

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Determinación de la captura de carbono en suelos con eucalipto
(*Eucalyptus globulus Labill*) en el distrito de Huancané-Puno, 2018

Por:

Esther Priscila Hanco Chalco

Asesor:

MSc. Rose Adeline Callata Chura

Juliaca, diciembre de 2018

DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS


MSc. Rose Adeline Callata Chura, 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 la captura de carbono en suelos con eucalipto (*Eucalyptus globulus Labill*) en el distrito de Huancané - Puno, 2018.” Constituye la memoria que presenta el bachiller Esther Priscila Hanco Challo 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. Rose Adeline Callata Chura


Determinación de la captura de carbono en suelos con eucalipto
(*Eucalyptus globulus Labill*) en el distrito de Huancané – Puno, 2018


TESIS


Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR


MSc. Jael Calla Calla
Presidente


Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera
Secretario


Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani
Vocal


MSc. Rose Adeline Callata Chura
Asesor

Juliaca, 31 de diciembre de 2018

DEDICATORIA

A Juan, mi padre, por sus ánimos,
confianza y apoyo incondicional.

A Marta, mi madre, por su comprensión
y su oración a lo largo de toda mi formación
profesional.

A mis hermanos: Verónica, Ruth, Daniel y Jared,
por los consejos y por su constante apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, en primer lugar, por brindarme sabiduría, por darme fuerzas en los momentos difíciles por las cuales pase a lo largo de mi formación profesional y enseñarme a confiar, esperar en sus propósitos porque sus tiempos son perfectos

Al Programa Nacional de Becas, por el apoyo económico que me brindaron, para lograr uno de mis sueños: obtener una carrera profesional

A la Universidad Peruana Unión, por acogerme y haberme enseñado durante mi formación académica, sobre la base de principios tanto en el ámbito físico como espiritual.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, especialmente al coordinador Eduardo Vigo y al Ing. Ruth Cáceres, por el ánimo y el apoyo durante los trámites correspondientes en el proceso de la tesis.

A mis queridos padres: Juan Hanco y Marta Chalco, por su apoyo económico, comprensión, consejos y sus oraciones, para culminar con mi formación.

A mi asesora Ing. Rosse Callata y a mis dictaminadores, MCs. Jael Calla, Ing. Eduardo Vigo y al Ing. Verónica Mamani, por la comprensión, apoyo, tiempo y consejos que me brindaron para concluir con la investigación realizada

Al personal del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), quien trabaja en el laboratorio de aguas y suelos, por su apoyo indispensable en la realización del trabajo de investigación.

También a muchos ingenieros, amistades, por sus consejos y por ser soporte en momentos complicados, durante mi formación sin importar donde se encuentren, por haber formado parte de mi vida y formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I EL PROBLEMA.....	14
1.1. Identificación del problema.....	14
1.2. Justificación.....	15
1.3. Presuposición filosófica	15
1.4. Objetivos	16
1.4.1. Objetivo general.....	16
1.4.2. Objetivo específicos.	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.....	22
2.2. Marco Conceptual	23
2.2.1. Cambio Climático.....	23
2.2.2. Efecto invernadero.....	23
2.2.3. Captura de carbono	24
2.2.4. El Eucalipto	26
2.2.5. Suelo	28
2.2.6. Marco Legal.....	32
CAPÍTULO III MATERIALES Y METODOS	34
3.1. Ámbito de estudio	34
3.2. Tipo y diseño de la investigación.....	35

3.3.	Equipos y Materiales	35
3.4.	Procedimientos	36
3.4.1.	Muestreo de suelos	36
3.4.2.	Metodología experimental en el campo.....	36
3.4.3.	Metodología Experimental en el laboratorio	37
3.4.4.	Flujo grama	30
3.5.	Análisis Estadístico	31
CAPÍTULO IV.		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		32
4.1.	Captura de Carbono Total entre sistemas (eucalipto y pasturas)	32
4.2.	Captura de Carbono Total entre Profundidades (20 cm a 40 cm).....	34
4.3.	Caracterización de los suelos entre los sistemas (eucalipto y pasturas).....	36
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		39
5.1.	Conclusiones	39
5.2.	Recomendaciones.....	40
REFERENCIAS.....		41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del eucalipto.....	27
Tabla 2. Taxonomía de Suelos.....	30
Tabla 3. Propiedades física, química y biológica del suelo.....	31
Tabla 4. Coordenadas del punto de muestreo.....	35
Tabla 5. Materiales utilizados para la investigación.....	36
Tabla 6. Métodos y unidades de análisis de laboratorio.....	38
Tabla 7. Comparación de materia orgánica y carbono orgánico.....	39
Tabla 8. Valores orientativos de densidad aparente con respecto a la textura del suelo.....	40
Tabla 9. Escala de Valores de pH de los suelos.....	40
Tabla 10. Valores de conductividad eléctrica de los extractos de saturación.....	41
Tabla 11. Variables de la investigación.....	31
Tabla 12. Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos entre los sistemas.....	32
Tabla 13. Diseño factorial 2 x 2 para los sistemas.....	33
Tabla 14. Método al 95.0 porcentaje Duncan.....	33
Tabla 15. Prueba de normalidad entre las especies.....	33
Tabla 16. Diseño factorial 2 x 2 para las profundidades de los sistemas.....	35
Tabla 17. Método al 95.0 porcentaje Duncan.....	35
Tabla 18. Prueba de normalidad para las profundidades.....	35
Tabla 19. Diseño factorial 2 x 2 para la caracterización del suelo para los sistemas.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto Invernadero.	24
Figura 2. Ciclo del Carbono.....	26
Figura 3: Ubicación geográfica de la zona de investigación.	34
Figura 4. Diferencia entre los sistemas (eucalipto y pasturas).	34
Figura 5. Diferencia de las profundidades entre los sistemas.....	36
Figura 6. Caracterización del suelo entre los sistemas.	37

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Mapa de Ubicacion del Lugar de Investigación.....	45
Anexo B. Panel Fotográfico.....	45
Anexo C. Hoja de Campo.....	52
Anexo D. Resultados de análisis de Laboratorio.....	53

SÍMBOLOS USADOS

MINAM: Ministerio del Ambiente.

CO₂ : Dióxido de Carbono

ha : Hectárea

N : Nitrógeno

MO : Materia Orgánica

DA : Densidad aparente

CO : Carbono Orgánico

Ce : Conductividad Eléctrica

pH : Potencial de Hidrógeno

ICRAF : World Agroforestry Center

INIA : Instituto Nacional de Investigación Agraria

USDA : United States Department of Agriculture

RESUMEN

La investigación se realiza con el propósito de evaluar la captura de carbono en los suelos con forestación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) en comparación de suelos con pasturas; también se evaluó los parámetros que tienen relación con la captura de carbono en los suelos; fue realizada en el distrito de Huancané, ubicada en las laderas del Cerro Santa barba fueron 4 meses 2 meses de trabajo en campo, donde se consideró la observación y la búsqueda del lugar de estudio, la toma de muestras 40 x 40 cm a dos profundidades de 20 cm y 40cm, los análisis de laboratorio con los métodos: Walkey y Black, para la determinación de carbono orgánico y materia orgánica, método de la probeta graduada para la densidad aparente, pH potenciómetro y la conductividad eléctrica conductímetro; para el estadístico se realizó el diseño factorías de 2x2; los siguientes 2 meses de trabajo de gabinete, el traspaso de resultados y la discusión de los datos obtenido, los resultados obtenidos existe diferencia entre las profundidades el p-valor (0.000), pero no existe diferencia entre especies estadísticamente p-valor (0.79), en la caracterización se presenta para el pH, Ce, Da hay diferencia significativa mientras en la Ma y Mo no existe diferencia; se concluyó que en una profundidad de 40 cm hay mejor captura de carbono y que la especie de pastos nativos secuestran mejor el carbono, recomendado más años de investigación.

Palabras clave: Secuestro de carbono orgánico, forestación de eucalipto, propiedades del suelo, servicio ambiental.

ABSTRACT

The purpose of the research was to evaluate the carbon sequestration in soils with eucalyptus (*Eucalyptus globulus* Labill) afforestation in comparison with soils with pastures, parameters related to carbon sequestration in soils were also evaluated; It was carried out in the district of Huancané, located on the slopes of Cerro Santa Barba. It was 4 months 2 months of work in the field where the observation and search of the place of study was considered, sampling 40 x 40 cm at two depths of 20 cm and 40cm laboratory analyzes with the methods: Walkey and Black for the determination of organic carbon and organic matter, graduated test method for bulk density, pH potentiometer and conductivity electrical conductivity; for the statistician the 2x2 factories design was made; the next 2 months of cabinet work, the transfer of results and the discussion of the data obtained, the results obtained there is a difference between the depths of the p-value (0.000), but there is no difference between species statistically p-value (0.79) , in the characterization is presented for the pH, Ce, Da there is significant difference while in the Ma and Mo there is no difference, concluding that in a depth of 40 cm there is better capture of carbon and that the species of native grasses sequester the carbon better, recommended more years of research.

Keywords: Sequestration of organic carbon, afforestation of eucalyptus, soil properties, environmental service.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

Durante el transcurrir de los años, el crecimiento poblacional mundialmente ha aportado a la contaminación del aire, cuyas características han sido alteradas negativamente por la actividad humana mediante fábricas industriales de alimentos: el parque automotor, fábricas de cemento, el consumo de electricidad y todo tipo de sistemas domésticos; primordialmente tienden a depender de los combustibles fósiles que contribuyen a los problemas que afecta (Montoya et al., 1995); nuestro planeta y uno de esos fenómenos que en la actualidad está siendo tema de discusión es el efecto invernadero que hoy en día tiene mayor importancia en el mundo, como consecuencia es el cambio climático y su factor principal es el incremento de los gases de efectos invernadero que tiene como principal componente al dióxido de carbono (CO_2), que se ha producido desde la revolución industrial; estos gases absorben y emiten radiación térmica, que retiene toda la calor en la atmosfera baja; por lo tanto, esto hace que la temperatura aumenta, la cual repercute en el cambio climático (Dominguez, 2016); en este contexto, esta investigación pretende determinar y cuantificar la captura de carbono en los suelos que puede obtenerse mediante los rodales de eucalipto, de tal manera que se pueda brindar una evidencia científica de sus efectos de forma no empírica, así mismo contribuir con la reducción de CO_2 atmosférico de tal manera contribuir a la mitigación del cambio climático que afecta a la región Puno, debido a que hay escasos bosques que ayuden a la captura de carbono en los suelos.

1.2. Justificación

El cambio climático, por efecto de los gases invernaderos, es un problema que afecta al planeta; el 76% de estos gases que los causan provienen del CO₂ que parte de varias fuentes desde la respiración de los seres vivos, la deforestación de los bosques, la combustión de los motores de los autos, carbón, leña y otros combustibles; todas estas actividades humanas a nivel mundial forma parte del deterioro de nuestro planeta, porque este tema es escuchado y profundizado por muchos investigadores. La investigación que se realizó tuvo el objetivo: determinar la captura de carbono almacenado en los suelos con rodales de eucalipto en el lugar de estudio, así mismo surgirá una posibilidad de aportar conocimiento a la investigación no solo en el Perú sino que en el mundo, para que tomen como alternativa eficiente de sembrar más árboles; por ejemplo, el eucalipto y otras especies de forma que sea una acción de mitigación contra el calentamiento global, para obtener todo eso tuvimos que conocer el rol dinámico del carbono entre los bosques y su ciclo normal de atmósfera, a lo que se relacionaría la captura de carbono en los suelos mediante plantaciones, sobre todo como un reto para ayudar a la mitigación del calentamiento global se aportó con la conservación de ecosistemas que existe tanto a nivel mundial como nacional y finalmente regional, y la investigación servirá de información para las futuras generaciones

1.3. Presuposición filosófica

En las últimas décadas hemos asistido a una creciente preocupación por el medio ambiente, ya que está siendo afectado por el hombre indiscriminadamente sin buscar el desarrollo sostenible que muchos recursos los requieren en lo particular el suelo: fuente de sostenibilidad y fuente de alimentación para el hombre, ya que mediante él se puede obtener diversos cultivos,

para satisfacer la necesidad de los hombre; sin embargo, a lo largo del tiempo está siendo degradado a tal punto que es infértil y deja de dar cultivos.

Dando a conocer desde el punto de vista cristiano es Dios el Creador de todo lo existente; génesis 1:31 menciona que al acabar Dios su creación declaro que todo era bueno en gran manera y génesis 2:15 dice que el Señor Dios tomó al hombre y lo puso en el huerto del Edén, para que lo cultivara y lo cuidara; de este aprovechara todo lo que la tierra le daba; es una de las evidencias claras que Dios dio al hombre poder sobre las riquezas de la tierra; así mismo, el plan de Dios, desde un principio, era que el hombre tuviera una ambiente sano, donde pueda desarrollarse y aprovechara de este; Ezequiel 36:34 muestra que la tierra desolada será cultivada en vez de ser la desolación a la vista de todo el que pasa; este es el recurso que Dios nos da para que valoremos día a día y que tenemos que cuidar, ya que el día cuando lo descuidemos y sigamos explotando sin mediar las consecuencias llegará, así como dice en Génesis 4:12, Cuando cultives el suelo, no te dará más su vigor; vagabundo y errante serás en la tierra, de eso entendemos que ya la tierra dejara dar sus frutos y no sabremos sacar alimento y el hombre morirá; por eso el hombre, siendo mayordomo de toda la creación de Dios, debe cuidarlo y hacer un consumo racional.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar la captura de carbono con eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) en suelos del cerro Santa Bárbara de la Provincia de Huancané – Región Puno, 2018.

1.4.2. Objetivo específicos.

- Determinar la captura de carbono de carbono entres suelos eucalipto y pasturas.
- Determinar la Captura de carbono entre las profundidades de 20 cm y 40 cm con suelos de eucalipto y pasturas.
- Caracterizar los suelos de eucalipto y pasturas.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

Dominguez (2016) realizó una investigación, estimó la captura de carbono que realizan los árboles de los parques en las emisiones de CO₂ producidas, en Tijuana, por los vehículos automotores; se tomó diferentes escenarios de potencial captura de carbono que tiene los parques urbanos, con una estimación en CO₂ que se debió al almacenamiento en lo árboles presentes por medio de una comparación del sector transporte.

La contraposición entre el consumo del CO₂ por el parque automotor y la captura del CO₂ por los arboles de parques, la población con la que se trabajó fue parques, una muestra representativa mediante un muestreo aleatorio estratificado, resultado en el cálculo de parques adecuados de estudios fueron 53; se consideró un muestreo de 54, el 69% de árboles son especies muy importantes con un muestreo de 30 cm de profundidad, teniendo una captura representativa de carbonono.

Los resultado obtenidos fueron de la especie que sobresalió en el *Eucalytus Globulus* que tenía como 84,37 kg de CO₂, seguido de árbol el *Schinus* que concentraba un 21% y el 10 % de acumulación de carbono de *Terebinthifolius*, concluyendo que el CO₂ capturado por los parques muestreados, fue de 21,372 toneladas durante el 2015; las especies que más capturaron fue el

Eucalytus Globulus, *Schinus Terebinthifolius* y *Washingtonia Robusta* y, por el contrario, las que menos contaminan fueron la *Azadirachta indica*, *Callistemon citrinus* y *Nerium oleander*.

La investigación realizada por Quiroz (2013) estimó la cantidad de carbono en diferentes perfiles de suelo y contrastarlos, para la determinación de los niveles de captura de carbono orgánico en suelos ocupados por 4 especie arbórea.

Se comenzó la ubicación geográfica para la localización, que posteriormente se aplicó topografía y fisiografía para conocer las condiciones del terreno y basado en toda la geología, así observar la condición de suelos, también tuvo importancia la hidrología del lugar que también tuvo importancia relevante el clima.

La descripción de la vegetación existente revela 4 especies: *Abies religiosa*, *Cupressus Lindley*, *Quercus Rugosa*, *Pinus pseudostrobus* en el lugar de estudio posteriormente el respectivo muestreo de las muestras que fueron en 5 perfiles: 0-5cm, 5-10cm, 10-20cm, 20-40cm y 40-60cm, llevados al análisis en laboratorio para la descripción sobre las características físico-químicas del suelo.

Los resultados de los 5 rodales muestreados fue que el rodal de *Quercus Rugosa* tuvo la mayor cantidad de captura de carbono con 196.367 t C/ha, y que el que tuvo menor cantidad de captura fue la de *Abies religiosa* con 138,493.

Se concluyó que el análisis de desarrollo de la investigación fue realizado en una zona forestal, considerando solo el carbono orgánico en el suelo y también se determinó que la óptima profundidad de muestreo fue en 50cm a 60 cm; hay mejor captura de carbono en las especies predominantes; pero a unos 25 cm se observó que una mayor acumulación de carbono y que si la profundidad va aumentada la disminución de la reserva de carbono es mínima.

La investigación que realizaron Connolly & Corea (2007) fue la cuantificación del carbono orgánico almacenado en el suelo de cuatro sistemas productivos; se seleccionó un total de 20 fincas, correspondientes a cuatro sistemas productivos, que su distribución fue 5 de pino, 6 café, 4 bosque seco y 5 plantaciones energéticas; la toma de muestras de suelos para la determinación del carbono se tomó alícuotas.

Para cada parcela se utilizó un barreo a una profundidad de 0-30 cm, las muestras fueron analizadas en el laboratorio, en las cuales, para la determinación de carbono orgánico del suelo, se dio desde la densidad aparente y el porcentaje de carbono; se obtuvo que el almacenamiento de carbono en su totalidad fue de 147.26 a 223.04 tC/ha, con un promedio de 178.79 tC/ha, obteniéndose el mayor valor en la finca del señor Fidel González de 223.04 tC/ha.

Donde encontrábamos especies de pino este generalmente, se dio la mayor cantidad de captura en el suelo con 178.79 tC/ha que en la biomasa con 25 tC/ha, hojarasca con 3.71 tC/ha y, por último, en la raíz con 3.82 tC/ha llegando a la conclusión árbol que tuvo mayor captura de carbono de suelo fue el pino en cuatro fuentes y el suelo obtuvo los mayores valores de carbono representando en el sistema de 76.07 a 87.12 % de reserva de carbono en el suelo.

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

López (2015) realizó una investigación de estimación potencial de captura de carbono de los tres depósitos de carbono siguientes: vegetación arbórea y no arbórea; utilizando la metodología ICRAF para la disminución de gases de efecto invernadero en dos fundos, primero bosque primario; y de la vegetación no arbórea, segundo con actividad agrícola, donde se utilizó la metodología perteneciente al World Agroforestry Center (ICRAF).

Para la determinación de carbono, tomando en cuenta la parte económica y el diseño de las áreas que se muestrearon y con sus respectivas muestras, las cuales se tomaron simples, se consideró y se hizo en dos fundos la metodología aplicada, se realizó en 6 etapas y en la 2da, 3ra y 4ta, se dieron los procesos de evaluación desde el muestreo hasta los análisis de laboratorio,

En los resultados obtenidos se dio la suma de las cuatro muestras como captura total de carbono orgánico del fundo violeta, se obtuvo 24.6 t C/ha mientras que del fundo vecino se obtuvo 17.5 t C/ha; esto da a conocer que los bosques primarios fue más eficiente que el lugar de las actividades agrícolas, concluyendo que la metodología aplicada presenta resultados a la captura de carbono por hectáreas, con una mayor comprensión en logística; de tal manera se puede afirmar que la deforestación afecta de forma considerable la captura de carbono disminuyendo las reservas naturales.

La investigación realizada por Palomino (2017) tuvo como objetivo la determinación de la cantidad de carbono almacenado en la estructura vegetal de las especies de estudio, a fin de estimar el potencial de reserva del CO₂; para la determinación de la identificación de la zona de estudio se utilizó las cartas nacionales del Instituto Geográfico Nacional pertenecientes a Chilca, el área se describió de acuerdo con su geología, suelos, hidrología, topografía, clima, formación ecológica y sus recursos de flora en humedales de 4 especies de flora predominante en Lima las cuales fueron:

Gramina salada- *Paspalum vaginatum*, Swartz – *Salicornia Salicornia fruticosa* Linneo, la totora - *Schoenoplectus californicus*, y el junco- *Scirpus americanus*; con la finalidad de conocer el potencial de la flora en la captura de CO₂ se hizo la toma de 4 muestras de 1 kg cada una de

suelo en una profundidad de 0-20 cm de cada especie, se realizó el respectivo secado, el análisis de la captura de carbono se hizo por el método de Walkley y Black.

Se obtuvo como resultado el almacenamiento de carbono en las raíces de las especies, se dio en una profundidad de 20cm y la que tuvo mayor cantidad fue el junco capturo 99.00 t C/ha, la tatora 9.57 t C/ha la Grama salada 11.55 t C/ha y finalmente la Salicornia con un 5.61 t C/ha y con una comparación con otras especies: maíz, arroz y pastos, la tatora capta 20.1 tC/ha. Se concluyó que la especie tatora tiene la mayor capacidad de almacenar el carbono ante otras especies y también se da a nivel foliar.

2.1.3. Antecedentes locales.

La invetsigacion de Calla (2017) consistía en la determinación de los impactos que genera la forestación de eucalipto en Kocan, Juliaca; su metodología consistió en tomar dos hectáreas para evaluar una con forestación de eucalipto y la otra con una distancia de 50 metros, fue de pasturas para su comparación,

Se partió cada una de estas hectáreas en 5 parcelas y de cada una de ellas se tomó las muestras de 40 cm por 40 cm con una profundidad de 30 cm, para que posteriormente sean llevadas a analizar al laboratorio de suelos; entre sus resultados, se tuvo que muchos de los parámetros que se evaluaron sí presentaban impactos negativos para el suelo de forestación en eucalipto, con excepción con el parámetro de la densidad aparente que si hubo diferencia significativa.

En cuanto al eucalipto para su pH presento acidez, aunque de acuerdo con la región los suelos son ácidos; finalmente se llegó a la conclusión de que el eucalipto es un árbol que por ser una especie extranjera aporta mucho a la pérdida de suelos en sus propiedades físicas así mismo

compite por el consumo de agua con otras especies endémicas, las cuales son afectadas y mueren.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Cambio Climático.

Connolly & Corea (2007) dan a conocer que el cambio climático es un cambio, ya sea de forma directa o indirecta, tiene como principal causante la actividad humana, la cual ayuda a la alteración de la composición de la atmosfera y que esto ayuda a sumar los efectos que causan en el clima, ya sea en periodos largos o a corto plazo, podemos observarlos en el diario vivir ya sea con la intensidad del sol o la intensidad del frío; estos cambios pueden ser bruscos, el crecimiento poblacional es una de las causas, ya que debido a eso comenzó la era industrial, la cual aceleró el consumo de los recursos.

2.2.2. Efecto invernadero.

El principal causantes son los gases de CO₂ que dan el fenómeno del efecto invernadero, la cual es la radiación del sol en el planeta, la cual debería de ser absorbida por las plantas existentes en el planeta, el cual por el hecho de que ya está alterado el ciclo normal del carbono conlleva que los gases sean emitidos a todas direcciones del planeta, causando un aumento de calor, los gases van en aumento mientras la humanidad va aumentando en consumo de recursos fósiles como principalmente (Flores, 2017).

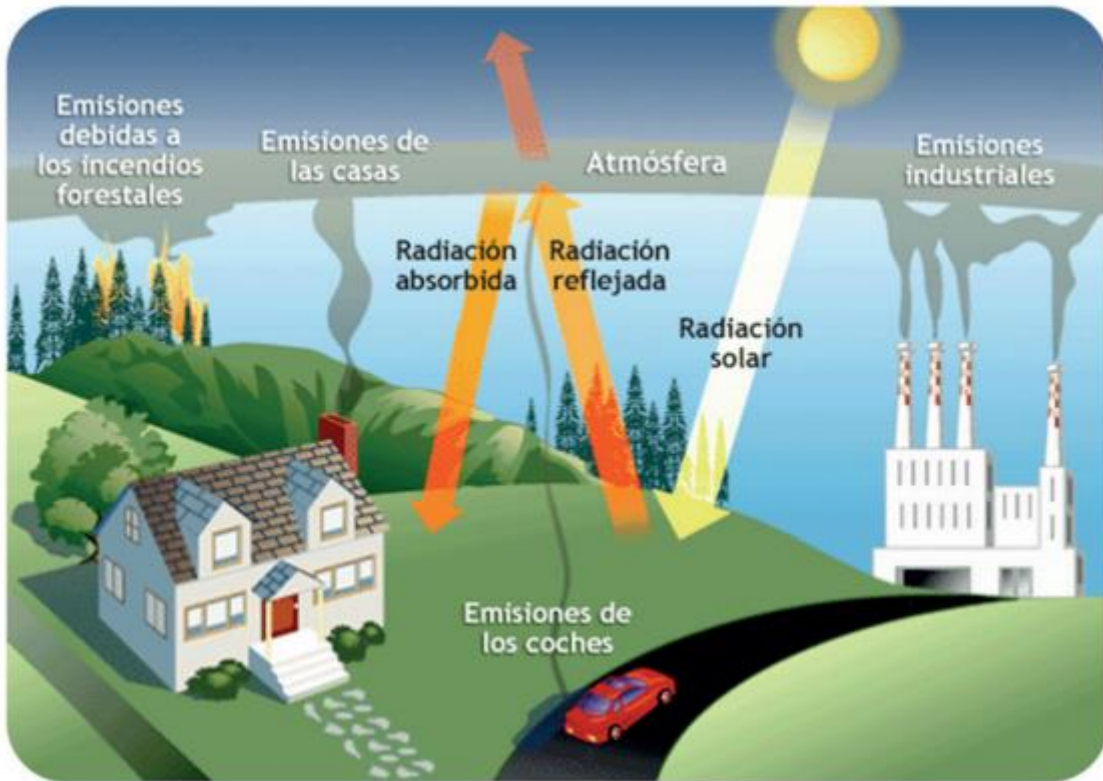


Figura 1. Efecto Invernadero.

Fuente: El efecto invernadero temas para la educación. (Andalucía, 2010)

2.2.3. Captura de carbono.

La captura de carbono se da en principales unidades del planeta en un ciclo fundamental, todos los organismos lo pueden desarrollar; el carbono es almacenado en compartimientos que se llaman radículas de depósitos, los océanos tienen las más grandes reservas de carbono seguida por el suelo, la atmósfera y finalmente las plantas cualquier desequilibrio en nuestro planeta se ve reflejada en la concentración del CO_2 , las plantas mediante la fotosíntesis dan el equilibrio de un ciclo normal y también los suelos aportan esto (Casanova, Petit, & Solorio, 2011).

2.2.3.1. Carbono.

El planeta tiene múltiples formas de vida como un sistema que se encuentra en constante interacción que cumplen una diversidad de funciones específicas, que también desde siempre han existido los ciclos biogeoquímicos que han mantenido en estabilidad las condiciones de la tierra, en la cual participan los suelos y seres vivos en reacciones químicas e intercambio; el carbono es una de las partes fundamentales y soportes del organismo, es como un elemento donde se puede encontrar la disponibilidad de carbono en todo el planeta, existen varias maneras de captar el carbono atmosférico en carbono orgánico, el cual se da mediante la fotosíntesis de las plantas (Zhang, Borhani, & El-Naas, 2018).

2.2.3.2. Ciclo del Carbono.

El Ciclo del carbono es un proceso, el aire atmosférico se encuentra de forma de dióxido de carbono y el cual las plantas la transforman mediante la fotosíntesis en carbono orgánico (Martínez, Fuentes, & Acevedo, 2008).



Figura 2. Ciclo del Carbono.

Fuente: (“Biología 4º ESO: Ciclos Biogeoquímicos,” 2015)

2.2.4. El Eucalipto.

Esta especie es exótica, llegó a Latinoamérica a inicios del siglo XIX; tanto su cultivo como comercialización como madera, leña, carbón; como una parte de ser un negocio lucrativo en toda la región, de ahí se ha extendido ampliamente y en la actualidad se estima que los países Brasil, Chile, Argentina tienen no menos de 100.000 hectáreas plantadas con esta especie (FAO; 2006).

2.2.4.1. Taxonomía y Morfología.

Describimos la taxonomía de acuerdo a la (tabla 1).

Tabla 1
Taxonomía del eucalipto

Nombre	Descripción
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Myrtales
Familia:	Myrtaceae
Género:	<i>Eucalyptus</i>
Especie:	<i>globulus</i>
Nombre común:	Eucalipto
Nombre científico:	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill

Fuente: Taxonomía definida de acuerdo a Reynel (1988).

El *Eucalyptus globulus* Labill es fácilmente reconocible en su estado adulto, por ser la única especie arbórea que posee el cono, o fruto solitario. La madera de eucalipto tiene cualidades técnicas que la hacen muy requeridas en la industria del papel, ya que su fibra es corta, esta cualidad la hace atractiva en el rubro de la celulosa; se la utiliza en la fabricación de papeles finos. Su madera es utilizada en la producción de muebles para hogares y oficinas, y su hermosa chapa se destina al forrado o enchapado de tableros (Morante & Aranguren, 2014).

En la región, estos árboles pueden alcanzar hasta 30 metros de altura, tienden a tener una corteza blanquecina que con facilidad se desprende en tiras, esto se puede observar en los ejemplares adultos. Sus frutos son como una cápsula campaniforme de color blanco, cubierta de

un polvo blanquecino, de 1,4 a 2,4 cm de diámetro. Se multiplica por semillas, es algo sensible a las sequías prolongadas y prefiere suelos ligeramente ácidos y frescos. Las hojas que se agrupan agolpadas en los extremos de las ramillas producen una copa de aspecto poco frondoso (Maquera, 2017).

2.2.5. Suelo.

El suelo es un medio natural que brinda de forma natural recursos para el ser humano; las personas lo consideran el suelo un recurso importante para el sostén de plantas y del ser humano, proporciona comida, fibras, medicamentos y otras necesidades como almacenador de agua y sustento del ser humano; el suelo cubre la superficie de todo el globo, con excepto en áreas rocosas, de congelamiento perpetuo: nevados, aguas profundas, o sobre los hielos de los glaciares estériles (USDA, 2014).

Por otro lado, los elementos básicos que componen el suelo son: 5% - 10% de Materia Orgánica, 25% de agua, 25% de aire y 45% de partículas de suelo o material mineral que pueden ser arena, limo o arcilla (FAO, 2003).

2.2.5.1. Formación del Suelo.

La edafogénesis es el proceso de formación del suelo que influyen en el desarrollo, según Gálvez (2011) son: el clima, el relieve, la actividad biológica, la composición litológica; el clima juega un papel muy importante al tener una influencia directa con las temperaturas y precipitaciones, estos abarcan ala meteorización de la madre roca, generando alteraciones necesarias en sus constituyentes mineralógicos. Posteriormente, vienen a colonizar los microorganismos como las bacterias, hongos y algas. Ellos se alimentan de los minerales de la

roca madre y con la muerte de ellos la capa meteorizada aumenta y es donde las plantas crecen y sus raíces aceleran el proceso de meteorización.

Para que todo este proceso se lleve al cabo, el suelo necesita condiciones mínimas y adecuadas, no obstante, el equilibrio de los suelos puede ser perturbado y el factor antropogénico es el más trascendente. En las últimas décadas del siglo XX y los primeros años del siglo XXI, las actividades humanas han generado serios efectos en el globo, por la alta explotación de sus recursos naturales, la alta emisión de contaminantes y el aumento de la población han concebido el cambio climático, reducción de especies, etc. Y todas estas influyen en la conservación y formación de suelos, los cuales no son recursos renovables en términos humanos (Mellado, 2006).

2.2.5.1. Tipos de suelo.

Los suelos presentes en el Perú según WRB (2015), presentan las siguientes clasificaciones por presentar extensiones grandes:

- Alisols
- Umbrisols

Esta Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (FAO, 2015), consta a groso modo de tres reglas para la clasificación y creación de leyendas bien detallada, tiene los siguientes pasos:

- ✓ Detectar horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico: consta en recolección de datos observables y de laboratorio, estos no se deben redondear, y si se encuentran varios horizontes cada uno debe ser evaluado.
- ✓ Asignar al suelo un Grupo de Suelo de Referencia: la combinación descrita de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico se compara con la Guía WRB.

- ✓ Asignar calificadores: estos clasificadores se encuentran en GSR.

Por otro lado, hablando sobre la taxonomía de suelos, se los ha dividido en 12 grandes grupos u órdenes:

Tabla 2
Taxonomía de Suelos.

Los grandes grupos u órdenes	
• Alfisols	• Inceptisols
• Andisols	• Mollisols
• Aridisols	• Oxisols
• Entisols	• Spodisols
• Gelisols	• Ultisols
• Histosols	• Vertisols
• Inceptisols	

También es bueno recalcar sobre los suelos salinos y sódicos; estos suelos salinos son aquellos que contienen suficiente sal soluble para interferir con la productividad de las plantas, ya que el pH es superior a 8.5 (se considera nivel crítico en un 15% de Na en la capacidad de intercambio catiónico) y la forma para ver su salinidad es por conductividad del extracto acuoso saturado (Fernández, 2012). Estos suelos son comunes en regiones áridas y semiáridas, por acumulación de sales en el suelo también, por la proximidad que tienen al mar, la que, por evaporación continua, hay deposiciones de sales en cantidades perjudiciales (Lutenberg, 2009).

2.2.5.2. *Propiedades físicas y químicas del suelo.*

Las propiedades físicas del suelo y químicas cumplen tanto un rol muy importante en el suelo, ya que por las propiedades físicas se puede determinar las características de un buen suelo; entre ellas se puede determinar la textura, estructura, densidad, porosidad, etc., mientras las propiedades químicas cumplen el rol de ayudar al crecimiento de las plantas y se dividen en dos grupos los macronutrientes (NPK) que se necesitan en grandes cantidades y micronutrientes (Fe, Mn, Cu y B), las plantas las requieren en menores cantidades, también están los biológicos que cumplen un rol importante: artrópodos, compost, anélidos.

Tabla 3
Propiedades física, química y biológica del suelo.

Propiedad	Indicador
Físicas	Textura
	Estructura
	Densidad
	Porosidad
	Profundidad
	Pedregosidad
	Permeabilidad
	Color
	pH
Químicas	Cambio iónico
	Capacidad de intercambio de cationes (CIC)
	Macronutrientes (N,P,K, Mg y S)
	Materia orgánica
	Micronutrientes (Fe, Mn, Cu y B)
Biológicas	Conductividad eléctrica
	Artrópodos
	Compost
	Anélidos

Fuente: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, 2011.

2.2.5.3. Degradación del Suelo.

El suelo es un sistema complejo, interactúa con la litósfera, atmósfera, hidrósfera y biósfera; debido a esto, su origen está en la parte superficial de la corteza terrestre. Es un sistema altamente activo biológicamente, presenta procesos físicos, químicos y biológicos sobre la roca madre; requiere de largos periodos de tiempo para su formación, por eso se le considera recurso no renovable, debido a la escala temporal que necesita para formarse (Fernández, 2012).

La capacidad del suelo para cumplir de modo adecuado todas estas funciones, se llama calidad del suelo, entendiéndose entonces como degradación del suelo el conjunto de procesos por los que el suelo pierde calidad, donde deja de cumplir correctamente las funciones; conviene destacar que degradación implica siempre pérdida de calidad, por lo que los suelos degradados son suelos de baja calidad (García, 2009).

Muchos son factores que aportan a la degradación del suelo; por lo tanto, el ser humano es el principal problema, ya que debido a diferentes cambios que se realiza en los recursos impactándolos de manera negativa y contribuyendo a su pérdida.

2.2.6. Marco Legal.

2.2.5.4. Constitución Política del Perú.

La constitución política del Perú, en su artículo 2 inciso 22 nos da a conocer que todas las personas tienen derecho a vivir en un ambiente equilibrado y adecuado para un desarrollo adecuado; así mismo que disfrute de tiempo libre y al descanso (Comisión de Constitución y de Reglamento, 1993).

2.2.5.5. Ley General del Ambiente.

En el artículo 1 de la ley general del ambiente tiene como derecho fundamental que las personas pueden vivir en un ambiente adecuado saludables; se debe tener una efectiva gestión ambiental; para que los componentes que la integran aseguren la salud de las personas, también de la colectiva conservación de la diversidad biológica, la cual es el aprovechamiento sostenible de todo los recursos que nos da el medio ambiente; asimismo menciona en el artículo 2 inciso 2.2 sobre el aprovechamiento consiente de los recursos humanos y que toda las actividades antrópicas tiene que ser conociendo las políticas del estado y respetando los instrumentos (MINAM, 2005).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito de estudio

Las parcelas de estudio se encuentran en el cerro Santa Bárbara de la provincia de Huancané, del departamento de Puno (ver



). Su ubicación geográfica está a 0418220 UTM de Latitud Sur y 8319318 UTM de Longitud Oeste y a una altitud de 3825 m.s.n.m. El 90 % del suelo con el que se trabajó se encuentra en las laderas como se observa en la Figura 3.

Figura 3. Ubicación geográfica de la zona de investigación.
Fuente: Google Earth 2018.

El proyecto se realizó durante 4 meses: 2 meses fue la aplicación, consistió en el muestreo y el respectivo análisis de laboratorio de las muestras; los otros 2 meses restantes de revisión bibliográfica; el sitio de estudio tuvo como coordenadas los siguientes puntos ver Tabla 4.

Tabla 4
Coordenadas del punto de muestreo.

Coordenadas UTM							
DATUM: WGS 84							
ZONA: 19 L							
Código	Eucalipto		Altura (m)	Código	Pasturas		Altura (m)
	Este	Sur			Este	Sur	
EU-01	0417700	8318439	3859	PA-01	0417650	8318428	3838
EU-02	0417717	8318836	3854	PA-02	0417666	8318360	3838
EU-03	0417763	8318372	3881	PA-03	0417618	8318346	3832
EU-04	0417745	8318438	3873	PA-04	0417595	8318405	3839

EU-05	0417722	9318419	3858	PA-05	0417636	8318389	3836
-------	---------	---------	------	-------	---------	---------	------

Fuente: GPS manual 2017.

3.2. Tipo y diseño de la investigación

El presente proyecto de tesis corresponde a un enfoque cualitativo, de diseño de investigación no experimental, del tipo transaccional o transversal, ya que el alcance de la investigación es únicamente descriptivo; esto con el objetivo de determinar las propiedades fisicoquímicas del suelo con forestación de eucalipto, mediante la comparación con la zona testigo que será pasturas, con el fin de ver si cumplen o no cumplen con los objetivos establecidos (Sampieri et al, 2014).

3.3. Equipos y Materiales

Los materiales que se utilizaron para realizar la investigación se puede observar en la Tabla 5.

Tabla 5
Materiales utilizados para la investigación.

Equipos	Materiales de escritorio	Materiales EPP	Material de Campo	Material de Laboratorio	Medida
Laptop TOSHIBA corel i5	Lapiceros	Guantes Quirúrgico	Wincha de 100m	Espátula	
Cámara Huawei	Hojas Bond	Mascarilla	Wincha de 5 m	Erlenmeyer	100 y 50 ml
Balanza	Tablero Cinta	Bata de Laboratorio	Lampa, pico	Probeta	1000, 50 y 25 ml
Multiparámetro	Métrica		10 bolsas de plástico de 2 kg	Vaso precipitado	100 y 50 ml
Balanza	Plumón Indeleble				
			Cooler	Vasos de pH	10 ml

GPS	Piceta varilla hidrómetro termómetro	50 ml
-----	---	-------

3.4.Procedimientos

3.4.1. Muestreo de suelos.

Para la muestra de la zona de investigación se realizó un seguimiento de las técnicas mencionadas en la Guía para la evaluación de la Calidad del suelo del Departamento de agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA).

3.4.2. Metodología experimental en el campo.

Se determinó 2 unidades experimentales cada uno de 1 ha, para cada tipo de uso de suelos de la misma dimensión; según la USDA (1999), la cantidad mínima de muestras es tres por cada lote, pero en la investigación se realizó 5 muestras por hectárea; esto quiere decir que se hizo una subdivisión en 5 sub parcelas representativas o iguales (Mensah, 2016).

Se consideró un total de 10 muestras, cinco en cada tipo de uso de suelo, ambas áreas se encuentran dentro el cerro Santa Bárbara de la provincia de Huancané.

En cuanto a la distancia entre ambos tratamientos, fue de 50 m, de tal manera que no tuviera influencia el uno sobre el otro (Jobbágy & Jackson, 2003); en cuanto a las características de las plantaciones de eucalipto se tomó en cuenta: la misma edad, la misma especie, el mismo manejo (es decir, que el rodal escogido de eucalipto no sufrió corte alguno todavía desde su plantación en el año 2000); de tal manera, todos estos factores no fueron factores de variación en la investigación, en lo cual se controlaron las condiciones (Badii *et al.*, 2007).

En cuanto a la extracción fueron muestras simples del suelo mediante calicatas de 40 cm por 40 cm con una profundidad de 30 cm. Mendoza & Espinoza (2017) afirman que estas calitas ayudan a recolectar muestras representativas, con el fin de ver los perfiles del suelo, ya que para árboles en laderas de suelo se recomienda el muestreo de 30 cm de profundidad, pero según Bringas (2010) se consideró en dos profundidades (0 – 20 cm a 20 – 40 cm).

Finalmente ya con las muestras extraídas, se depositó en las bolsas respectivas, para este fin de acuerdo como indica el manual de muestreo MINAM (2014) fue de 1 kilogramo, cada una tuvo su respectivo rótulo con los datos (fecha, número de lote, características de la sub parcela, coordenadas, referencias del punto y su registro del punto con el GPS) ver

3.4.3. Metodología Experimental en el laboratorio.

Los análisis físicos y químicos se realizaron en el laboratorio de monitoreo de la Universidad Peruana Unión y en el Laboratorio de la Universidad de la Molina.

Tabla 6
Métodos y unidades de análisis de laboratorio.

Variable	Parámetros	Unidad	Método Instrumento
Captura de carbono en suelos con eucalipto	pH	pH	Potenciométrico
	Conductividad eléctrica	µs/cm	Conductimetro
	Carbono orgánico	%	Ecuación
	Materia orgánica	%	Walkley y Black
	Densidad Aparente	gr/cm ³	Graduada

Estas son las descripciones de las metodologías que se utilizaron para determinar las concentraciones de los parámetros en el suelo y son:

3.4.3.1. Carbono Orgánico y Materia Orgánica.

Para determinar el carbono orgánico y materia orgánica del suelo, se utilizó el método de Walkley y Black, que consiste en la combustión húmeda de la materia orgánica con una mezcla de dicromato de potasio y ácido sulfúrico; después de la reacción, el dicromato residual se titula con una solución de sulfato ferroso (Rodríguez, 2015).

Los resultados se calculan de acuerdo con la formula siguiente, usando un factor de corrección F= 1.33 o un valor más apropiado encontrado experimentalmente:

$$\text{Porcentaje de MO} = ([mEq]K_2Cr_2O_7 - [mEq]FeSO_2 \cdot 7H_2O)0.69$$

El carbono orgánico fue hallado con la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Carbono orgánico en porcentaje.

$$\text{Carbono Organico (\%)} = \frac{MA \%}{1,724}$$

Ecuación 2. Carbono orgánico en toneladas por hectárea.

$$COS \frac{tn}{ha} = (Mo \%) * (Da \mu s/cm) * (Co \%)$$

Donde:

Mo: Materia Orgánica %

Da: Densidad Aparente $\mu S/cm$

Co: Carbono Orgánico %

Tabla 7

Comparación de materia orgánica y carbono orgánico.

Materia Orgánica (%)	Carbono Orgánico (%)	Clasificación Agronómica
< 0.60	<0.35	Muy bajo
0.60 – 1.80	0.35 – 1.05	Bajo
1.81 – 3.50	1.05 – 2.30	Mediano
3.51– 6.0	230 -3.50	Alto
>6.0	>3.50	Muy Alto

Fuente: Métodos de análisis de suelos y plantas. (Rodríguez, 2015).

3.4.3.2.Densidad aparente.

Para determinar la densidad aparente del suelo se utilizó el método de la probeta; se tomó una muestra en una probeta de 100 gr, donde introdujo 100 gr de suelo, seguidamente se cubrió con un tela la entrada de la probeta, luego se dio entre 20 a 30 golpes suaves para ver la compactación (Ángeles, Hernández, Moisés, & Morales, 2010), finalmente se aplicó la siguiente ecuación:

Ecuación 3. Determinación de la densidad aparente en el suelo.

$$Da = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}}$$

Dónde:

Da= Densidad Aparente

m = Masa

v = Volumen

Tabla 8

Valores orientativos de densidad aparente con respecto a la textura del suelo

Textura del Suelo	Densidad aparente ideales (g/Cm3)
Arena, areno-franco	<1.60
Franco-arenosa, franco	<1.40
Franco-arcilla-arenosa, franco, franco-arcillosa	<1.40
Limosa, franco-limosa	<1.30
Franco-limosa, franco-arcillo-limosa	<1.40
Arcillo-arenosa, arcillo-limosa, algunas franco-arcillosas (35-45% de arcilla)	<1.10
Arcillosa(>45% de arcilla)	<1.10

Fuente: Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo (USDA, 1999)

3.4.3.3. pH: Potencial de Hidrogeno.

Para determinar el pH del suelo se utilizó el método potenciométrico, se utiliza el pH-metro para obtener datos más exactos, se realizó la evaluación de una muestra de 10 gr y se añade 25 ml de agua destilad en un vaso de pH, seguidamente se introduce los electrodos del instrumento, se establece una diferencia de potencial, la cual es registrada por un galvanómetro y transformada a una escala en la que se lee el pH respectivo (Reynoso *et al.*, 1993).

Tabla 9

Escala de Valores de pH de los suelos.

Acidez	Clasificación agronómica	Alcalinidad	Clasificación agronómica
7.0	Neutro	7.0	neutro
6.5 – 7.0	Muy Débil	7.0 – 8.0	Muy débil
6.0 – 6.5	Débil	8.0 – 8.5	Débil
5.5 – 6.0	Moderada	8.5 – 9.5	Fuerte

5.0 – 5.5	Fuerte	9.5 – 10.0	Muy Fuerte
4.5 – 5.0	Muy fuerte		
4.0 – 4.5	Extremadamente		

Fuente: Métodos de análisis de suelos y plantas. (Rodríguez, 2015).

3.4.3.4. Conductividad eléctrica.

Para determinar la conductividad eléctrica se realizó a través del método de extracto de pasta de saturación, el cual consiste en la extracción de una pequeña fracción de los nutrientes presentes en una muestra de suelo, es el proceso estándar para la determinación de sales (Pellegrini, 2017).

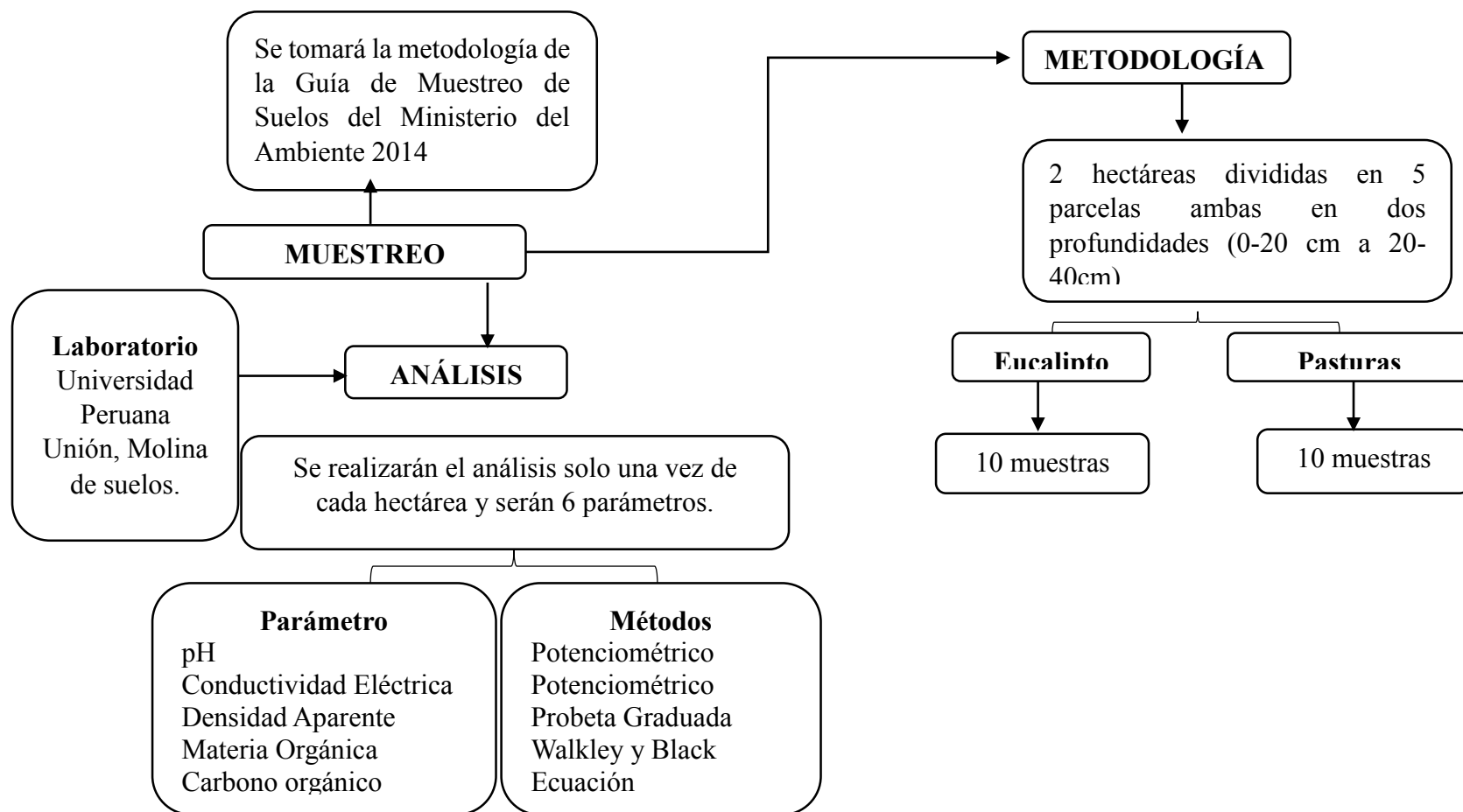
Tabla 10

Valores de conductividad eléctrica de los extractos de saturación.

Conductividad eléctrica del extracto	Respuesta esperada de las plantas
0 – 2	Efectos de salinidad generalmente inadvertidos.
2 – 4	El rendimiento de los cultivos muy sensibles a las sales puede ser limitado
4 – 8	El rendimiento de los cultivos sensibles a las sales se restringe
8 – 16	Únicamente cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente
>16	Únicamente algunos cultivos tolerantes a las sales rinden satisfactoriamente

Fuente: Métodos de análisis de suelos y plantas. (Rodríguez, 2015).

3.4.4. Flujo grama.



Fuente 1. Flujo grama de proceso de metodología.

3.5. Análisis Estadístico.

El presente experimento se desarrolló bajo la prueba Tukey, a una significancia del 99%; para tal se evaluó el efecto de las plantas en la captura de carbono, para lo cual se propuso las siguientes hipótesis estadísticas (Alberto & Turcios, 2015)

H₀: No existe diferencia entre las especies para fijar el carbono orgánico total en el suelo

H_A: Existe diferencia entre las especies para fijar el carbono orgánico total en el suelo.

Tabla 11

Variables de la investigación.

Variables Independientes	Variables Dependientes
Eucalipto (E)	DA
Pastura (P)	pH
	Conductividad eléctrica
	Materia orgánica
	Carbono Orgánico

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el logro de los objetivos, se realizó el análisis estadístico de los parámetros fisicoquímicos (materia orgánica, carbono orgánico, densidad aparente, pH y conductividad eléctrica); en la **Tabla 12** se muestran los resultados obtenidos con la prueba de Tukey a un 1% de nivel de significancia para los parámetros indicados anteriormente.

Tabla 12
Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos entre los sistemas.

Parámetros Fisicoquímico	Eucalipto	Pasturas	P- Valor
M.O (%)	1,71	1,76	0,793
Densidad Ap. (g/cm ³)	1,25	1,36	0,018
CO (%)	0,99	1,02	0,793
COS (t/ha)	37.21	38,73	0,79
pH	3,65	4,9	0.000
Cond. Eléc. (Ce)	47.72	35.14	0.017

4.1. Captura de Carbono Total entre sistemas (eucalipto y pasturas)

- Hipótesis especies

H₀: No existe diferencia en la captura de carbono total del suelo entre los sistemas eucalipto y pasturas.

H_A: Existe diferencia en la captura de carbono total del suelo entre los sistemas de eucalipto y pasturas.

En la Tabla 13, son presentados los resultados de los análisis estadísticos con respecto a la diferencia entre los sistemas, se aprecia la distancias entre más medias cercanas; no existe diferencia significativa, ya que el p-valor obtenido es $>$ a 0.05, se acepta la hipótesis alterna que nos indica que no existe diferencia entre especies

Tabla 13
Diseño factorial 2 x 2 para los sistemas.

		N	Media	P- Valor
Especies	Eucalipto	10	37.21	0.790
	Pastura	10	38.73	

Tabla 14
Método al 95.0 porcentaje Duncan.

<i>sist</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>
Euca	10	37.203	2.16196
Pasto	10	38.726	2.16196

- En la prueba de normalidad la Tabla 15 se tiene una distribución normal y son homogéneas las varianzas en cuanto a las especies.

Tabla 15
Prueba de normalidad entre las especies.

SISTEMA	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
tC/ha	Euca	,200	10	,200*	,904	10	,243
	Pasto	,146	10	,200*	,938	10	,527

En la Figura 4 se puede observar la distancia de las medias entre las especies, de acuerdo con la captura de carbono, hay diferencia significativa, ambas especies de acuerdo con la Tabla 7 nos indica que se encontrarían con muy alto rango de carbono orgánico.

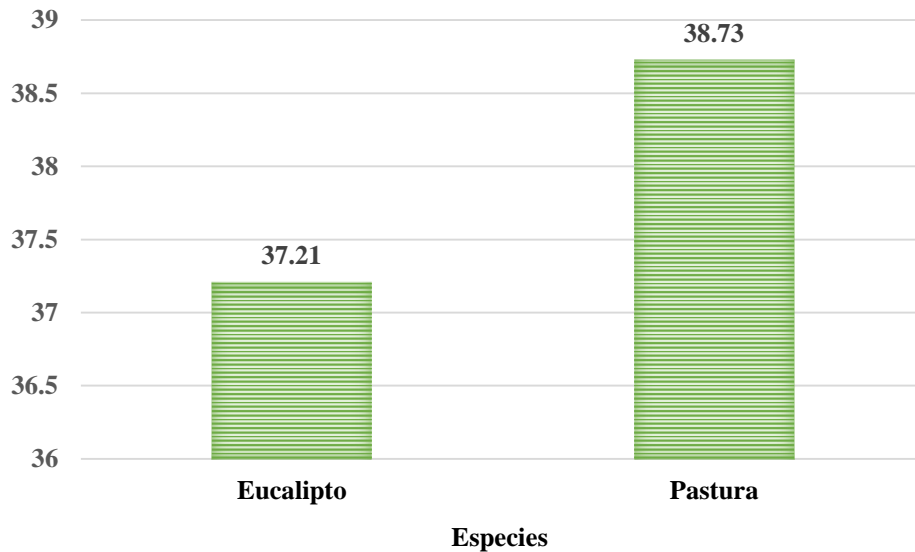


Figura 4. Diferencia entre los sistemas (eucalipto y pasturas).

Las pasturas tienen una mayor captura de carbono según F. Céspedes, Fernández, Gobbi, & Bernardis (2012); así mismo también se puede observar entre los manejos impuestos, ya que el lugar de investigación donde se realizó es un relieve plano; y a mayor cantidad de reciclajes de producto animal se puede observar en el de pasturas mientras que el relieve de eucalipto tiene una pendiente; por lo cual no hay acumulación (Ibrahim, Mora, & Rosales, 2006).

4.2. Captura de Carbono Total entre Profundidades (20 cm a 40 cm)

- Hipótesis Profundidad

H_0 : No existe diferencia entre las profundidades entre los sistemas de eucalipto y pasturas.

H_A : Existe diferencia entre las profundidades entre los sistemas de eucalipto y pasturas.

En la Tabla 16, los resultados de los análisis estadísticos con respecto a la diferencia entre las profundidades se aprecia la distancia entre más medias lejanas, indica que sí existe diferencia

significativa, ya que el p-valor obtenido es < 0.05 , aceptando la hipótesis alterna que nos indica que existe diferencia entre las profundidades de acuerdo al COS en el suelo.

Tabla 16

Diseño factorial 2 x 2 para las profundidades de los sistemas.

		N	Media	P- Valor
Especies	0 – 20 cm	10	28.32	0.000
	20 – 40 cm	10	47.61	

Tabla 17

Método al 95.0 porcentaje Duncan.

<i>prof</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>
20	10	28.317	2.16196
40	10	47.612	2.16196

- En la prueba de normalidad la **Tabla 18** se tiene una distribución normal y son homogéneas las varianzas en cuanto a las especies.

Tabla 18

Prueba de normalidad para las profundidades.

PROFUNDIDAD		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
tC/ha	20.00	,207	10	,200*	,912	10	,294
	40.00	,227	10	,152	,826	10	,030

En la Figura 5 se puede determinar medias alejadas y que la mejor profundidad en el secuestro de carbono es de 40 cm en ambas especies.

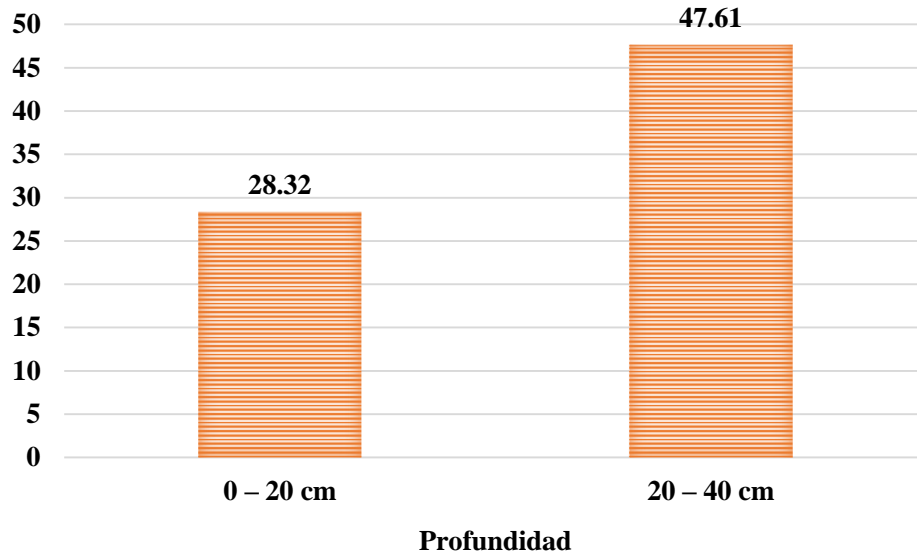


Figura 5. Diferencia de las profundidades entre los sistemas.

La acumulación del suelo va aumentando de acuerdo con la profundidad, esto se debe a que en la parte superior se puede encontrar materia orgánica que se descompone con facilidad, ayudando el almacenamiento del carbono orgánico, mientras que del eucalipto su biomasa es difícil descomponer, por lo cual no habría un aumento en carbono (Hérrnandez et al., 2011).

4.3. Caracterización de los suelos entre los sistemas (eucalipto y pasturas)

- Hipótesis de caracterización

H₀: No existe diferencia en la caracterización entre los sistemas de eucalipto y pasturas.

H_A: Existe diferencia en la caracterización entre los sistemas de eucalipto y pasturas.

En la Tabla 19, los resultados de los análisis estadísticos con respecto a la caracterización del suelo entre las especies, se aprecia la distancia de las medias lejanas en los parámetros de pH, Ce, Da; indica que sí existe diferencia significativa, ya que el p-valor obtenido es < a 0.05 aceptando la hipótesis alterna, mientras en los parámetros de Mo y Co %, las medias están cercanas; por lo tanto, no existe diferencia significativa.

Tabla 19

Diseño factorial 2 x 2 para la caracterización del suelo para los sistemas.

	pH	Ce	Da %	Mo %	Co %
Eucalipto	3.65	47.72	1.25	1.71	0.99
Pasturas	4.98	35.14	1.36	1.76	1.02
p - Valor	0.000	0.017	0.018	0.79	0.79

En la Figura 6 se ve las medias en la caracterización del suelo en el pH, el eucalipto presenta más acidez en comparación a las pasturas, la cual tiene relación con la conductividad eléctrica, se observa que el eucalipto presenta más salinidad en el suelo, mientras que en la densidad aparente se observa que las pasturas presentan una leve distancia, esto se puede determinar también por la textura del suelo en el lugar de estudio, y tanto la materia orgánica y el carbono orgánico en porcentaje, se observa que la pastura sobresale, esto se debe a que las hojas de la eucalipto tienen la dificultad de degradarse y, por eso, las pasturas se ven en mejor condición, así mismo se debe considerar el relieve del lugar.

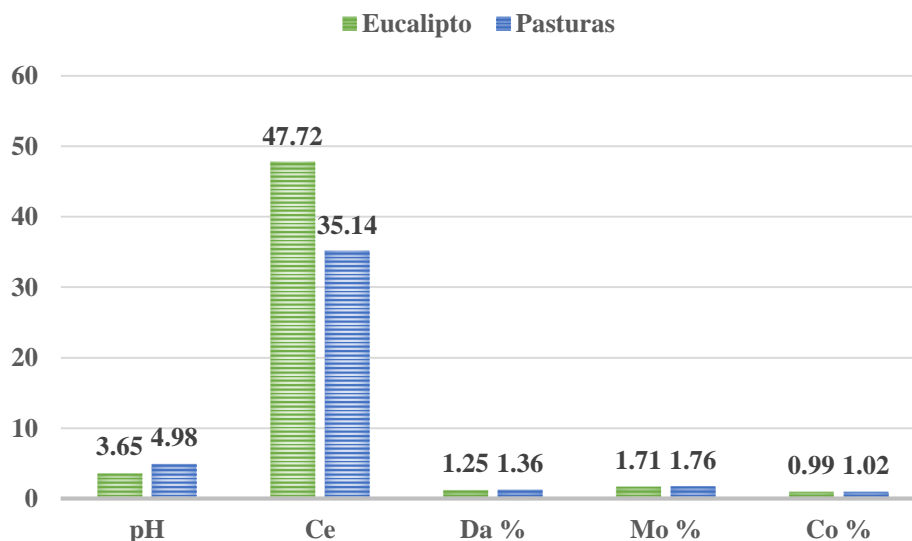


Figura 6. Caracterización del suelo entre los sistemas.

Alméciga & Muñoz (2013) evalúan el pH de acuerdo con la acidez y la alcalinidad; es por eso que Céspedes (2003) en su investigación obtuvo resultados donde los suelos con plantación de eucalipto, presentan valores de acidificación; de igual manera, Calla (2017) obtuvo resultados cuyas pasturas tenían un pH cercano a neutro, mientras los suelos con forestación de eucalipto se encontraba más con datos de acidez; esto se debe a que consume más el calcio que destruye las arcillas que se encuentra en el horizonte A, liberando el aluminio que es tóxica para las plantas, por lo cual da como efecto la acidificación del suelo (Poore & Fries, 1987) que contribuye a la degradación y pérdida de calidad química de suelos.

La conductividad del eucalipto se debe a que como se absorbe más cantidades de calcio hace que aumente la salinidad de los suelos; así mismo, el eucalipto es un árbol que se puede desarrollar con facilidad en suelos salinos.

En cuanto la densidad aparente como lo determina Saavedra (2014) en su investigación que el eucalipto presenta más densidad aparente en cuanto otras especies, de acuerdo con Deza (2011) se deben a que las raíces que tienen compactan los suelos para absorber más cantidades de aguas. Está relacionada con el pH, ya que la materia orgánica de acuerdo con la diversidad de los grupos activos que aportan grados de acidez, teniendo en cuenta el pH, podemos determinar la capacidad degradadora de los microorganismo, los cuales son responsables de la descomposición de la materia orgánica (Hernández et al., 2011).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los resultados obtenidos en el carbono orgánico total, entre las especies, revelan que no existe diferencia significativa, de acuerdo con el estadístico, mientras que numéricamente las pasturas presentan mayor captura de carbono total con 38.73 tn/ha ante el eucalipto 37.21 tn/ha, con una ligera ventaja a favor de las pasturas; ambas se encuentran como un buen secuestro de carbono orgánico de acuerdo con la clasificación agronómica.
- Los resultados obtenidos en el carbono orgánico total, entre las profundidades se determina que sí existe diferencia significativa de acuerdo con el estadístico y que numéricamente la profundidad de 20- 40cm tiene más secuestro de carbono 47.61 tn/ha ante el eucalipto 28.32 tn/ha, con una eleva ventaja que a más profundidad mayor captura de carbono.
- Los resultados obtenidos en el pH revelan más acidez en el eucalipto 3.65 en comparación de las pasturas 4.98, de la misma forma la conductividad eléctrica el eucalipto tiene 47.72 uS/cm y las pasturas 35.41 uS/cm, la cual indica que el eucalipto tiene mayor salinidad en sus suelos, la densidad aparente los suelos con eucalipto 1.249 g/m³ y las pasturas 1.35 g/m³; la materia orgánica presenta en el eucalipto 1.71 % en pasturas 1.36% se da por el relieve y la característica de la biomasa del eucalipto; esto influye en el carbono orgánico que en el eucalipto 0.99 %, finalmente en pasturas de 1.0 % , estos parámetros guardan relación entre si hay más acidez en suelos con eucalipto; esto hará que tanto la materia orgánica y el

carbono orgánico sean menos; eso se puede observar claramente en los resultados estadístico como en la figura.

5.2. Recomendaciones

- Realizar futuras investigación, en las cuales se consideren más años de estudios, las cuales serían entre 3 a 10 años, para obtener mejores resultados; de tal manera observar el aporte que pueden realizar las plantas de investigación.
- Se recomienda que las personas deben de considerar la eliminación de árboles extranjeros; por ejemplo, el eucalipto, ya que este árbol a partir de los resultados obtenidos no contribuye mucho con la captura de carbono; pero si afecta de una manera significativa los suelos, como lo determina el pH, ya que acidifica el suelo, en cuanto a la densidad aparente, se observa que ayuda mucho a la compactación, por lo cual no aporta a la escorrentía de las lluvias, es mejor que planten árboles que ayuden al cuidado del suelo.
- Se recomienda que se realice más investigaciones sobre el eucalipto, se debe tomar en consideración que se podría plantar, ya que por su facilidad de crecimiento y repoblación aporta económicamente a los pobladores, pero afecta a suelos fértiles; por eso deberían ser plantados en suelos compactados, ya que la facilidad de dispersión de sus raíces ayuda a la aireación de este tipo suelos también, que se plante en suelos extremadamente salinos ya que, por las propiedades que presenta, podría crecer con mucha facilidad, ya que se adapta a los altos contenidos de sales; muchas plantas no se pueden desarrollar con facilidad.
- Finalmente, este árbol puede ser utilizado para darle un buen paisaje en lagunas de oxidación, ayudaría a la absorción del agua acumulada y también a disminuir los olores que emanan este tipo de lagunas.

REFERENCIAS

- Alberto, R., & Turcios, S. (2015). t-Student. Usos y abusos. *Revista Mexicana de Cardiología*, 26(1), 59–61. Retrieved from <http://www.medigraphic.com/revmexcardiol>
- Alméciga, A., & Muñoz, M. (2013). *pH, Historia de un concepto. Análisis en Textos de Educación Superior*. Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencia y Tecnología, Bogotá. Retrieved from <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/297/TO-16386.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Andalucía, F. de E. de C. O. de. (2010). el efecto invernadero introducción. *Revista Digital Para Profesionales de La Enseñanza*, N° 7. <https://doi.org/1989-4023>
- Ángeles, C., Hernández, J., Moisés, A., & Morales, A. (2010). *Determinación de la densidad aparente del suelo*. Tuxtla Gutiérrez.
- Biología 4° ESO: Ciclos Biogeoquímicos. (2015). Retrieved November 25, 2018, from <http://biologiajuanyadri.blogspot.com/p/ciclos-biogeoquimicos.html>
- Bringas, H. (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, Facultad de Agronomía, Tingo María, Perú. Retrieved from <http://cip-trujillo.org/ovcipdll/uploads/biblioteca/abstract/T002517ok.pdf>
- Calla, J. (2017). *Determinación de los impactos negativos de la forestación de Eucaliptus globulus labill sobre las propiedades del suelo en la comunidad de Kocan - Juliaca*. Universidad Nacional del altiplano, Escuela de Posgrado, Programa de Maestría en Ceincias de la Ingeniería Agrícola.
- Casanova, F., Petit, J., & Solorio, J. (2011). Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, 17(1), 5–118. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.08.047>
- Céspedes, C. (2003). Cultivos forestales: efectos sobre el suelo de pradera. Universidad De la Republica, Facultad de Ciencias, Uruguay: Tera Pérez.
- Céspedes, F., Fernández, J., Gobbi, J., & Bernardis, A. (2012, February 2). Reservorio de Carbono en suelo y raíces de un pastizal y una pradera bajo pastoreo. *INTA. Fitotec. Mex.*, pp. 79–86.
- Comisión de Constitución y de Reglamento. (1993). Constitución Política del Perú de 1993. Lima, Perú. Retrieved from

<http://pdba.georgetown.edu/Parties/Peru/Leyes/constitucion.pdf>

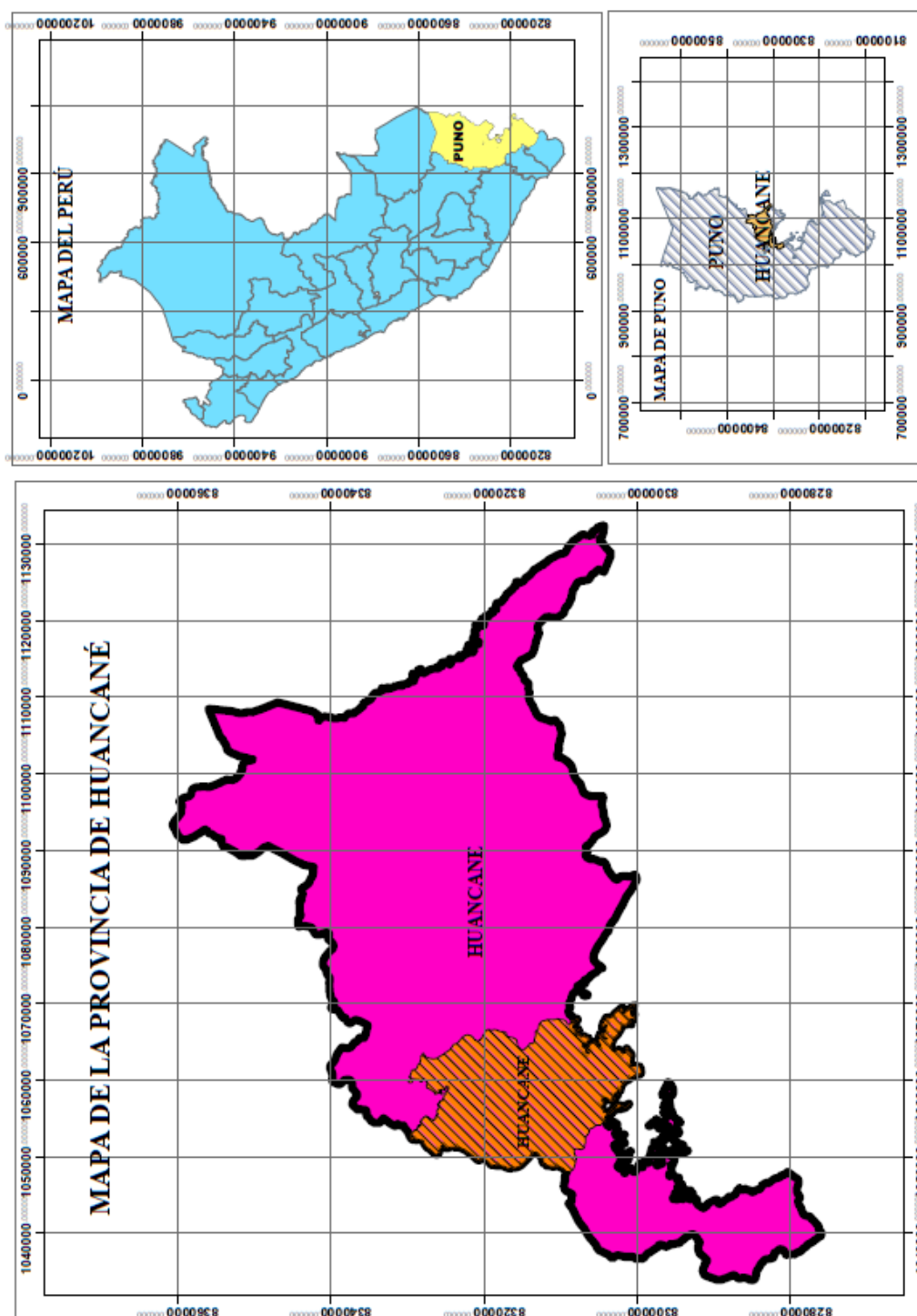
- Connolly, R., & Corea, C. (2007). *Cauntificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua*. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Medio Ambiente.
- Dominguez, A. (2016). *Estimacion de captura de los parques y emisiones de CO2 vehicular en Tijuana, B.C*. Colegio de la Frontera Norte (COLEF).
- Flores, M. (2017). *Captura de dióxido de Carbono (CO2) en la Chillihua (festuca dolichophylla Presl) de los pastizales del cip Illpa - Puno*. Escuela profesional de ingeniería agronómica, Universidad Nacional del Altiplano.
- Hernández, R., Reyes, R., Geissen, V., Palacios, J., Lázaro, E., Pérez, E., & López, D. (2011). Contenido de carbono en suelos con diferentes usos agropecuarios en el trópico mexicano. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 211–219.
- Ibrahim, M., Mora, J., & Rosales, Ma. (Eds.). (2006). *Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales*. Costa Rica: Centro Agronómico tropical de investigación y enseñanza.
- Jobbágy, E. G., & Jackson, R. B. (2003). *Patterns and mechanisms of soil acidification in the conversion of grasslands to forests*.
- López, G. (2015). *Valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono en el fundo violeta (Distrito de Tahuamanu - Madre de Dios)*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Maquera, D. (2017). *Determinación del contenido de carbono por especie forestal en el bosque del CIP Camacani-UNA -Puno por titulación*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Martínez, E., Fuentes, J. P., & Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo, 68–96.
- Mendoza, R., & Espinoza, A. (2017). Guía Técnica para muestreo de suelos ASA agua Y suelos para la agricultura. Managua. Retrieved from <http://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>
- Mensah, A. (2016). *effects f eucalyptus plantation on soil physico-chemical properties in thirika sub-catchment, kiambu county, kenya*. School of pure an applied Sciences of Kenyatta University.
- MINAM. (2005). Ley General del Ambiente 28614. *Statistiques Demographiques. Institut National de Statistique (Belgium)*.
- MINAM. (2014). 1. Lima, Perú. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp->

content/uploads/2018/07/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELO.pdf

- Montoya, G., Soto, L., Jong, B., Nelson, K., Farias, P., Yakactic, P., & Taylor, J. (1995). *Desarrollo forestal sustentable: Captura de carbono en las zonas tzeltal y tojolabal del estado de Chiapas*. The Edinburgh Centre for Tropical Forests Universidad de Edimburgo, Mexico.
- Morante, C., & Aranguren, J. (2014). Consideraciones acerca de las plantaciones de eucalipto en los llanos centro occidentales de Venezuela, una perspectiva ecológica.
- Palomino, D. (2017). *Estimación del servicio ambiental de captura del CO2 en la flora de los Humedales de Puerto Viejo*. Universidad nacional mayor de San Marcos.
- Pellegrini, A. (2017). *Macronutrientes del suelo*. Retrieved from [http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/35406/mod_resource/content/1/Tema 12 - nitrogeno.pdf](http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/35406/mod_resource/content/1/Tema%2012%20-%20nitrogeno.pdf)
- Poore, M. E. D., & Fries, C. (1987). *Efecto ecológicos de los eucaliptos*. (V. delle T. di Caracalla, Ed.). Roma. Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación,.
- Quiroz, Y. (2013). *Medición de la captura de carbono en suelos forestales, en la localidad de Cebatí, San José del Rincón, edo de México*. Universidad Autónoma del estado de México, Facultad de Planeamiento Urbano y Regional.
- Rodríguez, H. (2015). *Métodos de análisis de suelos y plantas*. (S. A. de C. . Trillas, Ed.), *Journal of applied microbiology* (3ra ed.). México: Impresora Publímex, S.A. de C.V.
- USDA. (1999). *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*. EE.UU.
- Zhang, Z., Borhani, T. N. G., & El-Naas, M. H. (2018). Carbon Capture. *Exergetic, Energetic and Environmental Dimensions*, 997–1016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813734-5.00056-1>

ANEXOS

Anexo A. Mapa de Ubicación del Lugar de Investigación.



Anexo B. Panel Fotográfico



Fotografía 1. Ubicación de puntos en hectáreas de eucalipto y pasturas.



Fotografía 2. Medición para tomar las muestras y distancia de los árboles.



Fotografía 3. Medición para la apertura de calicata.



Fotografía 4. Limpieza de los puntos de muestreos.



Fotografía 5. Abriendo apertura de calicata.



Fotografía 6. Mediciones de la calicata 40 cm por 40 cm con profundidad de 30 cm.



Fotografía 7. Extracción de la muestra.



Fotografía 8. Muestra de suelo.



Fotografía 9. Cerrado de la muestra.



Fotografía 10. Rotulado de la muestra.

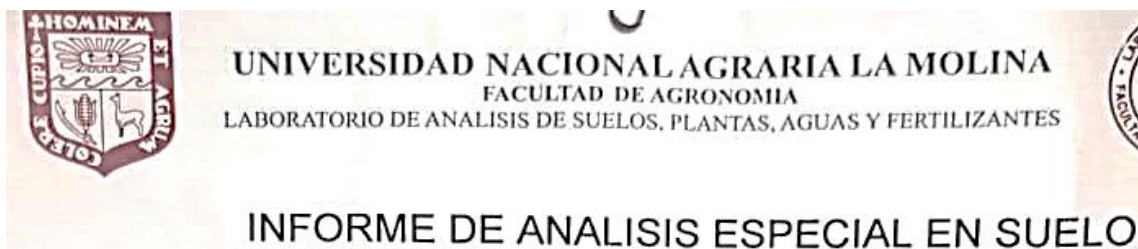


Fotografía 11. Las 20 muestras obtenidas.



Fotografía 12. Muestra lista para el traslado al laboratorio.

Anexo C. Resultados de análisis de Laboratorio



SOLICITANTE : ESTHER PRISCILA HANCCO CHALLCO
PROCEDENCIA : PUNO
REFERENCIA : H.R. 66358
BOLETA : 2336
FECHA : 18/12/2018

Lab	Número Muestra	M.O. %
	Claves	
6929	Pastura 1-20	1.59
6930	Pastura 1-40	0.90
6931	Eucalipto 1-20	1.03
6932	Eucalipto 1-40	1.66
6933	Pastura 2-20	2.07
6934	Pastura 2-40	1.24
6935	Eucalipto 2-20	2.69
6936	Eucalipto 2-40	1.76
6937	Pastura 3-20	2.53
6938	Pastura 3-40	1.69
6939	Eucalipto 3-20	1.81
6940	Eucalipto 3-40	1.52
6941	Pastura 4-20	2.15
6942	Pastura 4-40	1.67
6943	Eucalipto 4-20	1.86
6944	Eucalipto 4-40	1.79
6945	Pastura 5-20	2.28
6946	Pastura 5-40	1.52
6947	Eucalipto 5-20	1.59
6948	Eucalipto 5-40	1.38

Sady García Bendezú
Jefe del Laboratorio

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