

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA



Acumulación de biomasa como sumidero de carbono del bofedal
de Piticocha 2 Nor Yauyos Cochas, Lima

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORA

Maily Lida Córdova Córdor

ASESORES

Wilfredo Mendoza Caballero

Eduardo Josué Oyague Passuni

Tarma, Perú

2022

METADATOS COMPLEMENTARIOS**Datos de los Autores****Autor 1**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Autor 2

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Autor 3

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Autor 4

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Datos de los Asesores**Asesor 1**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (Obligatorio)	

Asesor 2

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (Obligatorio)	

Datos del Jurado

Presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos de la Obra

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

***Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesauro).**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 030 - 2022/UCSS/FIA/DI

Siendo las 10:00 a. m. del día 22 de abril de 2022 - Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis, integrado por:

- | | |
|---------------------------------|-----------------|
| 1. José Luis Rodríguez Núñez | presidente |
| 2. Mario Antonio Anaya Raymundo | primer Miembro |
| 3. José Víctor Ruiz Ccance | segundo Miembro |
| 4. Wilfredo Mendoza Caballero | asesor |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada **Acumulación de biomasa como sumidero de carbono del bofedal de Piticocha 2 Nor Yauyos Cochabamba, Lima** que presenta la bachiller en Ciencias Ambientales, **Maily Lida Córdova Córdor** cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado acuerda:

APROBAR

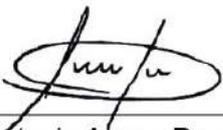
DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **MUY BUENA** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare EXPEDITA para conferirle el TÍTULO de INGENIERO AMBIENTAL.

Lima, 22 de abril de 2022.



José Luis Rodríguez Núñez
PRESIDENTE



Mario Antonio Anaya Raymundo
1° MIEMBRO



José Víctor Ruiz Ccance
2° MIEMBRO



Wilfredo Mendoza Caballero
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por derramar sus bendiciones sobre mí y llenarme de fuerza para vencer cada obstáculo de mi vida.

A mis amados padres Albino Córdova Vera y Celia Córdor Castro por ser los pilares fundamentales de mi vida, porque siempre me regalaron su amor, paciencia y apoyo incondicional a largo de mi estudio universitario.

A mis hermanos Betty, Inés, Víctor, Jhon y Roy por el cariño y preocupación que siempre me han demostrado; además, por enseñarme que todo lo que uno se propone lo obtiene a través de esfuerzo, dedicación y perseverancia.

AGRADECIMIENTO

A la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas por permitir el desarrollo de la investigación, en el marco del proyecto de investigación “Evaluación de la hidrología y la dinámica de carbono en turberas de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas” aprobado por Resolución Jefatural N° 002 – 2018 – SERNANP – JEF.

A la Organización no Gubernamental [ONG] CORBIDI, SERNANP dentro de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, Patronato de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas por su apoyo para la realización de la presente investigación.

A la Universidad Católica Sedes Sapientiae, por su apoyo para la realización del presente estudio científico.

Al Mg. Wilfredo Mendoza y Mg. Eduardo Oyague, por la valiosa asesoría y el compartir de conocimientos. Sobre todo, por la paciencia durante la redacción de la Tesis. Así mismo, al Ing. Mirton Crisólogo, por el apoyo en la elaboración del mapa del área del estudio.

A la profesora Victoria Larco y Norma Quinteros, por la oportunidad de pertenecer al grupo de tesis en el convenio entre la Universidad Católica Sedes Sapientiae [UCSS] y CORBIDI, el Patronato de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas y a la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas – SERNANP.

A Bertha Muñoz, por el compañerismo y trabajo en equipo durante toda la ejecución del trabajo de campo y las investigaciones en el laboratorio.

A mi familia, el agradecimiento profundo de toda una vida, por el sacrificio y el esfuerzo constante. Este peddño científico, es el objetivo logrado de la mano del seno familiar.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Índice General	vii
Índice de Tablas	viii
Índice de Figuras	ix
Índice de Apéndices	xi
Resumen	xii
Abstract	xiii
Introducción	1
Objetivos	3
Capítulo I: MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Bases teóricas especializadas	9
Capítulo II: MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
2.1. Diseño de la investigación.....	17
2.2. Lugar y fecha.....	17
2.3. Población y muestra	18
2.4. Descripción de la investigación.....	19
2.5. Identificación de variables y mensuración	27
2.6. Análisis estadístico de datos.....	29
2.7. Materiales	29
Capítulo III: RESULTADOS	30
Capítulo IV: DISCUSIONES	46
Capítulo V: CONCLUSIONES.....	50
Capítulo VI: RECOMENDACIONES	51
Referencias	52
Terminología	58
Apéndices	60

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Medidas de subparcela a extraer en cada punto de muestreo	21
Tabla 2. Fechas de Evaluación de biomasa en campo.....	25
Tabla 3. Matriz de Variables.....	28
Tabla 4. Materiales y equipos de campo.....	29
Tabla 5. Especies vegetales hallada en cada punto de muestreo.....	30
Tabla 6. Biomasa terrestre por centimetro de profundidad y para cada punto de evaluación.....	34
Tabla 7. Ecuación Lineal por punto de Muestreo.....	35
Tabla 8. Grado de significancia de medias de biomasa por centimetro de profundidad y para cada punto de evaluación.....	35
Tabla 9. Biomasa aérea por parcela y periodo de evaluación	36
Tabla 10. Grado de significancia de medias de biomasa aerea por parcela y periodo de evaluación.....	37
Tabla 11. Biomasa descompuesta por punto de muestreo y profundidad – bofedal Piticocha 2	38
Tabla 12. Eficiencia Neta del ecosistema Punto 1 – bofedal Piticocha 2.....	39
Tabla 13. Eficiencia Neta del ecosistema Punto 2 – bofedal Piticocha 2.....	40
Tabla 14. Eficiencia Neta del ecosistema Punto 3 – bofedal Piticocha 2.....	41
Tabla 15. Eficiencia Neta del ecosistema Punto 4 – bofedal Piticocha 2.....	42
Tabla 16. Eficiencia Neta del ecosistema Punto 5 – bofedal Piticocha 2.....	43
Tabla 17. Eficiencia Neta del ecosistema – bofedal Piticocha 2	45
Tabla 18. Coordenadas de puntos de muestreo	60

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Bofedal de origen natural - Piticocha 2.....	12
Figura 2. Bofedal sector Piticocha 2	13
Figura 3. Bofedal con permanente recurso hídrico – Piticocha 2.....	13
Figura 4. Bofedal pluviiforme dominada por la especie de <i>Distichia muscoides</i>	14
Figura 5. Mapa de Área de Estudio.	18
Figura 6. Mapa de Estudio: Puntos de Muestreo.....	19
Figura 7. Muestra extraída de las parcelas de 20 x 20 cm.....	22
Figura 8. Subparcelas de muestra extraída de las parcelas de 20 x 20 cm.	22
Figura 9. Instalación de los alambres para el monitoreo de crecimiento vegetal.....	23
Figura 10. Muestra de una comunidad vegetal “x”, los 4 CORES (T1, T2, T3 y T4). .	24
Figura 11. Secado de Muestras – Laboratorio UCSS Huacho	24
Figura 12. Instalación de muestras de turba en bolsas de maya nylon.	25
Figura 13. Pesaje de biomasa y toma de datos.	26
Figura 14. Evaluación del punto 1.....	31
Figura 15. Evaluación del punto 2.....	31
Figura 16. Evaluación del punto 3.....	32
Figura 17. Evaluación del punto 4.....	32
Figura 18. Evaluación del punto 5.....	33
Figura 19. Regresión lineal – bofedal Piticocha 2.....	36
Figura 20. Peso de biomasa aérea evaluada en cada punto de muestreo.....	37
Figura 21. Eficiencia Neta de Ecosistema Punto 1 – bofedal Piticocha 2.....	40
Figura 22. Eficiencia Neta del ecosistema Punto 2 – bofedal Piticocha 2	41
Figura 23. Eficiencia Neta del ecosistema Punto 3 – bofedal Piticocha 2	42
Figura 24. Eficiencia Neta del ecosistema Punto 4 – bofedal Piticocha 2	43
Figura 25. Eficiencia Neta del ecosistema Punto 5 – bofedal Piticocha 2	44
Figura 26. Eficiencia Neta del ecosistema – bofedal Piticocha 2.....	45
Figura 27. Reconocimiento del área de estudio Piticocha 2.....	60
Figura 28. Extracción de muestra terrestre.....	61
Figura 29. Extracción de muestra por box core.....	61
Figura 30. Reinstalación de muestra extraída por el box core.....	62
Figura 31. Instalación de alambre.....	62
Figura 32. Monitoreo de cobertura vegetal	63

Figura 33. Extracción de muestras reinstaladas, en 5 tiempos	63
Figura 34. Traslado de muestras con su respectivo rotulo	64
Figura 35. Elaboración de Bolsitas	64
Figura 36. Secado de muestras	65
Figura 37. Pesaje de muestras.....	65
Figura 38. Pastoreo de Camélidos	66

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1: Puntos de muestreo	59
Apéndice 2: Representación fotográfica de la investigación fase preliminar	60
Apéndice 3: Representación fotográfica de la investigación fase de campo.....	60
Apéndice 4: Representación fotográfica de la fase de gabinete	63
Apéndice 5: Representación fotográfica de Pastoreo en el área de Investigación	65

RESUMEN

Los bofedales desempeñan un papel importante en el planeta, ya que proporcionan una serie de servicios a la humanidad, tales como, el almacenamiento de carbono, la regulación hídrica, entre otros. En los bofedales, el almacenamiento de carbono se debe al resultado de la baja tasa de descomposición, principalmente porque se encuentran inundados y con bajas temperaturas por la altitud donde se encuentran, estos factores favorecen el incremento de biomasa. La finalidad del presente trabajo de investigación fue estimar la acumulación de biomasa en el bofedal del sector Piticocha 2, ubicado dentro de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, para determinar la Eficiencia Neta del Ecosistema. Evaluándose para el presente estudio cinco puntos de muestreo en forma aleatoria, desde diciembre del 2017 hasta junio del 2018, abarcando la época húmeda y época seca. La toma de muestra se realizó mediante un muestreador box core (barreno) de 7,5 cm de diámetro hasta 100 cm de profundidad, extrayendo la biomasa bajo suelo. Para determinar el crecimiento de las plantas se colocaron alambres en los puntos de evaluación. Los datos fueron registrados en una hoja de cálculo Microsoft Excel que permitió comparar los datos estadísticos que se desarrollaron en los 5 puntos de muestreo e ilustrar los datos mediante los análisis descriptivos. Como resultado la Eficiencia Neta del Ecosistema basada en biomasa acumulada y la descomposición, registró valores negativos para ambas épocas siendo $-3,84 \text{ g/cm} \pm 1,56 \text{ g/cm}$. Por lo tanto, el bofedal Piticocha 2 perdió la capacidad de almacenar CO_2 de la atmosfera en forma de biomasa, esto se deba probablemente al sobrepastoreo que ha sido sometido en los últimos años este bofedal.

Palabras claves: *bofedal, Distichia muscoides, productividad primaria, Eficiencia Neta.*

ABSTRACT

The bofedales play an important role in the planet, since they provide a series of services to humanity, such as carbon storage and water regulation. In wetlands, carbon storage is due to the low decomposition rate, mainly because they are flooded and with low temperatures due to the altitude where they are, these factors favor the increase in biomass. The purpose of this research work was to estimate the accumulation of biomass in the Piticocha 2 sector bog, located within the Nor Yauyos Cochas Landscape Reserve, to determine the Net Efficiency of the Ecosystem. Evaluating for this study five sampling points randomly, from December 2017 to June 2018, covering the wet season and dry season. The sampling was done with a box core sampler (auger) of 7,5 cm in diameter and 100 cm deep, extracting the biomass under the ground. For determine the growth of the plants wires were placed at the evaluation points. The data was recorded in a Microsoft Excel spreadsheet that allowed comparing the statistical data that was developed at the 5 sampling points and illustrating the data using descriptive analyzes. As a result, the Net Efficiency of the Ecosystem based on accumulated biomass and decomposition, registered negative values for both seasons being $-3,84 \text{ g/cm} + 1,56 \text{ g/cm}$. Therefore, the Piticocha 2 wetland lost the ability to store CO_2 from the atmosphere in the form of biomass, this is probably due to the overgrazing that this wetland has undergone in recent years.

Keywords: *bofedal, Distichia muscoides, primary productivity, net efficiency.*

INTRODUCCIÓN

El calentamiento global es el aumento gradual de la temperatura del ambiente, a causa de la mayor concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera (como el metano, el óxido nitroso, el dióxido de carbono, hidrofluorocarbonos, entre otros), además, según Zanabria y Cuellar (2015), estos gases incrementan en su concentración en la atmósfera.

Para hacer frente a este problema, crearon acuerdos o mecanismos internacionales como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático [CMNUCC] y el Protocolo de Kyoto. Ambas convenciones proponen reducir las concentraciones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), de manera que estos no generen trastornos climáticos en el planeta, como lo afirma Villanueva (2011).

El Perú, es uno de los países más afectados, a pesar de solo generar el 0,2 % del total de las emisiones a nivel mundial. Esto debido a que las alteraciones climáticas no solo tienen afectación regional sino que abarcan a nivel global. El enfoque de adaptación basado en ecosistemas, integra a la biodiversidad y a los servicios que brinda los ecosistemas, como una gran estrategia que permite la adaptación de las especies frente a los impactos negativos provocado por el cambio climático. Los humedales y la vegetación asociada deben ser manejados sosteniblemente para almacenar la biomasa en el bofedal; según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN] (2012) se regula los servicios ambientales con la integración de conocimientos tradicionales o local y científico para la toma de decisiones.

Los humedales son uno de los ecosistemas más importantes del planeta, debido a que cumplen la función como sumideros de carbono (C), almacenando más del 10 % del carbono global, ocupando menos del 3 % del área total de las biomasas en el mundo, según informa el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC] (2001a).

Referente a captura de carbono que es transformado en biomasa por el bofedal para el área de estudio del sector Piticocha 2, no se ha realizado ningún estudio; sin embargo, esta información es importante para conocer la función que cumple este ecosistema como sumidero, además estos resultados permitirán conocer la dinámica del carbono en este bofedal.

El presente trabajo de investigación se realizó con el propósito principal de estimar la Eficiencia Neta del Ecosistema, para conocer si el bofedal de Piticocha 2, está cumpliendo la función de sumidero de carbono en forma de biomasa.

OBJETIVOS

Objetivo general

Estimar la Eficiencia Neta del Ecosistema basada en la acumulación de biomasa menos la tasa de descomposición en el bofedal sector Piticocha 2, dentro de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabamba.

Objetivos específicos

- Conocer la composición de especies vegetales en los puntos de evaluación del bofedal sector Piticocha 2.
- Estimar la productividad primaria bruta de bofedal del sector Piticocha 2.
- Determinar la cantidad de materia orgánica almacenada en el suelo del bofedal en estudio.

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

a) En el ámbito nacional

Muñoz (2020) en su estudio de investigación, tuvo como objetivo general evaluar la eficiencia neta mediante la acumulación de carbono, en base a la biomasa en el bofedal sector Huachipampa de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabamba. La metodología empleada consistió en ubicar 5 puntos de muestreo, para determinar la productividad primaria (con pesos de biomasa terrestre y el crecimiento vegetal) y hallar la descomposición de la turba (con Cores). La eficiencia neta del bofedal fue determinada mediante la diferencia entre los valores de acumulación de biomasa y la descomposición. En consecuencia, los valores indican que durante los meses evaluados que representan a la época de lluvias y época seca, en los puntos P-1, P-3, P-4 y P-5 tuvo un valor alto y positivo, lo que significa que durante estas épocas el bofedal acumuló más biomasa de la que descompone; mientras que en el P-2 tuvo un valor bajo, ya que el área se encontraba degradado.

Alvis (2018) estudió el almacenamiento de carbono en los humedales altoandinos en Caylloma - Arequipa; tuvo como objetivo principal estimar el contenido de carbono almacenado en bofedales ubicados a 4300 m s.n.m. Para definir los puntos de muestreo utilizó una imagen satelital Landsat 8, muestreando 30 puntos en forma aleatoria; la toma de muestra lo realizó con un equipo tipo core de 5,5 x 30 cm de diámetro y profundidad respectivamente; las muestras que corresponde a la biomasa aérea, biomasa terrestre y biomasa bajo suelo fueron secadas en el laboratorio, en una estufa a una temperatura de 65 °C por 24 horas; posteriormente estimó el carbono orgánico almacenado en cada estrato en el laboratorio mediante un proceso químico; finalmente utilizó el software SPSS de prueba, y ANOVA respaldada por una prueba de Duncan. Entre los resultados indican que el carbono total para 882,54 ha, fue 795 415,65 tCO₂. Por lo tanto, el contenido de carbono

orgánico para la biomasa aérea es 49,11 % siendo la que más carbono fijó, biomasa bajo suelo 42,53 % y el suelo mineral 1,99 %; sin embargo, el contenido de carbono almacenado entre reservorios varió significativamente ($p < 0,05$): Concluyendo que el suelo obtuvo 218,28 tC/ha, representando el 90 %, la biomasa bajo suelo obtuvo 19,72 tC/ha, representando el 8 %, y la biomasa aérea almacenó 4,77 tC/ha, representando apenas el 2 %.

León (2016) estudió la reserva de carbono en bofedales y su relación con la florística y condición del pastizal. La finalidad del estudio fue establecer la condición del bofedal, estimar la composición florística, determinar la cantidad de carbono, asimismo, la calidad de materia orgánica almacenada. Durante la época seca y época húmeda evaluó 9 bofedales localizadas en la región de Ancash, Arequipa, Huancavelica y Puno que se encuentran a más de 3800 m de altitud; las muestras fueron tomadas en áreas representativas de los bofedales, de diferentes condiciones ecológicas, y de manera sistemática mediante transectos lineales; las condiciones de pastoreo y composición florística fueron evaluadas mediante el método de Parker; para la evaluación de la condición de un pastizal, se usó este método (modificado) que presenta cuatro indicadores: porcentaje de especies deseables, porcentaje del índice forrajero, porcentaje de cobertura vegetal y porcentaje del índice de vigor de plantas claves. Para estimar el porcentaje de la materia orgánica utilizó el método de Walkey y Black, mientras que la calidad de la cobertura vegetal fue evaluada a través de la metodología de Kononova, que comprende la proporción de sustancias húmicas (ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, y huminas). En consecuencia, la mayor parte de los bofedales evaluados evidencian una buena y regular condición de pastizal, registrando mayor cantidad de plantas deseables y poco deseables para el pastoreo, tales como: *Distichia muscoides*, *Plantago tubulosa*, *Alchemilla diplophylla* y *Werneria pygmaea* y para los bofedales de condición pobre para el pastoreo predomina *Oxychloe andina*, *Aciachne acicularis* y *Plantago rigida*. Concluyendo que la cantidad de carbono almacenado en bofedales de mejor condición fue mínima, y de buena calidad en materia orgánica. Esto puede estar relacionado al mayor consumo de las plantas deseables por los herbívoros lo cual ocasiona el lento retorno de carbono al suelo promoviendo la incorporación del nitrógeno soluble lo cual mejora la relación C/N de la materia orgánica.

Maldonado (2014) en su artículo Introducción a los bofedales de la región altoandina peruana; ofrece una revisión exhaustiva de la información disponible sobre aspectos biológicos (flora y fauna), físicos (agua, turba, carbono) y socioculturales (importancia para las personas, manejo tradicional) en bofedal. Presenta el concepto de bofedal, la identificación de comunidades vegetales típicas y explica la condición en la que se encuentra los bofedales en el Perú, en un área natural protegida y en un sitio Ramsar; asimismo, reconoce las principales amenazas para el ecosistema, como el sobrepastoreo, extracción de turba, entre otros. Este estudio sustenta con los trabajos realizados en varios bofedales del territorio peruano. Por lo tanto, en el Perú, el término bofedal es definida como vegetación de humedales altoandino que puede estar formada por turba. La especie dominante en su composición suele ser *Distichia muscoides* Nees & Meyen, especie importante para el forrajeo de especies silvestres y domésticos como la vicuña, alpaca, llama, oveja, vaca, principalmente. En la legislación peruana los bofedales son considerados ecosistemas frágiles, porque de ellos depende la existencia de diferentes especies tanto en la flora y fauna. El problema del sobrepastoreo y la extracción de turba es la principal amenaza para varios autores, ya que genera un impacto negativo en corto periodo de tiempo. El autor concluyó que es necesario establecer medidas y/o protocolos apropiados para la gestión y recuperación de bofedales a nivel nacional.

Yaranga y Custodio (2013) estudiaron el almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos, con el objetivo de determinar la capacidad de almacenamiento de carbono en especies de pastos naturales altoandinos, entre los meses de enero de 2012 y marzo de 2013. Fijaron dos zonas de muestreo que se ubican entre los 3845 y 3870 m s.n.m., en el paraje Pumahuasi y Vista Alegre localizados en Huasicancha y Chicche de la provincia de Huancayo. La metodología consistió en la recolección de 10 plantas completas de manera aleatoria y por un periodo de dos meses (abril y mayo), considerando el máximo crecimiento de las plantas; en la etapa de gabinete las muestras fueron lavadas y secadas a temperatura de ambiente durante quince días, completándose el secado en horno a 60 °C durante 48 horas; el porcentaje de materia seca lo determinaron mediante la diferencia de los pesos iniciales y pesos finales de las muestras secadas; mientras que el porcentaje de carbono fue determinado mediante el método de Walkley y Black; asimismo, calcularon la correlación y la regresión lineal de los datos obtenidos. Entre el peso de biomasa aérea y el peso de biomasa radicular los resultados de correlación fueron altamente significativos $r = 0,9856$ y

b = 3,4507. El peso de biomasa aérea y el peso de biomasa radicular oscilo entre 30,20 % y 27,93 % respectivamente. Concluyeron que el carbono almacenado expresado en porcentaje varió según el lugar de origen y parte de la planta.

Medrano *et al.* (2012) estudiaron el almacenamiento de carbono en especies predominantes de flora en el Lago Chinchaycocha. Plantearon como objetivo principal determinar la cantidad de Carbono que almacenan las especies predominantes en tres ecosistemas: bofedal, pajonal y totoral. El enfoque de la investigación fue cualitativo y cuantitativo con un alcance exploratorio y comparativo. El estudio inicio con la identificación de las áreas mediante imágenes satelitales Landsat. Para abarcar el área total de la población usaron el método Clúster, la distribución de parcelas puntuales fue 20 en pajonales, 15 en bofedales, 31 en totorales. Seguido recolectaron muestras para conocer la cantidad de carbono que almacena las especies, tomaron en cuenta 3 especies de flora en el bofedal, 1 en el pajonal y 2 en el totoral; a estas muestras de cada especie en estudio le extrajeron la biomasa aérea y biomasa radicular, asimismo extrajeron muestras de suelo hasta 20 cm de profundidad. Los resultados reportaron: 774,76 tC/ha para el pajonal y 684,58 tC/ha para el bofedal. Concluyeron que en el lago Chinchaycocha el totoral captura mayor cantidad de carbono, seguido por el pajonal y en mínima proporción por el bofedal. Para este ecosistema (el lago) consideran como el mayor sumidero de carbono al suelo, ocupado por toda el área del totoral.

Flores *et al.* (2005) estudiaron la diversidad florística asociada a las lagunas andinas Pomacocha y Hascocha, Junín, Perú. El objetivo fue conocer la riqueza florística de la vegetación que circundan en las lagunas Pomacocha y Habascocha ubicadas entre los 4350 a 4550 m de altitud de la provincia de Concepción. Las muestras fueron recolectadas en los meses de marzo y abril de los años 1997 y 2004, y durante abril y junio de los años 2000 y 2001, de manera aleatoria, empleando la técnica convencional. La determinación de los géneros y las especies fue utilizando la literatura y descripciones publicadas en libros, revistas botánicas o con la ayuda de especialistas. Los resultados muestran que la flora que circundan en las lagunas Pomacocha y Habascocha, está compuesta por 29 familias, 64 géneros y 100 especies; donde Poaceae fue la familia con mayor porcentaje de especies (25 %), seguida por Asteraceae (24 %) y Gentianaceae (6 %).

b) En el ámbito internacional

Cooper *et al.* (2015) estudiaron el Crecimiento y producción de carbono orgánico en las turberas dominadas por *Distichia muscoides*, Bolivia, América del Sur. Evaluaron 4 bofedales de los Andes tropicales de Bolivia (en la Cordillera Real y la Cordillera Occidental), cuyo objetivo fue medir el crecimiento y producción de carbono orgánico en las turberas dominadas por *Distichia muscoides*. En octubre de 2012 iniciaron el estudio, utilizando el sistema de alambres para medir el crecimiento de la planta y finalizaron el estudio en marzo de 2014; como parte del muestreo recolectaron núcleos de los bloques de cojines de *Distichia* de 30 × 30 cm de área superficial y aproximadamente 30 cm de profundidad sin alterar su densidad o volumen para así determinar la biomasa y la tasa de producción de carbono orgánico; las muestras fueron secadas en horno a 105 °C durante 24 horas, posteriormente pesados y quemado en un horno de mufla a 550 °C durante 7 horas. Los resultados indican que el crecimiento de las plantas fue de 0,96 a 5,37 cm/año, señalando el rápido crecimiento principalmente durante la época húmeda. El promedio de producción neta de carbono orgánico para los 4 bofedales osciló entre 1,5 a 4,0 kg/m²/año, estos valores de acumulación de turba fueron reportados para ecosistemas de altas elevaciones.

Meneses *et al.* (2015) en su artículo bofedales altoandinos, evaluaron 11 bofedales en el Valle de La Paz - Bolivia, pertenecientes a tres cuencas hidrográficas: Hampaturi, Kaluyo y Murillo. El objetivo fue documentar la diversidad de flora presente en los bofedales. La evaluación de cobertura vegetal, ayudo a identificar la variedad de especies que habita en los bofedales, así como la abundancia y rareza de estas. Para la evaluación emplearon el método de Puntos y Áreas Flexibles (PAF), diseñado específicamente para el estudio de vegetación de alta montaña. Esta metodología combina dos métodos clásicos (intercepción de puntos y cuadrantes) para abarcar la mayor cantidad de especies, incluso las más raras. En la investigación la instalación fue de 2 a 3 PAFs en cada bofedal, tenían un área de 20 x 2 m². Con los resultados obtenidos en las evaluaciones PAF cuantificaron la riqueza total de las plantas, el índice de diversidad Shannon – Wiener y el índice de Equitatividad de Shannon. Concluyeron que los bofedales altoandinos del valle de La Paz están conformados por las especies de *Distichia muscoides*, seguido de *Oxychloe andina*, especies que contribuyen a la regulación hídrica, protegen el suelo de la erosión y absorben CO₂; así mismo son considerados como fuente de alimento altamente paletables.

MacClellan (2011) evaluó el contenido de carbono en suelos de humedales de marea de Oregon, cuyo fin fue cuantificar la materia orgánica almacenada en los primeros 30 cm de suelo en diferentes sitios de humedales de mareas a lo largo de la costa de Oregon en los Estados Unidos de América. La fecha de evaluación varió de julio a enero según la ubicación. El método empleado fue el de recolección de muestras, aplicado en dos sitios que pasaron a ser zona de producción agrícola, cinco sitios restaurados hidrológicamente y diez sitios de menor perturbación. Las muestras fueron colectadas por transectos cada 100 m, siendo colocadas en una bolsa de plástico para su refrigeración a 2 °C y posterior procesamiento en el laboratorio. El análisis de laboratorio inicio con el secado de muestras, homogeneización y la extracción de submuestra para su análisis; antes de la homogeneización de las muestras, procedió con la eliminación de raíces. Evaluó la conductividad eléctrica, el pH y el porcentaje de materia orgánica en dos grupos de humedales, utilizando la prueba *t* Students y la prueba *t* Welchs, el primero para comparar los grupos y el segundo para evaluar el porcentaje de materia orgánica. El análisis estadístico, fue analizado a un 95 % de nivel de confianza. La concentración promedio de carbono orgánico en suelos de sitios fue de 15,7 %, comparado con el 12,05 % en los sitios perturbados (sitios restaurados y sin restaurar combinados), con una diferencia significativa de $3,7 \% \pm 3,2 \%$. Así mismo, encontró una diferencia significativa entre el porcentaje de carbono del suelo en sitios similares en comparación con los sitios no restaurados (15,71 % y 9,43 %, respectivamente). Los resultados indicaron que la restauración hidrológica de las mareas en sitios previamente drenados puede incrementar el almacenamiento de carbono en el suelo y las funciones ecológicas asociadas.

1.2. Bases teóricas especializadas

1.2.1. Carbono

El carbono, según Gardi *et al.* (2014) es el cuarto elemento más abundante del universo y se encuentra en las moléculas orgánicas, como en la composición del suelo. Sus características químicas le atribuyen una gran capacidad para la construcción de moléculas que forman los componentes básicos de los seres vivos, tal como refieren (Valdés *et al.*, 2011).

1.2.2. Ciclo del carbono

El ciclo del Carbono es un proceso biogeoquímico en todo ecosistema, donde el carbono interactúa con la atmósfera, hidrosfera, litosfera y la biosfera. El carbono se encuentra depositado en la atmósfera en forma de CO_2 , en la hidrosfera en forma de H_2CO_3 y en la litosfera como combustibles orgánicos fósiles; este ciclo inicia en el proceso de fotosíntesis cuando las plantas o algas toman el dióxido de carbono que es liberado mediante la respiración, descomposición de los seres vivos, erupciones volcánicas, las industrias, entre otros (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1996).

1.2.3. Captura de carbono

Proceso mediante el cual se capta y almacena o se absorben el dióxido de carbono en las plantas durante la fotosíntesis y el que es retornada o liberada hacia la misma como oxígeno. El tiempo de almacenaje del carbono en forma de biomasa no varía hasta el momento de su descomposición, según afirma Palomino (2007).

1.2.4. Acumulación neta de carbono

Es la cantidad de carbono asimilado para todo tipo de ecosistema. Para determinar la acumulación neta de carbono en el suelo se estima la productividad primaria y la descomposición de materia orgánica. En el caso de los humedales este balance puede determinar si un humedal funciona como sumidero de carbono o fuente de cualquier gas de efecto invernadero, como lo sustenta Hernández (2010).

1.2.5. Producción primaria neta

Es el total de la materia orgánica nueva producida en un espacio específico, es decir es la biomasa que la planta designa a su producción de estructuras. Así mismo la producción primaria neta se puede definir como todo el carbono asimilado durante la fotosíntesis menos los gastos de la respiración total de un ecosistema. Además, según Salas e Infante (2006, p.

69), “la producción primaria neta representa la mayor entrada de carbono y energía en los ecosistemas”.

1.2.6. Descomposición de biomasa

Es un proceso de descomposición primario y secundario. La descomposición primaria se lleva a cabo en la capa superior aeróbica de un ecosistema donde el material vegetal cae al morir. La descomposición secundaria ocurre cuando el entorno se vuelve más seco, a causa del cambio de clima; por lo tanto, para Roa y Brown (2016, p. 44), la descomposición se “interrumpe cuando el material se incorpora en la capa anaeróbica saturada de agua”.

1.2.7. Bofedal

Los bofedales son formaciones vegetales de origen natural y artificial, que es caracterizado por tener un suelo orgánico con una alta saturación hídrica durante todo el año, donde existe una gran diversidad de especies cespitosas, las que sirven de forraje principalmente para camélidos andinos como: la vicuña, el guanaco, la llama, la alpaca, entre otros (Alegría y Lillo, 2002).

Los bofedales son ecosistemas naturales de la región Altoandina y de la Puna, se ubican por encima de los 2600 m de altitud hasta más de 5000 m; estos se componen principalmente de hierbas denominadas graminoides, similares a los pastos o gramíneas, pertenecientes a tres familias dominantes: Poaceae, Juncaceae, y Cyperaceae; y acompañan una gran diversidad de hierbas dicotiledóneas según (Gonnet *et al.*, 2016).

Asimismo, estos humedales se encuentran sobre suelos hidromorfos y poco drenados, generalmente son zonas planas y saturadas de humedad, algunas veces pueden encontrarse en los alrededores de pequeñas lagunas, pantanos o en acuíferos subterráneos (Villares, 2012).

Estos ecosistemas son de alto valor biológico e hidrológico que funcionan como un regulador hídrico para captar agua principalmente en la época de lluvia, la que es liberado en la época seca; además, la existencia de este ecosistema depende de la condición hídrica del suelo y de la materia orgánica que éste dispone (Villares, 2012).

Clasificación

Los bofedales de acuerdo con su origen, tamaño, receptividad y su composición vegetal, se clasifica en lo siguiente (Autoridad Binacional del Lago Titicaca [ALT], 2001):

a) Según su origen

Estos bofedales se clasifican por ser naturales y artificiales; los bofedales naturales son producto de la inundación proveniente del deshielo de los nevados, ojos de agua y de la precipitación; y los bofedales artificiales son producto de mano del hombre (construidos y regados). Su tamaño y diferencia entre ambos, estará en función al agua disponible (Figura 1).



Figura 1. Bofedal de origen natural - Piticocha 2. Fuente: Elaboración propia.

b) Según su tamaño

Los bofedales pueden ser grandes y chicos; los bofedales grandes son usufructuados por un número variable de familias, aunque la propiedad del ganado es unifamiliar; en cambio los bofedales chicos están ubicados en predios familiares con el uso y cuidado solo por el propietario (Figura 2).



Figura 2. Bofedal sector Píticoha 2. *Fuente:* Elaboración Propia.

c) Según su receptividad de agua

Se tienen bofedales permanentes y temporales. Los bofedales permanentes tienen la capacidad de recibir el recurso hídrico durante todo el año, mientras que los bofedales temporales tienen la capacidad de recibir el recurso hídrico por medio año o solo para la estación lluviosa (Figura 3).



Figura 3. Bofedal con permanente recurso hídrico – Piticocha 2. Fuente: Elaboración Propia.

d) Según su composición vegetal

El bofedal de *Distichetum* se encuentra sobre suelos hidromorfos de la región puna, conformado por especies herbáceas muy densa de tipo almohadilla o cojín, donde predomina básicamente la especie *Distichia muscoides* Nees & Meyen (Figura 4).

El bofedal de *Wernerichetum* se encuentra sobre suelo orgánico de color pardo grisáceo, con disponibilidad de humedad moderada, donde prosperan las especies del género *Werneria*.

El bofedal cespitoso de *Calamagrosetum* se encuentra en laderas, sobre suelo orgánico de color pardo oscuro, con disponibilidad de humedad y drenaje moderado, dominado por *Calamagrostis vicunarum* Wedd.



Figura 4. Bofedal pluviiforme dominada por la especie de *Distichia muscoides*. Fuente: Elaboración Propia.

1.2.8. *Distichia muscoides*

Es una especie considerada palatable o deseable e importante para los ganados como son las ovejas, alpacas, llamas y vacas, según Maldonado (2010), esta especie también es muy deseable para los caballos. Por lo tanto, la turbera de *Distichia muscoides* Nees & Meyen a menudo está sujeta a una fuerte presión de pastoreo, según lo que sustenta Maldonado (2014).

1.2.9. Turba

La turba es la materia orgánica muerta que es acumulada en forma progresiva, la cantidad de esta materia orgánica varía entre 5 y 50 % con respecto a su peso seco, por tal razón funcionan como sumidero de carbono como lo afirman Blanco y De la Balze (2004).

La formación de turba es en efecto producto del balance entre la producción primaria de la planta, que excede la descomposición y lixiviados en un bofedal, favoreciendo la formación de turba (un crecimiento vertical o lateral de acumulación de material orgánico), como sostiene Turetsky *et al.* (2004).

1.2.10. Cambio climático

El cambio climático es un fenómeno que tiene como fuente principal al aumento de gases de efecto invernadero en la atmósfera, que genera, según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC] (2001b), efectos en los seres vivo y además cambios en la variabilidad climática del planeta, así como la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos.

1.2.11. Efecto invernadero

El sobrecalentamiento de la atmósfera terrestre (superficie de la tierra), se está produciendo a consecuencia de la presencia de gases de efecto invernadero permitiendo la entrada de la radiación visible a la superficie terrestre y restringiendo su salida en forma de radiación infrarroja, quedando atrapado dentro de la superficie (Ministerio Nacional del Ambiente [MINAM], 2010).

La atmósfera funciona como un techo translúcido o transparente, dejando ingresar toda la luz incidente pero no deja salir la totalidad de ella, puesto que la radiación infrarroja, cuya longitud de onda se modifica al chocar con los cuerpos sólidos, por lo que queda atrapada en forma de calor (IPCC, 2001a).

1.2.12. Gases de efecto invernadero

Debido a las actividades antropogénicas el dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) y metano (CH₄) son los principales gases de efecto invernadero que se han vuelto muy comunes en la atmósfera terrestre, producida como clorofluorocarbono (IPCC, 2001a).

CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

El estudio tiene un diseño de investigación descriptiva o no experimental, dado que las variables no son manipuladas o alteradas, al mismo tiempo se describe las variables que son analizadas en un tiempo determinado, mediante modelos estadísticos. Se recopilaron datos de los cinco puntos de muestreo, abarcando las dos estaciones del año, en la época húmeda se evaluó en los meses de octubre y diciembre (2017), enero y febrero (2018); en cambio en la época seca se evaluó en los meses de mayo y junio del 2018, describiéndose la variación de la cantidad de biomasa aérea y la cantidad de turba sin ser alterado o manipulado, para su posterior análisis (Hernández *et al.*, 2014). Asimismo, para cumplir con los objetivos se utilizó las metodologías propuestas por Cooper *et al.* (2015), Rueda *et al.* (2015) y Roberts *et al.* (1993).

2.2. Lugar y fecha

El estudio se realizó en el bofedal de Piticocha 2, que se encuentra dentro de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabambas. Ubicado en la parte norte del distrito de San Lorenzo de Quinti, provincia de Huarochirí, Departamento de Lima (Figura 5).

Piticocha 2, forma parte de los numerosos bofedales que posee la reserva y se caracteriza por ser un bofedal altoandino de origen natural producto de la constante inundación.

El estudio se llevó a cabo desde el mes de octubre del 2017 hasta el mes de junio del 2018. Durante este periodo se realizaron 5 evaluaciones consecutivas en campo y laboratorio

abarcando la época de lluvia (diciembre, enero y febrero) y época de seca (mayo y junio) con cuya información se logró estimar la Eficiencia Neta del Ecosistema, biomasa acumulada en el bofedal de Piticocha 2.

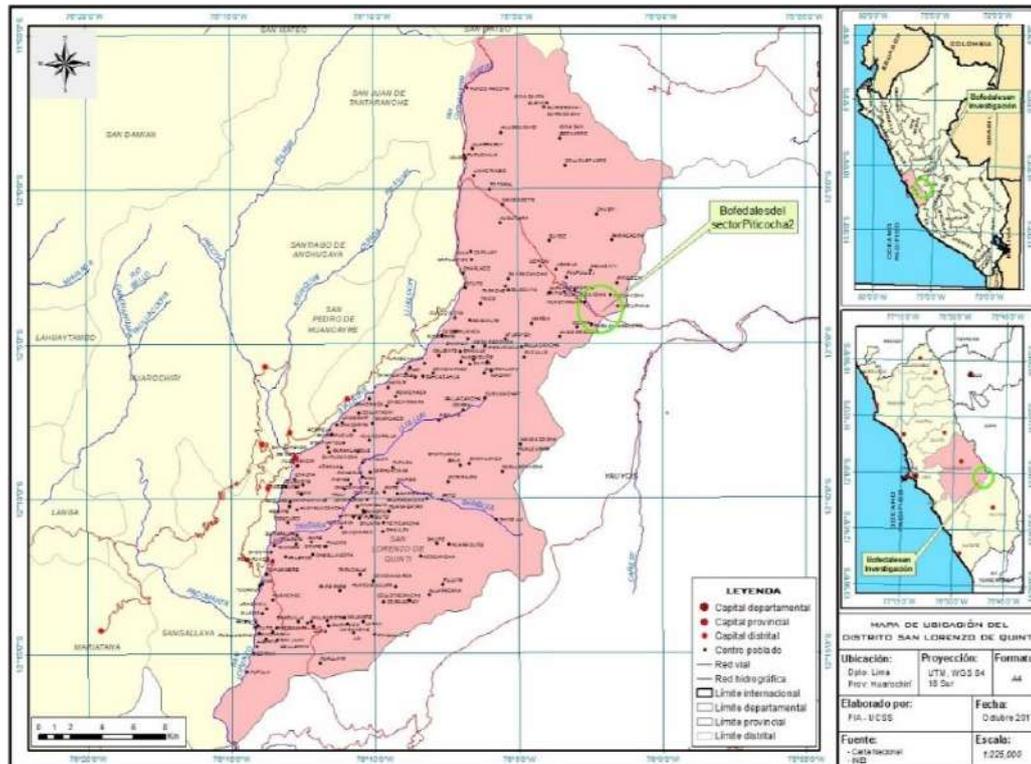


Figura 5. Mapa del bofedal Piticocha 2. Fuente: Elaboración propia.

2.3. Población y muestra

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación la distribución espacial, el muestreo de biomasa aérea y la turba se realizó en el bofedal altoandino, sector Piticocha 2, dentro de la RPNYC (Lima).

La población seleccionada para esta investigación (bofedal de Piticocha) comprende una zona inundada y de pastoreo permanente. Para el muestreo de biomasa en el suelo y su respectiva recolección en el área de investigación, se requirió de 5 puntos de muestreo en 5 tiempos consecutivos, iniciando desde el mes de lluvias hasta la época seca. Los puntos fueron distribuidos en la zona utilizando el muestreo aleatorio simple que consiste en ubicar las muestras al azar.

2.4. Descripción de la investigación

2.4.1. Ubicación de los puntos de muestreo del bofedal

Para el reconocimiento del área de estudio se elaboró el mapa base de la zona con la ubicación de los puntos de muestreo. Para ello se utilizó el software ARCGIS 10,5 del 2019 (Figura 6).

Los puntos de muestreo se definieron considerando el estado de conservación del bofedal, la cobertura y tipo de asociación vegetal; cabe mencionar que sobre el bofedal atraviesa un canal de drenaje que lo divide en dos sectores importantes; así mismo, es preciso indicar que en casi todo el bofedal el sobrepastoreo es constante.

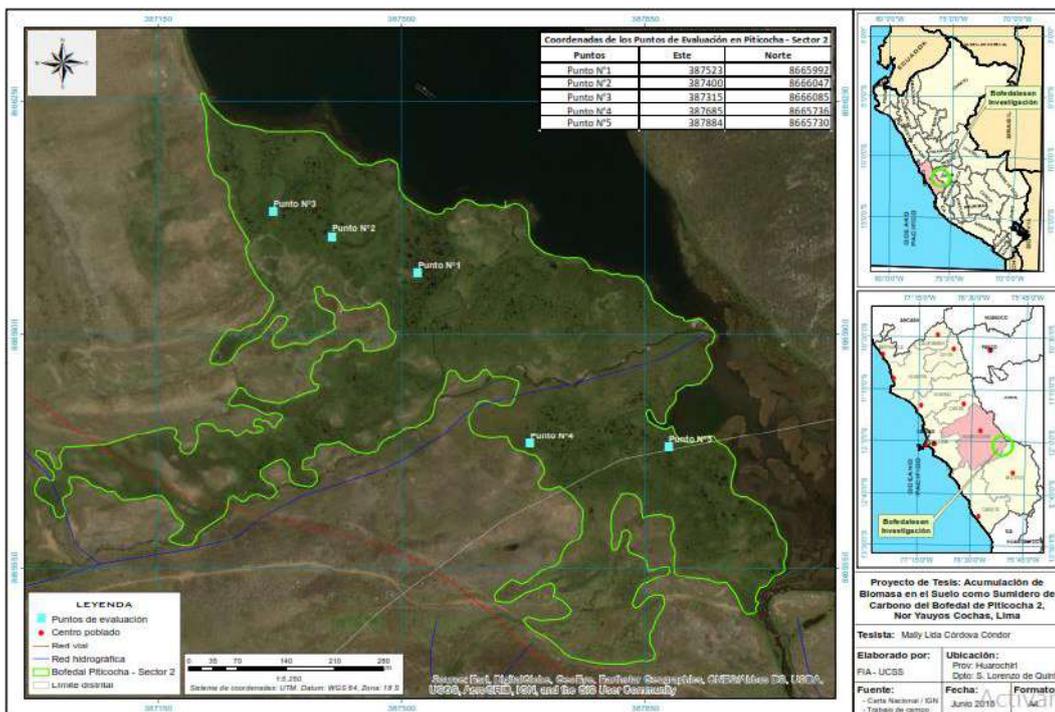


Figura 6. Mapa de Estudio: Puntos de Muestreo. Fuente: Elaboración Propia.

2.4.2. Estimación de Eficiencia Neta del Ecosistema basada en biomasa acumulada (ENE)

La Eficiencia Neta del Ecosistema (ENE) constituye la diferencia entre la productividad primaria (PP) con la suma de pérdidas representada por la respiración (R) y la descomposición (D), como afirman Salas e Infante (2006).

$$\text{ENE} = \text{PP} - (\text{R} + \text{D})$$

$$\text{ENE} = \text{Biomasa (ingresa)} - \text{biomasa (sale)}$$

Donde:

ENE = Eficiencia Neta del Ecosistema (g/cm)

PP = Productividad Primaria (g/cm)

R = Respiración (g/cm)

D = Descomposición (g/cm)

Este valor representa la ganancia o pérdida de biomasa, considerando los valores de Eficiencia Neta menos la tasa de descomposición; para su medición se requiere de una serie de equipos o pruebas de laboratorio bastante sofisticados, como afirman Knapp *et al.* (2007) y Rueda *et al.* (2015).

A. Productividad primaria

La productividad primaria (PP) es el ingreso de carbono y energía en los ecosistemas menos la respiración de la planta. La biomasa forma parte de la producción primaria neta que la planta destina a la producción de estructuras (masa seca total) tal como expresa Salas e Infante (2006). Para conocer la PP se siguieron los siguientes pasos:

i. Muestreo de biomasa terrestre (turba)

- Se definieron 5 parcelas dentro del bofedal (cobertura vegetal homogénea) con un área constante de 20 x 20 cm. Asimismo, se extrajo la muestra hasta una profundidad de 10 cm, como se muestra en la Figura 7.
- Una vez extraída se procedió a subdividir en subparcelas de 4 x 4 cm. Esto fue dividiendo el cubo muestreado en diferentes espesores hasta completar las 10 muestras como se detalla en la (Tabla 1) y se muestra en la Figura 8.

Tabla 1

Medidas de Subparcelas a extraer en cada punto de muestreo

N° de Muestra	Medición
Muestra 1	4 x 4 x 1 cm
Muestra 2	4 x 4 x 2 cm
Muestra 3	4 x 4 x 3 cm
Muestra 4	4 x 4 x 4 cm
Muestra 5	4 x 4 x 5 cm
Muestra 6	4 x 4 x 6 cm
Muestra 7	4 x 4 x 7 cm
Muestra 8	4 x 4 x 8 cm
Muestra 9	4 x 4 x 9 cm
Muestra 10	4 x 4 x 10 cm

Fuente: Elaboración Propia.

- Luego, se procedió a podar el estrato superficial de materia viva de cada parcela extraída.
- Se trasladó las muestras extraídas al laboratorio de la Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS) de la filial Huaura, donde fueron secadas en el horno a 80 °C x 24 horas cada muestra como lo propone Cooper *et al.* (2015).



Figura 7. Muestra extraída de las parcelas de 20 x 20 cm. *Fuente:* Elaboración propia.



Figura 8. Subparcelas de muestra extraída de las parcelas de 20 cm x 20 cm. *Fuente:* Elaboración Propia.

ii. Muestreo de biomasa aérea

Para determinar la acumulación de biomasa se retiró la cobertura vegetal de 20 x 20 cm para cada parcela con la finalidad de medir la longitud del crecimiento vegetal (cm/día) en 5 tiempos consecutivos que comprende desde la época de lluvia hasta la época seca (Figura 9) (Cooper *et al.*, 2015).

Se podaron el área superficial de cada parcela, así mismo se implantaron alambres de 25 cm en medio del área podada, quedando en la parte superficial 12 cm y los 13 cm restantes en la parte interna amarrados con cerdas de escobilla para evitar que se mueva por factores externos.

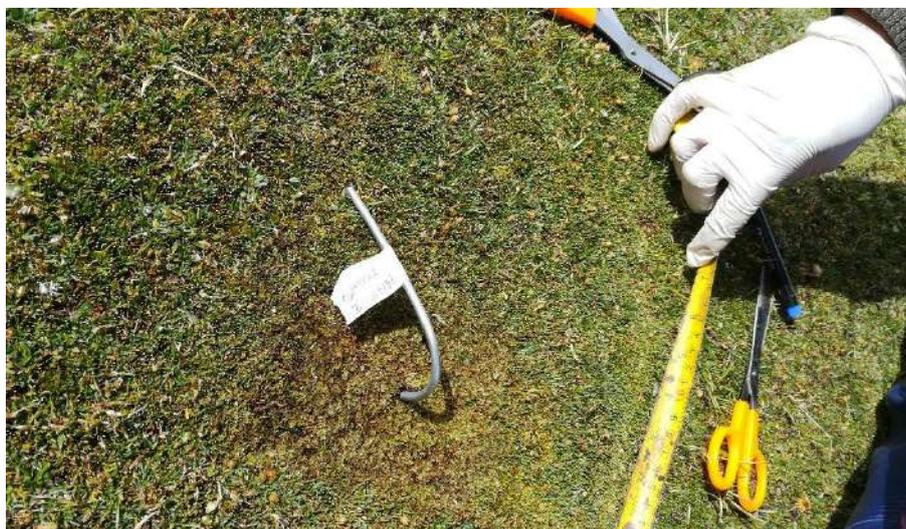


Figura 9. Instalación de los alambres para el monitoreo de crecimiento vegetal. *Fuente:* Elaboración Propia.

B. Descomposición de biomasa

Para desarrollar la estimación de la Eficiencia Neta del Ecosistema basado en biomasa (ENEB), se utilizaron las metodologías propuestas por Roberts *et al.* (1993), Rueda *et al.* (2015) y Alvis (2018).

i. Muestreo y medición de Turba mediante CORE

Se instalaron 5 CORES de toda la población vegetal de la siguiente manera:

- En puntos cercanos a cada lugar de toma de muestras de tejido vegetal vivo, se colectaron cinco (5) núcleos de turba al azar, hasta una profundidad de un metro aproximadamente, cada uno de estos núcleos fueron extraídos con un barreno (Box CORE) (Alvis, 2018) como se observa en la Figura 10.

- Los 10 primeros centímetros fueron descartados y los 100 cm siguientes se dividieron en cinco niveles de 20 cm de espesor cada uno, siendo colocadas en bolsas ziplock y rotulados para su traslado en laboratorio.



Figura 10. Muestra de una comunidad vegetal “x”, los 4 CORES (T1, T2, T3 y T4). *Fuente:* Elaboración propia.

- Los fragmentos de 20 centímetros de turba fueron trasladados al laboratorio UCSS – Huaura para el secado en horno (60 °C x 48 horas) (Figura 11), y registro de peso de las muestras. Para ser devueltas al lugar de donde fueron extraídas y en el mismo orden (Cooper *et al.*, 2015).

Ms = Materia seca de la muestra o biomasa (g)



Figura 11. Secado de Muestras – Laboratorio UCSS Huaura. *Fuente:* Elaboración propia.

- Las muestras de cada CORE fueron colocadas en bolsas de malla nylon para ser instaladas por medio de los tubos PVC de dos pulgadas (Figura 12), que se instalaron (Rueda *et al.*, 2015).



Figura 12. Instalación de muestras de turba en bolsas de malla nylon. Fuente: Elaboración propia.

- Después de haber instalado los CORES, se extrajeron periódicamente un CORE de cada comunidad vegetal en cinco tiempos consecutivos, como se observa en la Tabla 2, empezando desde mes de lluvias hasta la época seca. Las muestras de cada CORE en cada extracción fueron pesadas (Figura 13) más no devueltas al mismo lugar (Rueda *et al.*, 2015).

Tabla 2

Fechas de Evaluación de biomasa en campo

Evaluaciones	Fechas
Evaluación 0 (inicio de la evaluación)	30/10/2017
Evaluación 1(época húmeda)	08/12/2017
Evaluación 2 (época húmeda)	14/01/2018
Evaluación 3 (época húmeda)	19/02/2018
Evaluación 4 (época seca)	03/05/2018
Evaluación 5 (época seca)	02/06/2018

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 13. Pesaje de biomasa y toma de datos. Fuente: Elaboración propia.

Para cada estrato de 20 cm de profundidad (CORE) se determinó la acumulación de biomasa mediante la siguiente formula, Cooper *et al.* (2015) y Rueda *et al.* (2015):

$$A_n = G - \frac{\sum P_s}{a}$$

Donde:

A_n = Acumulación de un estrato “n” (g/cm)

G = Ganancia o biomasa aérea (g/cm)

P_s = Perdida de sustrato o descomposición (g)

a = Área del barreno cm

Se determinó la cantidad de biomasa acumulada en cada estrato “n” (cada 20 cm de profundidad), los cuales se sumaron ($A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$) haciendo un total por cada comunidad vegetal.

2.5. Identificación de variables y mensuración

Para evaluar la Eficiencia Neta del Ecosistema referido a la biomasa acumulada se utilizaron las siguientes variables (Tabla 3):

Y. Acumulación de biomasa

- Productividad primaria: Crecimiento de cobertura vegetal (*Distichia muscoides*), los valores obtenidos son calculados en gramos por centímetro cuadrado (g/cm).
- Descomposición de materia orgánica: Biomasa que se tiende a descomponer (turba de *Distichia muscoides*), los valores obtenidos son calculados en gramos por centímetro cuadrado (g/cm).

Tabla 3*Matriz de las variables*

Variable	Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores	Medición / Unidad de Medida	Tipo de Variable	Instrumentos
Y. Acumulación de Biomasa	Y1. Estimación de Eficiencia Neta del Ecosistema (ENE)	a) Productividad Primaria	Crecimiento de cobertura vegetal	Gramos por centímetro g/cm	Variable cuantitativa de razón	Toma (colecta) de muestras de biomasa de turba (biomasa aérea, y biomasa terrestre)
		Crecimiento de cobertura vegetal (<i>Distichia muscoides</i>)	(<i>Distichia muscoides</i>)			
		b) Descomposición Biomasa que se tiende a descomponer (turba de <i>Distichia muscoides</i>)	5 núcleos de turba	Gramos por centímetro g/cm		Toma de muestras de biomasa de suelo (turba), mediante Box Core

Fuente: Elaboración propia.

2.6. Análisis estadístico de datos

Para evaluar la Productividad Primaria se realizó un análisis estadístico con los datos recolectados, utilizando la parte estadística del software Micro Office Excel (2017), con lo que se halló el coeficiente de determinación para cada punto de evaluación, donde el comportamiento de la variable “Y” (peso de biomasa que ingresa al sistema) depende de la variable “X” (longitud de crecimiento de la planta); con la finalidad de determinar la biomasa de turba que ingresa al sistema.

2.7. Materiales

Los materiales utilizados para el desarrollo del trabajo de investigación fueron:

Tabla 4

Materiales y equipos de campo

Materiales y equipos de campo	Funciones
Libreta de campo	Block de notas para escribir anotaciones
Lapiceros, Plumón indeleble	Instrumento de escritura
Cámara fotográfica	Dispositivos para capturar fotografías
GPS	Sistema que proporciona posicionamiento
Estufa	Equipo para deshidratar o secar instrumentos
Balanza Analítica	Equipo para medir pequeñas masas
Botas de jebe	Calzado de protección del pie
Wincha de 3 metros	Cinta flexible graduada para medir áreas
Tijera de podar	Herramienta cortante para podar arbustos
Box Core	Herramienta para realizar agujeros extrayendo el material solido perforado.
Pala recta	Herramienta para excavar o mover material
Tubos PVC	Material usado para el registro de agujeros
Alambres de 30 centímetros	metal para medir crecimiento vegetal
Bolsas Ziplock y Bolsas de plástico	Bolsas de almacenamiento de productos
Cooler	Elemento para mantener la temperatura ideal

Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO III: RESULTADOS

3.1 RESULTADOS

3.1.1 Composición Vegetal

En la Tabla 5 se puede visualizar la composición de las especies de plantas en los 5 puntos de muestreo en el bofedal de Piticocha 2. La especie *Distichia muscoides* Nees & Meyen de la familia Juncaceae presenta mayor cobertura en 4 puntos de muestreo, seguido de *Hypochaeris taraxacoides* Meyen & Walp de la familia Asteraceae; el registro de especies con menor cobertura son las siguientes: *Cuatrecasasiella isernii* H. Rob (Asteraceae), *Paronychia weberbaueri* R. Gereau (Caryophyllaceae), *Calamagrostis rigescens* J. Presl (Poaceae), *Aciachne pulvinata* Benth (Poaceae), *Werneria pygmaea* Wedd (Asteraceae).

Tabla 5

Especies vegetales registradas en cada punto de muestreo

Punto de Muestreo	Familia	Especies
Punto 1	Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyen
Punto 2	Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyen
	Asteraceae	<i>Cuatrecasasiella isernii</i> H. Rob
Punto 3	Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyen
	Caryophyllaceae	<i>Paronychia weberbaueri</i> R.Gereau
Punto 4	Asteraceae	<i>Hypochaeris taraxacoides</i> Meyen & Walp
	Poaceae	<i>Calamagrostis rigescens</i> J. Presl
Punto 5	Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyen
	Asteraceae	<i>Hypochaeris taraxacoides</i> Meyen & Walp
	Poaceae	<i>Aciachne pulvinata</i> Benth
	Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i> Wedd

Fuente: Elaboración Propia.

La cobertura vegetal en el punto 1 está compuesto principalmente por *Distichia muscoides* como especie dominante, tal como se observa en la Figura 14.



Figura 14. Evaluación del punto 1, compuesto por turbera de *Distichia muscoides*. Fuente: Elaboración propia.

En el punto 2, se puede observar entre las especies dominantes a *Distichia muscoides* y *Cuatrecasasiella isernii* H. Rob. (Figura 15).



Figura 15. Evaluación del punto 2, compuesto por turbera de *Distichia muscoides* y *Cuatrecasasiella isernii*. Fuente: Elaboración propia.

El punto 3, está compuesto principalmente por *Distichia muscoides* como especie dominante, tal como se observa en la Figura 16.



Figura 16. Evaluación del punto 3, compuesto por turbera de *Distichia muscoides*. Fuente: Elaboración propia.

La cobertura vegetal en el punto 4 está compuesto por diferentes especies entre las dominantes se registró a *Calamagrostis rigescens* J. Presl (Figura 17).



Figura 17. Evaluación del punto 4, compuesto por *Calamagrostis rigescens*. Fuente: Elaboración propia.

En el punto 5, se observó la presencia de diferentes especies, entre las especies dominantes se registraron *Aciachne pulvinata* Benth y *Hypochaeris taraxacoides* Meyen & Walp, tal como se observa en la Figura 18.



Figura 18. Evaluación del punto 5, compuesto por *Aciachne pulvinata* y *Hypochaeris taraxacoides*. Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Productividad Primaria Bruta

Para determinar la Productividad Primaria Bruta (entrada de carbono y energía en los ecosistemas) se realizó el muestreo de biomasa terrestre y biomasa aérea, cuyos resultados se muestran a continuación:

Los datos recopilados del cubo muestreado de diferente espesor y en cada punto de evaluación (4 x 4 x 1 cm; 4 x 4 x 2 cm; 4 x 4 x 3 cm; 4 x 4 x 4 cm; 4 x 4 x 5 cm; 4 x 4 x 6 cm; 4 x 4 x 7 cm; 4 x 4 x 8 cm; 4 x 4 x 9 cm; 4 x 4 x 10 cm) tiene la finalidad de desarrollar una regresión lineal, el mismo que sirvió para estimar la tasa de acumulación de biomasa en el bofedal, como se muestra en la Tabla 6.

Entre los valores registrados en la Tabla 6, en el punto 5 se obtuvo la mayor cantidad de biomasa con 17,000 g/cm, a diferencia del punto 4 que muestra menor cantidad de biomasa con 10,150 g/cm. La acumulación de biomasa en promedio es 12,98 g/cm.

Tabla 6*Biomasa terrestre por centímetro de profundidad y para cada punto de evaluación*

BIOMASA TERRESTRE							
Medidas	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Promedio	ES
cm	g/cm	g/cm	g/cm	g/cm	g/cm	g/cm	
4x4x1	0,306	0,200	0,156	0,238	0,306	0,24	0,06
4x4x2	0,363	0,281	0,525	0,369	0,700	0,45	0,15
4x4x3	0,650	0,600	0,456	0,588	0,756	0,61	0,10
4x4x4	0,531	1,300	1,444	1,006	0,663	0,99	0,35
4x4x5	2,031	0,975	0,781	0,900	1,281	1,19	0,45
4x4x6	0,988	2,619	1,000	1,138	1,725	1,49	0,62
4x4x7	1,638	1,838	1,225	1,088	2,238	1,61	0,42
4x4x8	1,494	1,413	1,281	1,750	2,181	1,62	0,32
4x4x9	2,881	2,069	2,094	1,600	3,531	2,44	0,69
4x4x10	3,044	1,838	1,725	1,475	3,619	2,34	0,84
TOTAL	13,925	13,131	10,688	10,150	17,000	12,98	2,46

Fuente: Elaboración Propia.

Así mismo, en la Tabla 6 se observa que la diferencia de los valores entre los puntos de muestreo y por centímetro de profundidad es mínima. Por lo tanto, esta diferencia es comprobada con la prueba estadística ANOVA como se muestra en la siguiente tabla.

Por lo tanto, en la Tabla 7 muestra que p-valor con 0,4023 es mayor a 0,05 (nivel de confianza), por lo tanto, no existe diferencia significativa entre la media de los valores de biomasa tanto en profundidad como en los puntos de muestreo.

Tabla 7

Grado de significancia de medias de biomasa por centímetro de profundidad y para cada punto de evaluación

Prueba estadística ANOVA					
	SC	GL	CM	F	p (valor)
Entre grupos	3,03342	4	0,758354		
Dentro de grupos	33,1407	45	0,73646	1,03	0,4023
Total	36,1741	49			

Fuente: Elaboración Propia.

Con la finalidad de obtener la biomasa que ingresa por centímetro (cm) al sistema, se halló la ecuación lineal para cada punto de evaluación, donde “Y” es igual al peso de biomasa que ingresa al sistema, y “X” representa la longitud de crecimiento de la planta.

Los valores para el coeficiente de determinación varían de 0,7 a 0,9, esto significa que los valores de biomasa terrestre se ajustan a una ecuación lineal en forma positiva, ya que se aproximan a la unidad. Esta diferencia posiblemente se deba que en cada punto muestreado existen diferentes especies vegetales con distintos patrones de crecimiento, así como en la disponibilidad de agua y nutrientes (Tabla 8).

Tabla 8

Ecuación Lineal por punto de Muestreo

Puntos de Muestreo	Ecuación Lineal	Coefficiente R ²
Punto 1	$y = 284,94x - 158,81$	0,82
Punto 2	$y = 216,82x + 109,66$	0,71
Punto 3	$y = 179,43x + 74,432$	0,82
Punto 4	$y = 164,55x + 100$	0,91
Punto 5	$y = 358,75x - 248,3$	0,93

Fuente: Elaboración Propia.

En la representación lineal se puede constatar una correlación positiva entre el peso y la longitud de profundidad de la biomasa terrestre (turba) y para cada punto de muestro del bofedal. Esto nos indica que la biomasa muestreada está en un desarrollo relativamente normal, hecho observado en la Figura 19.

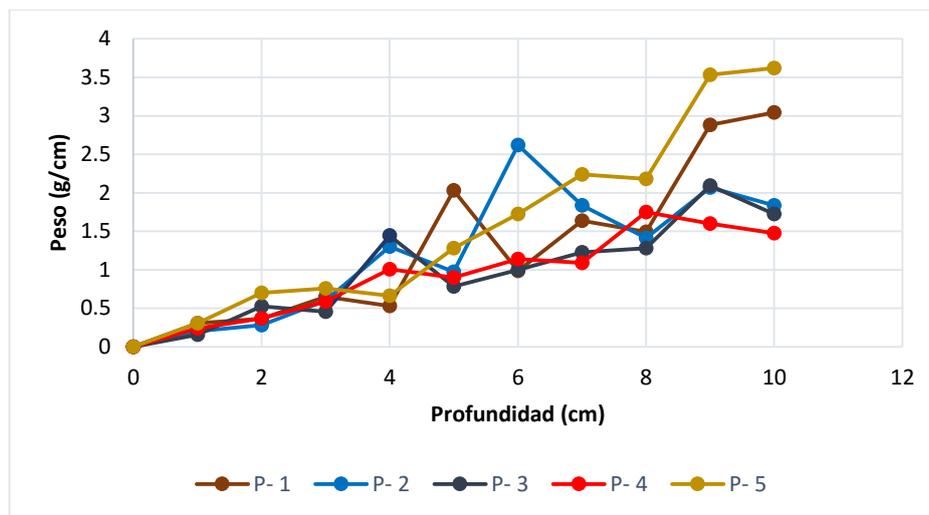


Figura 19. Regresión lineal – bofedal Piticocha 2. Fuente: Elaboración propia.

La cantidad de biomasa aérea registrada en cada punto de muestreo es de 0,69 g/cm en promedio. Todos los puntos de muestreo en cada fecha evaluada tienden a acumular biomasa con excepción del punto 5 en las dos primeras fechas de evaluación (diciembre y enero) muestra un resultado negativo de -0,03, lo que indica que el sistema habría tenido una baja cantidad de carbono asimilado. Además, en el punto 1, 2 y 5 existe una acumulación de biomasa mínima para cada fecha evaluada; comparado con en el punto 3 donde la ganancia obtenida en la primera fecha se mantiene hasta el final de la evaluación; por lo contrario, en el punto 4 la mayor ganancia de carbono se da en la quinta evaluación (junio) (Tabla 9).

Tabla 9

Biomasa aérea por parcela y periodo de evaluación

BIOMASA AÉREA								
Mes	Evaluaciones	Punto 1 g/cm	Punto 2 g/cm	Punto 3 g/cm	Punto 4 g/cm	Punto 5 g/cm	Promedio g/cm	ES
DIC	Evaluación 1	0,01	0,22	0,18	0,18	-0,03	0,11	0,10
ENE	Evaluación 2	0,02	0,22	0,18	0,18	-0,03	0,11	0,10
FEB	Evaluación 3	0,03	0,23	0,18	0,22	0,06	0,14	0,08
MAY	Evaluación 4	0,03	0,24	0,18	0,23	0,07	0,15	0,09
JUN	Evaluación 5	0,04	0,26	0,18	0,30	0,07	0,17	0,10
	TOTAL	0,13	1,17	0,91	1,11	0,14	0,69	0,46

Fuente: Elaboración Propia.

La cantidad encontrada por cada punto de muestreo se observa en la Figura 20. Los valores de biomasa aérea más altos observados fueron en los puntos 2 y 4, barra color naranja y amarilla respectivamente. Los valores más bajos se encontrados en los puntos 1 y 5, barra color verde y azul respectivamente.

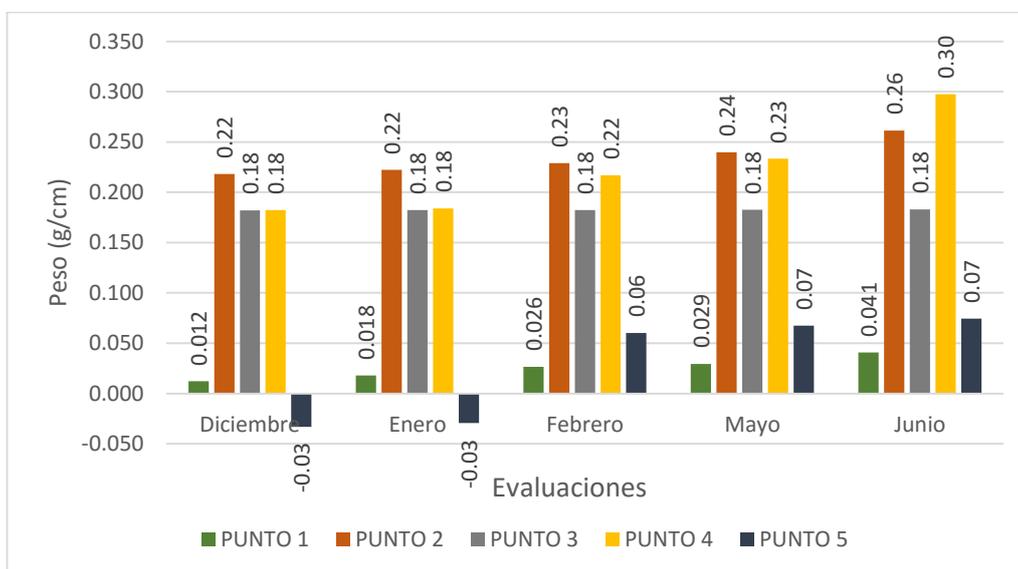


Figura 20. Peso de biomasa aérea evaluada en cada punto de muestreo. Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, en la Tabla 9 se observa que la diferencia de los valores de biomasa aérea en cada periodo de evaluación es mínima. Por lo cual, esta diferencia es comprobada con la prueba estadística ANOVA en la Tabla 10.

Donde el p-valor tiene 0,891 siendo mayor a 0,05 (nivel de confianza), por lo tanto, no existe diferencia significativa entre la media de los valores de biomasa tanto en profundidad como en los puntos de muestreo.

Tabla 10

Grado de significancia de medias de biomasa aérea y para cada punto de evaluación

Prueba estadística ANOVA					
	SC	GL	CM	F	p (valor)
Entre grupos	0,01228	4	0,00307		
Dentro de grupos	0,22372	20	0,011186	0,2745	0,891
Total	0,236	24			

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.3. Descomposición de biomasa

Se logró coleccionar muestras de suelo orgánico, para obtener la biomasa descompuesta, en los 5 puntos de muestreo y en los 5 tiempos de evaluación. En lo que se refiere a los puntos de muestreo 2 y 5 solo se logró coleccionar muestras hasta una profundidad de 60 cm, solamente a esa profundidad se encontró suelo orgánico, a profundidad mayor estaba la capa freática, como recurso hídrico presente y la presencia de roca madre.

La cantidad de biomasa descompuesta en el suelo orgánico para cada punto de muestreo (en promedio) indica que: los valores entre la profundidad de 0 - 20 cm con respecto a 80 - 100 cm de los puntos de muestreo 1, 3 y 4, las descomposiciones disminuyen en 1,07 g/cm, 8,21 g/cm y 0,64 g/cm respectivamente. Asimismo, en el punto de muestreo 2 y 5 entre la profundidad de 0 - 20 cm con respecto a 40 - 60 cm disminuye en 2,82 g/cm, 1,58 g/cm respectivamente, mientras que entre la profundidad de 60 a 100 cm no se logró obtener biomasa sino la capa freática y la presencia de roca madre. En el total de profundidad evaluada (0 - 100 cm) el punto de muestreo 3 presenta mayor biomasa descompuesta y el punto de muestreo 5 presenta menor biomasa descompuesta, como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11

Biomasa descompuesta por punto de muestreo y profundidad – bofedal Piticocha 2

BIOMASA DESCOMPUESTA g/cm							
Profundidad	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Promedio	ES
0 - 20 cm	6,48	4,28	9,67	2,13	3,72	5,26	2,61
20 - 40 cm	5,70	3,52	11,06	1,81	4,40	5,30	3,15
40 - 60 cm	5,30	2,70	11,23	1,82	0,90	4,39	3,72
60 - 80 cm	6,49		1,46	1,98		3,31	2,26
80 - 100 cm	5,41		1,46	1,49		2,79	1,86
TOTAL	29,39	10,50	34,88	9,23	9,02	18,60	11,20

Fuente: Elaboración Propia.

Eficiencia Neta del Ecosistema

Los resultados de Eficiencia Neta para cada punto evaluado, se obtuvo a partir de la diferencia de los valores de biomasa almacenada y la biomasa descompuesta; es decir, biomasa acumulada menos la biomasa descompuesta.

La Eficiencia Neta en el punto 1 (Tabla 12) indica que durante todo el periodo de la evaluación tanto en la época de lluvia (diciembre, enero y febrero) y la época seca (mayo y junio) en el bofedal de Piticocha 2 tuvo valores bajos de biomasa, debido a la descomposición. Así mismo, la descomposición fue mayor en los meses de enero y mayo que en los otros meses (Figura 21); por lo tanto, se ha producido mayor liberación de carbono al medio exterior mediante el CO₂, como consecuencia de la respiración de las plantas.

Tabla 12

Eficiencia Neta del Ecosistema Punto 1 – bofedal Piticocha 2

PUNTO 1				
Evaluaciones	MES	Biomasa Descompuesta g/cm	Biomasa Acumulada g/cm	ENE g/cm
Evaluación 1	diciembre	3,92	0,01	-3,91
Evaluación 2	enero	8,41	0,02	-8,39
Evaluación 3	febrero	3,31	0,03	-3,28
Evaluación 4	mayo	10,11	0,03	-10,08
Evaluación 5	junio	3,65	0,04	-3,61

Fuente: Elaboración Propia.

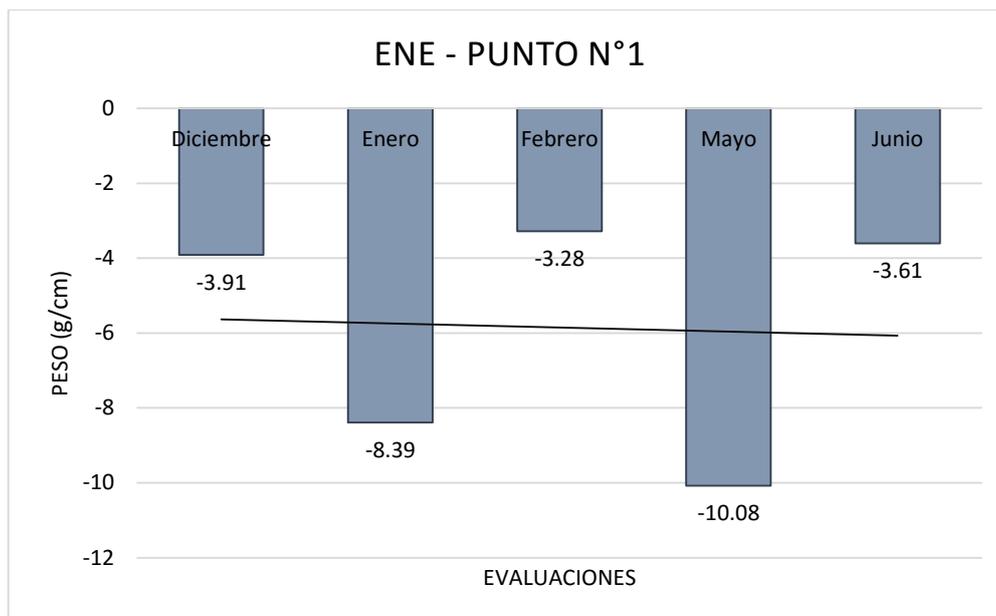


Figura 21. Eficiencia Neta de Ecosistema Punto 1 – bofedal Piticocha 2. Fuente: Elaboración propia.

La Eficiencia Neta en el punto 2 (Tabla 13) indica que durante todo el periodo de la evaluación tanto en la época de lluvia (diciembre, enero y febrero) y la época seca (mayo y junio) el bofedal de Piticocha 2, tuvo valores bajos de biomasa por la descomposición, es decir, existe liberación de carbono al medio exterior mediante el CO₂. Por lo tanto, en relación con el gráfico (Figura 22) se puede mencionar que en los meses de enero y mayo la descomposición fue mayor que a los otros meses.

Tabla 13

Eficiencia Neta del Ecosistema Punto 2 – bofedal Piticocha 2

PUNTO 2				
Evaluaciones	Mes	Biomasa Descompuesta g/cm	Biomasa Acumulada g/cm	ENE g/cm
Evaluación 1	diciembre	0,75	0,22	-0,53
Evaluación 2	enero	3,11	0,22	-2,89
Evaluación 3	febrero	2,37	0,23	-2,14
Evaluación 4	mayo	3,59	0,24	-3,35
Evaluación 5	junio	0,67	0,26	-0,41

Fuente: Elaboración propia.

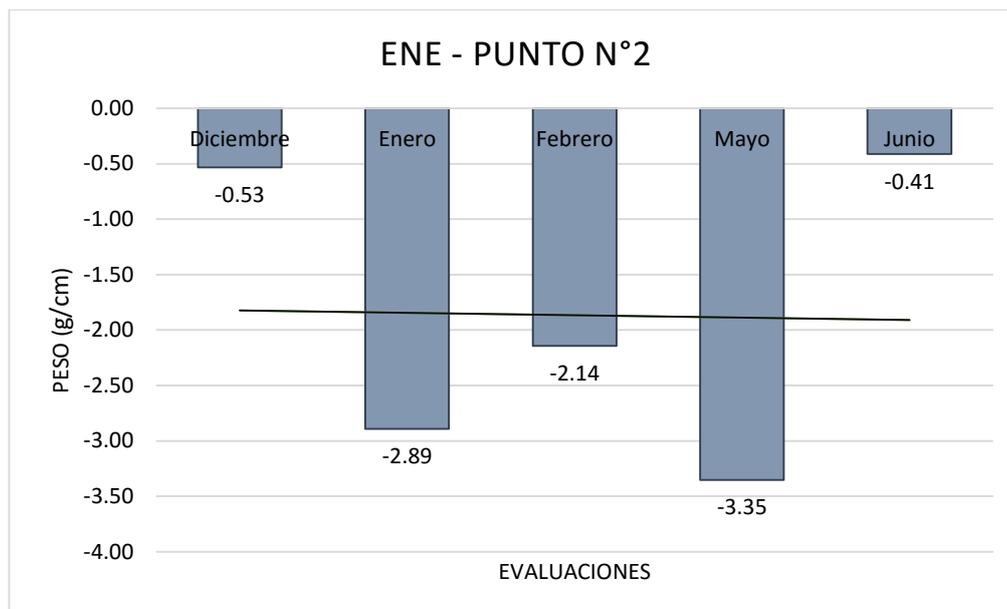


Figura 22. Eficiencia Neta del Ecosistema Punto 2 – bofedal Piticocha 2. Fuente: Elaboración propia.

La Eficiencia Neta en el punto 3 (Tabla 14) indica que durante todo el periodo de la evaluación tanto en la época de lluvia (diciembre, enero y febrero) y la época seca (mayo y junio) en el bofedal de Piticocha 2 tuvo valores bajos de biomasa, debido a la descomposición. Así mismo, la descomposición fue mayor en los meses de enero y mayo que en los otros meses (Figura 23); por lo tanto, se ha producido mayor liberación de carbono al medio exterior mediante el CO₂, como consecuencia de la respiración de las plantas.

Tabla 14

Eficiencia Neta del Ecosistema Punto 3 – bofedal Piticocha 2

PUNTO 3				
Evaluaciones	Mes	Biomasa Descompuesta g/cm	Biomasa Acumulada g/cm	ENE g/cm
Evaluación 1	diciembre	7,84	0,18	-7,66
Evaluación 2	enero	9,34	0,18	-9,15
Evaluación 3	febrero	5,50	0,18	-5,31
Evaluación 4	mayo	14,79	0,18	-14,61
Evaluación 5	junio	2,44	0,18	-2,26

Fuente: Elaboración propia.

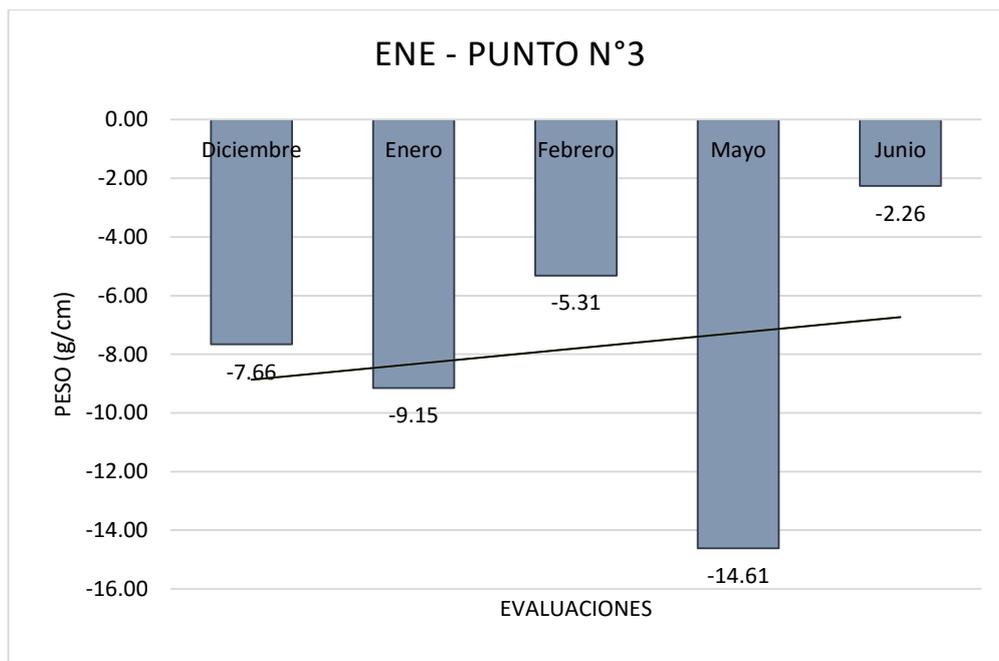


Figura 23. Eficiencia Neta del Ecosistema Punto 3 – bofedal Piticocha 2. Fuente: Elaboración propia.

La Eficiencia Neta en el punto 4 (Tabla 15) indica que durante todo el periodo de la evaluación tanto en la época de lluvia (diciembre, enero y febrero) y la época seca (mayo y junio) el bofedal de Piticocha 2, tuvo valores bajos de biomasa por la descomposición que, de acumulación, es decir, existe liberación de carbono al medio exterior mediante el CO₂. Por lo tanto en relación al gráfico (Figura 24) se puede mencionar que en los meses de enero y junio la descomposición fue mayor que a los otros meses.

Tabla 15

Eficiencia Neta del Ecosistema Punto 4 – bofedal Piticocha 2

PUNTO 4				
Evaluaciones	Mes	Biomasa Descompuesta g/cm	Biomasa Acumulada g/cm	ENE g/cm
Evaluación 1	diciembre	1,56	0,18	-1,37
Evaluación 2	enero	2,75	0,18	-2,57
Evaluación 3	febrero	1,63	0,22	-1,42
Evaluación 4	mayo	2,00	0,23	-1,77
Evaluación 5	junio	2,70	0,30	-2,40

Fuente: Elaboración propia.

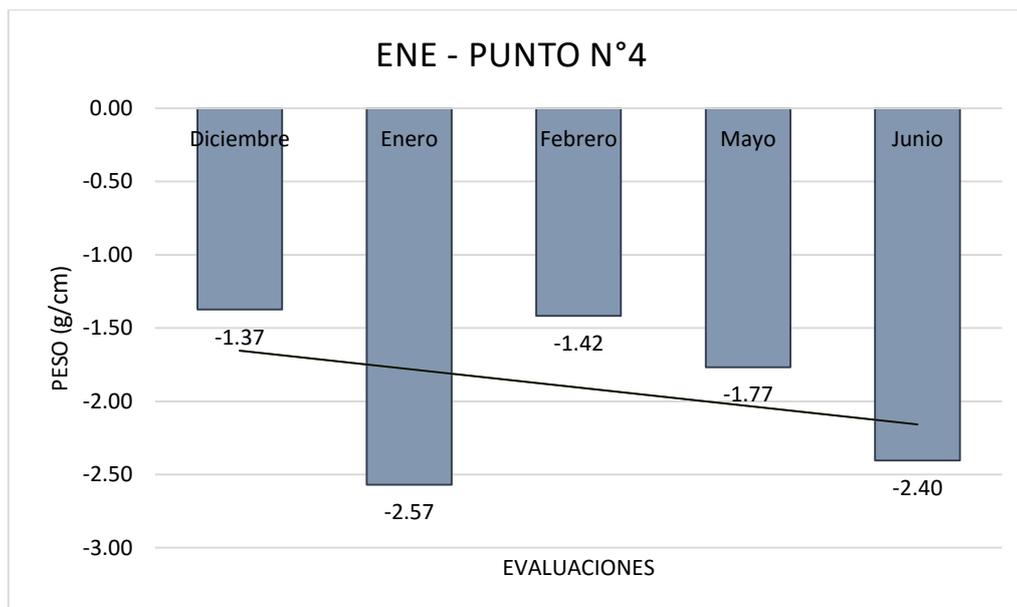


Figura 24. Eficiencia Neta del Ecosistema Punto 4 – bofedal Piticocha 2. Fuente: Elaboración propia.

La Eficiencia Neta en el punto 5 (Tabla 16) indica que durante todo el periodo de la evaluación tanto en la época de lluvia (diciembre, enero y febrero) y la época seca (mayo y junio) el bofedal de Piticocha 2, tuvo valores bajos de biomasa por la descomposición, es decir, existe liberación de carbono al medio exterior mediante el CO₂. Por lo tanto en relación al gráfico (Figura 25) se puede mencionar que en los meses de diciembre y febrero la descomposición fue mayor existiendo mayor liberación de carbono al medio exterior.

Tabla 16

Eficiencia Neta del Ecosistema Punto 5 – bofedal Piticocha 2

PUNTO 5				
Evaluaciones	Mes	Biomasa Descompuesta g/cm	Biomasa Acumulada g/cm	ENE g/cm
Evaluación 1	diciembre	1,92	-0,03	-1,96
Evaluación 2	enero	1,59	-0,03	-1,62
Evaluación 3	febrero	2,03	0,06	-1,97
Evaluación 4	mayo	1,90	0,07	-1,83
Evaluación 5	junio	1,59	0,07	-1,51

Fuente: Elaboración propia.

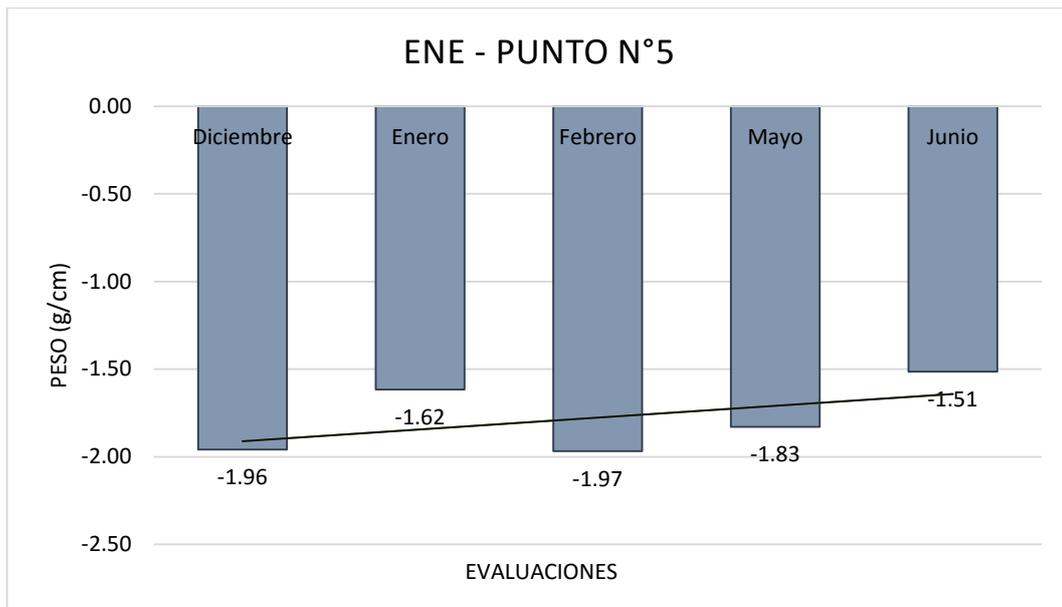


Figura 25. Eficiencia Neta del Ecosistema Punto 5 – bofedal Piticocha 2. *Fuente:* Elaboración propia.

La Eficiencia Neta del Ecosistema (g/cm) por punto de muestreo (Tabla 17), mostraron que durante los periodos de evaluación tanto en época de lluvia (diciembre, enero, febrero) y época seca (mayo y junio), existe disminución de biomasa almacenada, por lo tanto, no se ha registrado acumulación de biomasa durante el periodo de estudio en el bofedal de Piticocha 2. En relación con el gráfico (Figura 26) los meses de diciembre (lluvia) y junio (seca) presentan valores de biomasa en descomposición menor en comparado a los otros meses, esta diferencia probablemente se deba al sobrepastoreo que se realiza es más intensa en estos meses, ya que existe escasez de pastos palatables en los alrededores del bofedal como son los pajonales. Finalmente, en el punto 1 y el punto 3 durante todos los meses de evaluación tienen mayor cantidad de biomasa en descomposición a diferencia de los otros puntos.

Tabla 17

Eficiencia Neta del Ecosistema – bofedal Piticocha 2

EFICIENCIA NETA DEL ECOSISTEMA							
Puntos de muestreo	Meses de evaluación					Promedio g/cm	ES
	Diciembre	Enero	Febrero	Mayo	Junio		
Punto 1	-3,91	-8,39	-3,28	-10,08	-3,61	-5,85	2,82
Punto 2	-0,53	-2,89	-2,14	-3,35	-0,41	-1,86	1,20
Punto 3	-7,66	-9,15	-5,31	-14,61	-2,26	-7,80	4,13
Punto 4	-1,37	-2,57	-1,42	-1,77	-2,40	-1,91	0,50
Punto 5	-1,96	-1,62	-1,97	-1,83	-1,51	-1,78	0,18

Fuente: Elaboración propia.

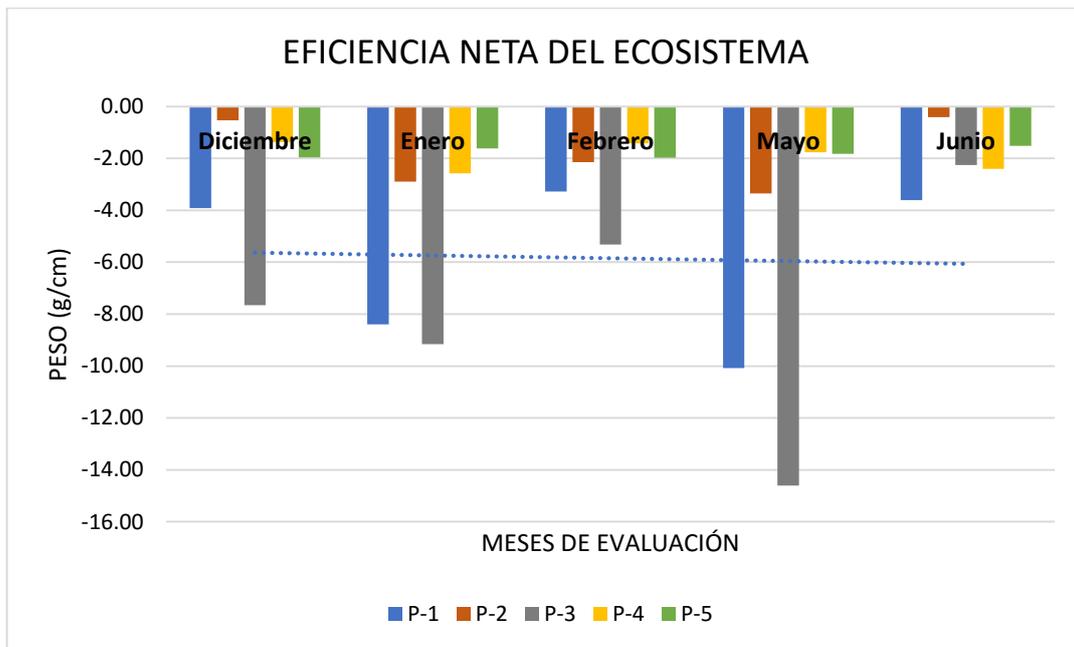


Figura 26. Eficiencia Neta del Ecosistema – bofedal Piticocha 2. Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO IV: DISCUSIONES

4.1. Respecto a la composición vegetal

En el estudio realizado durante la época húmeda y época seca, se observó que las especies encontradas en el bofedal Piticocha 2 no están distribuidos en forma similar en todos los puntos de muestreo, la especie *Distichia muscoides* Nees & Meyen es la más dominante en los cuatro puntos de muestreo, mientras que en un punto de muestreo predomina *Cuatrecasasiella isernii* H. Rob, *Hypochaeris taraxacoides* Meyen & Walp, *Calamagrostis rigescens* J. Presl y *Aciachne pulvinata* Benth, estas dos últimas especies son las más abundantes, estas prosperan en áreas sobrepastoreadas; por lo tanto, los puntos de muestreo abarcaron áreas de bofedales con buen estado de conservación y áreas sobrepastoreadas.

Estos resultados coinciden con los estudios de Maldonado (2014), Meneses *et al.* (2015) González *et al.* (2016) y Palabral (2013) donde mencionan que las especies pertenecientes a la familia Juncaceae, Asteraceae y Poaceae, generalmente son abundantes a lo largo de los andes a altitudes mayor a 4300 m s.n.m. Así mismo, resaltan a *Distichia muscoides* Nees & Meyen como un indicador de bofedales en buen estado de conservación y la que proporciona mayor biomasa (materia orgánica) a este ecosistema.

Por lo tanto, el bofedal Piticocha 2 algunos sectores suelen estar dominada por *Distichia muscoides* Nees & Meyen, una especie de cojín compacto, frecuentemente de carácter circular, color verde oscuro, dependiente de la presencia de agua (Cooper *et al.*, 2015) y productora de turba ya que su tasa de producción de materia orgánica es alta en turberas andinas (Ramirez, 2011).

4.2. En cuanto a la productividad primaria

La productividad primaria para el área de estudio, se determinó en función al crecimiento de la planta y el peso terrestre, valor representado en biomasa que ingresa al sistema por centímetro, y se comparan los resultados con los estudios de Roa y Brown (2016): En el presente estudio la cantidad de biomasa acumulada, en cada punto de muestreo en promedio es de 0,69 g/cm superior al valor encontrado por Roa y Brown (2016) en los humedales andinos de la cuenca alta del río Barba (Quindío, Colombia) con valor promedio de 0,083 g/cm; así mismo, si se compara con la investigación realizada por Calvo (2016) en los bofedales de la región de Ancash, Huancavelica y Puno se registró 0,011137 g/cm, 0,00741 g/cm y 0,006732 g/cm respectivamente.

La baja cantidad de biomasa reportada por Roa y Brown (2016) se debe a que los humedales evaluados son sensibles a los cambios en el clima, pues su concentración más baja de carbono corresponde al período de época seca, sin embargo, en la presente investigación las concentraciones de biomasa no varían significativamente entre los meses evaluados (época seca y húmeda). Por otro lado, la baja cantidad de biomasa señalada por Calvo (2016) se debe a que los bofedales que ha evaluado han sido sometidos a impactos negativos entre ellos, el sobrepastoreo, quema de pastizal y desvíos de cursos de agua; en cambio, en la presente investigación solo se observaron sobrepastoreo de ganados en la mayor parte del área total del bofedal.

La tasa de acumulación para los puntos son $P1 = 0,03 \text{ g/cm} \pm 0,01 \text{ g/cm}$; $P2 = 0,23 \text{ g/cm} \pm 0,01 \text{ g/cm}$; $P3 = 0,18 \text{ g/cm} \pm 0,00 \text{ g/cm}$, $P4 = 0,22 \text{ g/cm} \pm 0,04 \text{ g/cm}$; $P5 = 0,03 \text{ g/cm} \pm 0,05 \text{ g/cm}$. La mayor fracción de carbono obtenida en la parte aérea es 0,30 g/cm lo cual es igual a 30 % C, este resultado es similar al valor encontrado por Yaranga y Custodio (2013) en los pastos altoandinos de Huasicancha y Chicche de la provincia de Huancayo, Junín con 30,09 % C; encontrándose fuera de los valores dados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], (2007), donde indican que el valor de biomasa es 43 a 58 % de Carbono o diferente a los resultados de Alvis (2018) quien indica que el valor de biomasa aérea es 49 % C. Esta diferencia probablemente se deba

a que no todas las especies en estos ecosistemas altoandinos tienen biomasa aérea similar, porque tienen diferentes ciclos de vida y diferente desarrollo morfológico.

El incremento de biomasa en el bofedal de Piticocha 2, tiene un coeficiente de determinación con valores de $R^2 = 0,71$ a $0,93$ con respecto a la biomasa terrestre en los cinco puntos. Esta variación posiblemente se debe que en cada punto muestreado existen diferentes especies vegetales, con distintos patrones de crecimiento, así como la disponibilidad de agua, además tienen diferente palatabilidad para el ganado (alpaca, llama, ovino y vacuno). El Punto 2 se ubica en un área con un buen estado de conservación, con disponibilidad de agua permanente, su tasa de biomasa es $0,23 \text{ g/cm} + 0,01 \text{ g/cm}$, sin embargo, este valor es inferior al valor hallado por León (2016) con $0,96$. Esto podría deberse al consumo de las especies palatables, como lo indica Piñeiro *et al.* (2006) que, en los bofedales con un buen estado de conservación, son las áreas más pastoreadas por poseer la mayor cantidad de plantas deseables o palatables, generándose un menor almacenamiento de C por el consumo de los ganados que se alimentan en el bofedal.

4.3. Respecto a la descomposición de biomasa

Con respecto a la descomposición de biomasa, los resultados demuestran que existe mayor liberación de carbono que de captura, es decir la acumulación de biomasa es baja hasta una profundidad de 1 m dentro del bofedal sector Piticocha 2. Según Alvis (2018) la descomposición por lo general aumenta con el incremento de temperatura y disminuye con la altitud. El sobrepastoreo es otro factor que influye ya que impide el crecimiento de la vegetación reduciendo la cantidad de CO_2 fijado e incrementa la descomposición de la materia orgánica (Roa y Brown, 2016).

El alto porcentaje de carbono captado por la fotosíntesis representa la baja descomposición obtenida en las condiciones anaerobias (Hernández, 2010). Sin embargo, en la determinación de la Eficiencia Neta del Ecosistema según León (2016), indica que los bofedales de mejor condición, evidencia la mayor cantidad de plantas deseables para el ganado tales como *Distichia muscoides*, por lo que hay mayor consumo de los herbívoros,

lo cual ocasiona el escaso retorno de carbono al suelo y promueve una mayor incorporación de Nitrógeno soluble, lo cual mejora la relación C/N de la materia orgánica.

Según el estudio de Muñoz (2020), durante la época de lluvia y época seca en los puntos P-1, P-3, P-4 y P-5 presentaron Eficiencia Neta con un valor alto, lo que no ocurrió en el P-2, esto se debería principalmente a condiciones naturales del bofedal (degradado). Sin embargo, el resultado obtenido en la presente investigación durante la época húmeda y época seca y en todos los puntos evaluados presenta una Eficiencia Neta negativa, lo que explica la mayor cantidad de descomposición de biomasa. Por tanto, el bofedal de Piticocha 2 no está cumpliendo la función como sumidero de carbono. Esto puede deberse a los factores climatológicos (temperatura, humedad relativa, precipitación) o por el sobrepastoreo en la zona la que se evidencio durante el trabajo de campo como lo indica Palabral (2013).

Por tanto, la Eficiencia Neta del Ecosistema basada en biomasa, comprende la acumulación de carbono en el bofedal Piticocha 2; cuyo resultado presenta valores negativos. De todos los puntos evaluados P-1 = $-5,85 \text{ g/cm} \pm 2,82 \text{ g/cm}$, P-2 = $-1,86 \text{ g/cm} \pm 1,20 \text{ g/cm}$, P-3 = $-7,80 \text{ g/cm} \pm 4,13 \text{ g/cm}$ P-4 = $-1,91 \text{ g/cm} \pm 0,50 \text{ g/cm}$ y P-5 = $-1,78 \text{ g/cm} \pm 0,18 \text{ g/cm}$; los puntos de muestreo 1 y 3 ($-5,85 \pm 2,82 \text{ g/cm}$; $-7,80 \pm 4,13 \text{ g/cm}$ respectivamente) muestra una pérdida de biomasa más relevante, y tienen como especie dominante a *Distichia muscoides*; dichos resultados demostrarían una vez más que *Distichia muscoides* es una especie muy palatable para el ganado (Palabral, 2013).

CAPITULO V: CONCLUSIONES

1. El bofedal altoandino, sector Piticocha 2 presenta a *Distichia muscoides* de la familia Juncaceae como la especie de mayor dominancia en los puntos de muestreo, por lo tanto, es la especie que aporta la mayor cantidad de materia orgánica en el bofedal. Entre otras especies dominantes en el bofedal se encuentra *Cuatrecasasiella isernii*, *Hypochaeris taraxacoides*, *Calamagrostis rigescens* y *Aciachne pulvinata*, siendo las dos últimas especies que prosperan en áreas sobrepastoreadas.
2. La biomasa de la turba del Bofedal de Piticocha 2 muestra un coeficiente de determinación positivo entre su peso y la longitud de profundidad en los puntos muestreados. Además, la biomasa aérea que está determinada por el crecimiento de las plantas muestra que la biomasa almacenada es mínima en los intervalos superficiales en estas áreas. Por lo tanto, la Productividad Primaria Bruta de biomasa registra un valor promedio de 0,69 g/cm.
3. La Eficiencia Neta del Ecosistema basada en la acumulación de biomasa para el bofedal del sector Piticocha 2, es negativa para cada periodo de evaluación tanto en la época húmeda y la época seca, esto probablemente se deba al sobrepastoreo. Los resultados demuestran que los puntos donde domina la especie de *Distichia muscoides*, en los puntos 1 y 3 se registra una pérdida de biomasa más relevante ($-5,85 \pm 2,82$ g/cm, $-7,80 \pm 4,13$ g/cm respectivamente) por ser una especie muy palatable para el ganado.

CAPITULO VI: RECOMENDACIONES

1. En las investigaciones de captura de carbono se deberían tomar en cuenta el estado de conservación de los bofedales.
2. Realizar estudios de investigación sobre la calidad de materia orgánica que permite conocer el estado en el que se encuentra el carbono almacenado, con el fin de explicar si el carbono almacenado permanecerá en el tiempo.
3. Estudiar la química del agua del bofedal, que brindan importante información complementaria a las evaluaciones de la cobertura del bofedal y captura de carbono.
4. Usar estación meteorológica móvil en el bofedal, con el fin de registrar datos de los factores ambientales, como la temperatura, humedad relativa, precipitación, para conocer que variables ambientales que influyen en el desarrollo de las plantas.

REFERENCIAS

- Alegría, M., y Lillo, A. (2002). Protección Legal de los Humedales Altoandinos (Vegas y Bofedales) en Chile. *Conferencia Internacional Usos Múltiples del Agua: Para la Vida y el Desarrollo Sostenible*, 89-96.
- Alvis, T. (2018). *Almacenamiento de carbono en los humedales altoandinos del centro poblado Chalhuanca, Cayllomma*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.
- Andrade-Castañeda, H., Segura-Madrigal, M, y Rojas-Patiño, A. (2016). Carbono Orgánico del Suelo en Bosques Riparios, Arrozales y Pasturas En Piedras, Tolima. *Agronomía Mesoamericana*. 27 (2), 233-241. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v27i2.24359>
- Autoridad Binacional del Lago Titicaca. (2001). Determinar la Capacidad de Carga de los Bofedales para la Alpaca en el Ámbito Peruano. *Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente*, 8 (22), 312-334.
- Ayala, L., Villa, M., Aguirre, Z., y Aguirre, N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *CEDAMAZ*, 4 (1), 45-52.
- Barrales, E. (2013). *Balance de carbono y tasa de descomposición de mantillo y horizontes de fermentación de suelos forestales*. (Tesis de maestría). Colegio de Postgraduados, Institución de enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Montecillo, México.
- Blanco, D., y De la Balze, V. (2004). *Los Turbales de la Patagonia Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad*. Argentina, Buenos Aires: Wetlands International.
- Bekku, Y., Koizumi, H., Oikawa, T., y Iwaki, H. (1997). Examination of four methods for measuring soil respiration. *Applied Soil Ecology*. 5 (4), 247–254.
- Calvo, V. (2016). *Marco conceptual y metodológico para estimar el estado de salud de bofedales de alta montaña* (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.
- Cooper, D., Kaczynski, K. Shayback, D., y Yager, K. (2015). Growth and organic carbon production in peatlands dominated by *Distichia muscoides*, Bolivia, South America,

- Flores, M., Alegria, J., y Granda, A. (2005). Diversidad florística asociada a las lagunas andinas Pomacocha y Habascocha, Junín, Perú. *Revista Perú biología*, 12 (1), 125-134.
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz, C., Encina, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça, M., Montanarella, L., Muñiz, O., Schad, P., Vara, M., y Vargas, R. (2014). Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. *Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995 Luxembourg*, 1-176. [10.2788/37334](https://doi.org/10.2788/37334)
- Gonnet, J., Lopez, C., Aranibar, D., y Lictévout, E. (2016). *Manual Introductorio al Manejo de Vegas y Bofedales Mediante Prácticas Tradicionales de Culturas Andinas en el Norte de Chile*. Chile: Corporación Norte Grande.
- González, P., Suni M., Deanna, R., Scaldaferrero, M., Castañeda, E., Ramirez, D., Valencia, N., y Cano, A. (2016). Biología reproductiva y citogenética de *distichia muscoides* (Juncaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 51(7), 123-133. [10.31055/1851.2372.v51.n1.14422](https://doi.org/10.31055/1851.2372.v51.n1.14422)
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC]. (2001a). *Cambio Climático 2001: La Base Científica*. Contribución del Grupo de trabajo I al Tercer Informe de Evaluación.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC]. (2001b). *Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Contribución del Grupo de trabajo II al Tercer Informe de Evaluación.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC]. (2007). *Informe de Síntesis*. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC]. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de Síntesis*. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático.
- Hernández, M. E. (2010). Suelos de humedales como sumideros de Carbono y Fuentes de Metano. *Terra Latinoamericana*, 28 (19), 139-147.

- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación Sexta Edición*. México: McGraw-Hill.
- Ibrahim, M., Chacon, M., Cuertas, C., Naranjo, J., Ponce, G., Vega, P., Casasola, F., y Rojas, J. (2006). Almacenamiento de Carbono en el Suelo y en la Biomasa Arbórea en Sistemas de Usos de la Tierra en Paisaje Ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Americas*, 45, 27-36.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA]. (2006). *Plan Maestro de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabamba (2006 – 2011)*. Intendencia de Áreas Naturales Protegidas – IANP, Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007). *XI Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2007*. Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Knapp, E., Schwilk, D., Kane, J., y Keeley, J., (2007). Role of burning season on initial understory vegetation response to prescribed fire in a mixed conifer forest. *Can. J. For. Res.* 8 (37), 11-22. [10.1139/X06-200](https://doi.org/10.1139/X06-200)
- Lazcano, C. (2003). *Taller de Biología y Tratamiento de las Aguas residuales*. México: Trillas.
- León, L. (2016). *Reserva de Carbono en bofedales y su relación con la florística y condición de pastizal*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- López, G. (2015). *Valoración Económica del Servicio Ambiental de Captura de Carbono en el Fundo Violeta (Distrito De Tahuamanu – Madre De Dios)*. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- MacClellan, M. (2011). Carbon Content in Oregon Tidal Wetland Soils. *Cooperative Institute for Coastal and Estuarine Environmental Technology (CICEET)*.
- Maldonado, F. (2010). *Comportamiento de la Vegetación de Bofedales Influenciados por Actividades Antrópicas*. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Maldonado, F. (2014). Introducción a los bofedales de la región Altoandina peruana. *Mires and Peat*, 15, 1-13.

- Medrano, R., Chupan, L., y Vila, M. (2012). Almacenamiento de Carbono en Especies Predominantes de Flora en el Lago Chinchaycocha. *Apuntes de ciencia y sociedad*, 2 (2), 110-117.
- Meneses, R., Ortuño, T., Herrera, S., Domic, A., Palabral, A., y Zeballos, G. (2015). Bofedales altoandinos. *Museo Nacional de Historia Natural*. 190-205.
- Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero, [SAG]. (2006). Conceptos y Criterios para la Evolución Ambiental de Humedales. *Centro de Ecología Aplicada Ltda.* 1-81.
- Ministerio Nacional del Ambiente, [MINAM]. (2010). El Perú y el Cambio Climático. Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 2010.
- Moreno, T., Cerón, J., Cerón, R., Guerra, J., Amador, L., y Endañu, E. (2010). Estimación del Potencial de Carbono en Suelos de Manglar de Islas del Carmen. *Unacar Tecnociencia*, 4 (1) 23-39.
- Moreno, E., Guerrero, A., Gutiérrez, M., Ortiz, C., y Palma, D. (2002). Los Manglares de Tabasco, una reserva natural de Carbono. *Madera y Bosques*. 115-128.
- Muñoz (2020). *Evaluación de la Eficiencia Neta mediante la acumulación de carbono, en base a la biomasa en el bofedal sector Huachipampa Nor Yauyos, Lima*. (Tesis de grado). Universidad Católica Sedes Sapientiae, Huaura, Perú.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (1996). *Cambio climático, bosques y ordenación forestal: una visión de conjunto*. Roma, Italia.
- Palabral, A. (2013). *Relación de la Composición Florística y su Biomasa Subterránea con las Variables Hidrológicas en Bofedales de Sajama, Bolivia*.
- Palomino, D. (2007). *Estimación del Servicio Ambiental de Captura del CO₂ en la Flora de los Humedales de Puerto Viejo*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

- Piñeiro, G., Paruelo, J., Jobbágy, E. y Oesterheld, R. (2006). Grazing effects on belowground C and N stocks along a network of cattle exclosures in temperate and subtropical grasslands of South America. *Global biochemical cycles* 23.
- Roberts, S., Smith, O., y Adams, O. (1993). Green Vegetation, Nonphotosynthetic Vegetation, and Soils in AVIRIS Data. *Remote Sensing of Environment*, 44, 255-269.
- Roa, M., y Brown, S. (2016). Caracterización de la Acumulación de Carbono en Pequeños Humedales Andinos en la Cuenca Alta del Río Barbas (Quindío, Colombia). *Caldasia*. 38 (1), 117-135. <http://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v38n1.57833>
- Rueda, F., Peñaranda, L., Velásquez, W., y Díaz, S. (2015). Aplicación de una metodología de análisis de datos obtenidos por percepción remota orientados a la estimación de la productividad de caña para panela al cuantificar el NDVI (índice de vegetación de diferencia normalizada). *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu*, 16 (1), 25-40.
- Rueda, J., Benavides, J., y Duque, A. (2015). Protocolo de monitoreo de ciclo del carbono en alta montaña. *Contrato interadministrativo*, 109.
- Salas, R., y Infante, A. (2006). Producción Primaria Neta Área en Algunos Ecosistemas y Estimaciones de Biomasa en Plantaciones Forestales. *Rev. For*, 8 (7), 47-70.
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, [SERNANP]. (2016). *Plan Maestro Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochis 2016-2020*. Lima, Perú.
- Suárez, D., Acurio, C., Chimbolema, S., y Aguirre, X. (2016). Análisis del Carbono Secuestrado en Humedales Altoandinos de Dos Áreas Protegidas del Ecuador. *Ecología Aplicada*. 19 (15), 171-177. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.756>
- Torres, R., Ramirez, A., y Najib, F. (2013). Los Manglares de Veracruz: Potencial de Captura de Carbono. *Fundación ADO*.
- Turetsky, M., Manning, S., y Wieder, K. (2004). Dating recent peat deposits. *Wetlands*, 24 (2), 324-356.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, [IUCN]. (2012). *Adaptación Basada en Ecosistemas: Una Respuesta al Cambio Climático*. Quito: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

- Valdés, E., Valdez, J., Ordaz, V., Gallardo, J., Perez, J., y Ayala, C. (2011). Evaluación del Carbono Orgánico en Suelos de los Manglares de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2 (8), 47-58.
- Valdez, M., González, G., Morales, R., y Bolaños, R. (2016). Reserva de carbono en biomasa forestal y suelos minerales en el Parque Nacional Malinche (México). *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*. 25 (1), 207-215. [10.15446/rcdg.v25n1.40382](https://doi.org/10.15446/rcdg.v25n1.40382)
- Villares, E. (2012). *Valoración Económica de Agua y Carbono Almacenado en los Bofedales de Mechahuasca y Paylacocha en la Reserva Chimborazo*. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Villanueva, R. (2011). *Los impactos del cambio climático en las funciones hidrológicas de la cuenca del río Santa*. Perú, Huaraz: Biblioteca Nacional del Perú.
- Yaranga, R., y Custodio, M. (2013). Almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos. *Scientia Agropecuaria*, 10 (4), 313-319.
- Zanabria, R. y Cuellar, E. (2015). Carbono total almacenado en los depósitos de diferentes sistemas de uso de tierra del ecosistema alto andino, valle del Mantaro, Junín. *Xilema*, 28 (10), 43-52.

TERMINOLOGIA

- a) **Biomasa:** Total de materia orgánica almacenada en energía química mediante la fotosíntesis de una planta (raíz, tallo, hojas). Parte de esta energía queda como materia orgánica almacenando carbono, refiere Torres *et al.* (2013).

- b) **Capacidad de almacenamiento de Carbono edáfico:** Cantidad máxima de carbono que un suelo puede absorber en condiciones determinadas, el valor es variable en el tiempo en función de la humedad del suelo, el material que constituye el suelo, y la mayor o menor compactación que tiene el mismo (Lazcano, 2003).

- c) **Ciclo de Carbono:** El aire atmosférico está formado por dióxido de carbono (CO₂), que es utilizado en la fotosíntesis por las plantas, algas y bacterias, que incorporan este carbono al ciclo en forma de carbohidratos (C₆H₁₂O₆). Posteriormente son transformados en proteínas y grasas, que sirven de alimento a los herbívoros y carnívoros, y estos a su vez a los omnívoros de la red trófica; una vez muertos estos organismos las bacterias y hongos descomponedores incorporando el CO₂ al aire, mediante la respiración, fermentación y putrefacción. Las plantas, animales y bacterias aeróbicas, cuando respiran incorporan CO₂ al aire (Lazcano, 2003).

- d) **Dióxido de Carbono (CO₂):** Gas que se genera de forma natural y como subproducto de la combustión de combustibles fósiles y quema de biomasa, cambios de uso de tierras y otros procesos industriales. Es uno de los principales gases de efecto invernadero antropogénico que afecta al equilibrio de radiación del planeta. Es el gas de referencia frente al que se miden otros gases de efecto invernadero, por lo tanto, tiene un potencial de calentamiento mundial (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2001b).

- e) **Ecosistema:** Son sistemas que representan parcialmente la naturaleza, constituidos por elementos bióticos y abióticos que interactúan equitativamente en el tiempo y el espacio (Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero [SAG], 2006).

- f) Fotosíntesis:** Proceso mediante el cual el carbono se deposita en el follaje, los tallos, sistemas radiculares y principalmente en el tejido leñoso de los troncos y en las ramas principales de los árboles. Debido a la longevidad de la mayoría de los árboles y a su tamaño relativamente grande. Donde según Palomino (2007), los árboles y los bosques son almacenes de carbono.
- g) Humedal:** Los humedales son zonas donde interactúan los sistemas acuáticos y terrestres, cuya área superficial es inundada de manera temporal o permanente, estando sujetas o no a la influencia de mareas. Los humedales son considerados como sumideros de CO₂, ya que las plantas de estos sistemas, toma el gas de la atmósfera y lo convierten en carbono orgánico ello mediante la fotosíntesis, Hernández (2010).
- h) Parámetro:** Un parámetro es el dato que se considera indispensable y orientativo para evaluar o valorar una determinada situación. Determinada circunstancia puede comprenderse o ubicarse en perspectiva a partir de un parámetro, sostiene Hernández *et al.* (2014).
- i) Resiliencia:** La resiliencia está definido como la capacidad que tiene un sistema social o ecológico de absorber perturbaciones sin perder su estructura básica o sus formas de desempeño, su capacidad de auto organización o la capacidad de adaptación al estrés y al cambio (IPCC, 2007).
- j) Sumidero:** Proceso, actividad o mecanismo que aísla un gas de efecto invernadero presente en la atmosfera, como un aerosol, o un precursor del gas de efecto invernadero (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2014).

APÉNDICES

Apéndice 1: Puntos de muestreo

Tabla 18

Coordenadas de puntos de Muestreo

Puntos	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
Punto N°1	387523	8665992
Punto N°2	387400	8666047
Punto N°3	387315	8666085
Punto N°4	387685	8665736
Punto N°5	387884	8065730

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 2: Representación fotográfica de la investigación fase preliminar



Figura 27. Área de estudio Piticocha 2. *Fuente:* Elaboración propia.

Apéndice 3: Toma de muestra en la fase de campo



Figura 28. Extracción de muestra terrestre. Fuente: Elaboración propia.



Figura 29. Extracción de muestra por box core. Fuente: Elaboración propia.



Figura 30. Reinstalación de muestra extraída por el box core. *Fuente:* Elaboración propia.



Figura 31. Instalación de alambre. *Fuente:* Elaboración propia.



Figura 32. Monitoreo de cobertura vegetal. *Fuente:* Elaboración propia.



Figura 33. Extracción de muestras reinstaladas, en 5 tiempos. *Fuente:* Elaboración propia.



Figura 34. Traslado de muestras con su respectivo rotulo. *Fuente:* Elaboración propia.

Apéndice 4: Representación fotográfica de la fase de gabinete

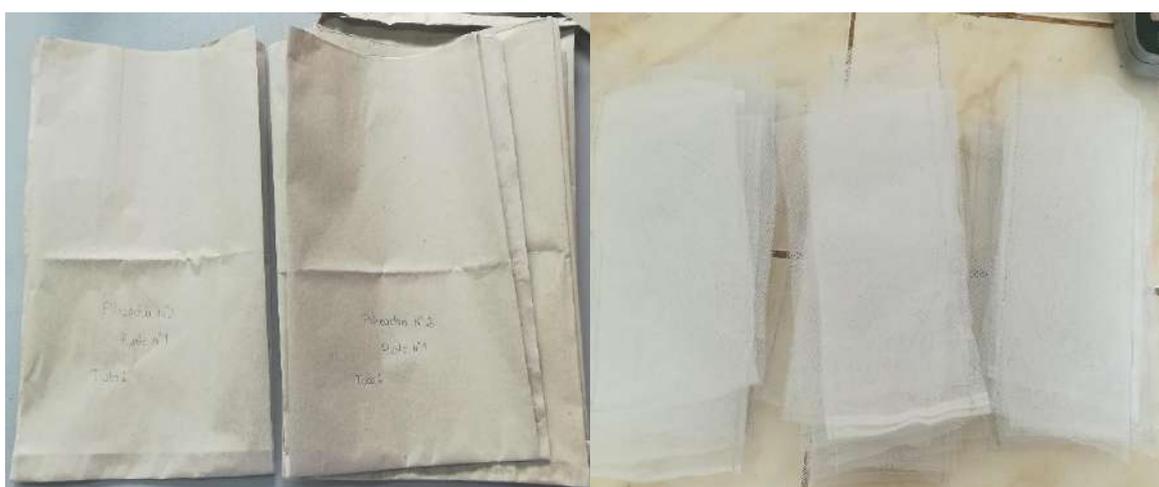


Figura 35. Elaboración de Bolsitas. *Fuente:* Elaboración propia.



Figura 36. Secado de muestras. Fuente: Elaboración propia.



Figura 37. Pesaje de muestras. Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 5. Representación fotográfica de Pastoreo en el área de Investigación



Figura 38. Pastoreo de Camélidos. Fuente: Elaboración propia.