



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO DE LAS  
PRADERAS ALTOANDINAS BAJO TRES SISTEMAS DE USO DE  
LA TIERRA EN LA SUBCUENCA SHULLCAS, JUNÍN”**

Tesis para optar el título profesional de:  
INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:  
Bach. Rosabel Pia Pesantes Pinedo

Asesor:  
Dr. José Eloy Cuéllar Bautista

Lima – Perú  
2019

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Lima, 21 de noviembre de 2019.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dra. Susan Mery Medina Canzio
Integrante: Mg. Alexander Emanuel Diaz Sotil
Integrante: Blgo. Gustavo Ricardo Dreyfus Raymond

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

**CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO DE LAS PRADERAS ALTOANDINAS BAJO TRES SISTEMAS DE USO DE LA TIERRA EN LA SUBCUENCA SHULLCAS, JUNÍN**

Presentada por la bachiller:

- **Rosabel Pia Pesantes Pinedo**

Para optar el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**

Asesorada por:

- Dr. José Eloy Cuéllar Bautista
- Lic. Wilbert Eddy Cruz Hilacondo

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de la bachiller en la sustentación, concluyen de manera unánime (x) por mayoría simple ( ) calificar a:


• Integrante 1: <b>Rosabel Pia Pesantes Pinedo</b>	Nota (escrito): <i>DIECIOCHO</i>		
Aprobado ( )	Aprobado - Muy buena (x)	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

  
Presidente del Jurado

  
Miembro del Jurado

  
Miembro del Jurado

  
Asesor

## **Dedicatoria**

A Ysabel y Manuel, mis padres incondicionales.

A Rosa Rebaza Zeña, mi abuela que nos cuida desde el cielo.

## Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme salud, a mi padre Manuel Pesantes Rebaza, que fue persistente, exigente y me acompañó en la formación como ingeniera, a mi madre Ysabel Pinedo Linares, quien me enseñó a nunca rendirme por más que se presenten situaciones difíciles en la vida, a mis hermanas Diana y Yori, por tenerme paciencia y dejar que sea un referente para ellas.

Al Dr. Eloy Cuellar Bautista y al Blgo. Wilbert Cruz Hilacondo, quienes depositaron su confianza para acompañarme en este camino de la investigación y darme la confianza para desarrollar este proyecto de investigación y quienes me guiaron durante todo el desarrollo de la presente investigación

Así también, agradezco al Ing. Ronald Rosario Rivera, que durante el desarrollo de la información fue mi guía y me orientó cada día a mejorar profesionalmente, a través de sus directrices a desarrollar un mejor desempeño laboral, facilitándome con los tiempos y permisos para culminar mi tesis.

## ÍNDICE GENERAL

I.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
1.1	Formulación del Problema.....	15
1.2	Justificación.....	15
II.	MARCO TEÓRICO .....	17
2.1	El Cambio climático.....	17
2.2	Almacenamiento de Carbono .....	17
a.	El carbono y el ciclo del carbono .....	17
b.	Reservorios de carbono en el ecosistema .....	19
2.3	Sistema de uso de la tierra en Praderas Altoandinas .....	21
a.	Las Praderas Altoandinas como sumideros de carbono en Junín .....	22
b.	El cambio de uso de la tierra en las Praderas Altoandinas.....	23
c.	Sistema de uso de la tierra pastizal conservado.....	23
d.	Sistema de uso de la tierra Pastizal silvopastoril .....	24
e.	Sistema de uso de la tierra pastizal degradado .....	25
III.	OBJETIVOS E HIPOTESIS.....	26
3.1	Objetivos .....	26
a.	Objetivo General .....	26
b.	Objetivos Específicos .....	26
3.2	Hipótesis .....	27
a.	Hipótesis General.....	27
IV.	METODOLOGÍA .....	28
4.1	Ubicación de la Zona de Estudio .....	28

4.2	Metodología .....	33
a.	Definición de las variables de estudio.....	33
b.	Población .....	33
c.	Muestra .....	33
d.	Establecimiento de Parcelas .....	33
b.	Medición biomasa aérea .....	35
c.	Medición de Carbono en el Depósito suelo .....	38
4.3	Procesamiento de muestras y laboratorio.....	43
a.	Biomasa aérea (considerar uno para herbácea y hojarasca).....	43
b.	Carbono en la tierra y densidad aparente.....	44
4.4	Procesamiento de datos.....	46
a.	Cálculo de la Biomasa y Carbono en la vegetación herbácea .....	46
b.	Cálculo del stock de Carbono en raíces finas y suelo.....	47
4.5	Procesamiento Estadístico .....	50
V.	RESULTADOS.....	51
5.1	Carbono almacenado en los tres sistemas de uso de la tierra Pastizal .....	51
a.	Carbono almacenado en la biomasa aérea .....	53
5.2	Carbono almacenado bajo el suelo .....	55
a.	Almacenamiento de carbono en raíces .....	57
5.3	Análisis estadístico .....	61
a.	Carbono total en los diferentes usos de la tierra.....	61
b.	Carbono total en la Biomasa aérea de los diferentes usos de la tierra .....	62
c.	Carbono total bajo el suelo en los diferentes usos de la tierra .....	63

d. Carbono orgánico total en suelos en los diferentes usos de la tierra ..... ¡Error!

**Marcador no definido.**

e. Carbono total en raíces en los diferentes usos de la tierra ¡Error! Marcador no

**definido.**

VI. DISCUSIONES .....	64
VII. CONCLUSIONES .....	68
VIII. RECOMENDACIONES .....	69
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	70
X. ABREVIATURAS .....	81
Anexo 1 .....	82
Anexo 2 .....	82
Anexo 3 .....	82
Anexo 4 .....	83
Anexo 5 .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Identificación del área a intervenir (departamento, provincia y comunidad) (Fuente: Google Earth Pro) .....	29
Figura 2 : Identificación del Área a intervenir (Fuente: Google Earth Pro.) .....	30
Figura 4: Identificación de zona de estudio Pastizal degradado (Fotografía) .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 5: Identificación de zona de estudio Pastizal silvopastoril (Fotografía) .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 6: Identificación de zona de estudio Pastizal conservado .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 7: Esquema de la obtención de la parcela para la biomasa aérea (Adaptado de Cuellar et al., 2016).....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 8: Establecimiento de parcelas de 20x20m Pastizal con uso ganadero .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 9: Identificación de parcela, codificación y georreferenciación de parcela de 1m x 1m.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 10: Pesado total registrado, para después extraer las submuestras (200 - 300g).....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 11: Separación de materia seca y materia húmeda .	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 12: Biomasa y Hojarasca, separada por códigos y bolsas de colores, verde (Biomasa) y amarillo (Hojarasca). .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 13: Diseño de la Parcela para muestrear carbono en el suelo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>



Figura 14: Calicatas realizadas de 30*30*50 cm.....	40
Figura 15: Suelo extraído con el cilindro de Uhland para la determinación de densidad aparente.....	41
Figura 16: Determinación de profundidad para densidad aparente 50 cm.....	41
Figura 17: Diseño de la calicata para muestrear raíces finas.....	42
Figura 18: Muestra de biomasa arbustiva y herbacea puesta en la estufa	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 19: Muestra de suelo en bandejas, despues del tamizado (2 mm).	
Fuente: Propia.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 20: Evaluación de almacenamiento de carbono, según componentes del sistema de uso de la tierra. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 21: Evaluación de almacenamiento de carbono, según biomasa aérea del sistema de uso de la tierra.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 22: Evaluación de almacenamiento de carbono, según carbono almacenado bajo el suelo de los diferentes sistema de uso de la tierra....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 233: Carbono en raíces finas del Sistema de uso de la tierra pastizal degradado a diferentes profundidades .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 244: Carbono en raíces finas del Sistema de uso de la tierra pastizal silvopastoril a diferentes profundidades .....	59
Figura 255: Carbono en raíces finas del Sistema de uso de la tierra pastizal conservado a diferentes profundidades .....	60
Figura 26: Almacenamiento de Carbono en los tres Sistemas de Uso de tierra Pastizal.....	62

Figura 27: Almacenamiento de Carbono de Biomasa aérea en los tres Sistemas de Uso de tierra Pastizal. .... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 28: Almacenamiento de Carbono bajo el suelo en los tres Sistemas de Uso de tierra Pastizal. .... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 29: Almacenamiento de carbono bajo el suelo en los tres sistemas de uso de tierra. .... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 30: Almacenamiento de carbono bajo el suelo en los tres sistemas de uso de tierra. .... ¡Error! Marcador no definido.

## ÍNDICES DE TABLAS

Tabla 1 Carbono almacenado en los tres sistemas de uso de la tierra .....	52
Tabla 2 Carbono almacenado en la biomasa aérea .....	54
Tabla 3 Carbono almacenado bajo el suelo .....	56
Tabla 4 Carbono en raíces finas del Sistema de uso de la tierra pastizal conservado a diferentes profundidades en promedio (tC/ha) .....	58
Tabla 5 Carbono en raíces finas del Sistema de uso de la tierra pastizal silvopastoril conservado a diferentes profundidades en promedio (tC/ha) .....	59
Tabla 6 Carbono en raíces finas del Sistema de uso de la tierra pastizal conservado a diferentes profundidades en promedio (tC/ha) .....	60
Tabla 7 Cuadro de Análisis de la Varianza .....	61
Tabla 8 Test: Duncan Alfa=0.05 .....	62
Tabla 9 Test:Duncan Alfa=0.05 .....	64
Tabla 10 Test:Duncan Alfa=0.05 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 11 Test:Duncan Alfa=0.05 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## RESUMEN

La presente investigación ha determinado la reserva de carbono en las praderas de zonas altoandinas del Perú; se desarrolló en la Sub cuenca del Shullcas de la Cuenca del Río Mantaro en la región Junín, Comunidad Campesina de Acopalca, distrito de Huancayo, provincia de Huancayo, región Junín. La metodología para la estimación del carbono almacenado fue evaluada según Cuellar y Salazar (2016), para ello se establecieron 03 sistemas de uso de la tierra, en cada una de ellas se tuvieron 03 parcelas de muestreo de 20 x 20 m (400m<sup>2</sup>), en cada uno de ellos se calcularon las reservas de carbono para los sistemas de uso de la tierra; pastos, hojarasca, raíces y carbono en el suelo, mediante estudios de laboratorio. Los resultados de los totales en acumulación de carbono fueron pastizal conservado, 110,05 tC.ha<sup>-1</sup>, pastizal silvopastoril 84,18 tC.ha<sup>-1</sup>, pastizal degradado 65, 18 tC.ha<sup>-1</sup>, siendo el depósito de suelo el que mayor cantidad de carbono reserva. Concluyendo en este estudio que el sistema de uso de la tierra pastizal conservado contiene mayor reserva de carbono, seguido de pastizal silvopastoril y el pastizal degradado que es el que contiene menor cantidad de carbono almacenado. Se recomienda trabajar en programas de manejos de suelos altoandinos, para la conservación de los mismos ya que está demostrado que el suelo en las zonas altoandinas es un recurso rico en carbono y que debería tener una mejor atención por parte del estado y autoridades.

**Palabras Clave:** carbono almacenado, sistema de uso de la tierra, pastizales, componente, suelo.

## ABSTRACT

The research has determined the carbon storage in the grasslands of high Andean areas of Peru; It was considered in the Shullcas Sub basin of the Mantaro River basin in the Junin region, Acopalca Peasant Community, Huancayo, district Huancayo, Huancayo province, Junin Region. The methodology for the modification of stored carbon was evaluated according to Cuellar and Salazar (2016), for this, 03 land use systems were established, in each of them there were 03 sampling plots of 20 x 20 m (400 m<sup>2</sup>), in each from them carbon storage was calculated for land use systems; grasses, leaf litter, roots and carbon in the soil, through laboratory studies. The results of total carbon accumulation were preserved pasture, 110,05 tC.ha<sup>-1</sup>, silvopastoral pasture 84,18 tC.ha<sup>-1</sup>, degraded pasture 65,18 tC.ha<sup>-1</sup>, with the soil deposit being that more carbon reserves. Concluding in this study that the systems of use of conserved pasture land contains greater carbon stock, followed by silvopastoral pasture and degraded pasture which is the one that contains the least amount of stored carbon. It is recommended to work on high Andean areas is a carbon rich resource and that it should have better attention from the state and authorities.

**Keywords:** stored carbon, land use system, grassland, component soil.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cambio climático es efecto de los incrementos de concentraciones de gases en la atmósfera. Uno de los gases que se encuentran en mayor cantidad es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) debido a la actividad antrópica, es el gas de mayor importancia, por el tiempo de residencia y el volumen que se produce todos los años, aumentando su concentración en la atmósfera (Lok, Fraga, Noda, y García, 2013).

Estudios realizados por The Intergovernmental Panel Climatic Change (IPCC, 1990), reporta que durante los últimos 100 años, la temperatura media global del aire en superficie se ha incrementado entre 0,3 - 0,6 °C, este incremento se debe en gran medida al factor humano que puede haber contrarrestado un calentamiento todavía mayor debido al efecto invernadero causado por el hombre, el mismo que 28 años después indicó que desde el año 2006 al 2015 el incremento fue de 0,87 °C. (IPCC, 2018).

Por lo que existe signos evidentes del cambio climático, el cual es una de las preocupaciones que la humanidad debe hacer frente (Useros, 2013)

La región Andina, ha venido utilizando pastizales desde la época de la colonia, pero esto no ha sido de la manera más adecuada, lo que ha ocasionado un desequilibrio en la propia ecología, diferentes grados de erosión en los suelos (Farfán, R., 2012), parcelación de territorios comunales entre familias, presión de pastoreo en pastizales comunales (MINAG 2005).

Lo que ha ocasionado un problema ambiental, el cual ha generado la necesidad de buscar otras oportunidades de utilizarlas, así como recuperar

suelos degradados para el mejoramiento de la conservación de suelos. (Ventura, O., 2003).

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2016) afirmó que la sierra del Perú es una de las regiones que contiene pasturas y también brinda productos a partir del uso de los recursos, sin embargo, en las comunidades campesinas, sectores y anexos por la inexperiencia no llevando un adecuado manejo del recurso agua, el cual ocasiona la erosión de los suelos. Por esta razón Rosas (2016) ha estimado que 5 413 840 ha, es la cantidad afectada en los suelos, las cuales 21 102 000 ha., son de gran intensidad.

Esta situación ha conllevado a que el resultado de esta erosión sea la pérdida de reservorios naturales de carbono y la pérdida de pastizales y el crecimiento de otros pastos no palatables por los animales. (Pinto, Zaira, y Aguilar, 2016)

Así también la limitada cantidad de estudios en la zona sobre almacenamiento de carbono en diferentes usos de suelo, genera una reducción del valor potencial de los sistemas que se encuentran en las praderas como reservorios de carbono. (Yaranga y Custodio, 2013)

Por ello, es necesario conocer la capacidad de reserva de carbono de las praderas altoandinas bajo tres sistemas de uso de la tierra, Pastizal Conservado, Pastizal Degradado y Pastizal con uso Ganadero, en la Subcuenca del Shullcas, para generar información, así también se pretende que estos datos sean usados por las partes interesadas y por tomadores de decisiones, frente a malas prácticas fomentadas como lo expuesto anteriormente.

Rivera (2013) ha referido que los suelos en las zonas altoandinas se encuentran praderas naturales de esta subcuenca se encuentran en proceso de degradación, ya que en la Comunidad de Acopalca el sistema de uso de tierra Pastizal silvopastoril, pasa su capacidad de carga permitida y mantienen prácticas tradicionales, en las que no aplican conservación de suelo, así como el reemplazo de uso de suelo en otro tipos de uso como cultivos, contribuyendo a incrementar los efectos del cambio climático.

En octubre de 2010, AgroRural implementó Medidas de adaptación al cambio climático que fue el proyecto de “Conservación de Praderas naturales en zonas alto andinas de la Subcuenca del río Shullcas” se aplicaron técnicas de manejo de suelos (zanjas de infiltración, clausura de praderas, rotación de pasturas (Ávalos *et al.*, 2012), en los tres sistemas de uso de la tierra que están ubicados dentro del proyecto, La primera es un sistema de uso de la tierra con pastizal degradado, la segunda es un sistema de uso de la tierra con pastizal silvopastoril y la tercera es un sistema de uso de la tierra de pastizal conservado.

## 1.1 Formulación del Problema

¿Cuánto es el carbono almacenado en las Praderas Altoandinas bajo tres sistemas uso de la tierra, en la Subcuenca de Shullcas Junín?

## 1.2 Justificación

Con la presente investigación se ha pretendido calcular cuánto es el carbono que se almacena en las praderas altoandinas bajo tres sistemas de uso de la tierra, en la subcuenca del río Shullcas, ya que en el marco



de los compromisos internacionales que nuestro país ha ratificado en Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (iNDC), se tienen más de siete proyectos de considerados en la propuesta de contribución (el 50% ya ejecución) en el sector Agricultura y como opción de mitigación se plantea la recuperación de pastos naturales, pastos degradados y pasturas en la sierra con una proyección estimada al 2 030 en 0,180 MT CO<sub>2</sub>EQ y 0,370 MT CO<sub>2</sub>EQ respectivamente. (MINAM, 2015). Al respecto, Albrecht y Kandji (2003) refirieron que, las praderas altoandinas tienen importantes servicios ambientales como el secuestro de carbono, la restauración del suelo y la conservación de la biodiversidad, siendo así lo mencionado una herramienta fundamental en los proyectos de mitigación, lo cual se logra al realizar el balance de biomasa, que hasta la fecha no puede ser lograda, por la falta de información científica sobres los, servicios ecosistémicos en secuestro de carbono de estos ecosistemas.

La información obtenida en la presente investigación va a servir para demostrar que el suelo en las zonas altoandinas es un recurso rico en carbono y que debería tener una mejor atención por parte del estado y autoridades, además que servirá de bases para que se pueda proponer futuros programas de manejos de suelos altoandinos.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 El Cambio climático

Problema identificado a escala mundial, en la actualidad muchos países se encuentran viviendo las consecuencias, como el incremento de la temperatura, variaciones de la intensidad, frecuencia de las precipitaciones, desertificación, erosión, escasez de agua y alimentos, que repercuten en el ámbito social y económico. (Porlles, 2011).

El IPCC (2018) ha manifestado que las causas del cambio climático se deben a la combinación de factores naturales como la variabilidad solar, las erupciones volcánicas, la variabilidad interna; como el tiempo. Una de las causas principales se encuentra también los factores antropogénicos, que son aquellos producidos por el hombre, cuyo efecto es la variación de la concentración de gases de efecto invernadero y la emisión de contaminantes del aire visible.

### 2.2 Almacenamiento de Carbono

#### a. El carbono y el ciclo del carbono

Durante los últimos años se ha generado investigación y en difundido acerca de la relación que tiene el ciclo del carbono en un contexto de daño ambiental, en donde el sistema suelos en un componente vital en la reserva de carbono y en el intercambio gaseoso hacia el ambiente. (West y Post, 2002; Allmaras, Linden y Clapp, 2004).

El carbono, en la forma orgánica es básica para la formación de moléculas como carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleídos. Se acumula en los océanos, suelo, la atmósfera y plantas, reservando un promedio de 38 000 Gt, 15 000 Gt, 750 Gt y 560 Gt respectivamente. (Food and Agriculture Organization, 2002).

La atmósfera y cuerpos de agua han sido los que almacenan carbono disponible para los seres. El CO<sub>2</sub>, presenta en el aire un aproximado de 0,03% cada año, de cuales el 5% se consume en la fotosíntesis, la cual permite la formación de biomasa en la planta (FAO, 2011).

Casanova, Petit, y Solorio (2011), han explicado que la impregnación del carbono por las plantas es de 120 Gt/año, está se encuentra en armonía con la fotosíntesis, el intercambio de gases en el suelo.

Gran parte de la respiración la realizan raíces, microorganismos en el suelo y en animales si es mucho menos (IPCC, 2013).

Además (Andrews, Karlen y Mitchell, 2002) señalaron que el el carbono almacenado esté en diferentes procesos tanto físico, biológico y químico del suelo, el cual determina la acumulación de carbono.

El carbono fijado, es uno de los servicios ecosistémicos, que ocurre cuando se transforma el dióxido de carbono en al aire atmosférico adherido en el suelo y plantas. Los pastos de las

praderas altoandinas abarcan grandes áreas en las regiones andinas y no se cuenta con información de los bosques ubicados en zonas orientales del país. (Petteri, 2002; Albrecht y Kandji, 2003)

## **b. Reservorios de carbono en el ecosistema**

Cuellar (2016) describe cinco depósitos de carbono en el ecosistema distribuidos en dos componentes:

El depósito aéreo: contiene a la materia orgánica arbórea, materia orgánica arbustiva herbácea, madera muerta y hojarasca. El depósito subterráneo: contiene a la biomasa radicular y en el suelo.

El Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, la sierra del Perú contiene 55,2 tC/ha de biomasa promedio y 27,1 tC/ha carbono promedio (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, 2017)

### **Carbono capturado en la biomasa aérea**

La biomasa aérea ha comprendido el tronco, hojas, ramas y follaje y se expresan en toneladas de carbono por hectárea (tC/ha.). (Cuellar, 2016).

### **Carbono capturado en las raíces**

Las raíces han sido parte importante en el ciclo del carbono,

a causa de que estas transfieren grandes cantidades de carbono al suelo, donde se queda almacenado por largos periodos de tiempo, siempre y cuando no ocurra una alteración del mismo.

Jackson *et al.*, Cuellar (2016) ha indicado que parte del Carbono es usado para incrementar su biomasa, sin embargo, este carbono es perdido a través de la respiración, exudación y descomposición.

Cuellar (2016) ha mencionado que realizar el cambio de uso de la tierra a sistemas silvopastoriles contribuye a mejorar los suelos.

Tal como lo evaluó Ibrahim *et al.*, (2007), evaluaron el almacenamiento de carbono en cobertura vegetal el cual daba un promedio entre 180 y 233 233 tC/ha en suelos fértiles y medianos fértiles, pero en comparación con las raíces profundas sobre todo en gramíneas, estas podían aprehender en la atmósfera un estimado de 2 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub> por año (Ibrahim *et al.*, 2007).

### **Carbono capturado en madera muerta y hojarasca**

Cuellar (2016) ha explicado que el dentro del proceso de descomposición de la materia orgánica, el contenido de Carbono es originada de la suma de los sistemas de

estructuras de la planta (hojas, ramas, raíces), desempeñándose de manera importante para el desarrollo de los ecosistemas y en el ciclo de los microelementos. En mi investigación no se encuentra contemplada madera muerta pero sí las hojarasca.

### **Carbono capturado en la biomasa arbórea**

Cuéllar (2016) ha asumido el coeficiente de carbono en materia seca en un 50% del peso seco sin variación de especies, sin embargo estudios como los de Soares y Oliveira, 2002; Francis, 2000; Gifford, 2000, quienes identifican que según la especie y el tejido del árbol este coeficiente varía.

Para el caso de la densidad varía entre las especies y las condiciones de los lugares s (Valenzuela, 2001). Así como Gayoso *et al.*, (2016) ha destacado la importancia de contar con la conocer el carbono exacto en base a datos de especie y tejidos del árbol.

### **2.3 Sistema de uso de la tierra en Praderas Altoandinas**

En las zonas alto andinas, el uso de tierra es determinante según los trabajos y desarrollo de actividades que realiza la población para mantener una vida sostenible, estableciendo un vínculo y equilibrio entre la cobertura de la tierra y las acciones de la población en su ambiente (FAO, 1996). La tierra se puede interpretar para dos tipos de uso, uno el

cual es el actual y refiere al uso que se le da al momento, y el uso de tierra potencial el cual es el uso futuro que podría dársele por sus características naturales (Vargas, G., 1992).

Las praderas altoandinas son reconocidas debido a que gran porcentaje de ovinos, vacunos y alpacas habitan en él, Zegarra (1999), realizó estudios en los que se determinó que el 62% del estado de las praderas eran muy pobres, debido al manejo tradicional que se la ha dado, contribuyendo a la degradación de pastizales. Sin embargo estas praderas cumplen la función de servicios ambientales como servicios ecosistémicos (captura de carbono), incremento de la calidad del agua, manejo de la erosión, conservación de la fauna y preservación de plantas medicinales y aromáticas. (Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2016)

#### **a. Las Praderas Altoandinas como sumideros de carbono en Junín**

Junín cuenta con la cuarta parte de aproximadamente de su territorio total con praderas altoandinas. Estos ecosistemas ofrecen el reservorio de carbono en la atmósfera, sin embargo uno de los principales problemas es que aún no se valora el potencial debido a que generan quema de pastizales y exceso de carga permitida, contribuyendo a los incrementos de gases de efecto invernadero. (Quispe *e t. al*, 2015)

No se tiene información de la utilidad probable de los pastos

altoandinos como reservorios de carbono y si tiene relación con el Medio Ambiente.

Márquez (2002) resaltó que a pesar de que las gramíneas son la especie predominante. Estas a su vez se pueden clasificar en plantas C3 y C4, siendo en el caso de los pastos el límite se encuentra en temperaturas menores a los 7-9 °C.

El Gobierno Regional de Junín (2008) ha afirmado estos ecosistemas deberían ser considerados en diferentes estudios y aplicación de metodologías para estimar carbono en las áreas.

#### **b. El cambio de uso de la tierra en las Praderas Altoandinas**

Los cambios bruscos en el uso de suelos, están generando erosión en los suelos, en consecuencia la imposibilidad de generar la escorrentía e infiltración para producir forrajes para el ganado, características propias que solamente las praderas naturales tienen. (Alejo, Valer, Pérez, Canales y Bustinza, 2014). Parte de estos excesos es debido a que el 84% es utilizado por las comunidades campesinas, las cuales viven en extrema pobreza (Huerta, 2002).

#### **c. Sistema de uso de la tierra pastizal conservado**

El Perú posee 16 millones de hectáreas de pastos altoandinos en las partes altas y cabeceras de microcuencas de la zona altoandina, los cuales además de constituir el sustento de más del



80% de nuestra ganadería nacional, cumplen un papel importante en la regulación de la descarga hídrica hacia las partes bajas para ser aprovechadas por poblaciones y en actividades productivas. El inadecuado manejo de este importante recurso natural a lo largo de los años ha dado como resultado problemas de erosión de suelos y disminución de la capacidad retentiva del agua, por lo que se requiere contar con prácticas de manejo que nos permitan controlar los problemas existentes y evitar que se presenten en el futuro como lo es la rehabilitación de praderas degradadas, que es la capacidad productiva de área de pastos naturales a los que se les aplica conservación de suelos. Como parte de las funciones de la rehabilitación de praderas degradadas es, la recuperación de la biomasa, mejoramiento del suelo y aprovechamiento de manera racional. Como ventajas tiene a la protección del suelo, control de la erosión y desertificación. Sin embargo, tiene algunas desventajas como el descanso de tierras por sobrepastoreo del área tratada, la cual incrementa la necesidad de alimentos del ganado, lo que podría no ser aceptado por la comunidad y el financiamiento en materiales para cercar sus parcelas, que genera tratar grandes extensiones de terreno por reducir grandes costos (por hectárea) Ministerio de Agricultura (MINAG, 2002).

#### **d. Sistema de uso de la tierra Pastizal silvopastoril**

El manejo de praderas altoandinas ha consistido en planificar,

máxima producción animal, económica, considerando el cuidado del medio ambiente. Para tener un adecuado manejo con obras de recuperación se tiene métodos ambientales como, las áreas calificadas de protección no deberán ser incluidas en áreas de uso silvopastoril, el cercado perimetral podrá delimitar áreas de pastoreo de otras áreas que pueden ser consideradas de protección o para no ser pastoreadas, los territorios de protección con signos mal estado podrán ser estudiadas o en rehabilitación con descanso y siembras , lo cual requerirá además su cercado. Dichas áreas delimitadas por cercos podrán permitir una regeneración de la flora y fauna natural, y además contribuirá a la generación de microclimas favorables. (MINAG, 2002).

Al mismo tiempo se debe cumplir con el Plan de Manejo de Pastoreo ya que al ser utilizado constantemente nos lleva al sobrepastoreo, lo que impide el crecimiento y en consecuencia un suelo erosionado y crecimiento de plantas no palatables (Miranda y Ccana, 2014)

#### **e. Sistema de uso de la tierra pastizal degradado**

Cuando la lluvia cae sobre una superficie cubierta. Con una densa vegetación, las gotas se rompen en minúsculas partículas golpean un suelo desnudo, la fuerza del impacto dispersa partículas que quedan en suspensión y a medida que el agua se infiltra, las partículas finas llenan los poros grandes del suelo, obstruyendo y disminuyendo la infiltrabilidad, lo cual produce escorrentía,

generándose diferentes clases de erosión hídrica entre , las cuales se tiene a la erosión en cárcavas propias de las praderas altoandinas, presentándose por exceso de lluvias y velocidad de la misma. Este tipo de deterioro es la fuente más importante de sólidos en suspensión y en términos de daño al suelo agrícola o reducción de la producción, no es muy decisivo debido a que la mayoría de las tierras sujetas a la formación de cárcavas severas son de escasas significación agrícola. Este tipo de erosión es un fenómeno común en climas semisecos y suelos poco fértiles. El inicio de la formación de una cárcava en las depresiones resulta del debilitamiento focalizado de la cobertura vegetal debido al pastoreo y a la quema (MINAG, 2002).

### **III. OBJETIVOS E HIPOTESIS**

#### **3.1 Objetivos**

##### **a. Objetivo General**

Determinar el carbono almacenado en las Praderas Altoandinas de las Subcuenca del Shullcas-Junín, bajo tres sistemas de uso de la tierra.

##### **b. Objetivos Específicos**

1. Cuantificar el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea y de raíces en los tres sistemas de uso de la tierra de las Praderas Altoandinas.

2. Cuantificar el carbono en el suelo almacenado en los tres sistemas de uso de la tierra de las Praderas Altoandinas.

### **3.2 Hipótesis**

#### **a. Hipótesis General**

Ho: El carbono almacenado en las Praderas Altoandinas no difiere en el almacenamiento de carbono entre los tres sistemas de uso de la tierra, en la subcuenca Shullcas, Junín.

Ha: El carbono almacenado en las Praderas Altoandinas no difiere en el almacenamiento de carbono entre los tres sistemas de uso de la tierra, en la subcuenca Shullcas, Junín.

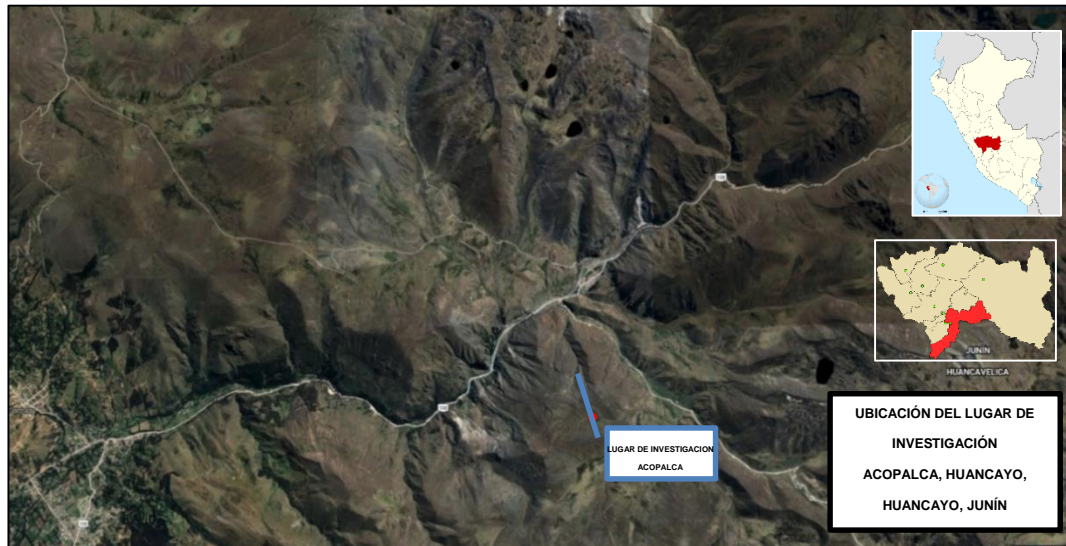
## IV. METODOLOGÍA

Esta investigación se ha desarrollado como una investigación cuasi experimental con un enfoque cuantitativo de corte transversal, donde se considera como variable dependiente a Almacenamiento de Carbono y como variable independiente a Sistemas de uso de la tierra.

Los diseños de investigación cuasi experimental, son aquellas que comparan hipótesis y no tiene una distribución aleatoria contrastan hipótesis causales, carece de distribución aleatoria. Las condiciones se llevan a cabo por autoselección, donde el investigador elige el tratamiento. (White, H., & S. Sabarwal, 2014)

### 4.1 Ubicación de la Zona de Estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada en la Región Junín, provincia de Huancayo, Subcuencas del Río Shullcas y Yuracyacu. Por el margen izquierdo el río Shullcas es afluente del río Mantaro que se encuentra en el Sistema de Coordenadas UTM WGS84 (507259 y 525388 Este, 8678974 y 8658692 Norte). Los Sistemas de Manejo de uso de la tierra se encuentran ubicadas en la Comunidad Campesina de Acopalca a 4 500 msnm. (Figura 1).



**Figura 1** Identificación del área a intervenir (departamento, provincia y comunidad) (Fuente: Google Earth Pro)

“Jerbacio y Llamacancha”, monitoreadas por el Ministerio del Ambiente a través del Proyecto “Conservación de praderas naturales en zonas altoandinas de la Subcuenca del río Shullcas”, estas parcelas tienen nombre y delimitación establecida, las que contenían un sistema de uso de la tierra pastizal conservado, el segundo sistema de uso de la tierra también pertenece a este proyecto pastizal silvopastoril y el tercer sistema de uso de la tierra pastizal degradado. Estos sistemas fueron instalados en el año 2010, en un área geográfica dentro del sistema de coordenadas UTM WGS84 (18L 491341 E 8674956 S), (Figura 2).



**Figura 2** : Identificación del Área a intervenir (Fuente: Google Earth Pro.)

a. Clima

En la subcuenca del río Shullcas se ha caracterizado en mapas los mapas de precipitación y temperatura del aire en la cuenca del río Mantaro (Instituto Geofísico del Perú, 2016):

b. Precipitación en la subcuenca del río Shullcas

La zona alta de la subcuenca del río shullcas, la máxima precipitación encontrada es de 800 - 850 mm, y en zonas bajas de 700 – 800 mm.

c. Temperatura

Presenta temperaturas bajas desde -4 a -2 °C y en la zona intermedia varia de 1,9 hasta 4°C y en la zona baja es de 4,1 - 6°C.

d. Suelos

Según la capacidad de uso de suelo, no se tiene suelos de producción agrícola. Siendo el de mayor porcentaje correspondiente a pastos (54,47%).

e. Recurso hídrico

a. Disponibilidad de agua de las lluvias

La única forma de obtener potencial hídrico es apartir de las lluvias, nevados estacionales, esto dependerá de las precipitaciones que se den según la altitud.

**Sistemas de uso de la tierra estudiados**

**a. Sistema de uso de la tierra pastizal degradado**

Son parcelas que no presentan crecimiento de pasturas de un tamaño al ras del suelo, ni presencia ganadera, suelos con presencia de erosión y árboles de menor tamaño en comparación al resto de parcelas estudiadas en diferentes sistemas de uso de la tierra. (Figura 3)



**Figura 3** Identificación de zona de estudio Pastizal degradado

**b. Sistemas de uso de la tierra pastizal silvopastoril**



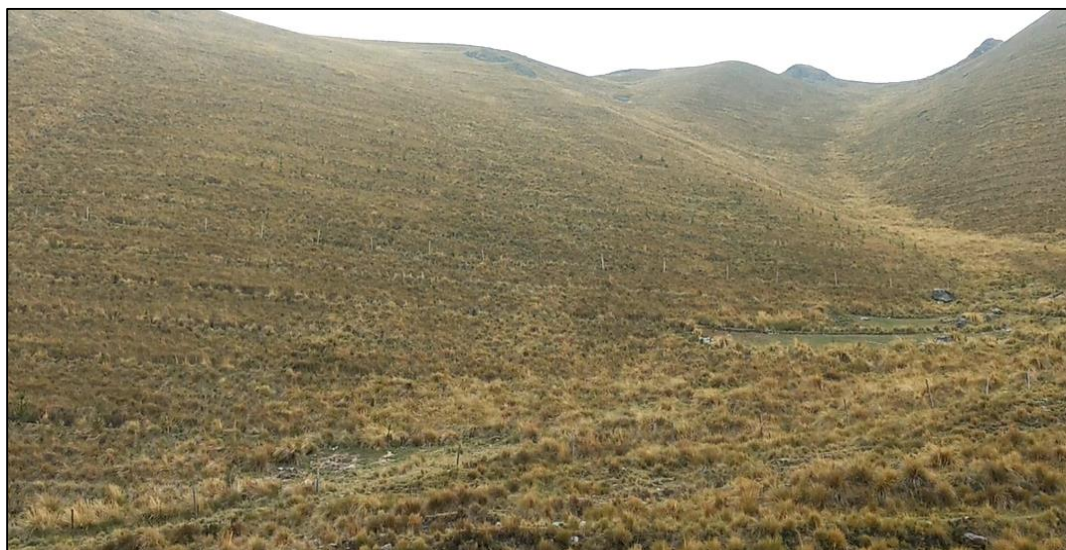
Parcelas que presentan pasturas de crecimiento medio entre 30 – 50 cm, presencia ganadera muy frecuente, árboles de tamaño medio y con poca presencia de exposición de los suelos. (Figura 4)



**Figura 4** Identificación de zona de estudio Pastizal silvopastoril

**c. Sistemas de uso de la tierra pastizal conservado**

Parcelas que presentan un cuidado diferente, presenta delimitación, pasturas de gran tamaño (8-100cm), lo que permite que no ingrese el ganado, no se tiene presencia con el suelo. (Figura 5)



**Figura 5** : Identificación de zona de estudio Pastizal conservado

## 4.2 Metodología

Para esta investigación, la determinación del carbono almacenado fue evaluada según Cuellar y Salazar (2016), de donde se tomaron en consideración los siguientes pasos para cada sistema de uso de la tierra, con tres repeticiones en parcelas estudiadas.

### a. Definición de las variables de estudio

Las variables en estudio son:

Variable dependiente, Almacenamiento de carbono.

Variable independiente: Sistemas de uso de la tierra.

### b. Población

Para esta investigación se encuentra referida al área que ocupada los tres sistemas de uso de la tierra, Sistema de uso de la tierra degradado, sistemas de uso de la tierra silvopastoril, Sistema de uso de la tierra conservado, se calcula que se tienen 90 ha.

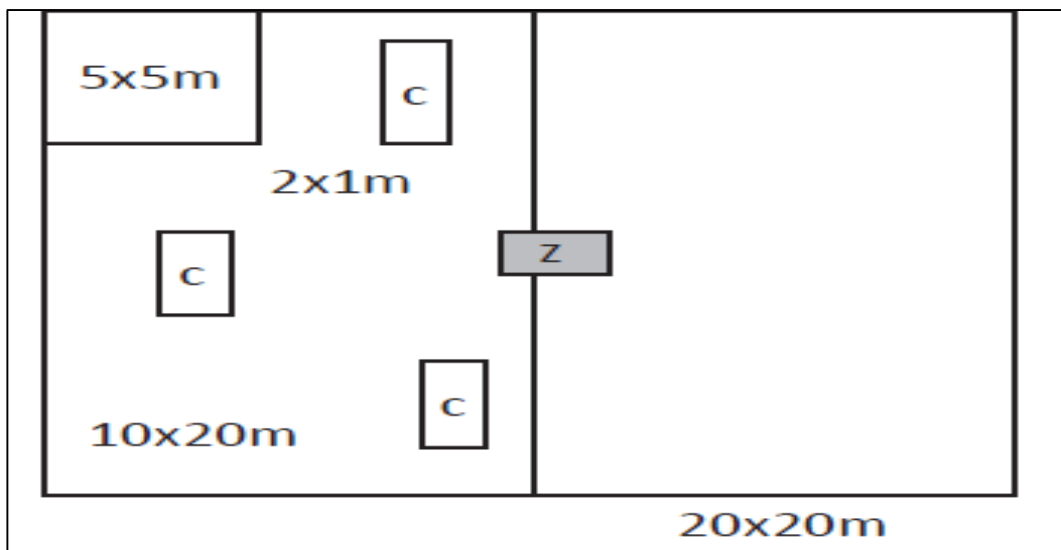
### c. Muestra

La muestra es de tres parcelas para cada sistema de uso de la tierra, cada muestra es una parcela cuadrada de 400m<sup>2</sup>.

### d. Establecimiento de Parcelas

El criterio para la evaluación de cada uno de los tres sistemas de uso de la tierra fue delimitar tres parcelas, cada una de 20 x 20 m ( Figura 6). Para el inicio de la delimitación de cada área,

se ha escogido un punto central a la que se ha denominado punto central o zona intocable, punto donde iniciaría la calita central. Con la ayuda de un reloj magnético se ha determinado el norte, a partir de ello se ha avanzado a 90°, con una wincha y con rumbo constante se ha delimitado los primeros 10 m de la línea base y se ha continuado delimitando hasta poder completar la delimitación de 20 x 20 m. Este criterio se tomó para delimitar en las parcelas de estudio de forma aleatoria (Figura 7).



**Figura 6** Esquema de la obtención de la parcela para la biomasa aérea (Adaptado de Cuellar et al., 2016)



## b. Medición biomasa aérea

### Medición de biomasa en la vegetación herbácea

La biomasa herbácea fue considerada por la composición de pastizales frescos. El área que se estimó delimitar para sacar las muestras fue de 1 m<sup>2</sup>, cuadrantes que fueron escogidos al azar e identificados, para luego cortar la vegetación al ras del suelo. El peso total fue registrado en cada cuadrante y una submuestra de peso conocido entre 200 g y 300 g,

**Figura 7** Establecimiento de parcelas de 20x20m Pastizal con uso ganadero

según la disponibilidad encontrada en cada tipo de sistema, esta a su vez se colocó una bolsa de polietileno, debidamente codificada, según sector, sistema y número de muestra, donde fueron trasladados a laboratorio. (Figura 8 y 9).



**Figura 8** Identificación de parcela, codificación y georreferenciación de parcela de 1m x 1m.



**Figura 9** Pesado total registrado, para después extraer las submuestras (200 - 300g).

### Medición de biomasa en la hojarasca

El criterio utilizado para cuantificar en biomasa de hojarasca ha sido en base a la identificación de la capa de mantillo u hojarasca y otros materiales muertos (ramillas, ramas) dentro de cada uno de los cuadrantes de 1x1 m (Figura 10).



**Figura 10** Separación de materia seca y materia húmeda

Se ha colectado toda la hojarasca, se ha registrado el peso fresco total, luego se ha extraído una muestra entre 200 y 300 g, según la disponibilidad encontrada en cada sistema la cual se colocó en bolsas de polietileno debidamente codificados, para luego ser trasladados al laboratorio.



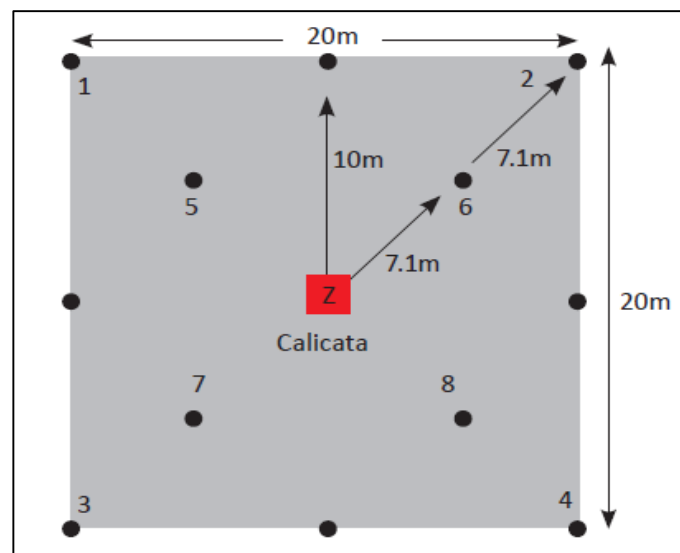
**Figura 11** Biomasa y Hojarasca, separada por códigos y bolsas de colores, verde (Biomasa) y amarillo (Hojarasca).

### c. Medición de Carbono en el Depósito suelo

#### Medición Materia Orgánica en el suelo

Para esta medición se ha establecido 4 puntos, como indica la figura 12, la particularidad del establecimiento de estas parcelas fue desde cada esquina de la calicata central (Z), se ha establecido una diagonal y se ha trazado en aproximadamente 7 m, cada punto, el cual se ha ejecutado calicatas de 30 x 30 x 50 cm, y se ha tomado un aproximado

de 1 kg de muestra de suelo, en base a las siguientes particularidades: La muestra 1, extraída de 0 - 10 cm, la muestra 2, extraída desde los 10 - 30 cm y la muestra 3, extraída desde los 30 – 50 cm. Al tener cada kilo, según cada tipo de muestra (a diferentes estratos), se hizo una mezcla homogénea de cada submuestra obtenida entre los cuatro puntos según cada estrato obtenido. (Figura 12 y 13).



**Figura 12** Diseño de la Parcela para muestrear carbono en el suelo.





**Figura 13** Calicatas realizadas de 30 x 30 x 50 cm.

### Medición de la densidad aparente

Se ha construido la calicata central y se ha trabajado en la parcela de 1 x 1 x 0,5m. Se instaló un cilindro de Uhlands de volumen conocido, que se colocó en una de las paredes laterales de la calicata o cilindro muestreador de volumen conocido, se ha colocado en las paredes laterales homogéneas, las muestras obtenidas por incrementos de profundidad como se detalla en la Figura 13 (Veldkamp *et al.*, 2003). Se procedió a guardar el cilindro con el suelo en una bolsa o recipiente identificado y numerado. (Figura 14 y 15).



**Figura 14** Suelo extraído con el cilindro de Uhland para la determinación de densidad aparente



**Figura 15** Determinación de profundidad para densidad aparente 50 cm.

### Medición de la biomasa de raíces finas

En la pared central se ha ubicado la calicata y se ha realizado pequeñas calicatas de 30 x 30 cm hasta llegar a 0,5 m de profundidad, tal como se detalla en la Figura 16. Se procedió a muestrear en la parcela central en los puntos 5, 6, 7 y 8 de la siguiente manera:

Muestra 1: de 0 a 10 cm

Muestra 2: de 10 a 20 cm

Muestra 3: de 20 a 30 cm

Estas muestras se colectaron en tres intervalos de profundidad.



**Figura 16** Diseño de la calicata para muestrear raíces finas.

### 4.3 Procesamiento de muestras y laboratorio

Colectadas las muestras en el campo, se ha procesado las muestras en el laboratorio de INIA (Lima – Huancayo) y gabinete, siguiendo así la metodología que fue desarrollada para condiciones similares y que se detalla a continuación.

#### a. Biomasa aérea (considerar uno para herbácea y hojarasca)

##### Biomasa arbustiva y herbácea

Cada muestra de campo fue debidamente codificada en la bolsa de polietileno, las cuales se pesaron con una balanza analítica y fueron anotadas en la bolsa de papel. Cada bolsa de papel fue introducida y pasó por un proceso de desecación en una estufa a 75°C por 24 a 72 horas hasta obtener el peso seco constante. (Figura 17)



**Figura 17** Muestra de biomasa arbustiva y herbácea puesta en la estufa

La determinación del peso de la ceniza ha consistido en el

triturado de la materia seca que se obtuvo del horno y con la ayuda de un molino especial, asimismo se ha separado 3 g de esta muestra y se ha colocado en una bolsa de polietileno pequeña, la cual fue depositada en un crisol y fue llevado a la mufla a 240°C por un espacio de 48 horas, hasta que se convierta en cenizas. Finalmente, todas las muestras han sido pesadas cuidadosamente en una balanza analítica digital, con la finalidad de continuar con los cálculos en gabinete.

### **Biomasa de hojarasca (Bh)**

Cada muestra fue debidamente codificada, el peso ha sido registrado y colocado en bolsas de papel e identificados para ser secados en la estufa a 75°C, hasta que se ha obtenido el peso seco constante. De la misma forma la biomasa arbustiva ha sido sometida al mismo procedimiento para la determinación del peso de la ceniza, con la finalidad de obtener el porcentaje de Carbono que estas contienen ya que son de vegetación no leñosa.

## **b. Carbono en la tierra y densidad aparente**

### **Carbono en la tierra**

Las muestras de suelo obtenidas en campo se secaron al aire, bajo techo en bandejas debidamente codificadas, para luego ser tamizadas en mallas de 2 mm de espesor, hasta que se tuvo un suelo uniforme libre de piedras y gránulos. Las muestras fueron

identificadas y fueron analizadas en el laboratorio de suelos para la contabilizar almacenamiento total (INIA-Huancayo).

### **Densidad Aparente**

Las muestras de suelo que han sido obtenidas dentro de los anillos o cilindro de Ulhand, se les midió el peso fresco y fueron desecadas a 105 °C por un espacio de 24 horas y conseguir el peso seco constante y finalmente se ha tomado el peso e las muestras debidamente codificadas. (Figura 18).



**Figura 18** Muestra de suelo en bandejas, despues del tamizado (2 mm).

### **Biomasa de raíces finas (diámetro menor de 2 mm)**

Las muestras obtenidas han sido guardadas en bolsas herméticas con la identificación pertinente y mantenidas en refrigeración (4-7°C). En campo se realizó el lavado y tamizado de las mismas para que estas sean analizadas en el laboratorio según la metodología de Cuellar, (2016).

Las raíces se han secado a la estufa a 40°C hasta llegar al peso seco constante. Estos datos han sido utilizados para cálculos y registrar los datos.

Cada muestra ha sido colocada en un saco adecuadamente etiquetado (codificado). Cada muestra posee una codificación. Debiendo coincidir la información para que haya sido registrada en un formulario de campo, y luego fue se ha enviado junto con las muestras al laboratorio. Cada codificación ha contenido la siguiente información: número de la etiqueta, código del lugar, profundidad de la muestra (solo para el caso de raíces y suelo), tipo de estrato, Número de la repetición, Código del tipo de la parcela, Lugar de colecta, Fecha de colecta, Medición de la Biomasa Aérea.

#### 4.4 Procesamiento de datos

##### a. Cálculo de la Biomasa y Carbono en la vegetación herbácea

Se calculó la biomasa de la muestra con la siguiente fórmula:

$$MS = \left( \frac{PS}{PF} \right) \times PFT.$$

Donde:

MS = Materia seca de la muestra (g/m<sup>2</sup>).

PS = Peso llevada para la determinación del porcentaje de humedad.

PF = Peso o materia fresca de la sub-muestra llevada para la determinación del porcentaje de humedad.

PFT = materia fresca total de la muestra (g.m<sup>-2</sup>).

Después de obtener la materia seca en gramos por metro cuadrado. Para calcular la cantidad de Carbono en la biomasa de la vegetación no arbórea por hectárea, se ha calculado a partir de metro cuadrado (m<sup>2</sup>), convirtiendo las unidades de la muestra de gC a tC (dividiendo entre 1 000 000).

$$\Delta C_{BN}(tC/ha) = (10\ 000\ m^2 / 2m^2) \times (XM / 1\ 000\ 000).$$

Donde:

$\Delta C_{BN}$  = Cantidad de Carbono en la biomasa de vegetación no arbórea (tC.ha<sup>-1</sup>).

XM = Promedio de la cantidad de Carbono de todas las muestras (g/m<sup>2</sup>).

Factor 1 000 000 = Conversión de las unidades de masa en gramos a toneladas.

Factor 10 000 = Conversión del área de m<sup>2</sup> a hectárea.

## b. Cálculo del stock de Carbono en raíces finas y suelo

### Cálculo de la densidad aparente del suelo

$$DA = PSN/VC.$$

Donde:

DA = Densidad aparente.



PSN = Peso seco neto del suelo.

VC = Volumen cilíndrico (constante).

### Cálculo del volumen del suelo

$$Vs = DA + Ps \times 10\ 000.$$

Donde:

Vs = Volumen del suelo.

DA = Densidad aparente.

Ps = Profundidad aparente.

10 000 = Constante

### Cálculo del carbono en el suelo

$$CS = VS \times CI.$$

Donde:

CS = Carbono en el suelo

Vs = Volumen del suelo

CI = Carbono dado por el laboratorio

Finalmente, se ha determinado el Carbono total almacenado en el sistema evaluado para cada uno de los depósitos, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta C_{proyecto} = \sum \Delta C_{depósitos}.$$

Donde:

$\Delta C$  proyecto = Cantidad de carbono total del área de proyecto definido (t).

$\sum \Delta C$  depósitos = Sumatoria de la cantidad de Carbono total de todos los depósitos en los sistemas de uso de tierra medidos (t).

Finalmente se calculó el Carbono total de un determinado sistema de uso de tierra, simplemente se debe sumar todos los depósitos medidos.

$$\Delta C_{depósitos} = (\Delta CA + \Delta CAH + \Delta CM + \Delta CRF + \Delta CS) \times \text{área del estudio}.$$

Donde:

$\Delta C_{depósitos}$  = Cantidad de Carbono de un determinado SUT (t).

Área del estudio = En hectáreas (ha).

Donde los sub índices se refieren a:

CA = Carbono almacenado en el depósito arbóreo (tC/ha).

CAH = Carbono contenido en el depósito arbustivo - herbáceo (tC/ha).

CM = Carbono contenido en el depósito Hojarasca y madera muerta (tC/ha).

CRF = Carbono contenido en el depósito raíces finas (tC/ha).

CS = Carbono contenido en el depósito suelo (tC/ha).

#### 4.5 Procesamiento Estadístico

Se ha calculado métodos estadísticos descriptivos, medias y desviaciones estándar

El contenido de carbono en las tres zonas geográficas se ha realizado un análisis de varianza y las diferencias fueron comparadas mediante la prueba Duncan ( $\alpha=0.05$ ) el diseño del análisis se realizó a través de un modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$ : efecto de los tratamientos

$\mu$ : Media

$t_i$ : Efecto de los tratamientos en los 3 sistemas de uso de suelo.

$e_{ij}$ : Error experimental

## V. RESULTADOS

### 5.1 Carbono almacenado en los tres sistemas de uso de la tierra Pastizal

El carbono almacenado total para los sistemas de uso de la tierra tuvo como resultado, para pastizal degradado fue de 65,18 tC.ha<sup>-1</sup>, se encuentra almacenado y distribuido en pastos 2,48 tC.ha<sup>-1</sup>, hojarasca 2,35 tC.ha<sup>-1</sup>, raíces 2,69 tC.ha<sup>-1</sup> y suelos 57,74 tC.ha<sup>-1</sup> respectivamente. En pastizal silvopastoril fue de 84,18 tC.ha<sup>-1</sup>, se encuentra almacenado y distribuido en pastos 2,86 tC/ha, hojarasca 2,31 tC.ha<sup>-1</sup>, raíces 1,77 tC.ha<sup>-1</sup> y suelos 77,23 tC.ha<sup>-1</sup> respectivamente. Finalmente para el pastizal conservado fue de 110,05 tC.ha<sup>-1</sup>, se encuentra almacenado y distribuido en pastos 2,62 tC.ha<sup>-1</sup>, hojarasca 2,79 tC.ha<sup>-1</sup>, raíces 2,35 y suelos 102,28. Este último sistema es el que contiene mayor almacenamiento de carbono (Tabla 1).

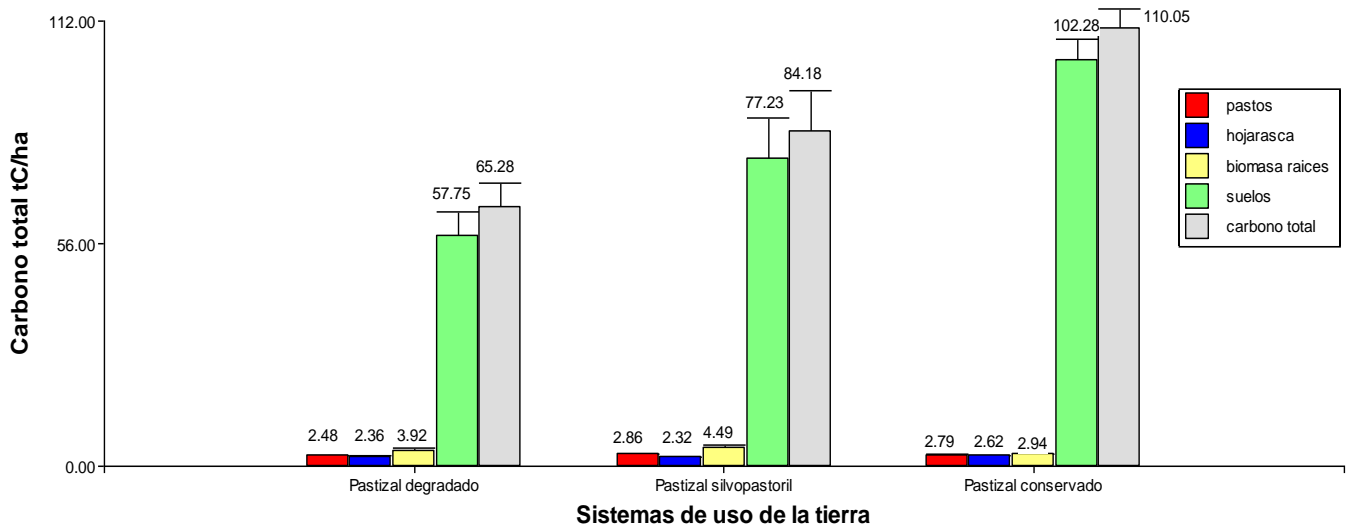
**Tabla 1**  
**Carbono almacenado en los tres sistemas de uso de la tierra**

	Carbono almacenado en la biomasa aérea ( tC.ha <sup>-1</sup> )		Carbono almacenado bajo el suelo* (tC.ha <sup>-1</sup> )		Carbono Total de cada sistema de uso de la tierra ( tC.ha <sup>-1</sup> )
	Pastos	Hojarasca	Raíces	Suelos	
<b>Pastizal degradado</b>	2,48	2,35	2,69	57,74	<b>65,18</b>
<b>Pastizal silvopastoril</b>	2,86	2,31	1,77	77,23	<b>84,18</b>
<b>Pastizal conservado</b>	2,62	2,79	2,35	102,28	<b>110,05</b>

\*Profundidad de muestra para raíces y suelo de (0-50 cm), en intervalos de 10 cm.

-La información de esta tabla son datos promedios determinados por cada sistema de uso de la tierra.

En la Figura 19, se puede determinar que dentro de cada sistema de uso de la tierra, es el componente suelo el que almacena mayor cantidad de carbono a comparación de los componentes pastos y hojarasca y raíces.



**Figura 19** Evaluación de almacenamiento de carbono, según componentes del sistema de uso de la tierra.

**a. Carbono almacenado en la biomasa aérea**

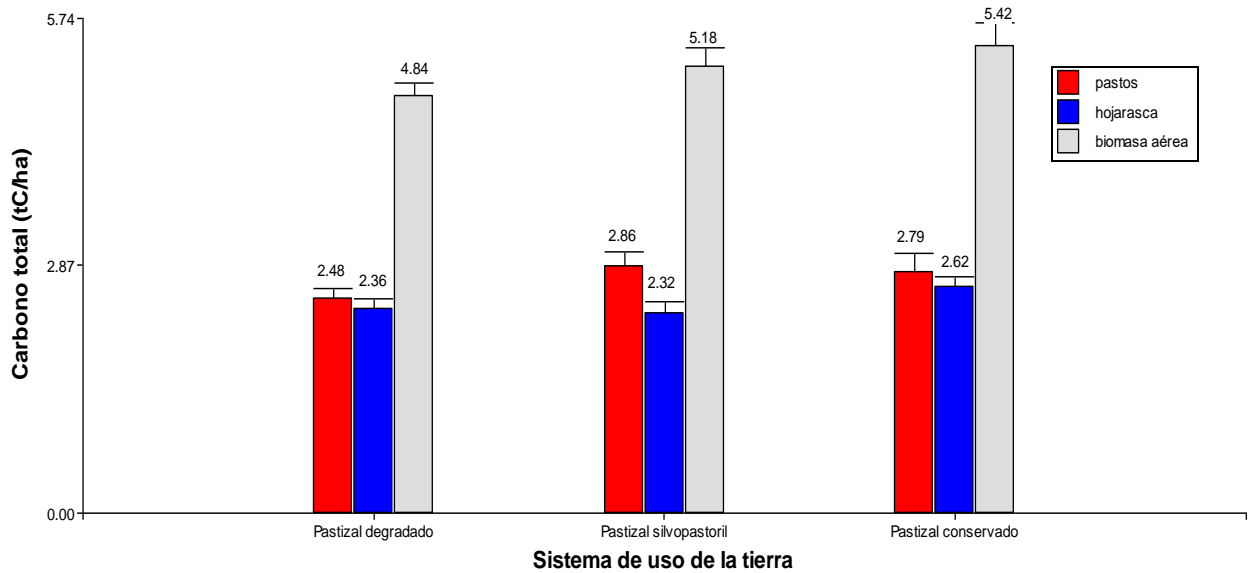
La cantidad de carbono total en la biomasa aérea el cual es la sumatoria de los pastos y hojarasca, para el sistema de uso de la tierra pastizal degradado fue de 4,83 tC.ha<sup>-1</sup>, para pastizal fue de 5,17 tC.ha<sup>-1</sup> y para pastizal conservado fue de 5,41 tC.ha<sup>-1</sup>, el cual es el sistema que contiene mayor almacenamiento de carbono en biomasa aérea. (Tabla 2).

**Tabla 2**  
**Carbono almacenado en la biomasa aérea**

	Carbono almacenado en la biomasa aérea ( tC.ha <sup>-1</sup> )		Carbono Total de cada sistema de uso de la tierra ( tC.ha <sup>-1</sup> )
	Pastos	Hojarasca	
<b>Pastizal degradado</b>	2,48	2,35	4,83
<b>Pastizal Silvopastoril</b>	2,86	2,31	5,17
<b>Pastizal Conservado</b>	2,79	2,62	5,41

- Los datos de biomasa aérea fueron tomadas en cuadrantes de 1x1 m<sup>2</sup> y extrapolados a 01 hectárea.

En la Figura 20, se puede determinar que, dentro de cada sistema de uso de la tierra, el componente dentro de la biomasa aérea, los pastos son el componente que almacena más carbono que las hojarasca. En tal sentido el sistema de uso de la tierra Pastizal degradado almacena 4,83 tC.ha<sup>-1</sup>, para el sistema de uso de la tierra pastizal silvopastoril 5,17 tC.ha<sup>-1</sup> y para el sistema de uso de la tierra Pastizal conservado almacena 5,41 tC.ha<sup>-1</sup>.



**Figura 20** Evaluación de almacenamiento de carbono, según biomasa aérea del sistema de uso de la tierra.

### 5.2 Carbono almacenado bajo el suelo

La cantidad de carbono almacenado bajo el suelo, el cual es la sumatoria del almacenamiento de carbono en raíces y suelos, para el sistema de uso de la tierra pastizal degradado fue de 60,45 tC.ha<sup>-1</sup>, para pastizal fue de 79 tC.ha<sup>-1</sup> y para pastizal conservado fue de 102,28 tC.ha<sup>-1</sup>, el cual es el sistema que contiene mayor almacenamiento de carbono en biomasa aérea. (Tabla 3).

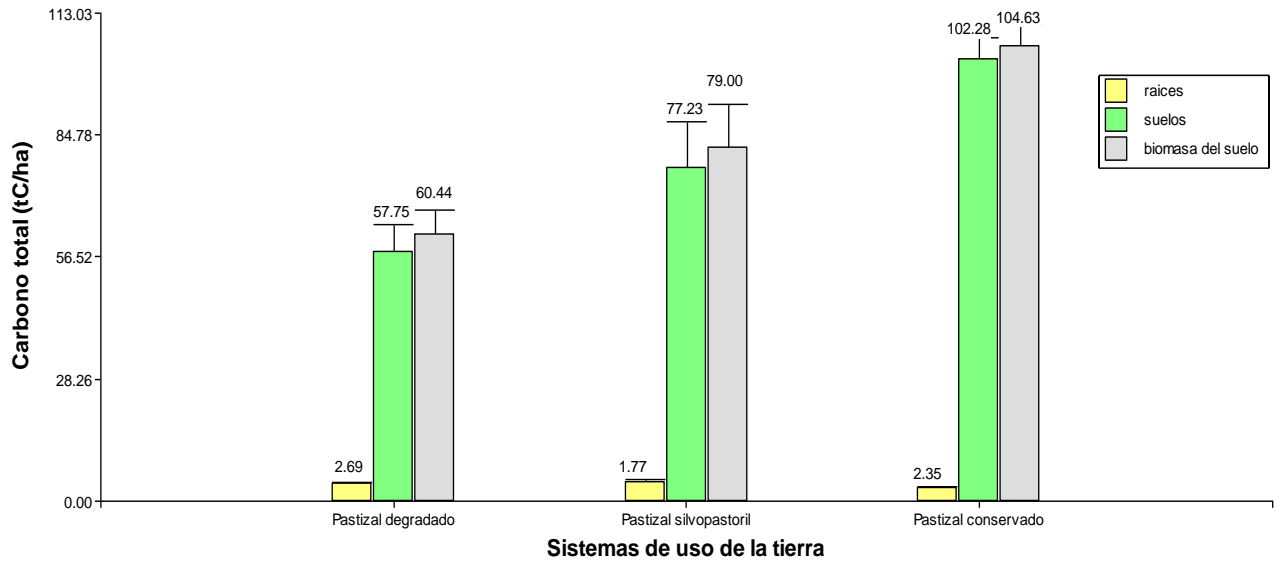


**Tabla 3**  
**Carbono almacenado bajo el suelo**

	Carbono almacenado bajo el suelo*		Carbono Total de cada sistema de uso de la tierra (tC.ha <sup>-1</sup> )
	Raíces	Suelos	
<b>Pastizal degradado</b>	2,69	57,75	60,44
<b>Pastizal silvopastoril</b>	1,77	77,23	79,00
<b>Pastizal conservado</b>	2,35	102,28	104,63

- Carbono almacenado bajo el suelo de 0-50 cm de profundidad. En este estudio no se pudo realizar una mayor profundidad debido a que se tiene a partir de 50 cm roca madre.

En la Figura 21, se puede determinar que dentro de cada sistema de uso de la tierra, el componente suelo es aquel que almacena mayor cantidad de carbono. En tal sentido el sistema de uso de la tierra pastizal degradado, almacena 57,75 tC.ha<sup>-1</sup>, para el caso del sistema de uso de la tierra pastizal silvopastoril, almacena 77,23 tC.ha<sup>-1</sup>, finalmente para el sistema de uso de la tierra pastizal conservado almacena 102,28 tC.ha<sup>-1</sup>.



**Figura 21** Evaluación de almacenamiento de carbono, según carbono almacenado bajo el suelo de los diferentes sistema de uso de la tierra.

**a. Almacenamiento de carbono en raíces**

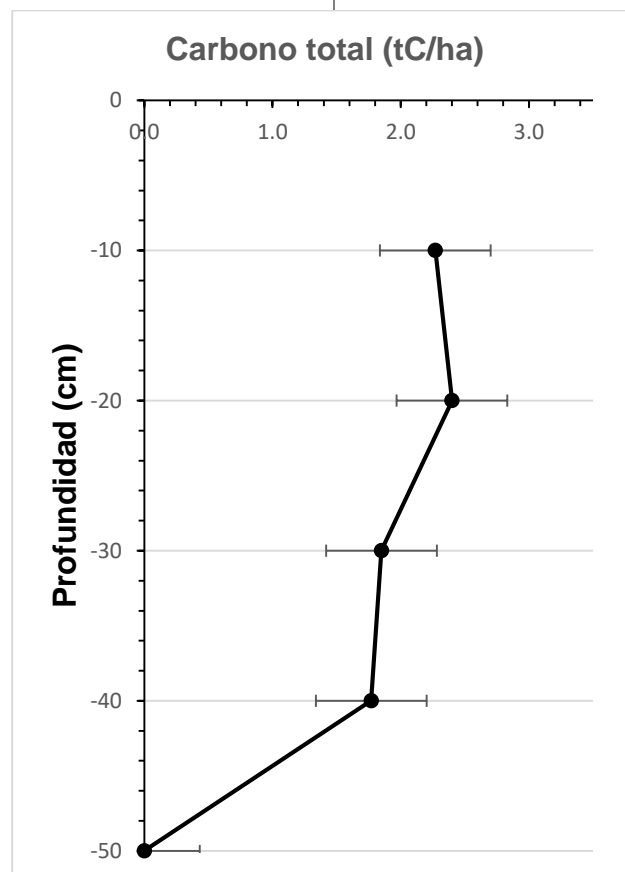
**Sistema de uso de la tierra degradada**

En la Tabla 4 y Figura 24 se encuentra el carbono almacenado a diferentes profundidades de 0 a 50 cm de profundidad, observándose que en los niveles de 0 a 20 cm se encuentra más del 50% del carbono almacenado

**Tabla 4**

**Carbono en raíces finas del Sistema de uso de la tierra pastizal conservado a diferentes profundidades en promedio (tC.ha<sup>-1</sup>)**

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Carbono total en las raíces (tC.ha<sup>-1</sup>)</b>
0 - 10	2,70
10 - 20	2,40
20 - 30	1,85
30 - 40	1,77
40 - 50	0
<b>TOTAL</b>	<b>8,29</b>



**Figura 22** Carbono en raíces finas del Sistema de uso de la tierra pastizal degradado a diferentes profundidades

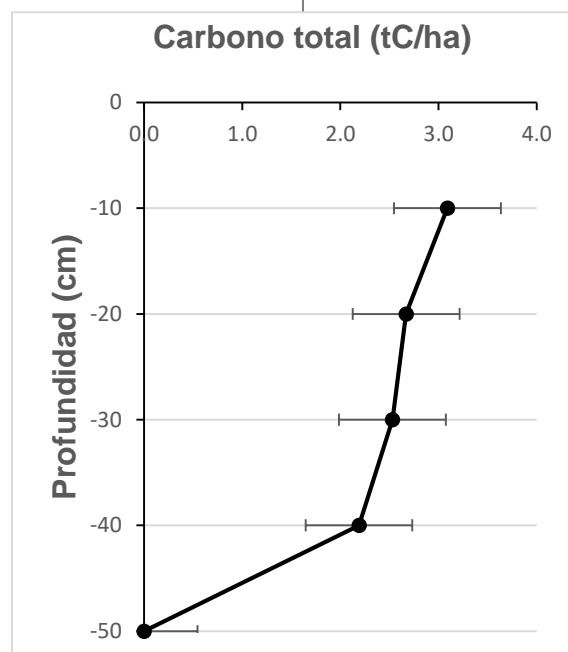
**Sistema de uso de la tierra silvopastoril**

En la Tabla 5 y Figura 23 se encuentra el carbono almacenado a diferentes profundidades de 0 a 50 cm de profundidad, observándose que en los niveles de 0 a 30 cm se encuentra más del 50% del carbono almacenado

**Tabla 5**

**Carbono en raíces finas del Sistema de uso de la tierra pastizal silvopastoril conservado a diferentes profundidades en promedio (tC.ha<sup>-1</sup>)**

Profundidad (cm)	Carbono total en las raíces (tC.ha <sup>-1</sup> )
0 - 10	3,09
10 - 20	2,67
20 - 30	2,53
30 - 40	2,19
40 - 50	0
<b>TOTAL</b>	<b>10,48</b>



**Figura 23** Carbono en raíces finas del Sistema de uso de la tierra pastizal silvopastoril a diferentes profundidades

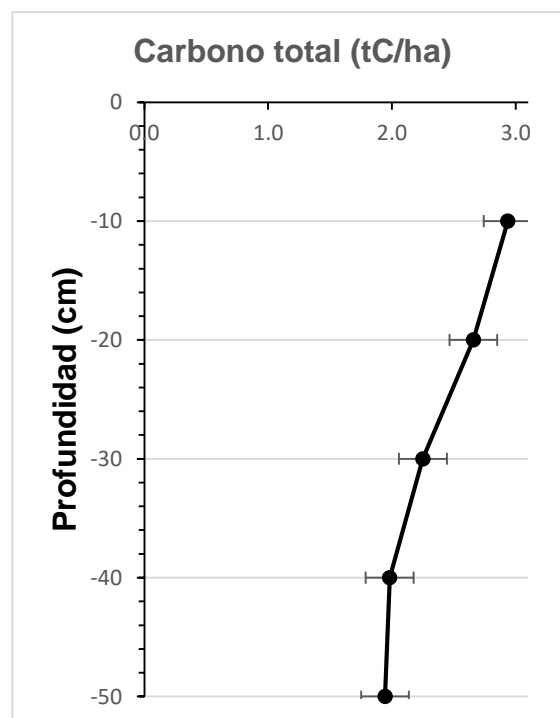
**Sistema de uso de la tierra conservado**

En la Tabla 6 y Figura 24 se encuentra el carbono almacenado a diferentes profundidades de 0 a 50 cm de profundidad, observándose que en los niveles de 0 a 30 cm se encuentra más del 50% del carbono almacenado

**Tabla 6**

**Carbono en raíces finas del Sistema de uso de la tierra pastizal conservado a diferentes profundidades en promedio (tC.ha<sup>-1</sup>)**

Profundidad (cm)	Carbono total en las raíces (tC/ha <sup>-1</sup> )
0-10	2,93
10-20	2,65
20-30	2,25
30-40	1,98
40-50	1,94
<b>TOTAL</b>	<b>11,75</b>



**Figura 24** Carbono en raíces finas del Sistema de uso de la tierra pastizal conservado a diferentes profundidades

### 5.3 Análisis estadístico

Con el fin de evaluar el contenido de carbono orgánico en los sistemas de uso de la tierra, se realizó un ANOVA por una prueba de rangos de Duncan. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software Infostat.

#### a. Carbono total en los diferentes usos de la tierra

El análisis de varianza de almacenamiento de carbono total en los tres sistemas de uso de la tierra, pastizal degradado, pastizal silvopastoril y pastizal conservado presenta diferencias estadísticas significativas con un pvalue =0,0013 (Anexo 1)

**Tabla 7**  
**Cuadro de Análisis de la Varianza**

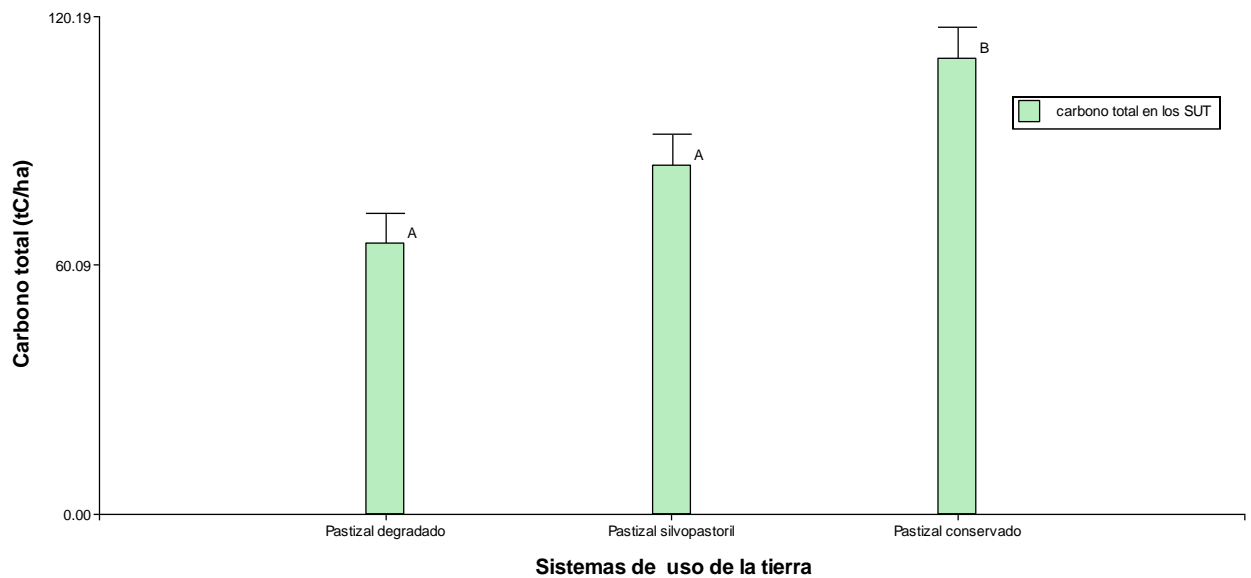
**Test: Duncan Alfa=0,05**

Error: 509.8517      gl: 24

Sistemas	Medias	n	E.E.	
Pastizal degradado	65.28	9	7.53	A
Pastizal silvopastoril	84.18	9	7.53	A
Pastizal conservado	110.05	9	7.53	B

*\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En esta prueba se determinó que el pastizal degradado y el pastizal silvopastoril no tenían diferencias significativas estadísticamente, sin embargo se encontraron diferencias significativas entre pastizal degradado y pastizal conservado, así como pastizal silvopastoril y pastizal conservado. (Figura 25).



**Figura 25** Almacenamiento de Carbono en los tres Sistemas de Uso de tierra Pastizal.

**b. Carbono total en la Biomasa aérea de los diferentes usos de la tierra**

El análisis de varianza del carbono total en la biomasa aérea en los tres sistemas de uso de la tierra, pastizal degradado, pastizal silvopastoril y pastizal conservado no presenta diferencias estadísticas significativas con un pvalue =0,1917 (Anexo 2)

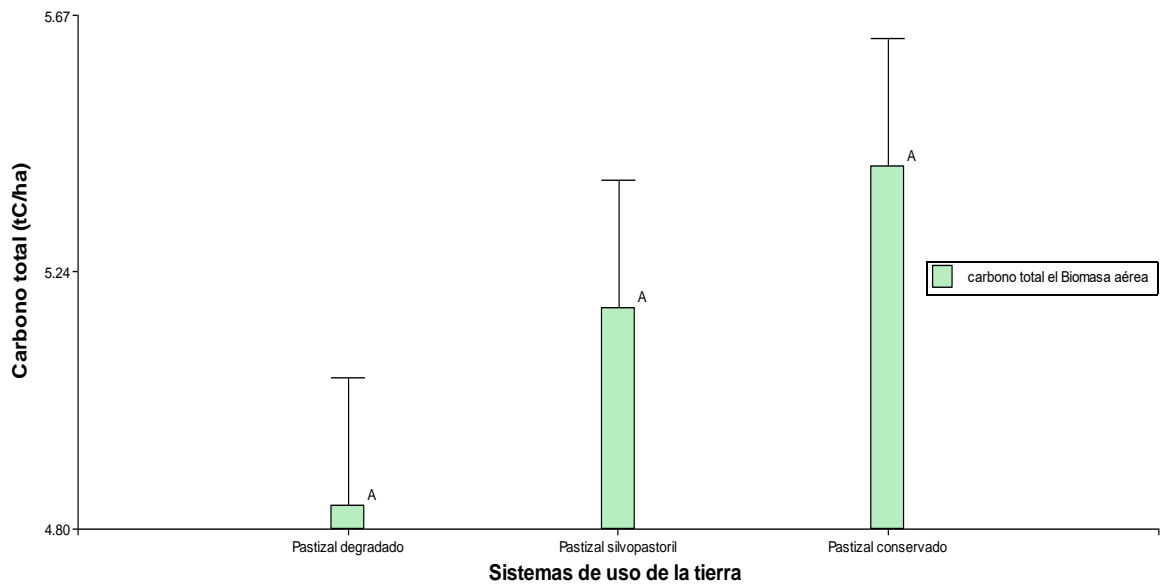
**Tabla 8**  
**Test: Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.4241                      gl: 24

Sistemas	Medias	n	E.E.
Pastizal degradado	4.84	9	0.22 A
Pastizal silvopastoril	5.18	9	0.22 A
Pastizal conservado	5.42	9	0.22 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)*

En esta prueba se determinó que para los sistemas de uso de la tierra pastizal degradado, pastizal silvopastoril y pastizal conservado no existen diferencias significativas (Figura 26).



**Figura 26** Almacenamiento de Carbono de Biomasa aérea en los tres Sistemas de Uso de tierra Pastizal.

**c. Carbono total bajo el suelo en los diferentes usos de la tierra**

El análisis de varianza del carbono total bajo el suelo en los tres sistemas de uso de la tierra, pastizal degradado, pastizal silvopastoril y pastizal conservado presenta diferencias estadísticas significativas con un pvalue =0,0020 (Anexo 3)



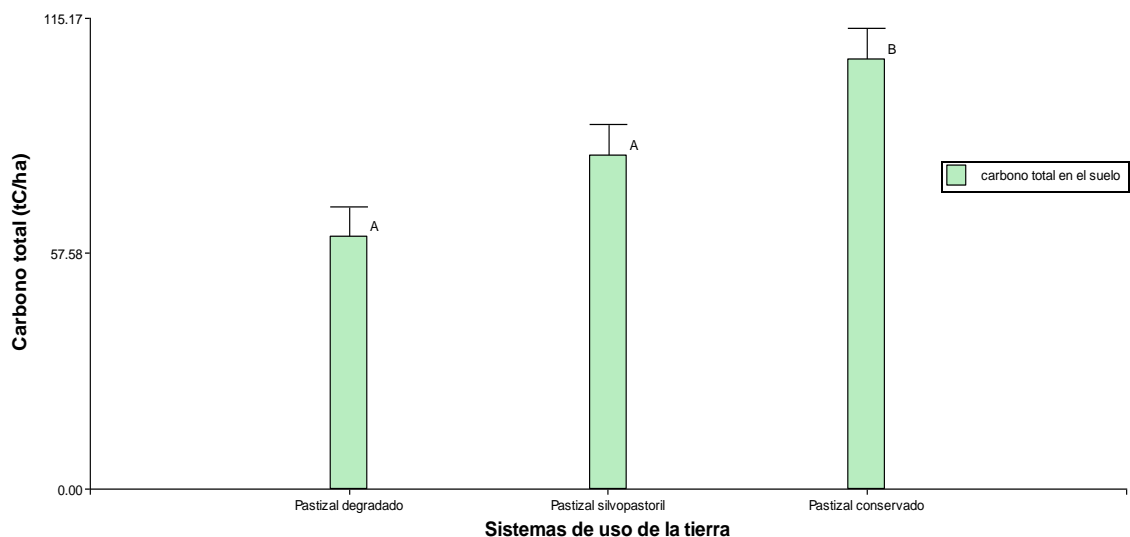
**Tabla 9**  
**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 530.0789      gl: 24

Sistemas	Medias	n	E.E.
Pastizal degradado	60.39	9	7.67 A
Pastizal silvopastoril	81.20	9	7.67 A
Pastizal conservado	104.27	9	7.67 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

En esta prueba se determinó que para los sistemas de uso de la tierra pastizal degradado, pastizal silvopastoril y pastizal conservado existen diferencias significativas entre pastizal degradado y pastizal conservado, así también entre pastizal silvopastoril y pastizal conservado (Figura 27).



**Figura 27** Almacenamiento de Carbono bajo el suelo en los tres Sistemas de Uso de tierra Pastizal.

## VI. DISCUSIONES

**Con respecto al carbono total en los sistemas de uso de la tierra**

El resultado del promedio del total entre los sistemas de uso de la tierra, del estudio fue de 110, 05 tC.ha<sup>-1</sup>, esta información fue comparada con los resultados obtenidos por Zanabria y Cuellar (2015), donde obtuvieron resultados menores en sistemas de uso de la tierra Pastizal con 95.89 tC.ha<sup>-1</sup>.

### **Con respecto al carbono total en la biomasa aérea**

El almacenamiento de carbono que se tiene en sistemas de uso de la tierra pastizal conservado fue de 5,42 tC.ha<sup>-1</sup> con crecimiento en orientación de Sur - Oeste, comparando los resultados con Quispe, *et al.*, (2014), indica que el peso de la especie *Festuca dolichophylla*, tienen valores similares respecto a la orientación de la siembra de estos pastos, 5,14 tC.ha<sup>-1</sup> en un sistema de pastizal conservado.

A pesar de que en este estudio, se evaluó como principal característica el almacenamiento de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra, la especie que tuvo mayor dominancia y abundancia en las parcelas fue *festuca dolichophylla*, como la predominante dentro y la de mayor captación de carbono por ende servicios ecosistémico tal como lo manifiestan los siguientes autores (Flores, 2017., Alcántara, 2014, Quispe 2015).

### **Con respecto al carbono total en las raíces**

El carbono almacenado en las raíces de las pasturas según cada tipo de sistema de manejo, varía entre 1,76 a 2,35 tC.ha<sup>-1</sup> comparadas con el promedio de carbono almacenado en pasturas del chaco, coinciden con el Sistema Pastizal Degradado, así también como el porcentaje de peso

que presenta Flora (2018) en su estudio, al igual que el mayor almacenamiento de carbono se encuentran en los primeros 30 cm de profundidad.

Para las raíces en relación a su profundidad, se determina que las raíces presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los 5 estratos de 0-50 cm de profundidad. Estos datos difieren de los resultados tomados por Beltrán y Erazo, (2017), que determinaron una diferencia significativa entre el primer estrato de 0-10 cm.

Las raíces presentaron una disminución de hasta el 34 %, entre el sistema de uso de la tierra pastizal conservado y el sistema de uso de la tierra pastizal degradado, esto debido a que para casos como pastizal degradado almacena mayor cantidad de carbono entre 2,69 y 1,77 tC.ha<sup>-1</sup>. Este desarrollo lo explica Beltrán y Erazo (2017), quienes afirman que las especies con sistema radicular profundo constituyen una opción para incrementar la acumulación de carbono. A pesar de que estos cultivos son opuestos a los que se requiere se podría determinar que el sistema de manejo degradado se encuentra en recuperación ya que no es un sistema de manejo intervenido.

### **Con respecto al carbono total en el suelo**

Zanabria y Cuellar (2015), afirmaron que la reserva de carbono bajo el suelo en pastizal contribuyó en mayor medida al almacenamiento de carbono, por el almacenamiento de carbono en el suelo en comparación con otros sistemas evaluados, esto coincidió con los resultados

presentados en este estudio debido a que la variación de carbono almacenado entre un suelo de sistema de uso de la tierra de pastizal degradado con un pastizal conservado a un sistema de manejo conservado, se encuentra entre  $44,71 \text{ tC.ha}^{-1}$ .

Chancari, E., (2014), afirma que la topografía y la posición topográfica en la captación de carbono (gradiente de nutrientes es menor en la meseta y aumenta en las zonas de la pendiente), el presente estudio se realizó a un mismo nivel 4200 m.s.n.m que son las zonas altas de las cuenca del río Shullcas, sin embargo el objetivo de este estudio fue investigar acerca del almacenamiento de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra, como pastizal degradado , pastizal silvopastoril y pastizal conservado.

## VII. CONCLUSIONES

Con respecto al carbono total almacenado se determinó que las áreas adecuadamente conservadas contribuyen a incrementar el carbono almacenado en el Sistema, como lo demuestra el SUT Pastizal conservado que contiene 110,05 tC.ha<sup>-1</sup>, mientras que el SUT Pastizal silvopastoril contiene 84,18 tC.ha<sup>-1</sup>, y el SUT Pastizal degradado 65,18 tC.ha<sup>-1</sup>.

Con respecto al carbono almacenado en la biomasa aérea, no se evidencian diferencias significativas entre los SUT evaluados, siendo el Pastizal Conservado que contiene 5,41 tC.ha<sup>-1</sup>, el SUT Pastizal silvopastoril contiene 5,17 tC.ha<sup>-1</sup>, seguido del SUT Pastizal degradado con 4,83 tC.ha<sup>-1</sup>.

Con respecto al carbono almacenado en la biomasa de raíces, se evidencian diferencias significativas entre los SUTs evaluados, siendo los valores en el SUT Pastizal Conservado 2,35 tC.ha<sup>-1</sup>, el SUT Pastizal silvopastoril 1,77 tC.ha<sup>-1</sup> y en el SUT Pastizal degradado 2,69 tC.ha<sup>-1</sup>.

Con respecto al carbono almacenado del suelo, se evidencian diferencias significativas entre los SUTs evaluados, siendo los valores en el SUT Pastizal Conservado tiene 102,28 tC.ha<sup>-1</sup>, en el SUT Pastizal silvopastoril 77,23 tC.ha<sup>-1</sup>, seguido del SUT Pastizal degradado 57,75 tC.ha<sup>-1</sup>.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar datos adicionales en siguientes investigaciones, como características y condiciones del lugar, así también considerar inventario de la flora de las diferentes especies establecidas en cada área de manejo.
- Continuar investigando otras zonas de cuencas alto andinas nivel del país, ya que estudios previos y el presente demuestran el alto potencial de almacenamiento pero que se diferencia de acuerdo a la zona estudiada.
- Se recomienda trabajar en el manejo y aprovechamiento de pastizales con las comunidades usuarias, ya que contribuye a la conservación del recurso y al almacenamiento de carbono como se demuestra en la siguiente investigación. Así en otras realizadas en este ecosistema.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albrecht, A.; Kandji, S. 2003. Carbon sequestration in tropical agro-forestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 99(1-3): 15-27.
- Alegría F. 2013. Inventario y Uso sostenible de Pastizales en la Zona colindante a los depósitos de relavera de Ocroyoc – Comunidad San Antonio de Rancas – Pasco. Tesis de Magister. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Alejo J., Valer F., Pérez J., Canles L. & Bustinza V. (2014). Manejo de pastos naturales alto andinos.
- Allmaras, R.R., D.R. Linden, C.E. Clapp. 2004. Corn-residue transformations into root and soil carbon as related to nitrogen, tillage, and stover management. *Soil Sci Soc Am* J68:1366–1375.
- Andrade H., Figueroa J. & Silva, D. (2013) titulada Almacenamiento de Carbono en Cacaotales (*Theobroma cacao*) en Armero-Guayabal (Tolima, Colombia). *Scientia Agroalimentaria*. 6-10
- Andrade H., Segura M. & Alvarado J. (2013) titulada Almacenamiento de Carbono en Sistemas de Producción de Café (*Coffea arabica* L.) en el Municipio del Líbano, Tolima, Colombia. *Colombia Forestal*. Volumen 16. 21-31.
- Andrade H., Segura M. & Rojas A. (2016). Carbono orgánico del suelo en Bosques Riparios Arrozales y Pasturas en Piedras, Tolima, Colombia.

Agronomía Mesoamericana. 233-241

Andrews, S.S., D.L. Karlen, J.P. Mitchell. 2002. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agric. Ecosyst. Environ.* 90: 25–45.

Ávalos G., Oria C., Cubas F., Díaz A., Acuña D., Quispe N., Rosas G. & Solís O. (2012). Plan de Gestión Integrado de Recursos Hídricos de la subcuenca del río Shullcas. 11-174.

Brown, S. & Lugo, A. 1984. Biomass of tropical forests: A new estimate based on forest volumens. *Science* 223: 1290-1293 p.

Caballero M., Lozano S. & Ortega B., (2007). Efecto Invernadero, Cambio Climático, Calentamiento Global. *Revista digital Universitaria*. Vol. 8 No. 10

Carvajal A., Feijoo A., Quintero H. & Rondón M. (2009). Carbono Orgánico del suelo en Diferentes Usos del Terreno de Paisajes Andinos Colombianos. *Revista Ciencia Suelo Nutr.* 222-233

Casanova F., Petit J., Solor J., 2011. Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de Carbono en el trópico mexicano. En *Revista Chapingo*. Volumen 17 Numero 1. Universidad Autónoma de Chapingo. *Revista on line*. p 133 – 143.

Congreso de la República, (2015). Contribución Prevista y Determinadas a nivel Nacional (INDC) de la República del Perú

Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (Intended Nationally



Determined Contributions) de la República del Perú. Septiembre 2015.1-12.

FAO (1996). Los recursos de la Tierra y la Población: Dependencia e Interacción.

Recuperado en: <http://www.fao.org/3/x3810s/x3810s04.htm#g>

Farfán, R. & Farfán, E. (2012). Producción de pasturas cultivadas y manejo de pastos naturales altoandinos. Convenio INIA – Gobierno Regional de Moquegua

Flores F., Fernández J., Giménez L., Leonhardt E., Bernardis A. (2018). Carbono retenido por la hojaras y raíces en diferentes usos del suelo en la region del Chaco semiárido. Chilean J. Agric. Anim. Sci, ex Agro-Ciencia (2018) 34(2):165-172.

Fonseca W., Alice F. & Rey J. (2011). Carbon accumulation in aboveground and belowground biomass and soil of different age native forest plantations in the humid tropical lowlands of Costa Rica. New Forests.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO 2002. Captura de Carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informe sobre recursos naturales mundiales de suelos – 96. Roma 76 p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO 2011. La gestión de los bosques ante el cambio climático Roma Italia. 20 p.

Francis, J. 2000. Estimating Biomass and Carbon Content of Saplings in Puerto Rican Secondary Forests. Caribbean Journal of Science. 36(3): 346-350

Fuentes, M., B. Govaerts, F. De León, C. Hidalgo, K.D. Sayre, J. Etchevers, L.

- Dendooven. 2009. Fourteen years of applying zero and conventional tillage, crop rotation and residue management systems and its effect on physical and chemical soil quality. *European Journal of Agronomy* 30: 228-237.
- Gayoso, J.; Guerra, J. y Alarcón, D. 2002. Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. Proyecto FONDEF. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 154 p.
- Gerencia Regional de Agricultura (2012). Los Pastos Naturales Altoandinos. Impulso Agrario. N° 24. 1- 4.
- Gibbon A. Silman M., Malhi Y., Fisher J., Meir P., Zimmermann M., Dargie G., Farfan W. & García K. (2010). Ecosystems Carbon Storage Across the Grassland-Forest Transition in the High Andes of Manu National Park, Peru. *Ecosystems* 13: 1097-1111
- Gifford, R., 2000. Carbon contents of above-ground tissues of forest and woodland trees. Canberra: Australian Greenhouse Office, National Carbon Accounting System, 2000, Technical Report No. 22, 17 p.
- Gobierno Regional de Junín. 2008. Plan Estratégico Concertado 2008 - 2015. Junín 146p
- González Y., Fernández Y. & Gutiérrez T, 2013. El Cambio Climático y sus efectos en la salud. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. La Habana, Cuba
- Hidalgo, P. 2009. Determinación de las reservas totales de carbono en un

sistema agroforestal de la selva alta de Tingo María”, Tesis PhD. Lima, Perú. UNFV. 174 p.

Huerta, Luis 2002 Formulación de Herramientas de gestión integral para el manejo sostenible de las praderas altoandinos, estudio de caso en la cabecera- cuenca Santa Sihuas- Ancash. Tesis Ing. Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Ibrahim M., Chancón M., Cuartas C., Naranjo J., Ponce G., Vega P., Casasola F. & Rojas J. (2007) Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Agroforestería en las Américas N°45. 27-34.

Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2016. Manejo y Conservación de Praderas Naturales en la Zona Altoandina. Recuperado de: <http://www.inia.gob.pe/capacitacion-a-distancia/cap-cursos-virtuales/160-capacitacion/cursos-2014/685-manejo-y-mejoramiento-de-pastizales-en-la-zona-altoandina>.

Instituto Nacional de Recursos Naturales, (1996). Mapa de Erosión de Suelos del Perú. 1996).

Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. (1990). Cambio Climático: Las evaluaciones del IPCC de 1990 y 1992. España.

Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC., 2003a. Definitions and methodological options to inventory emissions from direct human- induced degradation of forest and devegetation of other vegetation types. Penman,

J., Gytarsky, M., krug. T., D., Pippati, R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., y Wagner F., (eds) IPCC – IGES, Kanagawa.

Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC., 2003b. Good practice guidance for land use, land use change and forestry (GPG-LULUCF).

Penman, J., Gytarsky M., Krug T., Kruger D., Pippatti R., Buendia L., Miwa k., Ngara T., Tanabe k., Wagner F., IPCC –IGES Kanagawa [http://www.ipcc.nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf\\_contents.html](http://www.ipcc.nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_contents.html)

Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. 2018. Global Warming 1.5°C. Special Report, 53-57

Janzen, H. H. 2004. Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective. *Agric. Ecosys t. Environ.* 104: 399-417.

Kanninen, M. 2007. ¿Crecen los árboles sobre el dinero? En perspectivas forestales 4. CIFOR. Bogor, Indonesia. 61 p.

Karlen, D.L., E.G. Hurley, S.S. Andrews, C.A. Cambardella, D.W. Meek, M.D. Duffy, A.P. Mallarino. 2006. Crop rotation effects on soil quality at three northern corn/soybean belt locations. *Agron. J.* 98: 484–495.

Karsenty, A. 2008. Pagos por secuestro de carbono. En *Actualidad Forestal Tropical*. 17 (2), 25-27.

Lok S., Fraga S., Noda A. y García M., (2013). Almacenamiento de carbono en el suelo de tres sistema ganaderos tropicales en explotación con ganado vacuno. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 47, 75-82.

López, A. 1998. Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un

sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 50 p.

Malhi, S.S., R. Lemke. 2007. Tillage, crop residue and N fertilizer effects on crop yield, nutrient uptake, soil quality and nitrous oxide gas emissions in a second4-yr rotation cycle. Soil Till. Res. 96: 269–283.

Márquez, J. 2002. Distribución altitudinal de gramíneas de páramo como respuesta a las rutas metabólicas y los mecanismos de resistencia a las bajas temperaturas. Trabajo de grado para optar al título de Magister Scientiae. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, Postgrado en Ecología Tropical. Mérida.

Ministerio del Ambiente, (2015). Construyendo Participativamente la Contribución Nacional: Propuesta del Perú (iNDC) para consulta Pública. 48-50

MINAG (2005). Los pastos Naturales altoandinos. Recuperado de : <https://www.minagri.gob.pe/portal/40-sector-agrario/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-produccion/306-pastos-naturales?start=7>

Naciones Unidas, (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. 2-6 4771782 2780459

Panel Intergubernamental sobre cambio climático (IPCC). 1996. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook and Reference Manual Revised Version 1996. UNEP, WMO. Module 1, 4, 5.

- Panel Intergubernamental sobre cambio climático (IPCC). 2003. Guía de buenas prácticas del uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura (GBP UTCUTS). Métodos complementarios y orientación sobre las buenas prácticas que emanan del protocolo de kyoto. Capítulo 4. 132 p. 26may2010: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpoglulucf/gpoglulucf-languages.html>.
- Panel Intergubernamental sobre cambio climático (IPCC). 2007. Cambio climático. 30may2010: [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)
- Panel Intergubernamental sobre cambio climático (IPCC). 2014. Cambio Climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas. Recuperado de <http://www.ipcc.ch/>
- Petteri, S. 2002. Secuestro de carbono a través de plantaciones de eucalipto en el trópico húmedo. Foresta Veracruzana 4(2): 51 – 58.
- Pinto P., Zaira J. & Aguilar M. (2016). Manejo y conservación de Pasturas Naturales y Cultivos Temporales. Prácticas de Adaptación al cambio climático. Arequipa, 81 pp.
- Porlles M. (2011). Flujo y Stock de Carbono de Suelos en Tres tipos de Bosque de la Amazonía Peruana. Jenaro Herrera-Loreto. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Quispe C., Quispe F., Yaranga R., (2015). Almacenamiento de carbono en pastos naturales de la Subcuenca del Canipaco, Huancayo. 05(02)

- Quispe R. (2017). Almacenamiento de carbono en pastizales naturales con y sin práctica de restauración del paraje como cargo – Jauja, Huancayo.
- Rivera I. (2013). Evaluación de praderas del Proyecto Conservación de Praderas. Ministerio del Ambiente. 5-114.
- Rosas, M. A., (2016). Cuantificación de la Erosión hídrica en el Perú y los costos Ambientales asociados. (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima
- Rugnitz, M., Chacón, L., y Porro, R., (2009) Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Lima, Perú: Centro Mundial Agroforestal (ICRAF)/ Consorcio Iniciativa Amazónica (IA). 92p.
- Salazar E., Fernández K. & Cuellar J. (2016). Almacenamiento de Carbono en los Diferentes Sistemas de Uso de la tierra del Bosque Amazónico. Instituto Nacional de Innovación Agraria. 63-103
- Soares, P. y Oliveira, R. 2002. Equações para estimar a quantidade de carbono una parte aérea de árvores de eucalipto em viçosa, Minas Gerais. *Árvore* 26(5): 533-539.
- Useros, J. (2013). El Cambio Climático: sus causas y sus efectos medioambientales. *Anales de la Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid*. 50, 71-77.
- Vargas, G., (1992). Estudio del uso actual y capacidad de uso de la tierra en América Central. Anuario de Estudios Centroamericanos, Universidad de Costa Rica, 18(2):7-23.

- Ventura, O., (2003). Valoración económica de los bienes y servicios ambientales de las praderas altoandinas en el Perú – Políticas para el manejo sostenible.
- West, T.A.y, W.M. Pos t. 2002. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: A global data analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 1930-1946.
- White, H., & S. Sabarwal (2014). Diseño y métodos cuasiexperimentales, Síntesis metodológicas: evaluación de impacto n.º 8, Centro de Investigaciones de UNICEF, Florencia.
- Yaranga R. y Custodio M. (2013). Almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos. *Scientia Agropecuaria*, 4. 313-319.
- Zanabria R. & Cuellar J. (2016). Almacenamiento de Carbono en los Diferentes Sistemas de Uso de la tierra del Bosque Andino. Instituto Nacional de Innovación Agraria.105-140.
- Zegarra R., (1999) Inventario de Recursos Naturales y Optimización de Estrategias para el Mejoramiento de Praderas Nativas en el Fundo San Lorenzo Ancash. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Zelaya N., López A. & Cuéllar J. (2016). Almacenamiento de Carbono en los Diferentes Sistemas de Uso de la tierra del Bosque Costero. Instituto Nacional de Innovación Agraria.145-173
- Zúñiga O., Uribe A., Torres A., Cuero R. & Peña J. (2013). Assessment of the impact of anthropic activities on carbon storage in soils of high montane



ecosystems in Colombia. *Agronomía Colombiana*, Volumen 31.

## X. ABREVIATURAS

CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono.

COS: Carbono Orgánico del Suelo.

tC ha<sup>-1</sup>: Toneladas de Carbono por hectárea.

C: Carbono.

Has: Hectáreas.

GEI: Gases de Efecto Invernadero.

Pg : Petagramo de carbono = 1 PgC = 10<sup>15</sup> la 15 gramos de carbono = 1 gigatonelada de carbono = 1 GtC. Esto corresponde a 3,667 GtCO<sub>2</sub>.

MOS = Materia Orgánica del Suelo.

Gt: Gigatonelada.

Gt/año: Gigatonelada por año.

SUT: Sistema de Uso de Tierra.

ANOVA: Análisis de la variable.

CO<sub>2</sub>EQ: Equivalente de Dióxido de Carbono.

MTCO<sub>2</sub>EQ: Mega toneladas de Equivalente de Dióxido de Carbono.

## Anexo 1

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9091.99	2	4545.99	8.92	0.0013
datos	9091.99	2	4545.99	8.92	0.0013
Error	12236.44	24	509.85		
Total	21328.43	26			

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 509.8517 gl: 24

datos	Medias	n	E.E.
1	65.28	9	7.53 A
2	84.18	9	7.53 A
3	110.05	9	7.53 B

## Anexo 2

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Biomasa área total	27	0.13	0.06	12.66

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.50	2	0.75	1.77	0.1917
datos	1.50	2	0.75	1.77	0.1917
Error	10.18	24	0.42		
Total	11.68	26			

## Anexo 3

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
cbs	27	0.41	0.36	28.09

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8673.70	2	4336.85	8.18	0.0020
datos	8673.70	2	4336.85	8.18	0.0020
Error	12721.89	24	530.08		
Total	21395.59	26			

## Anexo 4

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
suelo	27	0.42	0.37	28.95

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8971.03	2	4485.51	8.56	0.0016
datos	8971.03	2	4485.51	8.56	0.0016
Error	12577.35	24	524.06		
Total	21548.37	26			

## Anexo 5

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
raices1	45	0.11	0.07	49.83

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6.59	2	3.29	2.57	0.0882
estratos	6.59	2	3.29	2.57	0.0882
Error	53.74	42	1.28		
Total	60.33	44			