*, 15.
- Cuba, A. C. (2016). PLANEFA AYAPATA. Puno - Perú.
- Domínguez, E., W., Krishnamurthy, L., Vázquez, V., Torres, A., (2012) *almacén de carbono en sistemas agroforestales con café carbon stocks in agroforestry systems with coffee plantations*.

- FAO. (2017). Carbono orgánico : del suelo el potencial oculto. In L. Lefèvre, Clara; Rekik, Fatma; Alcantara, Viridinia; Wiese (Ed.) (p. 90). Roma,Italia: Sala, Matteo;Verbeke, Isabelle; Stanco, Giulia. Retrieved from www.fao.org/publications
- Francesco N.(2015) Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura Un manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo.
- Goyenola, G. (2007). *Guía para la utilización de las valijas viajeras - Determinacion del pH*. American Public Health Association. Retrieved from <http://www.epa.gov/owow/monitoring/volunteer/stream/>.<http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/>
- Ingram, J., & Anderson, J. (2017). *Tropical Soil Biology and Fertility : A Handbook of Methods*. EEUU.
- INTA. (2012). Comparacion de métodos de determinación en ensayo de rotacion en siembra directa (p. 3).
- Leon, A. Y. (2016). *Reserva de carbono en bofedales y su relacion con la floristica y condicion del paitzal*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Martínez, E., Fuentes, J. P., & Acevedo, E. (n.d.). Carbono Orgánico y propiedades del suelo, 29.
- Martínez , E., Fuentes , J. P., & Acevedo, E. (2001). Carbono organico y propiedades del suelo. 29.
- Macedo, P. Q. (2009). Cuantificacion de la biomasa Y reserva de carbono en sistemas agroforestales (Coffea arabica L.) en dos pisos altitudinales. Universidad Nacional de San Martin - Tarapoto Facultad de Ciencias las Agrarias, Tarapoto-Perú.
- Mena, V., Andrade, H., & Navarro, C. (2011). Biomasa y carbono almacenado en sistemas agroforestales con café y en bosques secundarios e un gradiente altitudinales en Costa Rica, *I*, 12.
- MINAM. (2009). Cambio climático y desarrollo sostenible en el Perú. In Antonio (Ed.) (p. 31). Lima-Perú.
- MINAM. (2014). Guía para el muestreo de suelos D.S N° 002-2013-MINAM, 39. <https://doi.org/624.1517>
- Ovalle, O. (2016). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con cafe en costa rica (p. 24).
- Recinos.F.J.(2014) Estimación del carbono fijado en el agrosistema café (coffea arabica l.)

- bajo sombra, de la finca el cascajal, municipio de esquipulas, departamento de chiquimula, guatemala, 2013.(p.92.Universidad de san carlos guatemala centro universitario de oriente gestion ambiental local.
- Rodriguez, C. (2014). *Almacenamiento de carbono orgánico en suelos de un sistema agroforestal (café y Guaba), en diferentes altitudes del sector Bolson Cuchara - Tingo Maria*. Universidad Nacional Agraria de la selva.
- Rose Rosenzweig y Hillel (2000). Carbono orgánico (COS
- Rubio, A. M. (2010). *La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los alcornoques*. Universidad De Sevilla.
- SERFOR. (2016). Guía rápida para el levantamiento de suelos en campo (p. 25). Lima - Perú.
- Silicuana, Ponce, Vargas, Miranda (2018) Evaluación de la fertilidad del suelo en parcelas con dos diferentes manejos de hacer agricultura (sistema agroforestal sucesional y sistema convencional) en zona semiarida en la provincia Tapacarí - Cochabamba.
- Silva, A. (n.d.). *La materia organica del suelo. Ciencia del Suelo*.
- Useros, J. L. (2012). Climate change: Causes and enviromental effects, 98.
- Villogas, K. E. (2013). *Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales (SAF) con cacao (Theobroma cacao L.) en produccion*. Universidad Nacional Agraria De La Selva.

ANEXOS

Anexo A. Panel Fotográfico



Foto 1. Terreno con café



Foto 2. Terreno no con café



Foto 3. Calicata en terreno con café



Foto 4. Calicata en terreno con pastura



Foto 5. Calicata de 0- 40 cm



Foto 6. Muestras de suelo



Foto 7. Pesado de muestras de suelo



Foto 8. Preparación de muestra



Foto 9. Secado de las muestras de suelo



Foto 10. Análisis del pH



Foto 11. Tamizado de la muestra de suelo



Foto 12. Equipo de destilación del agua

Anexo B. Mapa de ubicación

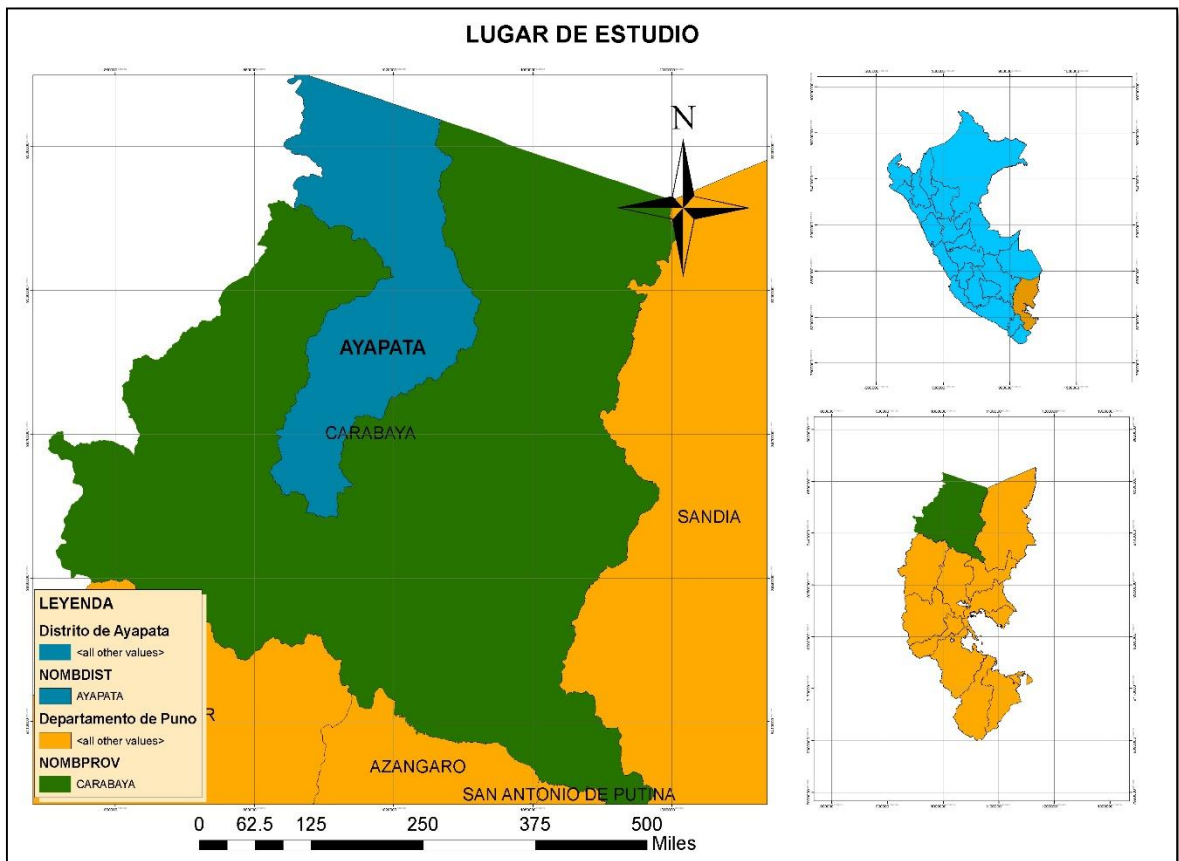


Foto 13. Mapa de ubicación de ambito de estudio

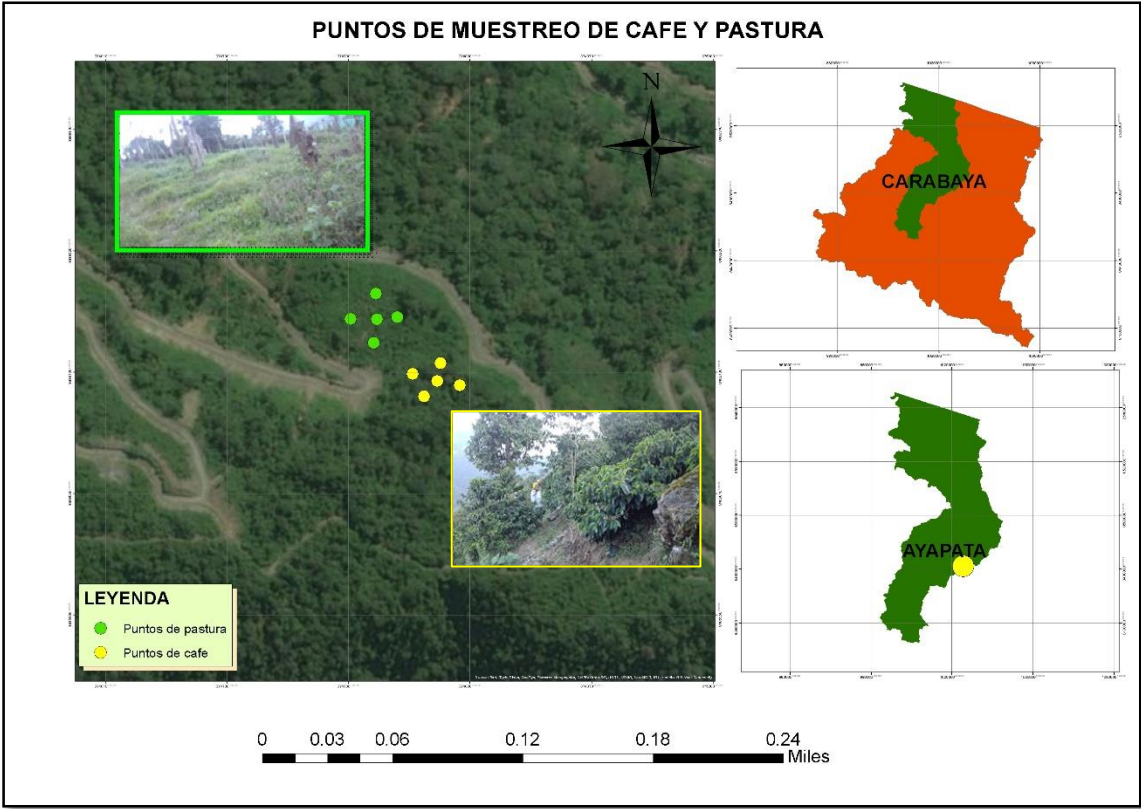


Foto 14. Mapa de los puntos de muestreo en terrenos con café y pastura

Anexo C. Certificado de resultados del análisis del suelo

Lab	Número Muestra Claves	M.O. %
6909	Pastura 1-20	2.48
6910	Pastura 1-40	1.49
6911	Café 1-20	7.03
6912	Café 1-40	5.59
6913	Pastura 2-20	1.61
6914	Pastura 2-40	1.38
6915	Café 2-20	9.17
6916	Café 2-40	5.59
6917	Pastura 3-20	3.24
6918	Pastura 3-40	3.17
6919	Café 3-20	6.64
6920	Café 3-40	5.00
6921	Pastura 4-20	0.88
6922	Pastura 4-40	1.38
6923	Café 4-20	6.07
6924	Café 4-40	6.62
6925	Pastura 5-20	3.70
6926	Pastura 5-40	1.44
6927	Café 5-20	7.14
6928	Café 5-40	8.73

SOLICITANTE : MADELEINE ENRIQUEZ LOPE
PROCEDENCIA : PUNO
REFERENCIA : H.R. 66357
BOLETA : 2335
FECHA : 18/12/2018

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

LASPAF
UNALM
Jefe del Laboratorio
Sady Garcia Bendezo

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



RESULTADO DE ANÁLISIS
UPEU – FIA/ING-AMBIENTAL 2018-0020

Una Institución Adventista

CLIENTE : Luz Madeleine Enriquez Lope
DIRECCIÓN : Jr. Túpac Amaru s/n
LUGAR DE MUESTREO : Valle Esquinlaya, Distrito de Ayapata
TIPO DE MUESTRA : Suelo agro forestal
F. RECEPCIÓN DE MUESTRA : 06/12/2018
F. INICIO DE ENSAYOS : 06/12/2018
MUESTREADO POR : Laboratorio de Monitoreo Ambiental

Análisis de Suelo			
Nº de ensayos	Parámetros		
	PH	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Densidad aparente (g/m^3)
Pastura 1-20	4.49	21.03	1.14
Pastura 2- 20	4.28	11.64	1.02
Pastura 3 -20	4.12	23.9	0.98
Pastura 4-20	3.98	13.79	1.22
Pastura 5-20	4.05	24.2	1.19
Café 1-20	3.6	35.6	0.88
Café 2-20	3.1	33.7	0.88
Café 3-20	3.73	20.88	0.98
Café 4 -20	2.97	43.8	0.93
Café 5 -20	3.45	42.07	0.91
Pastura 1-40	4.39	13.3	1.16
Pastura 2 -40	4.22	8.64	1.22
Pastura 3-40	4.11	23.2	1.02
Pastura 4-40	3.87	9.63	1.19
Pastura 5-40	3.98	12.68	1.16
Café 1-40	3.8	23.9	0.93
Café 2-40	3.3	31.05	0.98
Café 3-40	3.86	19.35	0.98
Café 4-40	3.36	43.5	0.94
Café 5-40	3.47	40	0.98

Nota: PH: Método multiparametrico; C.E.: Método multiparametrico; D.A.: Método probeta

Juliaca, 10 de diciembre del 2018

Jefe de Laboratorio

Anexo D. Ficha de muestreo de suelo

Datos generales:

Nombre del sitio en estudio: Valle Esquilaya	Departamento: Puno
Razón social:	Provincia: Carabaya
Uso principal: Agricultura	Dirección del Predio: Ayapata

Datos del punto de muestreo:

Nombre del punto de muestreo: Punto 1-20	Operador: personal (empresa/persona):
Coordenadas: X: 374023 Y: 8485851 (UTM, WGS84)	Descripción de la superficie: Vegetación (pe. asfalto, cemento, vegetación)
Técnica de muestreo: Manual (p.e. sondeo manual/semi-mecánico/mecánico, zanja, etc.)	Instrumentos usados: ninguno
Profundidad final: 40 cm (en metros bajo la superficie)	Napa freática: no (si/no, profundidad en m)
Instalación de un pozo en el agujero: no (si/no, descripción):	Relleno del agujero después del muestreo: (si/no, descripción): si

Datos de las muestras:

Clave de la muestra:	Puntos con pastura y café
Fecha:	29/11/2018
Hora:	8: 00 am – 5:00 pm
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie)	0-20 cm y 20 – 40 cm
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie)	40 cm de profundidad

Cantidad de la muestra: (Volumen o peso)	1kg
Tipo de muestra: (simple/compuesta)	simple
Para muestras superficiales compuestas:	
Área de muestreo (m ²):	1ha
Número de muestras:	20

Puntos de muestreo

N	Punto	Código	Coordenadas UTM
1	Punto 1	Punto 1 C-A 20cm	X= 374023 Y= 8485851
2	Punto 1	Punto 1 C-B 40cm	X= 374023 Y= 8485851
3	Punto 2	Punto 2 C-A 20cm	X= 374043 Y= 8485871
4	Punto 2	Punto 2 C-B 40cm	X= 374043 Y= 8485871
5	Punto 3	Punto 3 C-A 20cm	X= 374039 Y= 8485849
6	Punto 3	Punto 3 C-B 40cm	X= 374039 Y= 8485849
7	Punto 4	Punto 4 C-A 20cm	X= 374039 Y= 8485826
8	Punto 4	Punto 4 C-B 40cm	X= 374039 Y= 8485826
9	Punto 5	Punto 5 C-A 20cm	X= 374053 Y= 8485846
10	Punto 5	Punto 5 C-B 40cm	X= 374053 Y= 8485846
11	Punto 6	Punto 6 P-A 20cm	X= 374069 Y= 8485882
12	Punto 6	Punto 6 P-B 40cm	X= 374069 Y= 8485882
13	Punto 7	Punto 7 P-A 20cm	X= 374091 Y= 8485898
14	Punto 7	Punto 7 P-B 40cm	X= 374091 Y= 8485898
15	Punto 8	Punto 8 P-A 20cm	X= 374085 Y= 8585879
16	Punto 8	Punto 8 P-B 40cm	X= 374085 Y= 8585879
17	Punto 9	Punto 9 P-A 20cm	X= 374079 Y= 8445859
18	Punto 9	Punto 9 P-B 40cm	X= 374079 Y= 8485859
19	Punto 10	Punto 10 P-A 20cm	X= 374099 Y= 8485876
20	Punto 10	Punto 10 P-B 40cm	X= 374099 Y= 8485876

Anexo E. Rotulado

Aspectos a tomar para un rotulado en muestras de suelo

- La etiqueta debe ser colocada visiblemente y no pasar el tamaño de la muestra
- La etiqueta, debe contar con la siguiente información como mínimo: código de identificación, lugar del muestreo, y la fecha y hora del muestreo, nombre de la persona que realizo la toma la muestra.
- La impresión de los datos en la etiqueta, debe realizarse con tinta indeleble.
- Seguidamente después de la toma de muestra se debe realizar el etiquetado y registro de la muestra de suelo

Tabla N°. *Formato del Rotulado*

Nombre del sitio de estudio	Valle esquilaya	
Departamento	Puno	
Provincia	Carabaya	
Distrito	Ayapata	
Muestreado por	Luz Madeleine Enriquez Lope	
Nombre del punto de muestreo	Punto x y profundidad	
Fecha:	Hora:8:00	Profundidad:20 y 40 cm
Parámetros a analizar	Materia orgánica, densidad aparente, carbono orgánico, pH y conductividad eléctrica.	
Fecha de recepción de laboratorio		

Fuente. (MINAM ,2014)