

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA



Evaluación de la eficiencia neta del ecosistema basada en biomasa, en el bofedal de Piticocha, San Lorenzo de Quinti, Lima

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

AUTORES

Alejandro Ángel Aliaga Orosco

Allison Tatiana Vega Loly

ASESORES

Wilfredo Mendoza Caballero

Eduardo Oyague Passuni

Tarma, Perú

2021

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° 016 - 2022/UCSS/FIA/DI

Siendo las 11:00 a. m. del día 17 de marzo de 2022 - Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis, integrado por:

- | | |
|---------------------------------------|-----------------|
| 1. Jorge Luis López Bulnes | presidente |
| 2. Norma Luz Quinteros Camacho | primer Miembro |
| 3. Mirton Enrique Crisólogo Rodríguez | segundo Miembro |
| 4. Wilfredo Mendoza Caballero | asesor |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada **Evaluación de la eficiencia neta del ecosistema basada en biomasa, en el bofedal de Piticocha, San Lorenzo de Quinti, Lima** que presentan los bachilleres en Ciencias Ambientales, **Alejandro Ángel Aliaga OroSCO y Allison Tatiana Vega Loly** 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**.

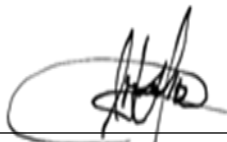
Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado acuerda:

APROBAR

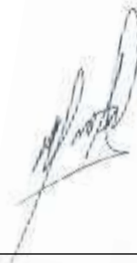
DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **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, 17 de marzo de 2022.



Jorge Luis López Bulnes
PRESIDENTE



Norma Luz Quinteros Camacho
1° MIEMBRO



Mirton Enrique Crisólogo Rodríguez
2° MIEMBRO



Wilfredo Mendoza Caballero
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme la vida, mi familia y las virtudes que tengo.

A la Virgen María, por darme su bendición, protegerme ante la adversidad e iluminar mi fe.

A mi familia: por el apoyo constante, paciencia a lo largo de la existencia a su lado, por enseñarme a seguir adelante ante la adversidad, superar los peores momentos y saber escuchar.

A todas las personas que forman parte de mi vida, de manera indirecta o directa, que enseñan a no darse por vencido.

Alejandro Angel Aliaga Orosco

Dedicado a mi Familia, mi papá Percy Vega, mi mamá Mariela Loly, mis hermanos Renato Vega, Adrián Vega y Erika Loly, y mi novio Jhony Sánchez, quienes son el principal motivo para lograr mis metas.

A mi prima Leslie Mendoza por su apoyo incondicional y permitirme hacer realidad este logro.

A Dios, por ponerme a las personas correctas y maravillosas en mi camino.

Allison Tatiana Vega Loly

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por mantener la esperanza dentro de nosotros.

A nuestras familias, por la paciencia y apoyo contante.

A nuestros asesores Wilfredo Mendoza, Armando Mendoza y Norma Quinteros, por sus conocimientos y experiencia que encaminaron a terminar la tesis.

Al asesor Eduardo Oyague, por orientarnos con la asesoría necesaria en temas nuevos y brindar su consejo como profesional.

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

Al profesor Miguel Ángel Ramírez, por brindarnos el apoyo en la metodología y en la redacción de la tesis.

Al Ing. Martín Enrique Crisólogo, por el apoyo en la elaboración de la cartografía de la zona de estudio.

A todos nuestros maestros, por concedernos las herramientas necesarias para la formación profesional.

A la Universidad Católica Sedes Sapientiae, por darnos una formación integra en conocimientos.

A los contratiempos, por enseñarnos a ser más fuertes y perseverar aún más.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
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	10
1.2.1. Bofedales	10
1.2.2. Tipos de bofedales	12
1.2.3. Fotosíntesis y respiración	14
1.2.4. Captura de carbono	15
1.2.5. Productores	15
1.2.6. Cambio climático	16
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	18
2.1. Diseño de la investigación	18
2.2. Lugar y fecha	19
2.3. Población y muestra	21
2.4. Técnicas e instrumentos	22
Estimación de la eficiencia neta del ecosistema basada en biomasa (ENEB)	22
2.5. Descripción del experimento	25
2.5.1. Fase de crecimiento de la vegetación del bofedal (biomasa aérea)	25

2.5.2. Fase de determinación de la biomasa de turba	26
2.5.3. Fase de descomposición de la turba.....	28
2.5.4. Fase de trabajo de base de datos	31
2.6. Identificación de las variables y su mensuración	31
2.7. Análisis estadístico de datos	32
2.8. Materiales	23
Material de campo	23
Servicios de campo.....	24
Material de gabinete	24
Equipos	24
CAPÍTULO III: RESULTADOS	33
3.1. Resultado de la Productividad Primaria Neta (PPN).....	33
3.1.1. Del crecimiento de la biomasa aérea de la turba del bofedal de Piticocha Sector 3... ..	33
3.1.2. Resultado de biomasa de turba	34
3.1.3. Resultado del ingreso neto de biomasa al sistema o Producción primaria neta (PPN)	38
3.2. Resultado de la biomasa por descomposición de la turba en el bofedal.....	39
3.3. Eficiencia Neta Basada en la Biomasa	51
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN.....	58
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	62
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS	64
TERMINOLOGÍA	72
APÉNDICES	74

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Ubicación de los puntos de muestreo</i>	21
Tabla 2. <i>Cronograma de recolección de datos del crecimiento de la vegetación</i>	25
Tabla 3. <i>Cronograma de recolección de datos de núcleos de turba</i>	31
Tabla 4. <i>Matriz de operacionalización de las variables</i>	31
Tabla 5. <i>Altura del crecimiento acumulativo de la vegetación</i>	34
Tabla 6. <i>Peso de biomasa según profundidad</i>	35
Tabla 7. <i>Ecuación polinomial por punto de muestreo</i>	36
Tabla 8. <i>Productividad Primeria Neta (PPN)</i>	39
Tabla 9. <i>Peso inicial del punto 1</i>	40
Tabla 10. <i>Peso final del punto 1</i>	41
Tabla 11. <i>Descomposición del punto 1</i>	41
Tabla 12. <i>Peso inicial del punto 2</i>	42
Tabla 13. <i>Peso final del punto 2</i>	43
Tabla 14. <i>Descomposición del punto 2</i>	44
Tabla 15. <i>Peso inicial del punto 3</i>	45
Tabla 16. <i>Peso final del punto 3</i>	45
Tabla 17. <i>Descomposición del punto 3</i>	46
Tabla 18. <i>Peso inicial del punto 4</i>	47
Tabla 19. <i>Peso final del punto 4</i>	47
Tabla 20. <i>Descomposición del punto 4</i>	48
Tabla 21. <i>Peso inicial del punto 5</i>	49
Tabla 22. <i>Peso final del punto 5</i>	49
Tabla 23. <i>Descomposición del punto 5</i>	50
Tabla 24. <i>Descomposición de biomasa</i>	51
Tabla 25. <i>ENEb de las submuestras del punto 1</i>	51
Tabla 26. <i>ENEb de las submuestras del punto 2</i>	52
Tabla 27. <i>ENEb de las submuestras del punto 3</i>	53
Tabla 28. <i>ENEb de las submuestras del punto 4</i>	54
Tabla 29. <i>ENEb de las submuestras del punto 5</i>	55

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Mapa del área de estudio de Piticocha – Sector 3.	20
<i>Figura 2.</i> Puntos de muestro de Piticocha –Sector 3.....	21
<i>Figura 3.</i> Representación de la medición del crecimiento vegetal.....	26
<i>Figura 4.</i> Representación de muestras de turba de diferente profundidad.....	26
<i>Figura 5.</i> Secado de las muestras en la estufa.....	27
<i>Figura 6.</i> Representación de extracción de turba.	28
<i>Figura 7.</i> Instalación de los tubos de 2 pulgadas en las áreas de donde se extrajeron las muestras.	29
<i>Figura 8.</i> Representación de la fragmentación del núcleo de turba	30
<i>Figura 9.</i> Reinstalación de muestras.	30
<i>Figura 10.</i> Gráfico de crecimiento de biomasa.	34
<i>Figura 11.</i> Gráfico de Línea de tendencia del Punto 1.....	36
<i>Figura 12.</i> Gráfico de Línea de tendencia del Punto 2.....	37
<i>Figura 13.</i> Gráfico de Línea de tendencia del Punto 3.....	37
<i>Figura 14.</i> Gráfico de Línea de tendencia del Punto 4.....	37
<i>Figura 15.</i> Gráfico de Línea de tendencia del Punto 5.....	38
<i>Figura 16.</i> Gráfico de Productividad Primaria Neta	39
<i>Figura 17.</i> Gráfico de diferencias de los pesos totales de las muestras del Punto 1	42
<i>Figura 18.</i> Gráfico de diferencias de los pesos totales de las muestras del Punto 2.....	44
<i>Figura 19.</i> Gráfico de diferencias de los pesos totales de las muestras del Punto 3.....	46
<i>Figura 20.</i> Gráfico de diferencias de los pesos totales de las muestras del Punto 4.	48
<i>Figura 21.</i> Gráfico de diferencias de los pesos totales de las muestras del Punto 5.....	50
<i>Figura 22.</i> Gráfico de ENEb del punto 1.	52
<i>Figura 23.</i> Gráfico de ENEb del punto 2.	53
<i>Figura 24.</i> Gráfico de ENEb del punto 3.	54
<i>Figura 25.</i> Gráfico de ENEb del punto 4.	55
<i>Figura 26.</i> Gráfico de ENEb del punto 5.	56
<i>Figura 27.</i> ENEb promedio.	57

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Matriz de consistencia.....	74
Apéndice 2. Mapa de departamental de ubicación.....	75
Apéndice 3. Mapa de provincial de ubicación	76
Apéndice 4. Fotografías.....	77

RESUMEN

Los bofedales son humedales altoandinos que constituyen una importante fuente de agua; también cumplen la función de almacenar el CO₂ en la turba. El estudio se realizó en los humedales de la zona de Pitococha - Sector 3 se ubica en la zona de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas en la región Lima. El propósito de la investigación fue determinar la eficiencia neta del ecosistema en función de la biomasa. En este sentido, la metodología consistió en ubicar 5 puntos de muestreo aleatorios, considerando la homogeneidad y estratificación de las especies vegetales en dos estaciones: seca y húmeda. En primer lugar, se evaluó la Productividad Primaria Neta y, en segundo lugar, se obtuvo la descomposición de la turba. La Productividad Primaria Neta se encontró mediante una regresión polinomial que generó la relación biomasa-crecimiento vegetal; mientras que en descomposición se utilizó el peso inicial y final de la turba en época seca y época húmeda durante un período de 6 meses. Finalmente, la Eficiencia Neta del Bofedal se obtuvo mediante la diferencia entre la Productividad Primaria Neta y la descomposición de la turba. En cuanto a los resultados de biomasa terrestre se encontraron entre los 0,63 g a 53,48 g; los resultados de la regresión polinomial obtuvieron rangos de $R^2 = 0,70$ a $0,92$; así también se obtuvo valores de crecimiento de la vegetación, de 0,15 cm a 1,25 cm. A partir de estos dos resultados, se obtuvo la Productividad Primaria Neta, con 0,026 a 0,068 g/cm² en la estación seca y de 0,045 a 0,371 g/cm² en la estación húmeda. Paralelamente, el resultado de la descomposición de la turba fue de 0,17 g/cm² al mes de muestreado y alcanzó los 0,90 g/cm² a los 6 meses. El resultado final de ENEb fue -0,446 g/cm² indicando presenta mayor descomposición de biomasa que acumulación generada por la calidad y estado de conservación del bofedal.

Palabras clave: biomasa, bofedal, pérdida de biomasa, turba, eficiencia neta.

ABSTRACT

The bofedales are high Andean wetlands that constitute an important source of water; they also fulfill the function of storing CO₂ in the peat. The study was carried out in the wetlands of the Pitococha area - Sector 3 is located in the area of the Nor Yauyos Cochas Landscape Reserve in the Lima region. The purpose of the research was to determine the net efficiency of the ecosystem as a function of biomass. In this sense, the methodology consisted of locating 5 random sampling points, considering the homogeneity and stratification of plant species in two seasons: dry and wet. Firstly, the Net Primary Productivity was evaluated and, secondly, the decomposition of the peat was obtained. The Net Primary Productivity was found through a polynomial regression that generated the biomass-plant growth relationship; while in decomposition the initial and final weight of the peat was used in the dry season and wet season for a period of 6 months. Finally, the Net Efficiency of the Bofedal was obtained through the difference between the Net Primary Productivity and the decomposition of the peat. Regarding the results of terrestrial biomass, they were found between 0.63 g to 53.48 g; the results of the polynomial regression obtained ranges from $R^2 = 0.70$ to 0.92; thus, values of vegetation growth were also obtained, from 0.15 cm to 1.25 cm. From these two results, the Net Primary Productivity was obtained, with 0.026 to 0.068 g/cm² in the dry season and 0.045 to 0.371 g/cm² in the wet season. At the same time, the result of peat decomposition was 0.17 g/cm² after one month of sampling and reached 0.90 g/cm² after 6 months. The final result of ENEb was - 0.446 g/cm², indicating greater biomass decomposition than accumulation generated by the quality and conservation status of the bofedal.

Keywords: biomass, bofedal, biomass loss, peat, net efficiency.

INTRODUCCIÓN

Los humedales son formaciones vegetales con aguas poco profundas que se desarrollan en zonas de transición de ecosistemas terrestres y acuáticos. Estas áreas están inundadas debido a que tienen una cercanía al recorrido del agua como ríos, lagos o agua subterránea, siendo el agua el factor vital que influenciará la flora y fauna (Convención de Ramsar, 2013). Los bofedales son humedales altoandinos y constituyen una importante fuente hídrica y de productividad primaria para la biomasa. Estos hábitats pueden ser afectados por la actividad antrópica generada por el cambio de uso del suelo como la agricultura, el sobrepastoreo y la ganadería; así como efectos del cambio climático (cambio de patrones del clima) (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2015; Mogrovejo, 2012).

De acuerdo al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas, uno de los ecosistemas más vulnerables al cambio climático son los bofedales, en ese contexto es necesario brindar información actualizada sobre los bofedales, en especial en áreas protegidas (Bergkamp y Orlando, 1999).

En el Perú se ubican 13 humedales de Importancia Internacional o sitios RAMSAR; de los 13 sitios, ocho que se encuentran custodiados por el Servicio Nacional de Áreas Protegidas – SERNANP (Cáceres, 2013). Se resalta a los humedales altoandinos del Perú como el páramo, la puna con bofedales y turberas, y algunos bosques ubicados a partir de 3 800 m s. n. m. (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016) tienen la característica de almacenar y regular agua de la precipitación pluvial a través del suelo (Uriarte *et al.*, 2013).

La extinción de especies o pérdida de biodiversidad se genera conforme el clima cambia a nivel local, regional y global; las especies más susceptibles son las más afectadas. La preocupación por la pérdida de biodiversidad es constante porque esto implica la pérdida de bienes y servicios ambientales para nosotros, es así como nace la necesidad de buscar soluciones sostenibles, como la educación ambiental para conocer los bienes y servicios del

entorno natural para preservarlo; y los bonos de carbono para conservar un área natural a cambio de un incentivo económico (Kaeslin *et al.*, 2013; Mitsch y Gosselink, 2000).

De acuerdo con lo expuesto, la presente investigación tiene la finalidad de demostrar la Eficiencia Neta del Ecosistema basada en la biomasa en el bofedal de Piticocha - Sector 3, que se encuentra dentro de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (R.P.N.Y.C.). Con esta finalidad se estimó la Productividad Primaria Neta en función de la biomasa terrestre y la biomasa aérea (crecimiento vegetal). Asimismo, se midió los niveles de descomposición de la turba y se logró medir la Eficiencia Net, es importante conocer el cumplimiento de la turba en su función como fijador de carbono.

Para el estudio se estructuró 6 capítulos. En el capítulo I “Marco Teórico” brinda información de los antecedentes y conceptos que permitan cumplir con el objetivo. En el capítulo II “Materiales y método” describe cómo se realizó la investigación. El capítulo III “Resultados” donde presenta cada uno de los resultados obtenidos de acuerdo a la metodología implementada. El capítulo IV “Discusiones” el cual se analizó los resultados obtenidos comparándolos con las bases teóricas. El capítulo V “Conclusiones” expresa los descubrimientos relevantes de la investigación. Finalmente, el capítulo VI de “Recomendaciones” presentan las ideas complementarias a la investigación.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar la eficiencia neta del ecosistema basada en biomasa, en el bofedal de Piticocha - Sector 3.

Objetivos específicos

- Demostrar la biomasa aérea de la turba del bofedal de Piticocha - Sector 3.
- Determinar el ingreso neto de biomasa al sistema o Producción primaria neta (PPN).
- Determinar la biomasa por descomposición de la turba en el bofedal.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Muñoz (2020) investigó la eficiencia neta mediante la acumulación de carbono en base a la biomasa del bofedal. El objetivo fue evaluar la Eficiencia Neta en base de la biomasa del Bofedal de Huachipampa. El diseño del experimento fue de tipo descriptivo no experimental. La población fue el bofedal del sector Huachipampa y las unidades de muestreo fueron la biomasa terrestre, biomasa aérea y la turba en descomposición. La variable independiente fue la biomasa. Primero evaluó la productividad primaria para los 5 puntos, en donde las muestras fueron divididas en diferentes profundidades de 1 a 10 cm, estas fueron secadas en la estufa a 80 °C por 24 horas y registró el peso seco para la ecuación de regresión lineal. En segundo lugar, midió el crecimiento vegetal continuo en los meses de diciembre a junio. Por último, obtuvo la descomposición de la biomasa realizando 5 extracciones con un Core por cada punto de muestreo, para el peso inicial, las muestras fueron secadas a una temperatura de 60 °C por 48 horas. El peso final fue obtenido con la reinstalación de las muestras en los puntos de muestreo y pesados en diferentes períodos. El autor obtuvo un coeficiente R^2 cercano a la unidad, desde 0,78 hasta R^2 de 0,94, relación entre la longitud y biomasa. Asimismo, con los datos de crecimiento de la vegetación, obtuvo que el punto de muestreo 2 presentó bajo valor acumulativo de biomasa, donde registró valores de $-0,08 \text{ g/cm}^2$ a $0,01 \text{ g/cm}^2$. En cuanto a los resultados de la descomposición de la biomasa (turba), el autor identificó los valores de descomposición que fueron desde los $1,74$ a $0,59 \text{ g/cm}^2$. Por último, los resultados de la Eficiencia Neta indicaron que únicamente el P-2 obtuvo mayor descomposición que acumulación de biomasa que fue de $3,13 \text{ g/cm}^2$. Todos los datos fueron organizados y operados en Microsoft Excel. El autor concluyó que la acumulación de la biomasa terrestre y aérea no fue afectada por la época húmeda o época seca; sin embargo, presentó impacto por la ubicación de los puntos de muestreo. Asimismo, el bofedal cumple con la función de acumular CO_2 en la biomasa, representado un impacto positivo para la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cocha.

Barra (2019) realizó el estudio de captura de carbono por la vegetación en el bofedal de Moya, tuvo como objetivo capturar el carbono del bofedal. El estudio fue de tipo descriptivo no experimental. La variable independiente fueron las especies presentes en el bofedal y la variable dependiente fue el porcentaje de carbono por especie. La población fue el bofedal y las muestras fueron la biomasa aérea (tallos y hojas) y biomasa terrestre (raíces). En cada punto de muestreo realizó el método del cuadrante de 1 x 1 m para la recolección de la muestra. Los puntos de muestreo fueron 4, en cada uno recolectó 5 veces la biomasa cada 15 días. Una vez recolectada la biomasa húmeda fue pesada, luego fue molida y secada en una estufa a 45 °C y obtuvo el peso seco de la biomasa; por último, empleó la fórmula de porcentaje de materia orgánica. Para el diseño experimental empleó ANDEVA factorial para la correlación de los datos obtenidos entre la vegetación y los meses, mientras que la prueba de Tukey fue aplicada para la diferencia de meses y especies de plantas en el programa Minitab. El resultado de biomasa húmeda promedio en el mes de enero fue de 344,24 g, febrero con 351 g y marzo con 392,43 g; la biomasa seca promedio en el mes de enero fue de 44,78 g, febrero con 38,37 g y marzo con 46,34 g. El autor concluyó que el bofedal de Moya obtuvo el mayor porcentaje de biomasa en los meses de marzo, enero y febrero.

Mita (2019) estudió la evaluación de la captura de carbono en los bofedales de la laguna de Conococha en base a la especie de flora predominante en la provincia de Recuay, y tuvo como objetivo evaluar la capacidad de captura de carbono de los bofedales de la laguna. El estudio fue de tipo descriptivo no experimental. La variable independiente fue la biomasa de las especies presentes en el bofedal y la variable dependiente fue el porcentaje de carbono por especie. La población fue los 2 bofedales de Conococha y las muestras fueron la biomasa aérea (tallos y hojas) y biomasa terrestre (raíces) en base a la especie predominante. El autor realizó 20 transectos en cada bofedal de los cuales fueron elegidos 5 aleatoriamente, en cada transecto consideró parcelas de 25 x 4 m de forma rectangular, y delimitó 2 cuadrantes con una medida de 1 m² en las esquinas opuestas, por último, en cada cuadrante delimitó un área de 50 cm² para la obtención de datos de la muestra radicular. La biomasa del suelo lo obtuvo de la muestra de suelo de 0 a 25 cm y de 0 a 50 cm de profundidad. En el caso de biomasa aérea (arbustiva y herbácea) de 2,5 cm de diámetro, fue calculado por la extracción de 2 cuadrantes de 1 m² en cada parcela establecida, la vegetación fue cortada a nivel del suelo y almacenado para el registró el peso húmedo, posteriormente se secó a 75 °C y obtuvo el peso de biomasa seca. En cuanto a la biomasa subterránea, utilizó un área de 50 cm² donde fueron

recolectadas las raíces vivas y muertas para registrar el peso húmedo, posteriormente el peso seco fue obtenido en una estufa a 75 °C. Con los datos de biomasa aérea y terrestre calculó la biomasa vegetal, biomasa arbustiva, biomasa subterránea y el carbono total. Todos los datos fueron organizados y operados en Microsoft Excel. El resultado de biomasa húmeda como promedio fue 116,9 g y la biomasa seca como promedio 49,7 g en el bofedal 1, la biomasa húmeda como promedio fue 69,4 g y la biomasa seca como promedio 40,5 g en el bofedal 2. El autor concluyó que en el bofedal 1 obtuvo mayor biomasa/hectárea, por consiguiente, capturó mayor carbono, pero el área es menor en comparación con el bofedal 2, que presentó menor biomasa/hectárea, pero cuenta con mayor área.

Alvis (2018) estudió el almacenamiento de carbono en los humedales altoandinos de Caylloma en la región Arequipa, Perú; el estudio tuvo como objetivo estimar el contenido de carbono en los humedales en el centro poblado Chalhuanca. El diseño del experimento fue de tipo descriptivo y no experimental. La población fue el bofedal y las muestras fueron la biomasa aérea (tallo y hojas) y biomasa terrestre (raíces). La variable independiente fue la biomasa. El autor analizó la imagen satelital LanSat 8, el cual permitió determinar los puntos de muestreo en forma aleatoria-estratificada, posteriormente con el equipo tipo Core de 5,5 cm de diámetro y 30 cm de profundidad, extrajo tres estratos: biomasa aérea (hojas y tallos), biomasa de suelo (raíces), suelo orgánico (hojarasca en descomposición) y suelo mineral. Para biomasa aérea cortó la vegetación (hojas y tallo), llevó a laboratorio para identificar su especie y determinar si existe una relación entre la especie y la acumulación de biomasa. En cuanto a biomasa suelo y biomasa orgánica empleó el Core para la extracción de la muestra, estas fueron colocadas en una bolsa hermética y trasladada a laboratorio para el análisis, luego procedió a secar en una estufa por 24 horas a 65 °C; y seguidamente registró el peso seco de cada muestra y analizó el contenido de carbono orgánico con el método Walkey Black. Para el análisis de los datos, empleó el software SPSS y un ANOVA de una variable con respaldo Duncan y Graphpad prism para las gráficas. El resultado de la fracción de carbono orgánico (biomasa seca y suelo) mostró el mayor valor promedio en la biomasa aérea con 49 % C y seguido de suelo orgánico con 43 % C. Los resultados indicaron que, en el bofedal, con área de 882,54 ha, almacenó 795 415,65 toneladas de CO₂. Con respecto a los estratos, la biomasa aérea contuvo 49,11 % C, en el suelo orgánico contuvo 43,05 % C, para el suelo con carbono orgánico indicó 42,53 % de C y para el suelo mineral un 1,99 %

de C. El autor concluyó que el humedal logró almacenar una cantidad elevada de CO₂ siendo de 218,28 toneladas de C/ha.

Ortiz (2016) realizó la investigación de diversidad y biomasa de la flora silvestre en el bofedal la Moya Ayaviri, Puno, Perú. El objetivo principal fue evaluar la diversidad de la flora silvestre y determinar su biomasa. La investigación tuvo lugar en la región Puno durante los meses febrero (época lluviosa) y julio (época seca) del 2015. El diseño del experimento fue descriptivo y no experimental. La investigación tuvo como población al bofedal y como muestra la biomasa relacionada a las especies del bofedal. La variable independiente fueron las especies presentes en el bofedal y la variable dependiente fue la biomasa. Para la evaluación de la flora silvestre, el autor trazó 24 transectos de 20 m cada uno, por época de muestreo y en cada transecto ubicó 10 cuadrantes de 1 m²; además, realizó el conteo de número de especies vegetales y el número de individuos para cada especie; asimismo, la diversidad florística fue evaluada con los índices de Simpson y Shannon-Wiener; y la riqueza específica con el programa PAST. Además, empleó la prueba estadística Mann Whitney y procesó los datos con el programa INFOSTAT. La metodología de cuadrantes fue usada para determinar la biomasa, recolectó 10 muestras de cada transecto las cuales fueron cortadas al ras del suelo con un área de 25 cm², estas áreas fueron ubicadas en la esquina del área de 1 m², luego las muestras fueron pesadas como materia verde (biomasa húmeda) y obtuvo el valor del peso de biomasa verde por transecto. El resultado del índice de Simpson indicó que la media en época de lluvia fue de 0,61 lo que se expresó como mayor diversidad y una menor dominancia de especies en comparación con la época seca que la media indicó 0,49. El índice de Shannon halló la media de 1,02 en época de lluvia, entendiéndose como mayor diversidad en comparación a época seca donde obtuvo una media de 0,79. Los resultados de la biomasa húmeda en época húmeda fue 4 894,78 kg/ha y en época seca fue 857,23 kg/ha. El autor concluyó que el análisis de la biomasa mostró diferencias considerables de la época húmeda y seca debido a la influencia de la precipitación fluvial y alimentación del recurso hídrico en las mediciones de la época húmeda.

Quispe (2013) realizó un estudio del efecto de la frecuencia de corte en la estimación de biomasa en bofedales. Tuvo como objetivo determinar el efecto de la frecuencia de corte en

la estimación de biomasa en bofedales. El diseño del experimento fue de tipo descriptivo no experimental. La población fue el bofedal y pajonal, y la muestra fue la biomasa. La variable independiente fue la biomasa. La muestra tuvo un área de 100 m² para bofedal. La metodología de la investigación inició con la medición de la altura, utilizó una regla milimétrica que midió desde la corona de la planta hasta el final del tallo, registró la medida y posteriormente realizó el corte y el registro en peso vivo, luego procedió con el secado de la muestra al aire libre, seguidamente de una deshidratación a 105 °C por 48 horas y obtuvo el peso de la biomasa seca expresada en g.MS/planta. Luego de conseguir los datos, realizó el procesamiento con la ayuda del software Excel, donde relacionó el peso y altura por especie y/o planta. El resultado de la relación peso altura fue de 0,97 a 0,99 de coeficiente de relación (R²). El autor obtuvo como resultado de la acumulación de peso de biomasa de planta del bofedal valores superiores en época húmeda, de 1,8 a 0,96 g.MS/planta, que en época seca 0,8 a 0,36 g MS/planta. El autor concluyó que el bofedal es influenciado por la época húmeda en la acumulación de biomasa debido a mejores condiciones climáticas en comparación con la época seca, donde desarrolló una tendencia negativa.

Alvarado (2012) realizó una evaluación los bofedales altoandinos durante la época de lluvia de la provincia de Candarave, departamento de Tacna, con el propósito de determinar biomasa. El estudio fue de tipo descriptivo – correlacional – explicativo y no experimental. La población fue el área de bofedal y la muestra fue la biomasa. La variable independiente fue la biomasa del bofedal. El autor realizó el estudio de reconocimiento del pastizal de 5 bofedales: Huaytire, Japopunco, Tacalaya, Turuturo y Copapujo en época de lluvia. Primero procedió con la determinación de la biomasa verde, utilizó un cuadrante de 0,25 x 0,25 m al azar y cortó la vegetación, posteriormente realizó el pesaje (materia húmeda M.H.); asimismo, para obtener la materia seca (M.S.) de la vegetación procedió a secar en un horno a 65 °C/48 horas y registró el peso. Los resultados indicaron que los bofedales de la provincia de Candarave, con una superficie total de 3 470,68 ha, en épocas de lluvia contó con una producción promedio de biomasa verde de 1 858,43 kg/ha/M.V y una producción de biomasa seca de 577,34 kg/ha/M.S. En cuanto al bofedal Huaytire, el de mayor superficie (2643,9 ha) contó con una generación de biomasa verde de 1122,16 kg/ha/M.V. y biomasa seca de 425,32 kg/ha/M.S. Así también, observó en el bofedal Japopunco, con una superficie de 337,9 ha, obtuvo la mayor producción de biomasa, 3 580,97 kg/ha/M.V. y 1 159,70 kg/ha/M.S. El autor concluyó que no existió una relación directa de la superficie en hectáreas

y producción de biomasa, y finalmente en época de lluvia obtuvo mayor producción de biomasa.

Huanca (2012) realizó una evaluación de la condición vegetal de 3 bofedales altoandinos en época seca de la cuenca alta de Ilave, Puno; con el objetivo principal de determinar la condición vegetal de los 3 bofedales en época seca. El estudio fue de tipo descriptivo no experimental. La variable independiente fue la biomasa del bofedal. La población fueron los 3 bofedales de la cuenca (Chichillapi, Llusta y Santa Rosa) y las muestras fueron la biomasa aérea (tallos y hojas) y biomasa terrestre (raíces). Utilizó información SIG para determinar la ubicación de los puntos de muestreo, mediante un GPS Garmin 45 receptores estándar de un solo canal y con captación de 8 satélites. Posterior al muestreo, procesó todos los datos obtenidos en el programa ArcGIS 10 donde identificó las unidades ecológicas. Los resultados fueron analizados con la prueba estadística ANDEVA y Tukey para la prueba de contraste mediante el software InfoStat. Además, estimó la biomasa húmeda y seca del forraje mediante la selección de 35 muestras aleatorias en un cuadrante de 25 x 25 cm, realizó 5 repeticiones en cada bofedal, para luego pesar la biomasa húmeda, posteriormente, secó las muestras a 65 °C por 24 horas y procedió a pesar la biomasa seca. Los resultados a partir del análisis territorial identificaron los actores sociales y económicos que intervienen, así como las actividades económicas que desarrollan, estadísticamente el bofedal Chichillapi se manejó adecuadamente por la población en comparación los bofedales de Santa Rosa y Llusta por lo tanto encontró mayor biodiversidad de biomasa húmeda. Los resultados de la Biomasa, de época seca, indicaron que el bofedal Chichillapi obtuvo una producción de biomasa húmeda de 2 282 kg/ha y biomasa seca de 684 kg/ha, el bofedal Santa Rosa generó 1870 kg/ha biomasa húmeda y 489 kg/ha biomasa seca, y el bofedal Llusta produjo 1567 kg/ha de biomasa húmeda y 367 kg/ha de biomasa seca. El bofedal de Chichillapi demostró mejor conservación con respecto al bofedal Llusta y Santa Rosa, debido a la menor producción de biomasa húmeda y seca. La investigación concluyó que el bofedal de Chichillapi cuenta con un buen manejo que los bofedales Llusta y Santa Rosa; a partir del registro de las imágenes satelitales se logró identificar que la actividad de pastoreo fue un factor que afecta directamente a la conservación del bofedal.

1.2. Bases teóricas especializadas

1.2.1. Bofedales

El denominado bofedal o localmente “oqhonal”, “chiwar” constituye un área de terreno importante, saturado de humedad debido a que el suelo es rico en materia orgánica, de escaso drenaje y densamente cubierto de vegetación cespitosa, por lo que mantiene un nivel constante de agua; generalmente se halla ubicado en las altas cumbres, junto a los deshielos; sin embargo, también es usual encontrarlos en planicies de escasa pendiente. (Gill, 2011, p.4)

Los bofedales son ecosistemas ubicados en zonas altoandinas entre los 3500 a 4500 m s. n. m.; se caracterizan por ser un ecosistema de transición entre los ecosistemas terrestres y acuáticos (Maldonado, 2014). Los bofedales tiene como principal factor las condiciones hídricas que posee; el agua es importante para establecer las diferentes especies de flora que captarán carbono en su biomasa. La productividad en los humedales, se refleja en pastizales frescos de gran calidad y cantidad, siendo importante para la alimentación y crianza de camelidos, como las alpacas (Zorogastúa-Cruz *et al.*, 2012; Gill, 2011).

- **Turbera**

La turbera (inglés “mire”) son ecosistemas prístinos en el cual se forma la turba; mientras tanto turbal (inglés “peatland”) es cualquier ecosistema que contiene turba. La turba (mencionado en inglés “peat”) es el sustrato base para la conformación de las turberas. A su vez, la turba es configurado como un sustrato de materia orgánica compuesto por dos elementos esenciales: por la saturación del suelo y la vegetación acumula en parte la superficial del suelo, en un estado de semi descompuesta por la carencia de oxígeno (anaerobismo), por consecuencia formando un estrato. Las turberas son un tipo de humedal, basadas por condiciones de saturación constante, superávit de agua no tan grande por lo cual mantiene la humedad permanente, y especies de plantas adaptadas en estas condiciones. Las turberas son mayormente de altas latitudes de los hemisferios norte y sur después del último retroceso glacial, hace 15 000 a 12 000 años, además de tener importancia arqueológica por ser unos ecosistemas como archivos paleo-biológicos porque conserva restos orgánicos de la historia del paisaje post glacial, en condiciones semi descompuestas (Succow y Jeschke 1986; Blanco y De la Balze, 2004).

En cuanto a la acumulación de turba es un proceso realizado de forma muy lenta y vital en la formación de turberas, así que cualquier alteración vinculada a la vegetación e hidrología generaría un impacto severo el desarrollo de las turberas. Las turberas son consideradas como un ecosistema de transición debido a la relación entre los ambientes terrestres y acuáticos, siendo de preponderante importancia la capacidad de retención y filtración de agua, de ahí nace la idea de ser un regulador de las diversas descargas de conllevan nutrientes en diversas cuencas, la purificación constante del agua y la prevención de inundaciones de diversas zonas. Las turberas son reservas de agua de gran importancia del planeta y sus diversos ecosistemas, debido a que contienen el > 90 % de su peso en agua; también son consideradas eficientes reservas de carbono, en forma abreviada “Corg”, conteniendo un 3 % del total de la superficie terrestre ($4,16 \times 10^6 \text{ km}^2$), así mismo conteniendo entre un 15 % a 30 % (550 - 600 Gt) del carbono orgánico total contenido y ubicado entre los primeros 30 cm de la capa denominada litosfera (Joosten y Clarke, 2002).

Dependiendo del balance ecológico e hidrológico presente en las turberas, estas brindarían un resultado que puede contribuir o disminuir el calentamiento global. A causada de la destrucción y degradación de los diversos ecosistemas por la procedencia de acciones antropogénicas o naturales, estos ecosistemas son transformados en emisores de gases de efecto invernadero, como dióxido de carbono (CO_2 , en forma de gas) y metano (CH_4) el cual tiene un efecto 23 veces más alto que el dióxido de carbono en el calentamiento global, por consecuencia es altamente vulnerable ante intereses extractivos públicos o privados nacionales o internacionales. La biodiversidad específica de las turberas es clave para su clasificación y consideración en forma global para generar medidas de protección apropiadas (International Panel on Climate Change [IPCC], 2007; Rodríguez y Gabriel, 2016).

- **Turba**

La turba es considerada un suelo orgánico debido a que edafológicamente está conformado por un 98,5 % de materia orgánica conforme a Soil Surver Staff (1998) y International Union Of Soil Sciences [IUSS], Wold Soil Information [ISRIC] y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], (2007). Para que se origine la turba es

necesario la presencia de musgos (*Sphagnum* spp.). La turba es el conjunto de tejidos de *Sphagnum* y de otras plantas que se desarrollan sobre otros tejidos descompuestos, generándose una serie de estratos o perfil de tejido vegetal muerto con el pasar del tiempo. La falta de oxígeno y el agua ácida hacen que se produzca lentamente el proceso de descomposición del musgo *Sphagnum* spp. (Dominguez y Larraín, 2013).

- **Servicios ambientales**

Los servicios ambientales o ecosistémicos son procesos o funciones ecológicas que pueden tener un valor monetario para los individuos o la sociedad en general (Maldonado, 2014). Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC] (2014) los servicios ambientales se clasifican en:

Servicios de apoyo, por ejemplo, mantenimiento de la productividad o la biodiversidad; servicios de aprovisionamiento, por ejemplo, de alimentos, fibra o pescado; servicios de regulación, por ejemplo, regulación del clima o secuestro de carbono, y servicios culturales, por ejemplo, el turismo, o el disfrute espiritual o estético. (p.138)

Los humedales brindan beneficios importantes para el ecosistema y para el ser humano. Los servicios más importantes que brindan estos ambientes son la estabilidad climática, la conservación de la biodiversidad, la conservación de ciclos biológicos, suministro de áreas de refugio y zonas de crianza para diferentes especies, muchas de éstas de interés económico para el ser humano, el valor escénico procedente de la belleza natural y el significado cultural de las generaciones antecesoras del ser humano (Sanjurjo y Welsh, 2005; Ten-Brink *et al.*, 2013; Secretaría de la Convención Ramsar, 2006).

1.2.2. Tipos de bofedales

Los bofedales se clasifican de acuerdo a los establecido por la Autoridad Binacional del lago Titica (1993) en cinco (5) tipos según:

Por su origen

Los bofedales naturales generados por la inundación de deshielos de los nevados, y los bofedales artificiales realizados por las mismas personas. Ambos tipos de bofedales obtienen como característica la ubicación de zonas topográficamente deprimidas y cerradas, influidos por procesos geológicos y de origen del flujo del agua; siendo las aguas subterráneas las que poseen una función indispensable para el origen y evolución de un bofedal (Duran *et al.*, 2009).

También hay bofedales de tipo kárstico, tienen formas redondeadas y profundidad variable, y los bofedales de origen glacial tienen formas semicirculares y de profundidades importantes (Maldonado-Fonkén y Maldonado, 2010).

Por su tamaño

Los bofedales grandes son usados por un número grande de familias, aunque la propiedad del ganado es unifamiliar. Se incluyen los bofedales de cuenta, debido a que su fuente de alimentación son los glaciares de altitud alta y flujos de agua subterránea procedente de un sistema regional. Los bofedales pequeños generalmente se encuentran dentro de las propiedades de una familia y su uso es exclusivo de ellos mismo. Los bofedales de fondo de valles son considerados de tamaño menor por ser de fuentes de agua subterránea, deshielo y corrientes de agua superficial (Calvo, 2016).

Por su receptibilidad

Estos tipos bofedales varían de acuerdo con disposición del agua, precipitación, temperatura y humedad de diversas zonas en período de un año. Se considera a los hidromórficos a los bofedales ubicados en la ecorregión Puna húmeda y los méxicos a los ubicados en la ecorregión Puna seca (García y Otto, 2015).

Según García y Otto (2015) tienen como principales características de los humedales altoandinos los cambios estacionales de la vegetación que actúa mediante la fotosíntesis y,

por consiguiente, la disposición temporal o permanente del recurso del agua. De acuerdo a las características mencionadas, plantean dos tipos de humedales altoandinos: perennes y temporales. Esta última subcategoría de humedal se clasificaría en dos subtipos: temporalmente inundado y permanentemente inundado.

Por su altitud

Los bofedales del tipo altioplánico tienen una altitud de 3800 hasta los 4100 m s. n. m.; y los bofedales del tipo altoandino tienen una altitud desde los 4100 y 4500 m s. n. m. (Calvo, 2016).

Por su grado de pH edáfico

Basados en el promedio de acidez y alcalinidad del suelo del bofedal, tenemos los ácidos con un valor de pH menor a 6,5, los neutros con un valor de pH de 6,6 a 7,3 y alcalinos con un valor de pH con mayor de 7,4 (Calvo, 2016).

1.2.3. Fotosíntesis y respiración

La fotosíntesis es la transformación de la energía luminosa captada del sol y luego convertida en energía química. Las plantas utilizan la energía luminosa para convertir el dióxido de carbono (CO₂), agua y nitratos en moléculas de carbohidratos como glucosa, almidón, celulosa; lípidos como aceites, vitaminas; proteínas y ácidos nucleicos; los cuales sirven para construir las estructuras de la planta (Murray, 2006).

Debido a la fotosíntesis las plantas crecen y se desarrollan, sin embargo, en los momentos donde no se realiza la fotosíntesis, debido a la ausencia de luz o porque mantienen las estomas cerradas, las plantas respiran. Para generar la energía primordial para los procesos vitales de la planta, en la respiración se oxidarán las moléculas orgánicas con el oxígeno del aire. Por lo tanto, en la respiración se usa oxígeno y se genera dióxido de carbono y agua; en cierta manera, sería contrario a la fotosíntesis que toma dióxido de carbono y agua generando oxígeno (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

1.2.4. Captura de carbono

Proceso de captación y almacenamiento de grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) proveniente de la atmósfera y que será liberada posteriormente hacia la misma. El período de almacenamiento de carbono se da inicio al momento de la fotosíntesis, en el cual es absorbido el dióxido de carbono (CO₂) y almacenado en forma de carbono en la biomasa de la planta, hasta ser liberada en el momento de la descomposición (Palomino, 2007).

- **Acumulación del carbono en humedales**

Al concebir la idea de acumulación de carbono, hay que tener en cuenta que es el producto de la productividad primaria y la descomposición de diversas sustancias alrededor del ambiente, sin integrar la propia descomposición que realiza el suelo con respecto a la materia orgánica. Esta función simple e importante, brinda un indicio del cumplimiento del humedal como fuente de gases de efecto invernadero o fijador de dióxido de carbono. El almacenamiento del dióxido de carbono en humedales se fija en la biomasa vegetal y el suelo (Hernández, 2010).

1.2.5. Productores

- **Producción primaria (PP)**

La productividad primaria en términos ecológicos es la cantidad de energía capturada por los productores de los distintos organismos expresados en biomasa de una determinada área (The Group of Experts of the Regular Process, 2016).

La cantidad de materia almacenada de los cuerpos de un conjunto de organismo es la biomasa, expresándose en unidades de energía o biomasa en cualquier ecosistema o nivel trófico, el cual puede medirse entre una relación de peso entre área (Rydin y Jeglum, 2013).

Según Hernández (2010) sugiere que “la productividad en los humedales es influenciada por las condiciones climáticas, las especies vegetales, la disponibilidad de nutrientes y el hidroperíodo” (p.141).

a. Productividad primaria bruta (PPB)

Es la cantidad de energía solar capturada por los productores en la fotosíntesis; esta energía capturada se empleará para su respiración (R), metabolismo, reproducción y formación de tejidos (The Group of Experts of the Regular Process, 2016).

$$PPB = PPN + R$$

b. Productividad primaria neta (PPN)

Es la cantidad de productividad primaria bruta menos la cantidad de energía empleada en el metabolismo (crecimiento, reproducción y funcionamiento) y la respiración. Si la PPN se mantiene positivo, quiere decir que la biomasa está aumentando y que el productor es joven, si resulta cero significa que el productor primario está envejeciendo y la biomasa no aumenta debido a que la energía obtenida la usa en la respiración (The Group of Experts of the Regular Process, 2016 p.195).

$$PPB = PPN + R$$

1.2.6. Cambio climático

De conformidad a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), confiere y entiende al cambio climático como una consecuencia de forma directa o indirecta de las diversas actividades humanas que alterarían la atmósfera de manera global, y a este factor antropogénico se añade la variabilidad natural del clima registrada en diversos períodos de tiempo para ser comparados (Naciones Unidas, 1992 p.3).

Desde otro sentido, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (2014), menciona al cambio climático como cualquier cambio en el clima, relacionado a

factores naturales constantes o momentáneos, y a la diversificada actividad humana (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2012).

La meteorología define el cambio climático como, la modificación de los procesos predominantes a un nivel externo e interno en la tierra, produciendo interacciones e influencia de gran importancia en el cambio climático (Benavides y León, 2007).

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

Esta investigación, en función al propósito fue aplicada porque utilizó la teoría obtenida de la bibliografía para ser aplicada en la evaluación de la eficiencia neta de la biomasa del bofedal (Sánchez, 1998). Por el nivel de profundidad, fue descriptiva porque explica una serie actividades para evaluar la eficiencia neta de la biomasa del bofedal en g/cm^2 , y por consiguiente “medir conceptos” como biomasa aérea, biomasa terrestre y biomasa pérdida por descomposición (Hernández *et al.*, 2014). Por la naturaleza de los datos y la información fue cuantitativa directa porque los datos obtenidos fueron recolectados en mediciones de campo y a través de procesos de laboratorio para ser analizados (Hernández *et al.*, 2014). Por los medios para obtener los datos, fue de campo y laboratorio, debido a la medición del crecimiento de la vegetación realizada en el campo, y la biomasa terrestre y biomasa pérdida por descomposición fueron trasladados a laboratorio para obtener los datos de pesos iniciales y finales (Hernández *et al.*, 2014). Por la manipulación la variable, fue no experimental; puesto que, no se manipuló la variable y sólo se observó la variable en su ambiente natural. (Hernández *et al.*, 2014). Según el tipo de inferencia, fue método específico – estadístico porque los datos fueron organizados para ser expresados en cifras (Carrasco, 2006). Según el período temporal fue longitudinal, se midió una variable en varios momentos y los datos fueron tomados una única vez en cada uno de los momentos para establecer una relación causa – efecto. (Hernández *et al.*, 2014). De acuerdo al tiempo en que se efectúa, fue diacrónica porque se evaluó la eficiencia neta de la biomasa del bofedal en un tiempo largo para establecer el cambio producido (Caballero, 2000).

Según Carrasco (2006), el tipo de investigación según tipo de conocimiento, fue científico porque fue una investigación en contacto con la realidad; según Caballero (2000), el tipo de investigación según el ambiente, fue: una investigación documental-bibliográfica para

la elaboración del marco teórico, la misma que consiste en obtener la mayor cantidad de información por medio de libros especializados, revistas científicas, tesis, publicaciones, internet entre otros. También fue una investigación de campo por la extracción de muestras para la recolección de datos que servirán de base para evaluar la eficiencia neta de la biomasa del bofedal.

El método de investigación empleado fue el método empírico – medición, debido a la medición del crecimiento de biomasa aérea en cm mediante una regla y la obtención del peso de la biomasa terrestre y biomasa pérdida por descomposición en g/cm^2 en una balanza analítica. Para registrar los datos obtenidos se utilizó como instrumento de investigación la ficha de recolección de datos (Caballero, 2000).

2.2. Lugar y fecha

La elección del lugar de estudio fue por el convenio de investigación establecido entre el Centro de Ornitologías y Biodiversidad (CORBIDI), Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS) y el Patronato de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas. La presente investigación se llevó a cabo en el bofedal de Piticocha – Sector 3, distrito de San Lorenzo de Quinti, en la provincia de Huarochirí, del departamento de Lima, a una altitud de 4 467 m s. n. m., localizado en las siguientes coordenadas UTM: 388974,84 este y 8667579,81 norte (Figura 1). Es importante mencionar que el bofedal de Piticocha – Sector 3 se encuentra dentro de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas. Este bofedal posee una extensión de 4 ha y se encuentra a una distancia de 246 km del distrito de Tarma. Se denomina Sector 3 debido a que se encuentra dividido en tres zonas por la cuenca hidrográfica de Cañete, destacando la importancia de su estudio por la cercanía a un nevado y a un cuerpo de agua (ver Apéndice 2 y 3).

A lo largo del bofedal de Piticocha – Sector 3 se ubicaron los 5 puntos de muestreo de acuerdo a las coordenadas en la Tabla 1, la recolección de los datos se realizó en época seca (agosto y septiembre) y en época de húmeda (octubre, noviembre, diciembre del 2018 y enero del 2019).

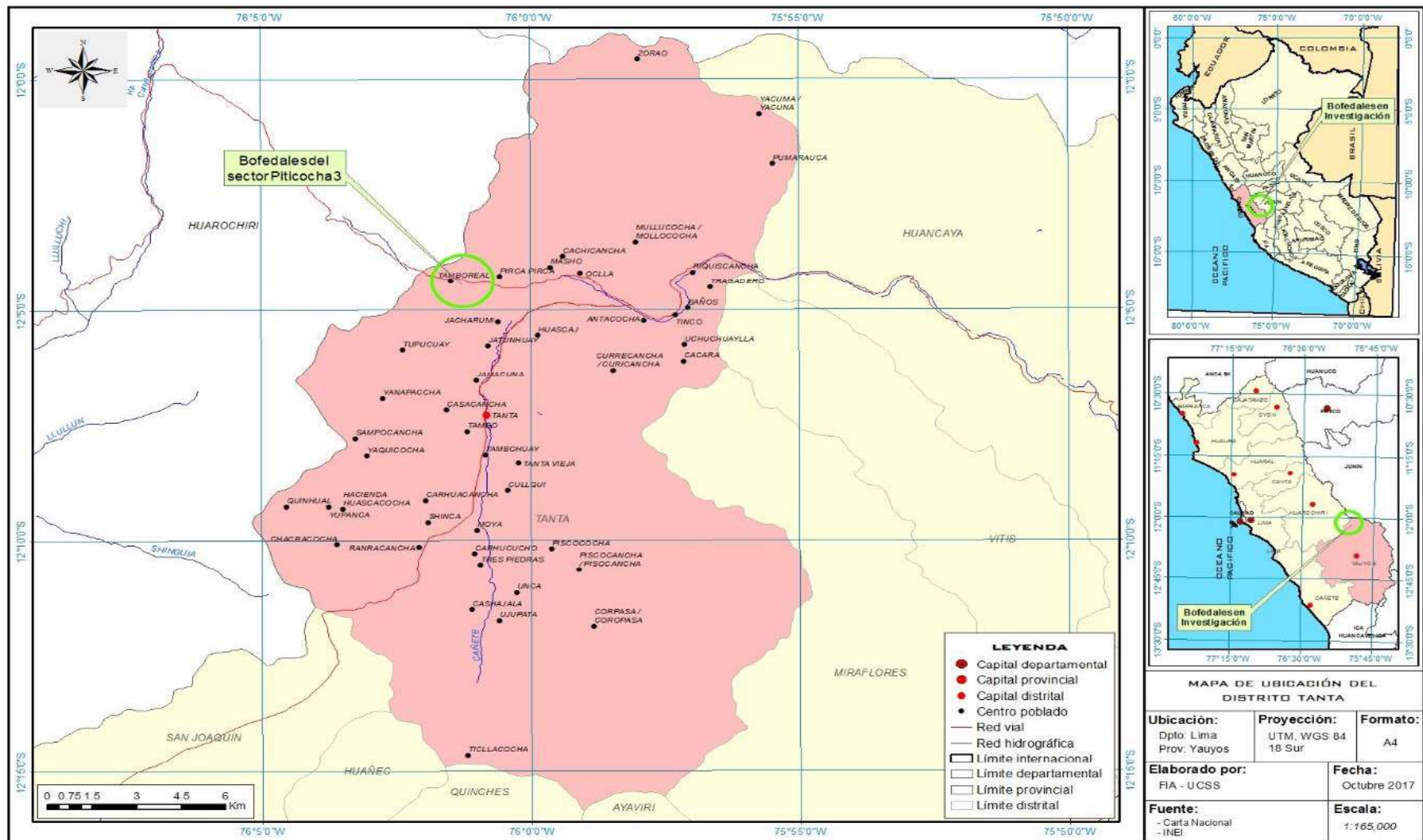


Figura 1. Mapa del área de estudio del bofedal de Piticocha – Sector 3. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1

Ubicación de los puntos de muestreo

Punto de muestreo	X	Y
1	388867	8665333
2	388852	8665354
3	388910	8665311
4	388903	8665278
5	388947	8665253

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Población y muestra

La población fue conformada por el bofedal y los puntos de muestreo fueron cinco debido a que el área de estudio del bofedal es pequeña y estuvo circunscrito a una leve quebrada, como se muestra en la Figura 2. Para la selección de las unidades de muestreo se empleó el muestreo de tipo aleatorio estratificado considerando la predominancia de la homogeneidad vegetal; es aleatorio estratificado porque las muestras estuvieron clasificadas en biomasa terrestre, biomasa aérea y la turba por descomposición. Los puntos de muestreo tuvieron una separación aproximada de 40 m en todo el bofedal (Hernández *et al.*, 2014; Maldonado, 2014).

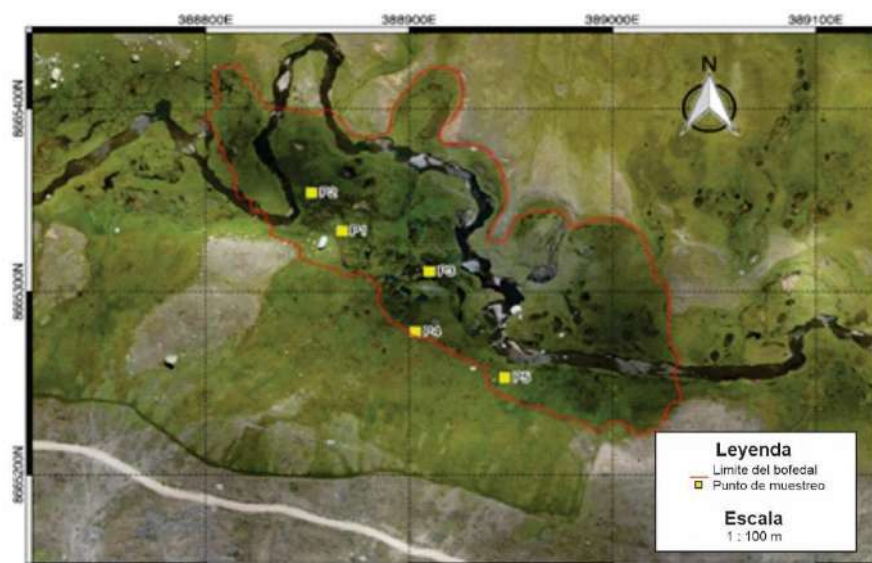


Figura 2. Puntos de muestro del bofedal de Piticocha – Sector 3. Fuente: Elaboración propia

El Punto 1, Punto 2 y Punto 3 fueron ubicados en el interior del bofedal; asimismo, los Puntos 2 y Punto 3 se encontraron cercanos al cuerpo de agua, cabe resaltar que estos puntos de muestreo no presentaron mayor alteración o impacto por la actividad de pastoreo. En cuanto al Punto 4 fue ubicado al límite del bofedal donde presentó vegetación homogénea. Por último, el Punto 5 se ubicó cercano al cuerpo de agua, pero se apreció, al igual que en el Punto 4, que presentaron una leve pendiente en la superficie. Es importante mencionar que en todo el bofedal se identificó actividad de pastoreo.

2.4. Técnicas e instrumentos

Estimación de la eficiencia neta del ecosistema basada en biomasa (ENEb)

La eficiencia neta del ecosistema (ENE) constituye la diferencia entre la productividad primaria bruta (PPB) versus la suma de pérdidas representada por la respiración (R) y la descomposición (D):

$$\mathbf{PPB = PPN - (R + D)}$$

$$\mathbf{PPB = PPN - R - D}$$

Si consideramos: $\mathbf{PPN = PPB - R}$

También hay que mencionar: $\mathbf{D = \alpha D + DS + DI}$

αD = alfa de descomposición (una constante)

DS = descomposición superior de la vegetación

DI = descomposición inferior de la vegetación

$$\mathbf{ENE = PPN - D}$$

De este modo:

\mathbf{ENE} = Eficiencia Neta del Ecosistema (g/cm^2)

\mathbf{PPN} = Producción Primaria Neta (g/cm^2)

\mathbf{D} = Descomposición (g/cm^2)

Este indicador puede ser representado en términos de ganancia o pérdida de biomasa, o en la variación (incremento o descenso) de algunos constituyentes del tejido vegetal como el carbono, este último indicador es ampliamente utilizado debido a su importancia en procesos de cambio climático (ya sea como constituyente del CO₂ o del metano), sin embargo, para su medición se requiere de una serie de equipos o pruebas de laboratorio bastante sofisticados (Knapp *et al.*, 2007).

Para realizar la estimación de la Eficiencia Neta del Ecosistema basada en biomasa (ENEb), se utilizó las metodologías propuestas por Cooper *et al.* (2015), Bekku *et al.* (1997), Rueda *et al.* (2015) y Roberts *et al.* (1993).

Para que el registro de la Eficiencia Neta del Ecosistema basada de biomasa sea de forma sistemática y sencilla se utilizó la técnica observacional y el instrumento fue la ficha de registro de datos (Hernández *et al.*, 2014).

2.5. Materiales

Material de campo

- Libreta de campo
- Lapiceros de tinta indeleble
- Bolsas herméticas ziploc
- Bolsas de plástico de 50 cm x 50 cm
- Wincha de 10 m
- Malla mosquitera
- Pala cuadrada
- Cuchillo de acero inoxidable
- Tubos de PVC de 60 cm de altura y 2 '' de diámetro
- Barreno con espada para suelo
- Regla 20 cm
- Alambre

- Alicate
- Tijeras
- Cooler
- Guantes quirúrgicos
- Papel film de 50 cm de largo
- Cinta Masking grueso y cinta de embalaje

Servicios de campo

- Transporte
- Alimentación
- Comunicaciones
- Hospedaje

Material de gabinete

- Pinzas de metal
- Papel aluminio
- Material de escritorio
- Tinta de impresora
- Material bibliográfico

Equipos

- Cámara digital
- GPS
- Equipo de computo
- Balanza electrónica analítica
- Estufa de laboratorio de 150 L

2.6. Descripción del experimento

2.6.1. Fase de crecimiento de la vegetación del bofedal (biomasa aérea)

En esta fase se podó un área del bofedal de 10 x 10 cm en cada punto de muestreo, se colocó un alambre en forma de “L” que sirvió para medir el crecimiento de las vegetación (Figura 3) en época seca (dos mediciones) y época de húmeda (tres mediciones) (Tabla 2), con la ayuda de una regla, esta medición se realizó en cada punto de muestreo, dato que sirvió para determinar la tasa de acumulación de biomasa (PPB) (Cooper *et al.*, 2015) (ver Apéndice 4).

Tabla 2

Cronograma de recolección de datos del crecimiento de la vegetación

Fechas	Medición
Época Seca	Medición 1
	Medición 2
Época húmeda	Medición 3
	Medición 4
	Medición 5

Fuente: Elaboración propia.

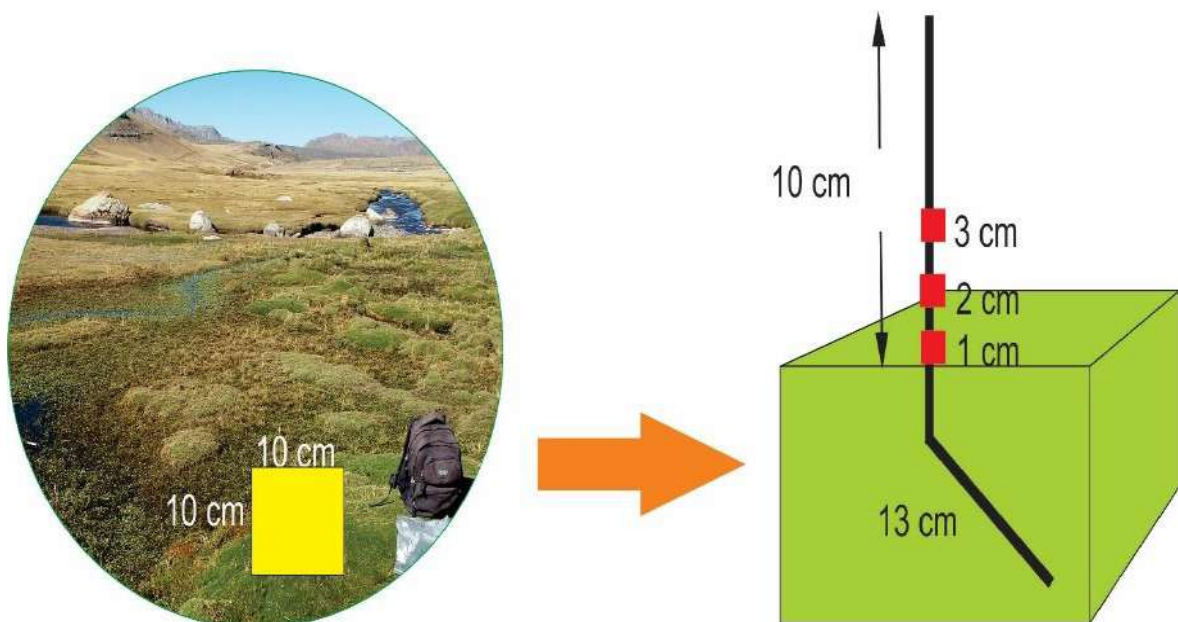


Figura 3. Representación de la medición del crecimiento vegetal. Fuente: Elaboración propia.

2.6.2. Fase de determinación de la biomasa de turba

Se obtuvo la biomasa de turba mediante la recolección de muestras del bofedal en cada uno de los puntos de muestreo, se trabajó con un área de 25 x 25 cm y luego se dividió la muestra en área de 4 x 4 cm con diferentes profundidades de 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm, 7 cm, 8 cm, 9 cm y 10 cm (Figura 4).

Posteriormente, las muestras fueron etiquetadas para su identificación y trasladadas con hielo seco para su conservación hasta laboratorio según Cooper *et al.* (2015), para ser secadas en una estufa a 60 °C por un tiempo de 48 h y se procedió con el pesaje (Figura 5), datos que se utilizaron en la elaboración de un gráfico de regresión polinomial que sirvió para estimar la tasa de acumulación de biomasa (PPB) (Cooper *et al.*, 2015) (ver Apéndice 4).

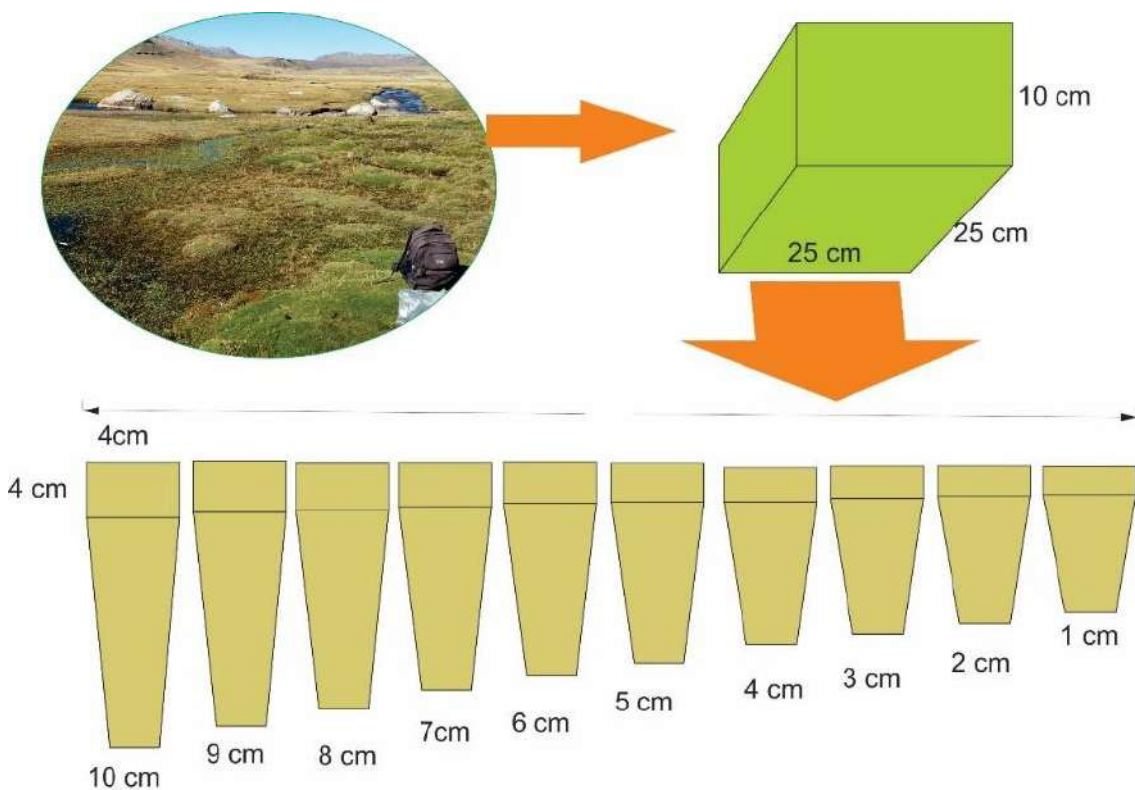


Figura 4. Representación de muestras de turba de diferente profundidad. Fuente: Elaboración propia.



Figura 5. Secado de las muestras en la estufa. Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se utilizó la siguiente fórmula de regresión polinomial donde se relacionó la biomasa con los diferentes tamaños de crecimiento de la vegetación del bofedal de forma continua (Roberts *et al.*, 1993).

Fórmula de Regresión polinomial:

$$Y = ax + ax^2 + b$$

Donde:

Y: Biomasa en peso (g) o variable dependiente

x: Longitud de crecimiento (cm) o variable independiente

a: Constante determinado a la función de ajuste

b: Constante determinado a la función de ajuste

Para luego obtener la biomasa en relación al área de la muestra. Fórmula para hallar la biomasa terrestre:

$$B = \frac{PS}{a}$$

Donde:

B: Biomasa (g/cm²)

Ps: Peso seco (g)

a: Área del cubo (cm²)

2.6.3. Fase de descomposición de la turba

Esta fase se recolectó, en cada punto de muestreo, 5 núcleos de turba (submuestras) con una profundidad de 60 cm, se extrajo mediante un box-corer con espada y una pala recta (Figura 6). Asimismo, en los espacios que dejó la extracción de los núcleos, se colocó un tubo de 2 pulgadas de diámetro y de 70 cm de largo, con la finalidad de evitar la obstrucción del mismo (Figura 7) (Yu *et al.*, 2003) (ver Apéndice 4).

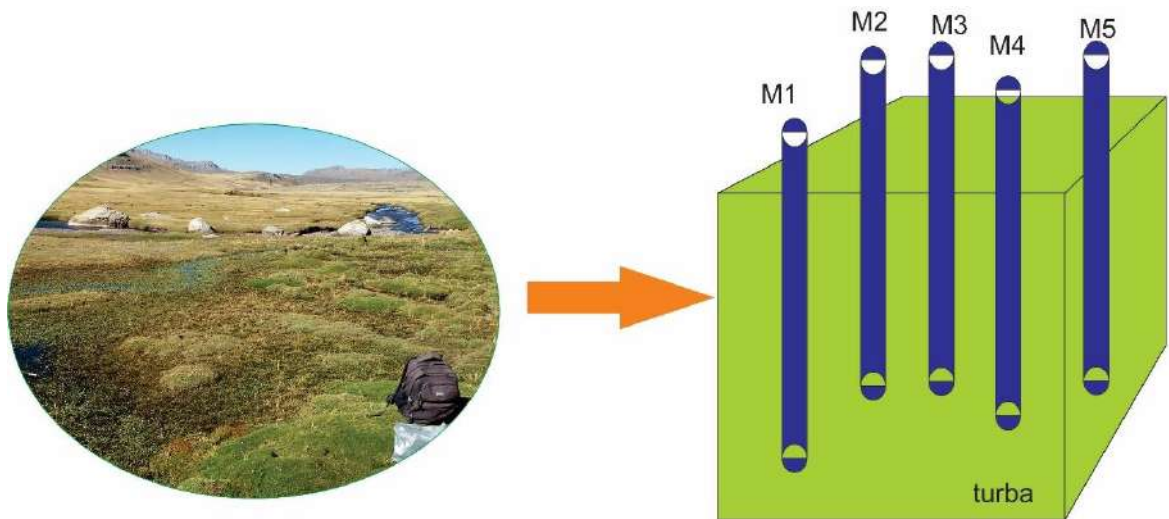


Figura 6. Representación de extracción de turba. Fuente: Elaboración propia.



Figura 7. Instalación de los tubos de 2 pulgadas en las áreas de donde se extrajeron las muestras. *Fuente:* Elaboración propia.

Cada núcleo de turba se dividió en espacios de 10 cm, cabe indicar que los 10 primeros centímetros del núcleo de turba fueron desechados por contener biomasa viva (Figura 8). Las submuestras de los núcleos fueron etiquetadas para su identificación y trasladadas con hielo seco para su conservación hasta laboratorio según Cooper *et al.* (2015), luego se colocaron en la estufa para el secado correspondiente a una temperatura de 60 °C durante 48 horas, una vez secas las muestras, se pesó (peso inicial) y almacenó en bolsas de mallas mosquiteras. Posteriormente las submuestras se transportaron hasta el lugar de extracción, donde fueron instaladas en los puntos de origen respectivamente (Figura 9).

Para obtener el peso final se extrajo el núcleo de turba (submuestras) de acuerdo al cronograma (Tabla 3) por cada punto de muestreo, para trasladarlas con hielo seco para su conservación hasta el laboratorio según Cooper *et al.* (2015), luego se procedió a realizarse el secado mediante una estufa a 60 °C durante 48 horas y se pesó (ver Apéndice 4).

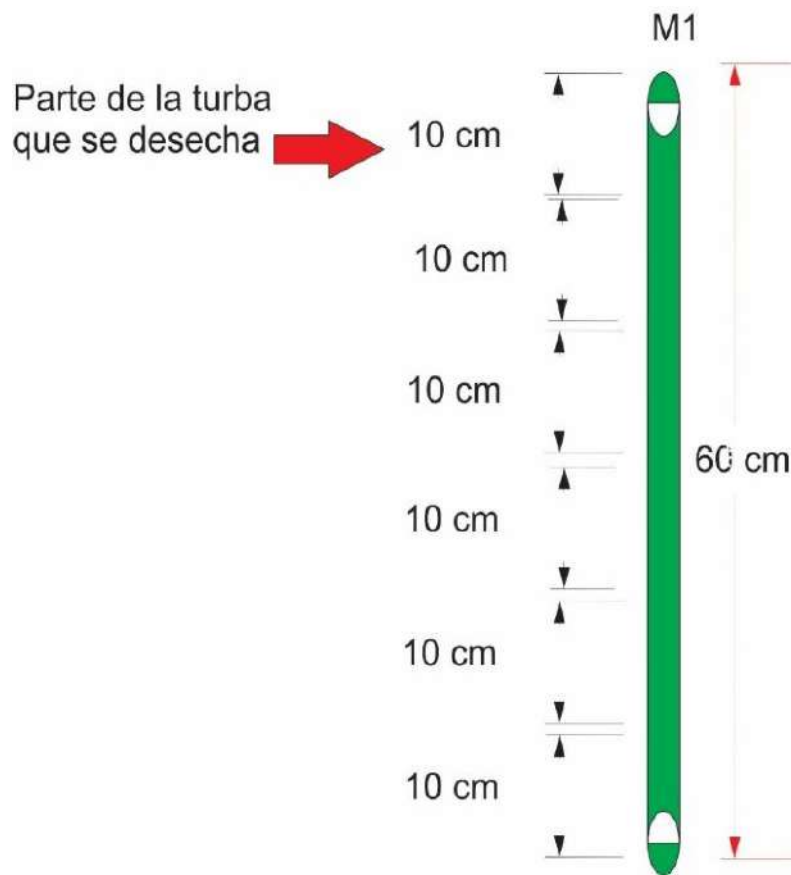


Figura 8. Representación de la fragmentación del núcleo de turba. Fuente: Elaboración propia.



Figura 9. Reinstalación de muestras. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3

Cronograma de recolección de datos de núcleos de turba

	Puntos de muestreo (1-5)				
	submuestra 1	submuestra 2	submuestra 3	submuestra 4	submuestra 5
1 mes	X				
2 meses		X			
3,5 meses			X		
5 meses				X	
6 meses					X

Fuente: Elaboración propia.

2.6.4. Fase de trabajo de base de datos

Con los datos obtenidos de la fase de determinación de la biomasa de turba, y de la fase de crecimiento de la vegetación del bofedal (biomasa aérea), entre el área de la muestra, se logró determinar la Producción Primaria Neta (PPN) utilizando la ecuación de regresión poli. Para hallar la descomposición (D) se procedió a restar los pesos obtenidos, peso inicial menos el peso final de cada núcleo de turba (submuestra) entre el área de muestra (g/m^2).

Finalmente, el ENEB se obtuvo del promedio de la diferencia de la Producción Primaria Neta (PPN) y la Descomposición (D) de los puntos de muestreo (g/cm^2) (ver Apéndice 4).

2.7. Identificación de las variables y su mensuración

Las variables de la investigación fueron cuantitativas durante todo el período del estudio y dividiéndose de acuerdo del punto de muestreo (ver Apéndice 1).

Variable X: Eficiencia neta del ecosistema

X₁. Biomasa de ingreso o bruta o neta

X₂. Biomasa pérdida por descomposición

Tabla 4

Matriz de operacionalización de la variable

Variable	Indicador	Unidad de medida	Tipo de variable	Instrumento
VARIABLE X. Eficiencia neta del ecosistema basada en biomasa. Este indicador puede ser representado en términos de ganancia o pérdida de biomasa.	X ₁	Biomasa de ingreso: Biomasa aérea (Crecimiento de la vegetación)	cm	Variable cuantitativa razón
	X ₂	Biomasa de ingreso: Biomasa terrestre	g/cm ²	Variable cuantitativa razón
		Biomasa pérdida: Biomasa por descomposición de turba	g/cm ²	Variable cuantitativa razón

Fuente: Elaboración propia.

2.8. Análisis estadístico de datos

Se empleó la estadística descriptiva al poseer datos por intervalos o razón; por consiguiente, se determinó la media, mediana, moda, desviación estándar y el rango de los datos de la investigación (Hernández *et al.*, 2014). Los datos obtenidos fueron registrados y procesados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel (versión 2016); en cada extracción de muestras los datos fueron promediados, luego el resultado del promedio se trasladó a la fórmula de ENEb para obtener el resultado final de cada punto de muestreo.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Resultado de la Productividad Primaria Neta (PPN)

3.1.1. Del crecimiento de la biomasa aérea de la turba del bofedal de Piticocha - Sector 3

El crecimiento en la primera medición de la biomasa aérea en época seca registró que el Punto 1 y el Punto 2 fueron los de menor crecimiento, con 0,15 cm, mientras que el Punto 5 obtuvo 0,25 cm. En cuanto a la segunda medición, el Punto 1 continuó siendo el de menor crecimiento logrando alcanzar los 0,25 cm, mientras que el Punto 5 mantuvo su mayor crecimiento logrando los 0,45 cm de altura (Tabla 5).

En cuando a la primera medición de la época húmeda, el Punto 1 logró alcanzar los 0,45 cm de altura, es preciso señalar que el Punto 3 aumentó su crecimiento con 0,65 cm logrando superar el Punto 4 que obtuvo 0,60 cm; así también, el Punto 5 mantuvo su crecimiento y midió 0,75 cm de altura. En cuanto a la segunda medición de la época húmeda, los Puntos 3 (0,95 cm) y el Punto 5 (1,05 cm) continuaron siendo los de mayor crecimiento. Por último, en la tercera medición de la época húmeda, los Puntos 3 y 5 lograron obtener un crecimiento igual de 1,25 cm, mientras que el Punto 1 con 0,95 cm fue el de menor crecimiento (Tabla 5). Cabe resaltar que se obtuvo mayor crecimiento en época húmeda, logrando alcanzar hasta 0,3 cm, en comparación con época seca que logro obtener hasta 2,5 cm (Figura 10). Se puede indicar que la cercanía al cuerpo de agua en el Punto 5 y Punto 3 permitió el mayor crecimiento de la vegetación, en comparación del Punto 1, ubicado en una zona alejada del cuerpo de agua.

Tabla 5

Altura del crecimiento acumulativo de la vegetación

Época	Meses	Altura (cm)				
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
Seca	1	0,15	0,15	0,20	0,20	0,25
	2	0,25	0,35	0,40	0,40	0,45
Húmeda	3,5	0,45	0,55	0,65	0,60	0,75
	5	0,65	0,75	0,95	0,85	1,05
	7	0,95	1,05	1,25	1,15	1,25

Fuente: Elaboración propia.

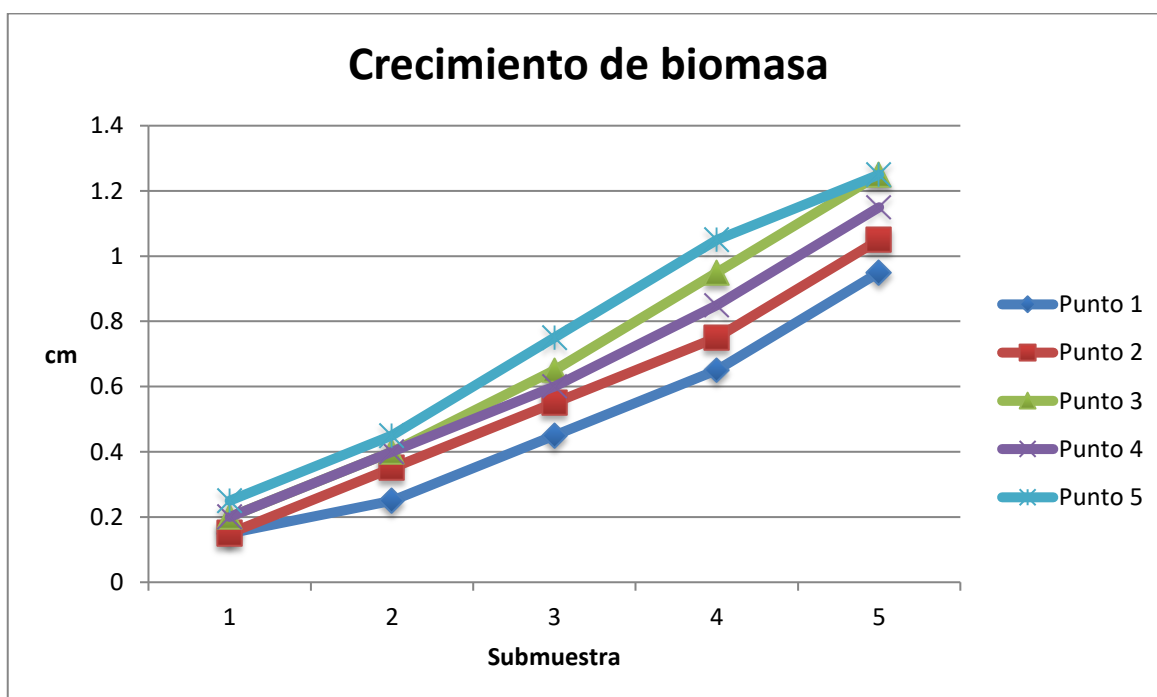


Figura 10. Gráfico de crecimiento de biomasa. Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Resultado de biomasa de turba

En cuanto a biomasa de turba, el Punto 1 mostró el menor peso con 1,04 g obtenido a una profundidad de 1 cm, mientras que el mayor peso fue de 17,62 g a una profundidad de 9 cm; en cuanto al Punto 2, logró obtener el menor peso de 4,63 g a una profundidad de 1 cm y el de mayor peso fue de 53,48 g a una profundidad de 10 cm; en cuanto al Punto 3, el menor peso fue de 2,66 g que se logró a 1 cm de profundidad y el de mayor peso de 20,80 g a una profundidad de 10 cm. En cuanto al Punto 4, el menor peso fue de 0,63 g que se logró a una

profundidad de 1 cm y el mayor peso se registró a una profundidad de 10 cm de 11,85 g. Por último, en el Punto 5 el menor peso fue de 1,09 g y se obtuvo a 2 cm de profundidad, mientras que el mayor peso fue de 7,97 g y se obtuvo a una profundidad de 9 cm (Tabla 6).

De acuerdo con los resultados, el Punto 2 es el que presentó mayor peso de biomasa de turba; cabe indicar que en este Punto no se presentó mayor impacto de pastoreo, principal actividad de la zona, en cuanto al Punto 5, fue el que presentó menor peso de biomasa de turba, de acuerdo a lo observado, este se vio afectado, por actividad de pastoreo; asimismo, el Punto 4, ubicado al límite del bofedal, presentó menor peso de biomasa de turba, cabe resaltar que, al igual que el Punto 5, se observó actividad de pastoreo.

Tabla 6

Peso de biomasa según la profundidad

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
Profundidad (cm)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
1	1,04	4,63	2,66	0,63	1,30
2	1,87	6,45	2,47	1,17	1,09
3	2,38	9,07	8,05	1,41	2,28
4	5,02	14,34	12,4	2,61	4,36
5	5,54	26,88	10,76	5,79	4,21
6	6,73	15,84	11,16	2,86	4,96
7	9,82	29,39	12,70	6,18	5,53
8	8,96	24,12	19,28	6,31	5,61
9	17,62	41,57	19,46	3,94	7,97
10	14,56	53,48	20,80	11,85	6,90

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la regresión polinomial para obtener la tasa de acumulación

Los datos de regresión polinomial se obtuvieron de los pesos de biomasa de turba (Y) medidos, a partir de esto, se logró obtener el coeficiente de correlación (R^2) que mientras más cercanía a la unidad mayor poder de predicción de acuerdo al crecimiento de la vegetación (X), cuando mayor sea el crecimiento de la vegetación (X) mayor biomasa aculará (Y). En cuanto al Punto 1 el $R^2= 0,9052$ (Figura 11) muestra un nivel alto de poder predictivo, el Punto 4 (Figura 14) y el Punto 2 (Figura 12) obtuvieron menor valor, $R^2=$

0,7022 y $R^2= 0,8869$ respectivamente; y, por último, el Punto 3 (Figura 13) y Punto 5 (Figura 15) obtuvieron el mayor poder predictivo debido a que el $R^2= 0,9264$ y $R^2= 0,9142$, respectivamente, tienen mayor cercanía a la unidad (Tabla 7).

Tabla 7

Ecuación de regresión polinomial por punto de muestreo

Punto de muestreo	Ecuación Polinomial	Coficiente (R^2)
P1	$y = -0,0089x^3 + 0,2523x^2 - 0,1327x + 1,0773$	0,9056
P2	$y = 0,4145x^2 + 0,2573x + 5,202$	0,8869
P3	$y = -0,0216x^2 + 2,2955x + 0,1785$	0,9142
P4	$y = 0,0622x^2 + 0,2414x + 0,5542$	0,7022
P5	$y = -0,0045x^3 + 0,0473x^2 + 0,6733x + 0,2443$	0,9264

Fuente: Elaboración propia.

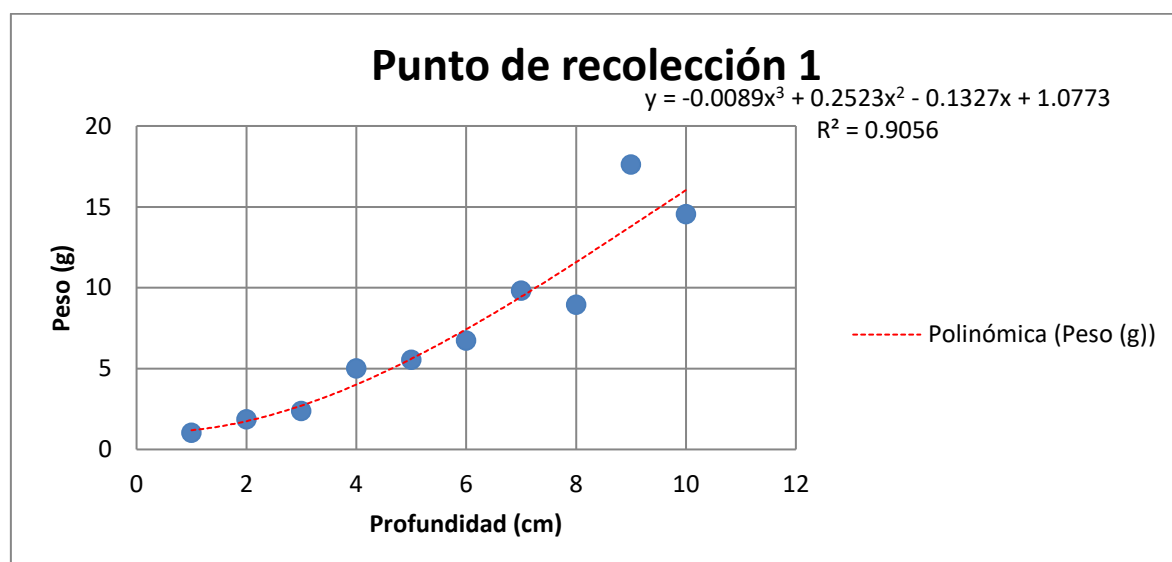


Figura 11. Gráfico de Línea de tendencia del Punto 1. Fuente: Elaboración propia.

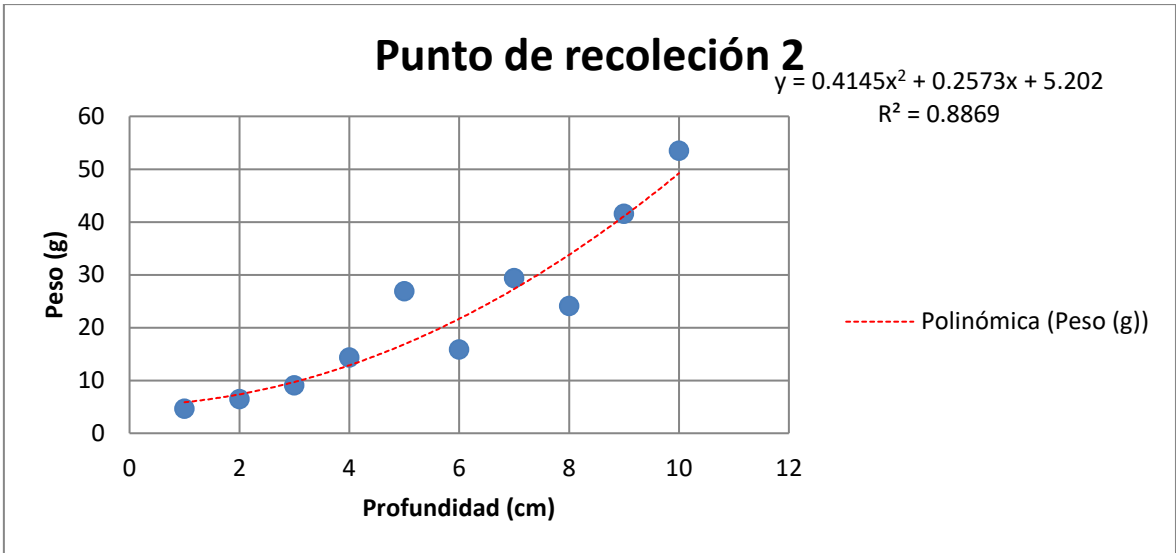


Figura 12. Gráfico de Línea de tendencia del Punto 2. Fuente: Elaboración propia.

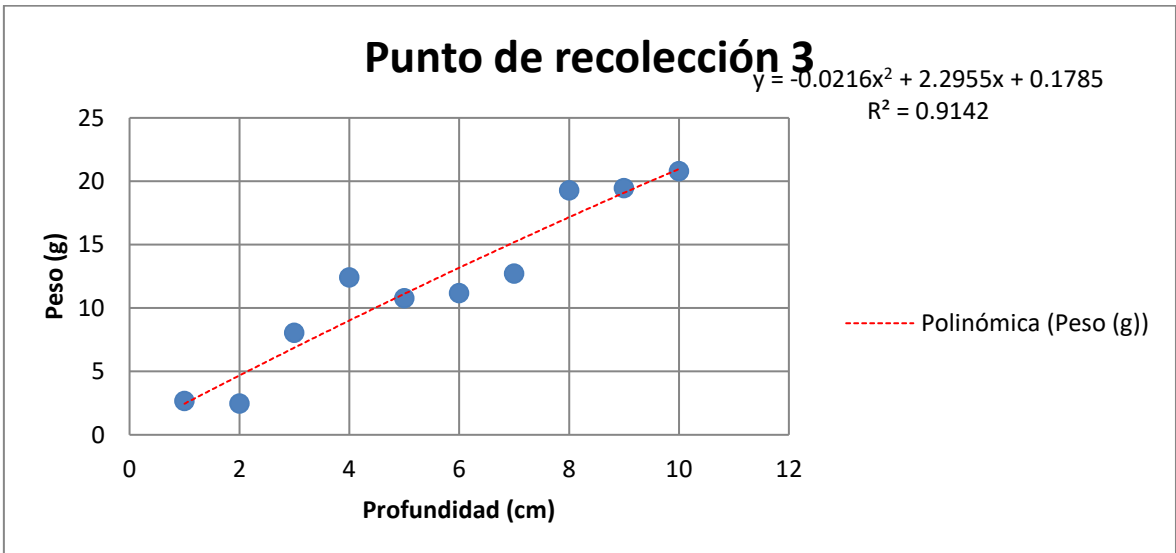


Figura 13. Gráfico de Línea de tendencia del Punto 3. Fuente: Elaboración propia.

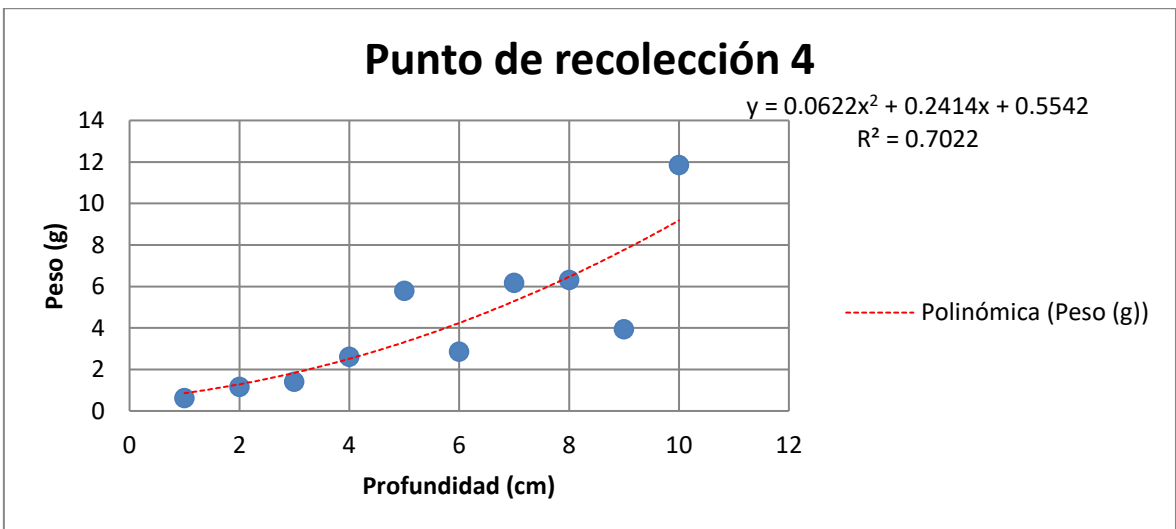


Figura 14. Gráfico de Línea de tendencia del Punto 4. Fuente: Elaboración propia.

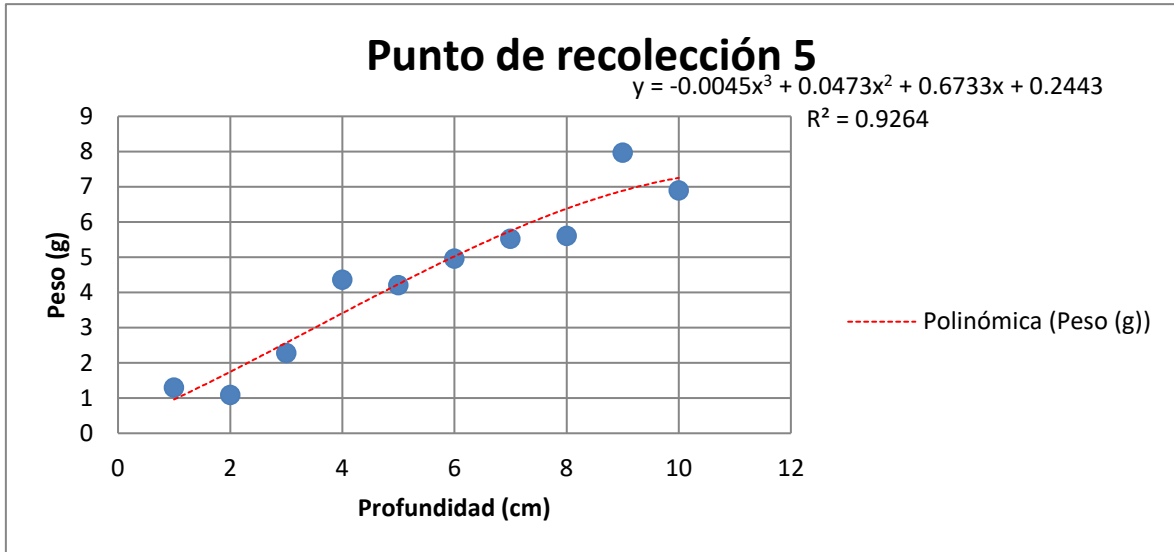


Figura 15. Gráfico de Línea de tendencia del Punto 5. Fuente: Elaboración propia.

3.1.3. Resultado del ingreso neto de biomasa al sistema o Producción primaria neta (PPN)

A partir de la ecuación de regresión polinomial de la relación altura-biomasa se generó 2 mediciones en época seca y 3 mediciones en época húmeda. El Punto 1 obtuvo mayor PPN en la época húmeda con $0,0732 \text{ g/cm}^2$ y menor PPN en la época seca con $0,0662 \text{ g/cm}^2$. El Punto 2 obtuvo mayor PPN en la época húmeda con $0,3706 \text{ g/cm}^2$ y menor PPN en la época seca con $0,3281 \text{ g/cm}^2$. En cuanto al Punto 3, la menor PPN se obtuvo en la época seca con $0,0398 \text{ g/cm}^2$ y la mayor PPN en época húmeda con $0,1884 \text{ g/cm}^2$. El Punto 4 obtuvo menor PPN en época seca con $0,0378 \text{ g/cm}^2$ y mayor PPN en época húmeda con $0,0571 \text{ g/cm}^2$. Por último, el Punto 5 obtuvo mayor PPN en época húmeda con $0,0719 \text{ g/cm}^2$ y la menor PPN en la época de seca con $0,0260 \text{ g/cm}^2$ (Tabla 8).

Cabe resaltar que el Punto en promedio de mayor PPN fue el Punto 2 con $0,3452 \text{ g/cm}^2$, seguido del Punto 3 con un promedio de $0,1093 \text{ g/cm}^2$; por el contrario, el Punto 5 obtuvo la menor PPN con un promedio de $0,0487 \text{ g/cm}^2$ (Figura 16). Al respecto, es preciso indicar que el Punto 2 se encontraba en una zona cerca a cuerpo de agua y esta no presentaba mayor alteración de la actividad de pastoreo de la zona, es por ello que los valores de biomasa son

mayores en comparación de los demás puntos que si se encontró presencia de actividad de pastoreo, principalmente en el Punto 4 y Punto 5 (Figura 16).

Tabla 8

Productividad Primaria Neta (PPN) (g/cm²)

Productividad Primaria Neta (PPN) (g/cm ²)					
Época	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
Seca	0,0664	0,3281	0,0398	0,0378	0,0260
	0,0662	0,3339	0,0683	0,0413	0,0348
Húmeda	0,0667	0,3418	0,1038	0,0451	0,0484
	0,0684	0,3518	0,1462	0,0503	0,0624
	0,0732	0,3706	0,1884	0,0571	0,0719
Promedio	0,0682	0,3452	0,1093	0,0463	0,0487

Fuente: Elaboración propia.

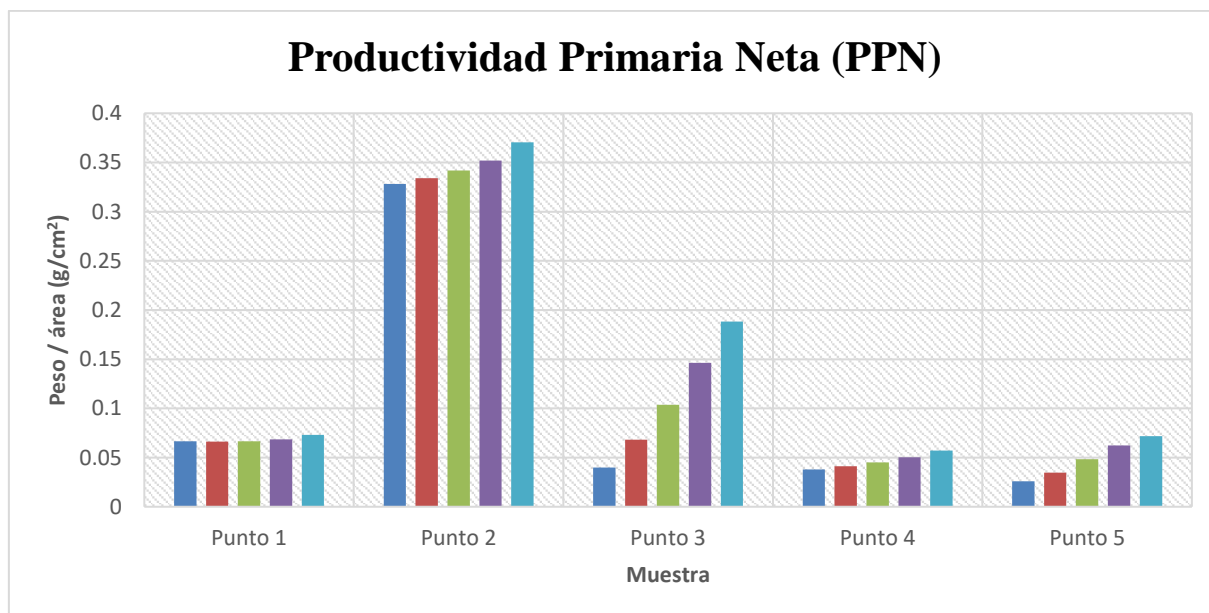


Figura 16. Gráfico de Productividad Primaria Neta. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Resultado de la biomasa por descomposición de la turba en el bofedal

Para medir la descomposición de la turba, se realizó el pesaje de cada una de las 5 submuestras posterior al secado, donde cada punto de muestreo obtuvo diferencias de acuerdo con la profundidad, lo que hizo un total de 25 datos de peso en gramos. La submuestra 1 del Punto 1, obtuvo un peso de 5,31 g a una profundidad de 10 cm, siendo el más bajo, mientras que el peso más alto, 13,18 g se obtuvo a una profundidad de 50 cm. La submuestra 2 obtuvo el valor más bajo a una profundidad de 10 cm con 11,84 g, mientras

que el mayor peso de turba lo obtuvo a una profundidad de 40 cm, siendo 14,04 g. Asimismo, la submuestra 3 obtuvo el peso más bajo de 5,05 g a una profundidad de 10 cm, y el mayor peso, de 12,73 g a una profundidad de 30 cm. La submuestra 4 presentó menor peso, de 7,54 g a una profundidad de 10 cm y el mayor peso de turba lo registró a 40 cm, con 15,51 g. Por último, la submuestra 5 obtuvo el menor peso de turba a una profundidad de 50 cm, con 13,03 g, y el mayor peso lo obtuvo a una profundidad de 20 cm, con 16,58 g. En total, la submuestra 5 obtuvo el mayor peso de turba seca con 74,83 g, y la submuestra 3 obtuvo el menor peso con 54,58 g (Tabla 9).

Es preciso indicar que a una profundidad de 10 cm se obtuvo los valores más bajos de turba, esto debido a que contiene mayor cantidad de agua.

Tabla 9

Peso inicial del Punto 1

Profundidad en cm	Peso inicial del Punto 1 (g)				
	Submuestra 1	Submuestra 2	Submuestra 3	Submuestra 4	Submuestra 5
10	5,31	11,84	5,05	7,54	15,85
20	11,57	14,34	12,58	12,73	16,58
30	11,97	12,30	12,73	13,63	16,33
40	12,96	14,04	12,03	15,51	13,04
50	13,18	13,42	12,19	13,60	13,03
TOTAL	54,99	65,94	54,58	63,01	74,83

Fuente: Elaboración propia.

Posterior a la instalación de las submuestras secas en los subpuntos de muestreo de donde fueron extraídos, se procedió a pesar en diferentes fechas programadas: la submuestra 1 se extrajo y pesó al mes de su instalación, se obtuvo que a una profundidad de 10 cm el peso fue de 4,93 g y a una profundidad de 50 cm el peso fue de 12,56 g. En cuanto a la submuestra 2, esta fue extraída y pesada a los dos meses de instalada, donde a una profundidad de 10 cm obtuvo el menor peso de 10,59 g y a los 40 cm obtuvo el peso mayor de 13,15 g. La submuestra 3 fue extraída a los 3,5 meses de instalada, esta obtuvo 3,21 g, menor peso, a una profundidad de 10 cm, mientras que el mayor peso de 11,12 g lo obtuvo a los 30 cm. A los 5 meses se extrajo la submuestra 4 en el que se registró un peso de 4,78 g a una profundidad de 10 cm y a una profundidad de 40 cm se obtuvo un peso de 13,52 g. Por último, la

submuestra 5 fue tomada a los 6 meses de extraída, se pesaron y se registró un peso mínimo de 9,38 g a una profundidad de 10 cm y de 13,74 g a una profundidad de 30 cm (Tabla 10).

Tabla 10

Peso final del Punto 1

Profundidad en cm	Peso final del Punto 1 (g)				
	Submuestra 1	Submuestra 2	Submuestra 3	Submuestra 4	Submuestra 5
10	4,93	10,59	3,21	4,78	9,38
20	10,68	13,57	10,34	9,32	12,73
30	11,21	10,93	11,12	10,71	13,74
40	12,16	13,15	10,89	13,52	10,93
50	12,56	12,04	9,69	11,22	9,84
TOTAL	51,54	60,28	45,25	49,55	56,62

Fuente: Elaboración propia.

Posterior al pesaje de todos los subpuntos de muestreo en las fechas establecidas, se obtuvo la descomposición en gramos mediante la diferencia de pesos dichos resultados indicaron que la submuestra 1, medida a 1 mes, registró 3,45 g de descomposición siendo el valor menor, mientras que la submuestra 5, medida a 6 meses, obtuvo un valor mayor de 18,21 g de descomposición (Tabla 11) (Figura 17).

Tabla 11

Descomposición del Punto 1

	Punto 1		
	Peso inicial total	Peso final total	Diferencia (g)
Submuestra 1	54,99	51,54	3,45
Submuestra 2	65,94	60,28	5,66
Submuestra 3	54,58	45,25	9,33
Submuestra 4	63,01	49,55	13,46
Submuestra 5	74,83	56,62	18,21

Fuente: Elaboración propia.

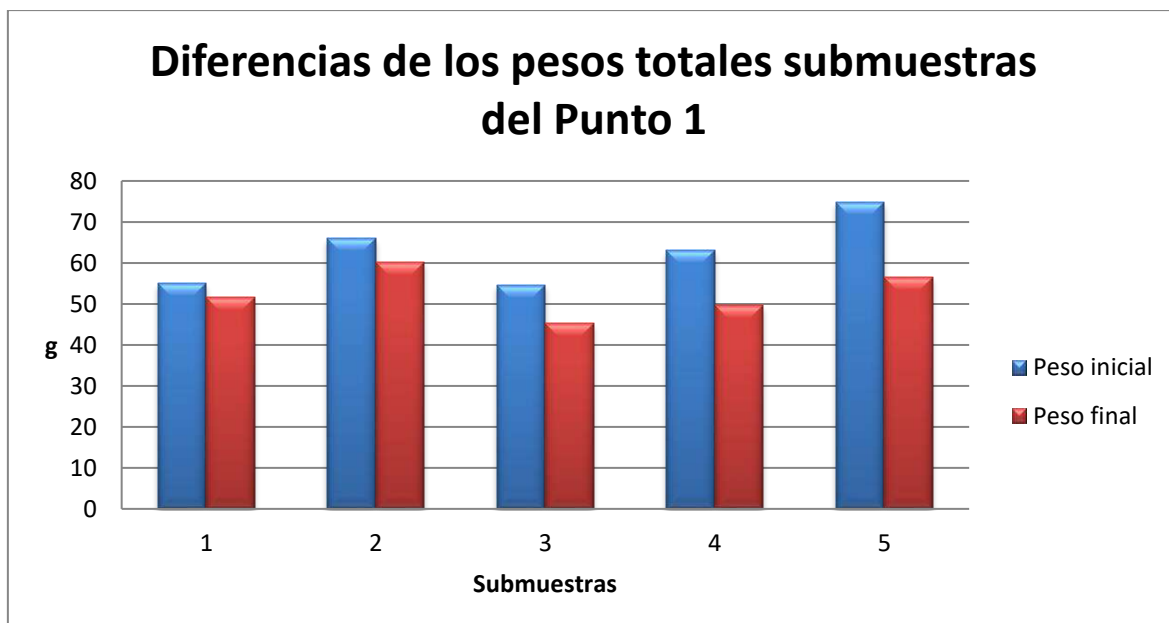


Figura 17. Gráfico de diferencias de los pesos totales de las muestras del Punto 1. Fuente: Elaboración propia.

En el Punto 2 se procedió de la misma manera, se registró los pesos iniciales para cada submuestra. En la submuestra 1 obtuvo el valor mínimo a una profundidad de 10 cm y el valor máximo a una profundidad de 50 cm, de 8,51 g y 43,36 g respectivamente. En el subpunto 2 se obtuvo valores entre los 12,49 g y 92,92 g a una profundidad de 10 cm y 50 cm. En cuanto a la submuestra 3, los valores más altos se obtuvieron a 50 cm con 93,43 g y el menor peso de 11,26 g a una profundidad de 10 cm. Así también, se obtuvo los valores de la submuestra 4, donde a una profundidad de 10 cm registró 13,96 g y a una profundidad de 40 cm obtuvo el peso más alto de 69,51 g. Por último, en la submuestra 5, el peso más bajo se obtuvo a una profundidad de 20 cm y el peso más alto a una profundidad de 50 cm (Tabla 12).

El total registrado en las 5 submuestras indican que la submuestra 3 presentó mayor peso de turba seca y la Submuestra 1 obtuvo el menor peso de 103,06 g.

Tabla 12

Peso inicial del Punto 2

Profundidad en cm	Peso inicial del Punto 2 (g)				
	Submuestra 1	Submuestra 2	Submuestra 3	Submuestra 4	Submuestra 5
10	8,51	13,49	11,26	13,96	16,58
20	14,32	17,29	14,11	17,97	15,17

Peso inicial del Punto 2 (continuación)

30	19,42	21,67	20,67	30,93	30,19
40	17,45	55,11	67,26	69,51	55,7
50	43,36	92,92	93,43	61,09	60,9
TOTAL	103,06	200,48	206,73	193,46	178,54

Fuente: Elaboración propia.

Se procedió con la instalación de donde fueron extraídas cada submuestra y se pesó de acuerdo a la programación: la submuestra 1 se pesó al mes de su instalación y registró pesos entre los 6,28 g a 41,52 g. La submuestra 2, medida a los 2 meses, registró valores entre los 11,35 g a 89,51 g. La submuestra 3, medida a los 3,5 meses, registró los pesos entre los 7,85 g y los 91,24 g. Cabe resaltar que la submuestra 1, submuestra 2 y submuestra 3 registraron los pesos mínimos a una profundidad de 10 cm y el peso mayor a 50 cm de profundidad. En cuanto a la submuestra 4, medida a los 5 meses, registró su peso mínimo, de 8,59 g a una profundidad de 10 cm y el mayor peso de 67,17 g a una profundidad de 40 cm. Por último, la submuestra 5, medido a los 6 meses, registró su valor mínimo de 11,62 g a una profundidad de 20 cm y el mayor peso de 57,31 g a 50 cm de profundidad (Tabla 13)

Tabla 13

Peso final del Punto 2

Profundidad en cm	Peso final del Punto 2 (g)				
	Submuestra 1	Submuestra 2	Submuestra 3	Submuestra 4	Submuestra 5
10	6,28	11,35	7,85	8,59	12,25
20	13,37	16,41	11,63	14,31	11,62
30	17,86	20,63	17,28	28,79	26,87
40	15,66	52,29	65,03	67,17	52,32
50	41,52	89,51	91,24	57,83	57,31
TOTAL	94,69	190,19	193,03	176,69	160,37

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se registró la descomposición mediante la diferencia de pesos de cada submuestra en las fechas establecidas, dando como resultado que a un mes se descompuso 8,37 g, siendo el valor más bajo, y a 6 meses (submuestra 5) registró el valor más alto de descomposición que fue de 18,17 g (Tabla 14) (Figura 18).

Tabla 14

Descomposición del Punto 2

Punto 2			
	Peso inicial total	Peso final total	Diferencia (g)
Submuestra 1	103,06	94,69	8,37
Submuestra 2	200,48	190,19	10,29
Submuestra 3	206,73	193,03	13,70
Submuestra 4	193,46	176,69	16,77
Submuestra 5	178,54	160,37	18,17

Fuente: Elaboración propia.

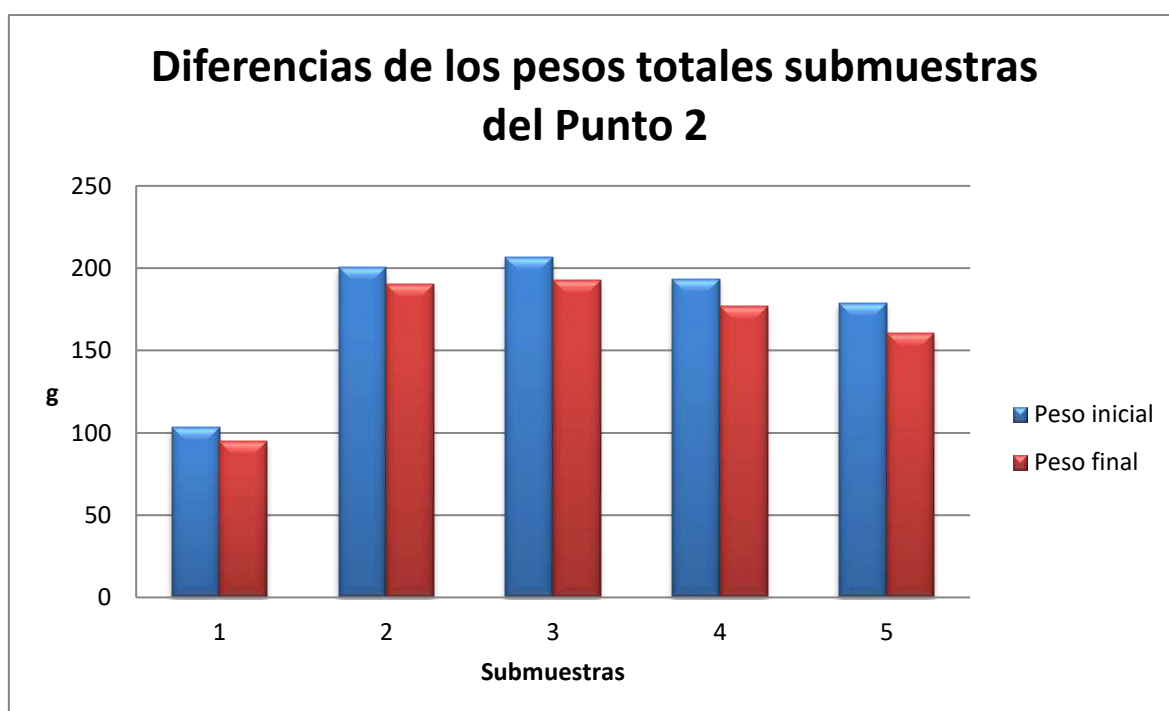


Figura 18. Gráfico de diferencias de los pesos totales de las muestras del Punto 2. *Fuente:* Elaboración propia.

Con el Punto 3 se procedió de la misma manera, para la submuestra 1, submuestra 2, submuestra 3 y submuestra 5, los pesos más bajos se registraron a una altura de 10 cm, 8,11 g, 7,92 g, 6,36 g y 22,02 g respectivamente; y los pesos más altos se registraron a una profundidad de 50 cm, 10,20 g, 31,04 g, 46,88 g y 40,96 g respectivamente. Solo el Punto 4 registró el menor peso, de 22,09 g, a 10 cm de profundidad y el mayor peso, de 50,25 g, a una profundidad de 40 cm (Tabla 15).

Tabla 15

Peso inicial del Punto 3

Profundidad en cm	Peso inicial del Punto 3 (g)				
	Submuestra 1	Submuestra 2	Submuestra 3	Submuestra 4	Submuestra 5
10	8,11	7,92	6,36	22,09	22,02
20	10,47	9,17	18,08	29,29	22,5
30	18,35	23,83	38,12	36,73	28,21
40	16,13	29,75	33,72	50,25	38,17
50	10,20	31,04	46,88	28,63	40,96
TOTAL	63,26	101,71	143,16	166,99	151,86

Fuente: Elaboración propia.

El peso final del Punto 3 se obtuvo de igual manera, en las mismas fechas programadas. La submuestra 1 obtuvo en general el peso más bajo, de 55,80 g de turba a un mes, mientras que la submuestra 4 obtuvo el peso más alto, registrado a los 5 meses de su instalación (Tabla 16).

Tabla 16

Peso final del Punto 3

Profundidad en cm	Peso final del Punto 3 (g)				
	Submuestra 1	Submuestra 2	Submuestra 3	Submuestra 4	Submuestra 5
10	5,46	4,73	2,41	18,51	17,31
20	8,83	7,99	15,32	26,13	19,74
30	17,52	21,94	35,25	34,47	25,67
40	14,37	27,57	31,43	47,91	35,18
50	9,62	28,08	45,41	25,73	38,49
TOTAL	55,80	90,31	129,82	152,75	136,39

Fuente: Elaboración propia.

Para el resultado de descomposición, se obtuvo mediante la diferencia de pesos, la submuestra 1 (1 mes) obtuvo el valor más bajo de descomposición registrando 7,46 g; en cambio, la submuestra 5 (6 meses) registró el peso más alto de descomposición, de 15,47 g (Tabla 17) (Figura 19).

Tabla 17

Descomposición del Punto 3

Punto 3			
	Peso inicial total	Peso final total	Diferencia (g)
Submuestra 1	63,26	55,80	7,46
Submuestra 2	101,71	90,31	11,40
Submuestra 3	143,16	129,82	13,34
Submuestra 4	166,99	152,75	14,24
Submuestra 5	151,86	136,39	15,47

Fuente: Elaboración propia.

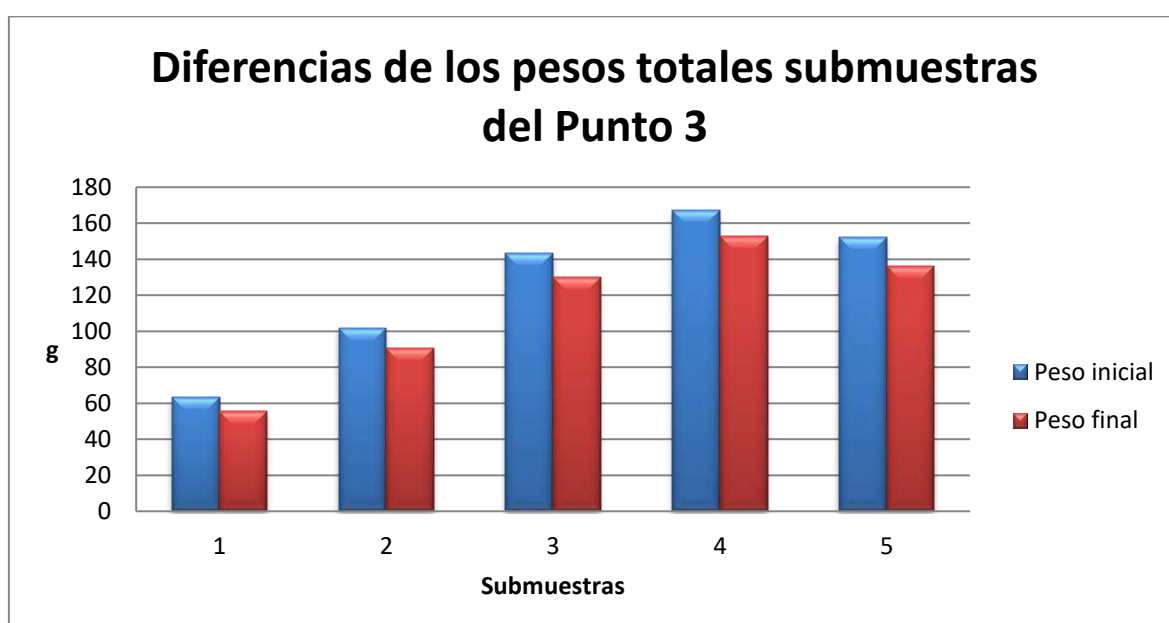


Figura 19. Gráfico de diferencias de los pesos totales de las muestras del Punto 3. Fuente: Elaboración propia.

Para el Punto 4 se procedió con el registro del peso inicial (peso seco) a diferentes profundidades; la particularidad que se registró en este punto fue la presencia de materia inorgánica, el cual fue eliminado del estudio, en consecuencia, las profundidades de 40 cm y 50 cm no se registraron por no presentar materia viva. Sin embargo, se obtuvo el peso inicial de las profundidades de 10 cm, 20 cm y 30 cm. Todas las submuestras obtuvieron su valor más bajo de turba seca a una profundidad de 10 cm, esto se debe principalmente a la alta presencia de agua en la muestra. Asimismo, la submuestra 1 y 4 obtuvieron pesos de 31,54 g y 44,66 g, siendo los pesos más altos de cada uno a una profundidad de 30 cm. Por último, la submuestra 2, submuestra 3 y submuestra 5 registraron pesos más altos a una profundidad de 20 cm (Tabla 18).

Tabla 18

Peso inicial del Punto 4

Profundidad en cm	Peso inicial del Punto 4 (g)				
	Submuestra 1	Submuestra 2	Submuestra 3	Submuestra 4	Submuestra 5
10	4,01	20,71	7,06	16,81	11,66
20	24,79	27,26	38,09	24,55	22,91
30	31,54	23,54	27,13	44,66	22,66
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-
TOTAL	60,34	71,51	72,28	86,02	57,23

Fuente: Elaboración propia.

El peso final se obtuvo posterior a la instalación en los subpuntos de muestro de donde fueron extraídos, cabe resaltar que estas submuestras también se extrajeron en fechas diferentes ya programadas; asimismo, debido a que no se generaron resultados del peso inicial a 40 y 50 cm de profundidad, el peso final tampoco lo registró. La submuestra 1 fue registrada al mes de su instalación, registrando el peso más bajo a una profundidad de 10 cm, y el más alto a 30 cm. Asimismo, la submuestra 2, registrada a 2 meses, obtuvo su menos peso, de 17,98 g, a una profundidad de 10 cm. La submuestra 3, registrada a 3,5 meses, de igual manera, registró pesos entre 4,69 g y 34,47 g. La submuestra 4, registrada a los 5 meses, obtuvo pesos entre los 12,18 g y 41,47 g. Por último, la submuestra 5 obtuvo el menor peso, de 7,78 g, a una profundidad de 10 cm y el mayor peso de 20,33 g a una profundidad de 20 cm (Tabla 19).

Tabla 19

Peso final del Punto 4

Profundidad en cm	Peso final del Punto 4 (g)				
	Submuestra 1	Submuestra 2	Submuestra 3	Submuestra 4	Submuestra 5
10	2,56	17,08	4,69	12,18	7,78
20	21,57	25,21	34,47	20,83	20,33
30	27,83	19,81	22,43	41,47	16,52
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-
TOTAL	51,96	62,10	61,59	74,48	44,63

Fuente: Elaboración propia.

Se procedió con el registro de diferencia de pesos, la submuestra 1, generada al mes de instalada, obtuvo una descomposición de 8,38 g siendo la más baja; mientras que la submuestra 5, generada a los 6 meses de instalada, obtuvo un peso de 12,60 g (Tabla 20) (Figura 20).

Tabla 20

Descomposición del Punto 4

Punto 4			
	Peso inicial total	Peso final total	Diferencia (g)
Submuestra 1	60,34	51,96	8,38
Submuestra 2	71,51	62,10	9,41
Submuestra 3	72,28	61,59	10,69
Submuestra 4	86,02	74,48	11,54
Submuestra 5	57,23	44,63	12,60

Fuente: Elaboración propia.

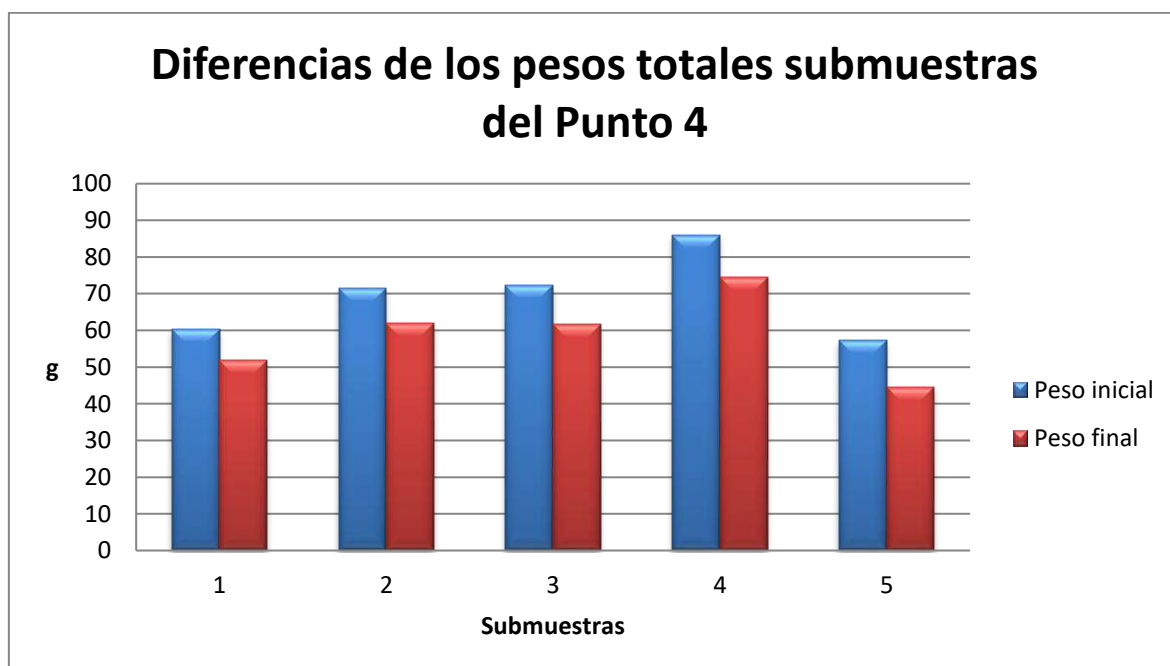


Figura 20. Gráfico de diferencias de los pesos totales de las muestras del Punto 4. Fuente: Elaboración propia.

Por último, el Punto 5 también procedió con la misma metodología; asimismo, no se registró turba a una profundidad de 40 y 50 cm debido a la presencia de arcilla. Sobre este punto es importante recalcar a una profundidad de 10 cm, el peso de las muestras resultó más altas en comparación de los otros puntos de muestreo, esto debido a la baja cantidad de agua. De

igual manera, con los pesos registrados a una profundidad de 20 y 30 cm, como lo muestra en la Tabla 21.

Tabla 21

Peso inicial del Punto 5

Profundidad en cm	Peso inicial del Punto 5 (g)				
	Submuestra 1	Submuestra 2	Submuestra 3	Submuestra 4	Submuestra 5
10	37,95	21,64	10,25	20,18	54,64
20	97,08	63,31	75,49	54,25	73,82
30	90,4	80,74	96,9	104,25	-
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-
TOTAL	225,43	165,69	182,64	178,68	128,46

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los pesos finales, el Punto 5 de muestreo realizó el pesaje de cada uno en los tiempos programados. La submuestra 1, registró un peso a 10 cm de profundidad de 34,34 g, mientras que el peso más alto fue de 94,34 g, que lo obtuvo a una profundidad de 20 cm. La submuestra 2, registró a los dos meses de instalado un peso mínimo de 15,68 g a una profundidad de 10 cm, y el mayor peso de 79,83 g a una profundidad de 30 cm. La submuestra 3, registró a los 3,5 meses un peso mínimo de 4,58 g a los 10 cm de profundidad y el mayor peso de 95,48 g a 30 cm de profundidad. La Submuestra 4, registró a los 5 meses de instalado un peso de 15,97 g a una profundidad de 10 cm, y el mayor peso de 99,51 g a una profundidad de 30 cm. Por último, la submuestra 5, registró a los 6 meses de instalado el menor peso de 47,26 g a una profundidad de 10 cm y el mayor peso de 67,48 a una profundidad de 20 cm (Tabla 22).

Tabla 22

Peso final del Punto 5

Profundidad en cm	Peso final del Punto 5 (g)				
	Submuestra 1	Submuestra 2	Submuestra 3	Submuestra 4	Submuestra 5
10	34,34	15,68	4,58	15,97	47,26
20	94,73	59,63	70,72	50,38	67,48
30	88,81	79,83	95,48	99,51	-
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-

Peso final del Punto 5 (continuación)

TOTAL	217,88	155,14	170,78	165,86	114,74
-------	--------	--------	--------	--------	--------

Fuente: Elaboración propia.

A partir de estos datos se obtuvo la descomposición de la turba del Punto 5, donde la submuestra 1 registró, a un mes de instalada, la menor descomposición con un peso de 7,55 g, y la mayor descomposición se obtuvo en la submuestra 5, registrada a los 6 meses de instalada con un peso de 13,72 g (Tabla 23) (Figura 21).

Tabla 23

Descomposición del Punto 5

Punto 5			
	Peso inicial total	Peso final total	Diferencia (g)
Submuestra 1	225,43	217,88	7,55
Submuestra 2	165,69	155,14	10,55
Submuestra 3	182,64	170,78	11,86
Submuestra 4	178,68	165,86	12,82
Submuestra 5	128,46	114,74	13,72

Fuente: Elaboración propia.

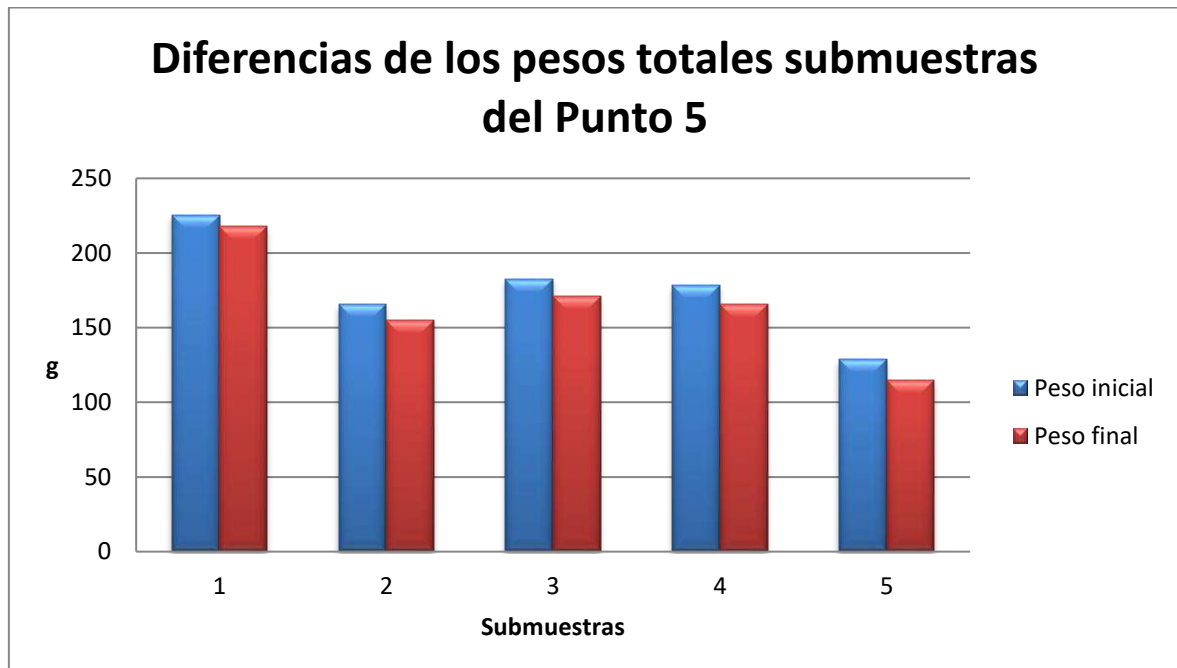


Figura 21. Gráfico de diferencias de los pesos totales de las muestras del Punto 5. *Fuente:* Elaboración propia.

Los resultados de descomposición de biomasa se obtuvieron en época seca y época húmeda, todos los puntos de muestreo (Punto 1, Punto 2, Punto 3, Punto 4 y Punto 5) obtuvieron menor descomposición de la biomasa en época seca: 0,170 g/cm², 0,413 g/cm², 0,368 g/cm², 0,413 g/cm² y 0,373 g/cm² respectivamente, así como la mayor descomposición de la biomasa se obtuvo en época húmeda: 0,898 g/cm², 0,896 g/cm², 0,763 g/cm², 0,622 g/cm² y 0,677 g/cm².

La mayor descomposición de biomasa se generó en el Punto 1 y Punto 2 y los de menor descomposición de biomasa se obtuvo en el Punto 5 y Punto 4 (Tabla 24).

Tabla 24

Descomposición de biomasa (g/cm²)

Época	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
Seca	0,170	0,413	0,368	0,413	0,373
	0,279	0,508	0,562	0,464	0,521
Húmeda	0,460	0,676	0,658	0,527	0,585
	0,664	0,827	0,703	0,569	0,633
	0,898	0,896	0,763	0,622	0,677

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Eficiencia Neta Basada en la Biomasa

Con los datos obtenidos anteriormente se procedió a calcular el ENEb: La Eficiencia Neta Basada en la Biomasa por cada submuestra del Punto 1, logró obtener un promedio de -0,426 g/cm² lo que se expresa como una pérdida de biomasa (Tabla 25) (Figura 22).

Tabla 25

ENEb de las submuestras del Punto 1

	Época	Submuestra	ENEb (g/cm ²)
Punto 1	Seca	Submuestra 1	-0,104
		Submuestra 2	-0,213

ENEb de las submuestras del Punto 1 (continuación)

Húmeda	Submuestra 3	-0,394
	Submuestra 4	-0,596
	Submuestra 5	-0,825
	Promedio	-0,426

Fuente: Elaboración propia.

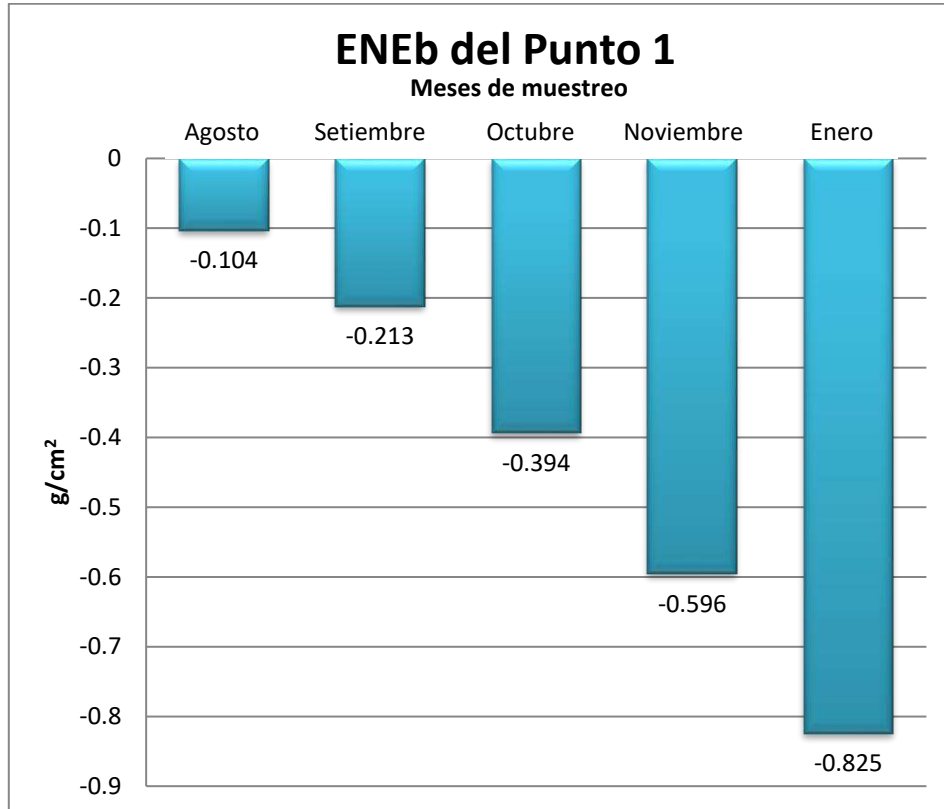


Figura 22. Gráfico de ENEb del Punto1. Fuente: Elaboración propia.

La Eficiencia Neta Basada en la Biomasa por cada submuestra del Punto 2, logró obtener un promedio de $-0,426 \text{ g/cm}^2$ lo que se expresa como una pérdida de biomasa (Tabla 26) (Figura 23).

Tabla 26

ENEb de las submuestras del Punto 2

	Época	Submuestra	ENEb (g/cm²)
Punto 2	Seca	Submuestra 1	-0,085

ENEb de las submuestras del Punto 2 (continuación)

Húmeda	Submuestra 2	-0,174
	Submuestra 3	-0,334
	Submuestra 4	-0,476
	Submuestra 5	-0,526
	Promedio	-0,319

Fuente: Elaboración propia.

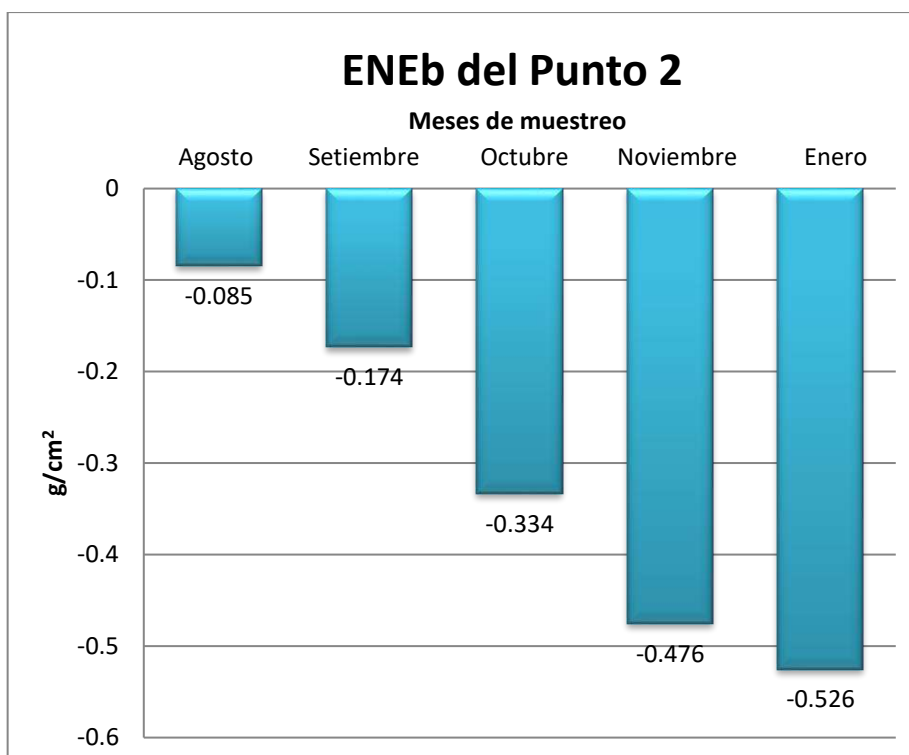


Figura 23. Gráfico de ENEb del Punto 2. Fuente: Elaboración propia.

La Eficiencia Neta Basada en la Biomasa por cada submuestra del Punto 3, logró obtener un promedio de $-0,501 \text{ g/cm}^2$ lo que se expresa como una pérdida de biomasa (Tabla 27) (Figura 24).

Tabla 27

ENEb de las submuestras del Punto 3

	Época	Submuestra	ENEb (g/cm ²)
Punto 3	Seca	Submuestra 1	-0,328

ENEb de las submuestras del Punto 3 (continuación)

Húmeda	Submuestra 2	-0,494
	Submuestra 3	-0,554
	Submuestra 4	-0,556
	Submuestra 5	-0,575
	Promedio	-0,501

Fuente: Elaboración propia.

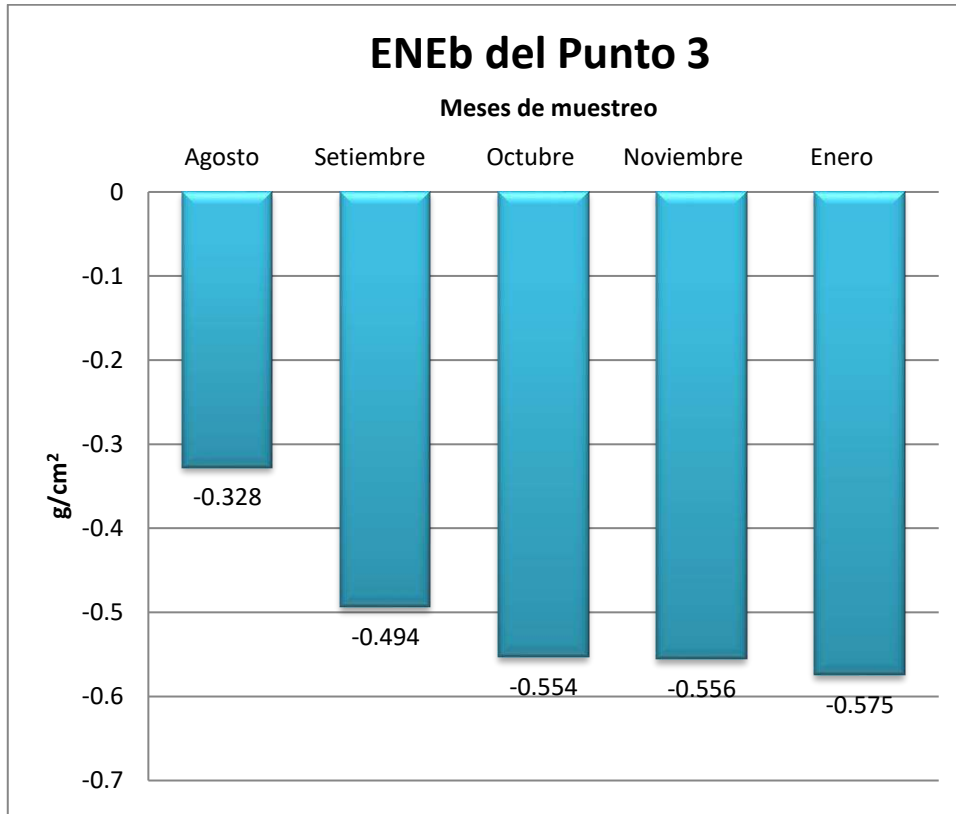


Figura 24. Gráfico de ENEb del Punto 3. Fuente: Elaboración propia.

La Eficiencia Neta Basada en la Biomasa por cada submuestra del Punto 4, logró obtener un promedio de $-0,473 \text{ g/cm}^2$ lo que se expresa como una pérdida de biomasa (Tabla 28) (Figura 25).

Tabla 28

ENEb de las submuestras del Punto 4

	Época	Submuestra	ENEb (g/cm ²)
Punto 4	Seca	Submuestra 1	-0,367

ENEb de las submuestras del Punto 4 (continuación)

Húmeda	Submuestra 2	-0,423
	Submuestra 3	-0,482
	Submuestra 4	-0,519
	Submuestra 5	-0,565
	Promedio	-0,473

Fuente: Elaboración propia.

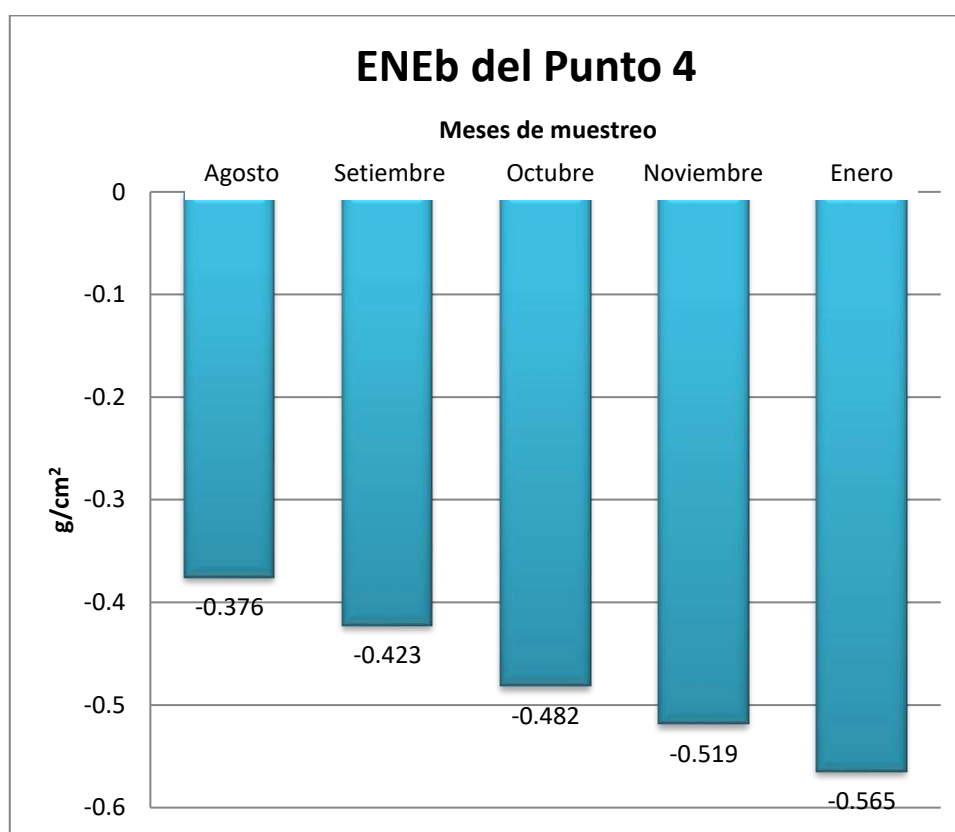


Figura 25. Gráfico de ENEb del Punto 4. Fuente: Elaboración propia.

La Eficiencia Neta Basada en la Biomasa por cada submuestra del Punto 5, logró obtener un promedio de $-0,509 \text{ g/cm}^2$ lo que se expresa como una pérdida de biomasa (Tabla 29) (Figura 26).

Tabla 29

ENEb de las submuestras del Punto 5

	Época	Submuestra	ENEb (g/cm ²)
Punto 5	Seca	Submuestra 1	-0,347

ENEB de las submuestras del Punto 5 (continuación)

	Submuestra 2	-0,486
Húmeda	Submuestra 3	-0,537
	Submuestra 4	-0,570
	Submuestra 5	-0,605
	Promedio	-0,509

Fuente: Elaboración propia.

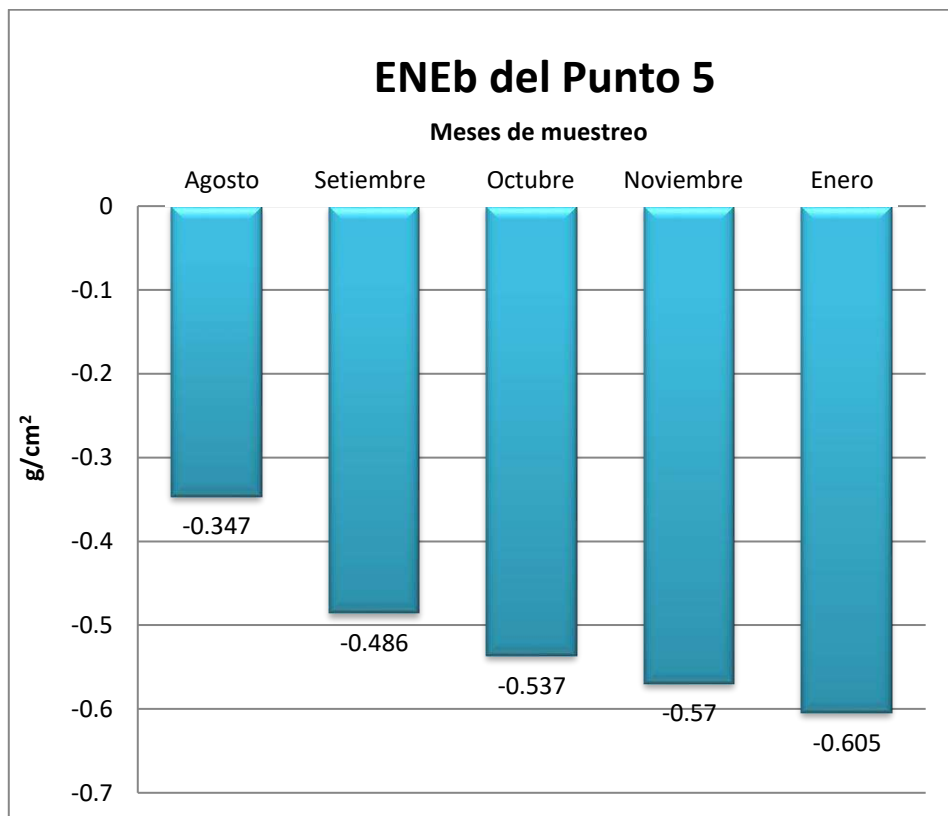


Figura 26. Gráfico de ENEB del Punto 5. Fuente: Elaboración propia.

La tendencia del promedio de la Eficiencia Neta basada en la Biomasa, se expresó como pérdida de biomasa. Cabe resaltar que el Punto 2 obtuvo menor pérdida de biomasa con $-0,319 \text{ g/cm}^2$, esto debido a la cercanía al cuerpo de agua y en donde no presentó actividad de pastoreo; mientras que el Punto 5 obtuvo la mayor pérdida de biomasa con $-0,509 \text{ g/cm}^2$, que, a pesar de encontrarse en una zona cercana al cuerpo de agua, en este punto se observó mayor presencia de actividad de pastoreo. Resultando como promedio del ENEB para toda el área el valor $-0,446 \text{ g/cm}^2$ (Figura 27)

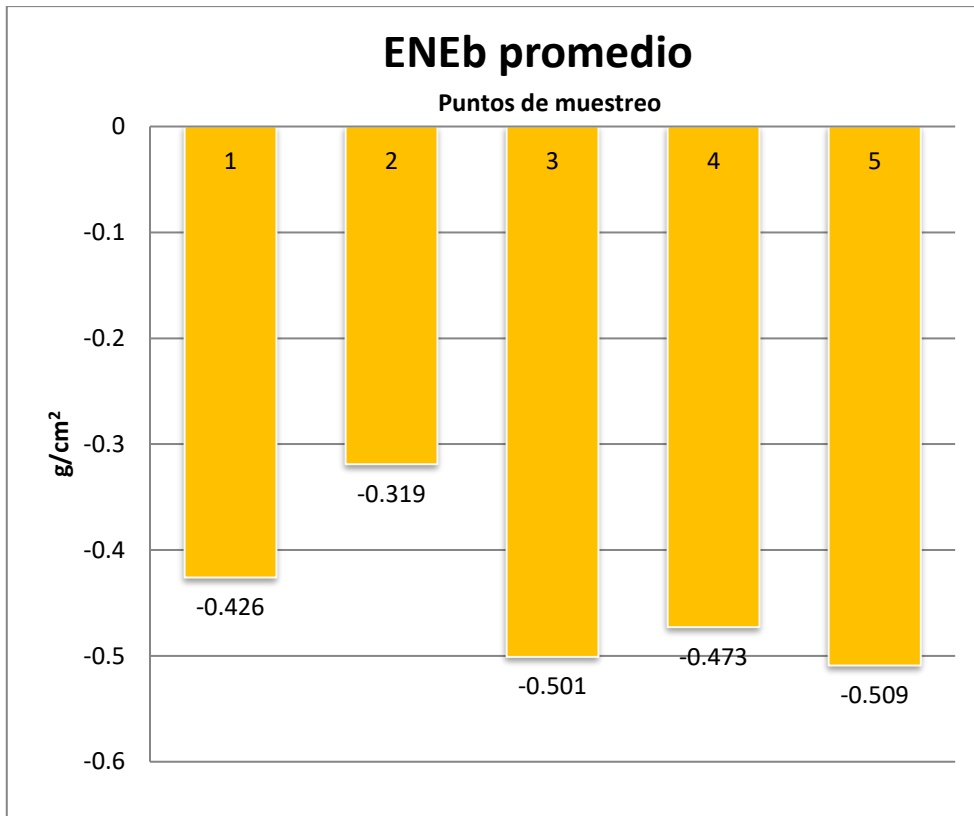


Figura 27. ENEb promedio. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: DISCUSIONES

4.1. Productividad Primaria Neta

4.1.1. Crecimiento de la biomasa aérea

Los resultados de crecimiento de la biomasa aérea indicaron mayor crecimiento en los meses de diciembre y enero, con 0,45 cm y 1,25 cm; y los más bajos en los meses de septiembre a octubre, con valores de 0,15 cm y 0,45 cm. Estos valores guardan relación con el estudio realizado por Muñoz (2020), quien menciona que el crecimiento se ve afectado por la época húmeda o época seca; sus valores de biomasa aérea alcanzando los 0,33 g/cm², además obtuvo valores negativos en el P-2 llegando a -0,08 g/cm². Al respecto, Muñoz (2020) indica que un factor importante que afecta el crecimiento de la biomasa aérea es la cercanía al cuerpo de agua y el estado de conservación del bofedal, información que presenta relación con el estudio realizado en bofedal de Piticocha - Sector 3, debido a que el Punto 1, el cual alcanzó el menor crecimiento (0,95 cm) se encuentra en una zona distante al cuerpo de agua, mientras que el Punto 3 y Punto 5, con un crecimiento de 1,25 cm (el más alto) se encontraron cerca del cuerpo de agua. Así también se tiene el Punto 4 que obtuvo un crecimiento de 1,15 cm, punto que se ubicó en el límite del bofedal y presentó alteración por la actividad del pastoreo.

Otros estudios, como los que presenta Alvis (2018), Ortiz (2016), Quispe (2013), Alvarado (2012) y Huanca (2012) no emplearon el factor de biomasa aérea para la obtención de la Productividad Primaria de la biomasa.

4.1.2. Productividad Primaria

Para obtener la Productividad Primaria Neta, se empleó una ecuación polinomial, cuyos

valores obtenidos se acercaron al $R^2=1$, valores de R^2 entre los 0,70 y 0,92, donde Y representó la biomasa terrestre y X el crecimiento de la vegetación, resultado similar a lo obtenido por Muñoz (2020), quien empleó una regresión polinomial donde obtuvo un R^2 entre 0,78 y 0,94 que permitió obtener la relación del crecimiento de la vegetación con la generación de biomasa, donde Y representa la biomasa terrestre y X el crecimiento de la vegetación. Asimismo, en el estudio de Quispe (2013) obtuvo la relación, peso-altura con un R^2 de 0,97 a 0,99, quien indica que, a mayor cercanía a la unidad, mayor es el nivel de predicción de biomasa.

A partir de la ecuación, se obtuvo los resultados de Productividad Primaria Neta, en el presente estudio, los valores más altos se obtuvieron en el Punto 2, caracterizado por el mejor estado de conservación del bofedal, con una generación promedio de $0,34 \text{ g/cm}^2$ y los valores más bajos en el Punto 4 con una generación promedio de $0,046 \text{ g/cm}^2$, este punto se caracterizó principalmente por estar en la zona límite del bofedal y con mayor presencia de actividad de pastoreo. Dichos valores son similares a los presentados en el estudio de Muñoz (2020), donde presentó mayor productividad de biomasa con valores de $0,25 \text{ g/cm}^2$ y $0,33 \text{ g/cm}^2$ y el más bajo de $0,01 \text{ g/cm}^2$. Así también, Mita (2019) obtuvo el valor de biomasa de las raíces y tallos de la vegetación, a partir de las diferencias de pesos de la biomasa húmeda y biomasa seca, donde se obtuvo promedio mayor de $14,33 \text{ t/ha}$ y un promedio menor de $2,20 \text{ t/ha}$. Al respecto, Mita (2019) asegura que la generación de biomasa no se ve afectado por la época en la que se mide, al igual que Muñoz (2020) indican que la variable de conservación del bofedal, influye en la acumulación de biomasa. Alvarado (2012) también obtuvo sus resultados de biomasa seca en los bofedales Candarave ($3\,470,68 \text{ ha}$) con $577,34 \text{ kg/ha/M.S}$, Huaytire ($2\,643,9 \text{ ha}$) con $425,32 \text{ kg/ha/M.S}$, y el bofedal Japopunco ($337,9 \text{ ha}$) con $1\,159,70 \text{ kg/ha/M.S}$, sobre estos resultados, el autor indica que la cantidad de superficie no afecta la acumulación de biomasa, sin embargo la calidad y el estado de conservación del bofedal si afecta directamente a la acumulación de la biomasa. Por consiguiente, el presente estudio si presentó el impacto de la actividad de pastoreo, por lo que los resultados de acumulación de biomasa, en comparación de los autores mencionados, es menor.

4.2. Descomposición de la Biomasa

Con respecto a la descomposición de la biomasa (turba) se mostró que el Punto 1 y Punto 2 presentó mayor descomposición logrado hasta los 6 meses, con $0,898 \text{ g/cm}^2$ y $0,896 \text{ g/cm}^2$, respectivamente, a pesar de que el Punto 2 presentó mayor acumulación de biomasa. Asimismo, el Punto 4, que se encontraba en el límite del bofedal, presentó menor descomposición de la biomasa, con $0,622 \text{ g/cm}^2$. En comparación con el estudio de Muñoz (2020), quien registra valores entre los $1,74 \text{ g/cm}^2$ y $1,17 \text{ g/cm}^2$, más altos que los registrados en el bofedal de Piticocha - Sector 3. Un factor que los autores Mita (2019) y Alvis (2018) resaltan es que, la tasa de descomposición se reduce por las bajas temperaturas y los suelos inundados, en consecuencia, permite que los bofedales conserven mayor contenido de materia orgánica. Esta información no tiene relación con el presente estudio, debido a que en época húmeda se registró mayor descomposición de biomasa, alcanzando los $0,23 \text{ g/cm}^2$ que, en época seca, donde solo registró $0,181 \text{ g/cm}^2$; al igual que Muñoz (2020) quien obtuvo resultados similares. En este sentido, el factor de época no tiene un efecto directamente en la generación y descomposición de la biomasa en el bofedal, pero si es importante el registro correspondiente.

En cuanto al Punto 4 y Punto 5 registraron biomasa de turba hasta una altura de 30 cm de profundidad y estos puntos de muestreo se encontraron al límite del bofedal, se puede expresar como poca generación de biomasa de turba por el período de antigüedad y mayor efecto por la pendiente que presentan, lo que no permite una acumulación similar a los Puntos 1 al 3, los cuales se encontraban en una superficie plana.

4.3. Eficiencia Neta en base a la Biomasa

En cuanto a la Eficiencia Neta, se empleó los datos obtenidos de la acumulación y descomposición de la biomasa (turba); cabe resaltar que no se encontró resultados de descomposición generado por otros autores, esto debido a que los estudios que se encontraron solo se basan en la acumulación de la biomasa y por consiguiente la acumulación de CO_2 , pero no consideran la descomposición como factor de eficiencia del bofedal.

Los resultados de Eficiencia Neta basada en la biomasa presentaron valores negativos, indicando que existe mayor descomposición que acumulación de biomasa. Los valores del Punto 2 indicó menor descomposición de biomasa (turba) debido a que obtuvo un valor más alto que los otros puntos de muestreo ($-0,319 \text{ g/cm}^2$) considerando que este no se registró mayor alteración por la actividad de pastoreo en el bofedal y que se encontraba a una distancia cercana de cuerpo de agua. En cuanto al Punto 5, que obtuvo menor Eficiencia Neta ($-0,509 \text{ g/cm}^2$), se puede indicar que dicho resultado se debe principalmente a la alteración por la actividad de pastoreo en la zona. En cuanto a épocas, no presentó mayores diferencias entre época húmeda y época seca. Estos resultados son similares al P-2 del estudio de Muñoz (2020) debido a sus valores de Eficiencia Neta fueron negativos, alcanzando los $-0,08 \text{ g/cm}^2$, sobre este resultado indica que se debe a la falta de acceso al recurso hídrico y por la ubicación en pendiente inclinada que impide la acumulación del recurso hídrico, siendo un factor importante, a pesar de que en el bofedal de Piticocha - Sector 3 no presentó mayor alteración por pendiente, si registró el factor de distancia con respecto al cuerpo de agua, por lo tanto, se expresa que los resultados negativos presentados en el estudio es a consecuencia del factor acceso al recurso hídrico y a la calidad y estado de conservación del bofedal.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- El registro de crecimiento de la vegetación del bofedal presentó una tendencia positiva con un rango de valor de 0,15 a 1,25 cm, pero con efectos de pastoreo en el lugar.
- La Productividad Primaria, generado a partir de la biomasa terrestre y aérea, evidenciaron la acumulación de biomasa demostrando diferencia en época seca con un rango de valores de 0,0260 a 0,3339 g/cm² y época húmeda con un rango de valores de 0,0484 a 0,3706 g/cm²; sin embargo, la productividad de biomasa se ve afectado por la actividad del pastoreo alterando el estado de conservación del bofedal.
- En cuanto a la descomposición de la biomasa (turba) se registró que en época seca obtuvo menor descomposición que en época húmeda, con 0,18 g/cm² y 0,23 g/cm², respectivamente. También se presentó una diferencia de descomposición por puntos de muestreo, donde el Punto 4, el cual se encontraba en el límite del bofedal, registró uno de los valores de menor descomposición, con 0,622 g/cm², mientras que el Punto 1 y Punto 2 registraron mayor descomposición, con 0,898 g/cm² y 0,896 g/cm², respectivamente.
- El promedio del ENEB para toda el área el valor es – 0,446 g/cm², indicando en el bofedal de Piticocha - Sector 3 menor acumulación de biomasa. Los resultados generados en la investigación del bofedal de Piticocha - Sector 3 resalta la importancia de la conservación, debido a que su impacto reduce la Eficiencia Neta del Bofedal expresándose como mayor descomposición y menor conservación de biomasa.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

- En próximas investigaciones, considerar la composición vegetal del área del estudio por la influencia en los resultados de Eficiencia Neta, para establecer si existen especies invasoras de rápido crecimiento que afecten al bofedal.
- Se recomienda realizar investigaciones con valores de captura de carbono y que estas consideren el factor de descomposición para obtener resultados que reflejen el estado de conservación del bofedal.
- Informar a la población sobre los impactos que presentan los bofedales ante una actividad antropogénica para establecer medidas de recuperación y conservación del bofedal, debido a que está considerado como ecosistema frágil.

REFERENCIAS

- Alvarado, C. (2012). *Evaluación de Pastizales Naturales de los Humedales Altoandinos en Época de Lluvia de la Provincia de Candarave Departamento de Tacna 2012*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú. Recuperado de http://aplicaciones.cientifica.edu.pe/repositorio/catalogo/_data/74.pdf.
- Autoridad Binacional del Lago Titicaca [A.L.T.]. (1993). Manejo y uso de agua en bofedales potenciación de la ganadería camélida. *Plan Director Global Binacional de Protección - Prevención de Inundaciones y Aprovechamiento de los recursos del Lago Titicaca, Rio Desaguadero, Lago Poopó y Lago Salar de Coipasa (Sistema T.D.P.S)*. La Paz, Bolivia. pp 12-13. Recuperado de http://pelt.gob.pe/sirh/Plan_Director/uso%20y%20manejo%20del%20agua%20en%20bofedales-potenciacion%20de%20camelidos.pdf
- Alvis, T. (2018). *Almacenamiento de carbono en los humedales altoandinos del centro poblado Chalhuanca, Caylloma*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8214>
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. (2008). *Fundamentos de fisiología vegetal*. España: Mc Graw-Hill Interamericana. Recuperado de <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>
- Barra, M. (2019). *Captura de carbono por la vegetación en el bofedal de Moya, en el distrito de Melgar – Ayaviri*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12756>.
- Blanco, D. y De la Balze, V. (2004): *Los turbales de la Patagonia. Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad*. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <https://lac.wetlands.org/publicacion/los-turbales-la-patagonia-bases-inventario-la-conservacion-biodiversidad/>
- Bekku, Y.; Koizumi, H.; Oikawa, T. y Iwaki, H. (1997). Examination of four methods for measuring soil respiration. *Applied Soil Ecological*. 5(3), 247-254. doi.org/10.1016/S0929-1393(96)00131-X
- Benavides, H., y León, G. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd>.

- Bergkamp, G. y Orlando, B. (1999). *Los humedales y el cambio climático: examen de la colaboración entre la Convención sobre los humedales (Ramsar, Irán, 1971) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Recuperado de <http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/dn1999-9papers.pdf>
- Caballero, A. (2000). Metodología de la investigación científica. Lima, Perú. Obtenido de http://distancia.upla.edu.pe/libros/derecho/06/METODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION.pdf.
- Cáceres, C. (2013). *Protección y conservación de los bofedales y humedales en Perú, Bolivia, España, Paraguay Y Venezuela*. Recuperado de: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/D1949F86098D9E6105257D000050DB9C/\\$FILE/Protecci%C3%B3nYConservaci%C3%B3nBofedales.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/D1949F86098D9E6105257D000050DB9C/$FILE/Protecci%C3%B3nYConservaci%C3%B3nBofedales.pdf)
- 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, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2604>
- Carrasco, S. (2006). Metodología de la investigación científica. Lima, Perú. Obtenido de http://distancia.upla.edu.pe/libros/derecho/06/METODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION.pdf.
- Charman, J. (2009). Peat and Peatlands. *Earth Systems and Environmental Sciences*, 541–548. doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00061-2.
- Convención Ramsar. (2006). Manual de la Convención Ramsar. *Guía a la convención sobre los humedales*, 4. Suiza, Obtenido de https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib_manual2006s.pdf.
- Convención de Ramsar. (2013). Manual de la Convención Ramsar: *Guía a la Convención sobre los Humedales* (Ramsar, Irán, 1971), 6ta edición. Irán, Recuperado de: <http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/manual6-2013-sp.pdf>
- Cooper, D.; Kaczynski, K.; Slayback, D. y Yager, K. (2015). Growth and organic carbon production in peatlands dominated by *distichia muscoides*, Bolivia, South America. *Arctic, antarctic, and alpine research*. 47(3), 505-510. doi.org/10.1657/AAAR0014-060.
- Dominguez, E., y Larraín, J. (2013). *Sphagnum magellanicum* (pompon): El musgo de la turbera. *Tierra adentro*. 102, 21-24. Recuperado de: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR38870.pdf>

- Duran, J.; García De Domingo, A. y Robledo, P. (2009). Propuesta de clasificación genético-geológica de los humedales. Aplicación a los humedales españoles incluidos en el convenio de Ramsar. *Boletín Geológico y Minero*, 120 (3): 335–346.
- García, E. y Otto, M. (2015). Caracterización eco hidrológica de humedales altoandinos usando imágenes de satélite multitemporales en la cabecera de cuenca del Rio Santa, Ancash, Perú. *Ecología Aplicada*, 14(2): 115 – 125 pp.
- Gill, J. (2011). Bofedal: humedal altoandino de importancia para el desarrollo de la región Cusco. Recuperado de: http://cebem.org/cmsfiles/articulos/Humedales_conservacion.pdf.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC]. (2012). *Glossary of terms*. Cambridge, Inglaterra. Recuperado de: http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX-Annex_Glossary.pdf.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC]. (2014). *Cambio climático 2014: impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Suiza. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf
- Hernández, M. (2010). Suelos de los humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra altinoamericana*, 28(2), 139-147. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57316058005.pdf>: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.
- Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación científica*. México. Mc Graw Hill. Recuperado de <http://gateofbooks.com/metodologia-de-la-investigacion-sampieri-6ta-edicion-pdf/>
- Huanca, N. (2012). *Evaluación de la condición vegetal de tres bofedales altoandinos en época seca de la cuenca alta de Ilave – Puno*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4043>.
- International Union Of Soil Sciences [IUSS], World Soil Information [ISRIC] y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2007). *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo: un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional*. Italia. IUSS Grupo de Trabajo WRB. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-a0510s.pdf>.

International Panel on Climate Change [IPCC]. (2007). *Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. Synthesebericht der Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC). IPCC-International Panel on Climate Change*. Valencia, España. Recuperado de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf

Joosten, H. y Clarke, D. (2002) *Wise use of mires and peatlands. Background and principles including a framework for decision-making*. Finlandia. Recuperado de http://www.imcg.net/media/download_gallery/books/wump_wise_use_of_mires_and_peatlands_book.pdf

Kaeslin, E.; Redmond, I. y Dudley, N. (Eds.). (2013). *La fauna silvestre en un clima cambiante*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/017/i2498s/i2498s.pdf>

Knapp, A.; Ren, C.; Su, X.; Lucas, D.; Byrd, J.; Freitas, M. y Parthun, M. (2007). Quantitative profiling of histone post-translational modifications by stable isotope labeling. *Methods*. 41(3), 312-319. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2572810/>.

Maldonado-Fonkén, M. y Maldonado, L. (2010). «Los bofedales: Un oasis en la puna». En *Anuario Cultural*. Huaraz: Antamina. 70-77.

Maldonado-Fonkén, M. (2014). «An introduction to the bofedales of the Peruvian High Andes». *Mires and Peat* Vol. 15. 1-13.

Mason, C. (1976). Relative importance of fungi and bacteria in the decomposition of phragmites leaves. *Hydrobiologia*. 51(1), 65-69. doi.org/10.1007/BF00007986

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2001). Reglamento de áreas nacionales protegidas. *DECRETO SUPREMO N° 038-2001-AG*. Lima, Perú. Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-26834.pdf>.

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2012). *Glosario de términos para la formulación de proyectos ambientales*. Perú, Recuperado de <http://biam.minam.gob.pe/novedades/glosarioterminosambientales.pdf>.

- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2015). Mapa Nacional de cobertura vegetal: memoria descriptiva. Lima, Perú, Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf>: Ministerio del Ambiente.
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2016). Guía complementaria para la compensación ambiental: ecosistemas altoandinos. Perú, Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N%C2%B0-183-2016-MINAM1.pdf>.
- Mita, M. (2019). *Evaluación de la captura de carbono de los bofedales de la laguna de Conococha en base a la especie de flora predominante del área de estudio – provincia de Recuay – departamento de Ancash*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Recuperado de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4145>.
- Mitsch, W., y Gosselink, J. (2000). The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. *Ecological economics*. 35(1), 25-33. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800900001658>
- Mogrovejo, M. (2012). Metodología de la auditoría de gestión ambiental de los humedales del Perú en el marco de la convención Ramsar. *Quipukamayo*. 20 (37), 61-78. Recuperado de <http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/quipukamayoc/2012/V20n35-1/pdf/a07v35n1.pdf>.
- Murray, N. (2006) Introducción a la botánica. Recuperado de: <https://drive.google.com/file/d/0B2jsWdK-oUpXSEdfWHFjZTFsOTg/view>
- Muñoz, B. (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. Recuperado de <http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/858/Tesis%20-%20Mu%c3%b1oz%20Flores%2c%20Bertha.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2009). Glosario de agricultura orgánica. 18. Recuperado de https://www.fao.org/fileadmin/templates/organicag/files/Glossary_on_Organic_Agriculture.pdf
- Naciones Unidas. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Recuperado de: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.

- Ortiz, N. (2016). *Diversidad y biomasa de flora silvestre en el bofedal La Moya* (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Recuperado de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_9d8af51037b454cfdbc1ce30a5693e5d
- 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. Recuperado de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/800/1/Palomino_cd.pdf.
- Quispe, M. (2013). *Efecto de la frecuencia de corte en la estimación de la biomasa en pastisales altoandinos*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/736/TP%20-%20UNH%20ZOOT.%200008.pdf?sequence=1>.
- Roberts, M.; Long, S.; Tieszen, L. y Beadle, C. (1993). Measurement of plant biomass and net primary production of herbaceous vegetation. *Photosynthesis and Production in a Changing Environment*. doi.org/10.1007/978-94-011-1566-7_1.
- Rodríguez, A. y Gabriel, M. (2016) *Mires exploitation and destruction in Chilean Patagonia as a consequence of insufficient environmental regulations*. *Bulletin N° 1610. International Mire Conservation Group-IMCG*. Alemania. Recuperado de http://www.imcg.net/media/2016/imcg_bulletin_1610.pdf
- Rueda, A.; Benavides, C. y Duque, A. (2015). Protocolo de Monitoreo de Ciclo del Carbono en Alta Montaña. Informe de la Universidad Nacional de Colombia – IDEM.
- Rydin, H. y Jeglum, J. (2013). *The Biology of Peatlands*. Inglaterra: Oxford University Press. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=oV8UAAAAQBAJ&pg=PA62&hl=es&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false.
- Sánchez, H. (1998). Metodología y diseño en la investigación científica. Lima, Perú. Obtenido de http://distancia.upla.edu.pe/libros/derecho/06/METODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION.pdf.

- Sanjurjo, E. y Welsh C. (2005). Una descripción del valor de los bienes y servicios ambientales prestados por los manglares. *Gaceta ecológica*. (74), 55-68. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/539/53907405.pdf>.
- Sarmiento, F. (2000). *Diccionario de ecología*. Recuperado de: <https://www.freelibros.org/ecologia/diccionario-de-ecologia-fausto-sarmiento.html>.
- Secretaría de la Convención Ramsar. (2006). Manual de la Convención Ramsar. *Guía a la convención sobre los humedales*, 4. Suiza, Obtenido de https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib_manual2006s.pdf.
- Smith, T. y Smith, R. (2007). *Ecología*. Madrid, España. Recuperado de: <https://www.freelibros.org/ecologia/ecologia-6ta-edicion-thomas-m-smith-y-robert-leo-smith.html>: Pearson.
- Soil Survey Staff. (1998). *Keys to Soil Taxonomy*. (8va ed.) Estados Unidos, Washington DC. Recuperado de https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051241.pdf
- Succow, M. y Jeschke, L. (1986) *Moore in der Landschaft. Entstehung, Haushalt, Lebewelt, Verbreitung, Nutzung und Erhaltung der Moore*. Ucrania. Recuperado de <https://www.zvab.com/9783871449543/Moore-Landschaft-Entstehung-Haushalt-Lebewelt-3871449547/plp>
- Ten-Brink, P.; Russi D.; Farmer, A.; Badura, T.; Coates, D.; Förster, J.; Kumar, R. y Davidson N. (2013). *La economía de los ecosistemas y biodiversidad relativa al agua y los humedales: resumen ejecutivo*. Recuperado de http://ramsar.conanp.gob.mx/descargas/TEEB_WaterWetlands_ExecSum_2013-SP.pdf
- The Group of Experts of the Regular Process (2016). *The first Global Integrated Marine Assessment: world ocean assessment I* (pp.195-261). Reino Unido: Cambridge University Press. United Nations (Ed.) Recuperado de http://www.un.org/depts/los/global_reporting/WOA_RPROC/WOACompilation.pdf
- Uriarte, A.; Claro, E.; Gamio, P. y De Bièvre, B. (2013). Generación de diálogo Chile-Perú / Perú-Chile. *Documento7: Energía, recursos hídricos y medio ambiente, Primera*. Perú, Recuperado de: http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/71456/7_energia.pdf?sequence=1: Equis Equis S.A.

- Yu, Z.; Vitt, D.; Campbell, I. y Apps, M. (2003) Understanding Holocene peat accumulation pattern of continental fens in western Canada. *Canadian Journal of Botany*, 81, 267–282. Recuperado de <https://www.lehigh.edu/~ziy2/pubs/Yu2003CJB.pdf>
- Zorogastúa-Cruz, P.; Quiroz, R. y Garatuza-Payan, J. (2012). Dinámica de los bofedales en en altiplano peruano-boliviano. *Revista latinoamericana de recursos naturales*, 8, 63-75. Recuperado de <https://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v8-n2-3-dinamica-de-los-bofedales-en-el-altiplano-peruano-boliviano.pdf>.

TERMINOLOGÍA

- a) **Biomasa:** Peso de materia viva habitualmente expresado como peso seco por unidad de superficie (Smith y Smith, 2007).
- b) **Cambio de uso de suelo:** Se refiere al cambio en el uso o manejo de la tierra por los seres humanos, que puede inducir un cambio de la cubierta terrestre (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2012).
- c) **Descomposición:** el término descomposición se emplea de forma general para referirse a la destrucción (desintegración) de materiales orgánicos de origen animal, microbiano o vegetal (Mason, 1976).
- d) **Ecosistema:** Por “ecosistema” se entiende un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2012).
- e) **Fotosíntesis:** Proceso de captación y utilización de la energía radiante del sol para convertirla en energía de enlace químico y hacerla aprovechable para los animales y el hombre (i.e.: organismos consumidores). Este proceso lo realizan las plantas verdes y las bacterias fotosintéticas, sirve como sumidero de carbono, fuente de oxígeno molecular que se libera a la atmósfera, y para la producción de azúcares que pasan a constituir la base de la cadena alimenticia (Sarmiento, 2000).
- f) **Humedal o bofedal:** Los humedales son zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él. Los humedales se dan donde la capa freática se halla en la superficie terrestre o cerca de ella o donde la tierra está cubierta por aguas poco profundas (Convención de Ramsar, 2013).
- g) **Producción neta primaria:** Definido como la energía acumulada en la biomasa vegetal de diferentes especies vegetales llamados productores primarios (Smith y Smith, 2007).

- h) **Reserva paisajística:** Áreas donde se protege ambientes cuya integridad geográfica muestra una armoniosa relación entre el hombre y la naturaleza, albergando importantes valores naturales, estéticos y culturales (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2001).

- i) **Secuestro o captura de carbono:** Conversión, mediante fotosíntesis, del carbono atmosférico que se traduce en el almacenamiento a largo plazo del carbono en el suelo y en la vegetación, viva o muerta. El carbono almacenado puede compensar el dióxido de carbono emitido (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2009, p.18).

- j) **Turba:** material con un contenido orgánico mayor a 50 % en peso, que está integrada principalmente por materia orgánica descompuesta proveniente de la vegetación; se forma por medio de capas por donde discurre el agua subterránea (Charman, 2009).

APÉNDICES

Apéndice 1 Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Indicadores	Metodología
General					
¿Cuánto es la eficiencia neta del ecosistema basada en biomasa, en el bofedal de Piticocha - Sector 3?	Analizar la eficiencia neta del ecosistema basada en biomasa, en el bofedal de Piticocha - Sector 3.	La eficiencia neta del ecosistema basada en biomasa en el bofedal de Piticocha - Sector 3 tiene una tendencia positiva debido a que acumula carbono en su biomasa.	VARIABLE X. Eficiencia neta del ecosistema basada en biomasa. Este indicador puede ser representado en términos de ganancia o pérdida de biomasa.	Biomasa de ingreso: biomasa aérea	<p>Enfoque: cuantitativo</p> <p>Tipo de investigación: observacional, descriptivo, científico, bibliográfica y de campo; y aplicada.</p> <p>Nivel de investigación: descriptivo</p> <p>Diseño de investigación: no experimental, longitudinal.</p> <p>Población: el bofedal de Piticocha - Sector 3.</p> <p>Clase de muestra: aleatoria estratificado</p> <p>Muestra: fragmento turba.</p> <p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ficha de registro de datos <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regla 20 cm • Barreno con espada para suelo <p>Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GPS • Balanza electrónica analítica • Estufa 150 L <p>Estadístico: descriptiva</p>
Específico					
a) ¿Cuál es la biomasa aérea de la turba del bofedal de Piticocha - Sector 3?	a) Demostrar la biomasa aérea de la turba del bofedal de Piticocha - Sector 3.			Biomasa de ingreso: biomasa terrestre	
b) ¿Cuánto es el ingreso neto de biomasa al sistema o Producción primaria neta (PPN)?	b) Demostrar el ingreso neto de biomasa al sistema o Producción primaria neta (PPN).				
c) ¿Cuánto es la biomasa por descomposición de la turba en el bofedal?	c) Demostrar la biomasa por descomposición de la turba en el bofedal.			Biomasa pérdida: Biomasa por descomposición de la turba	

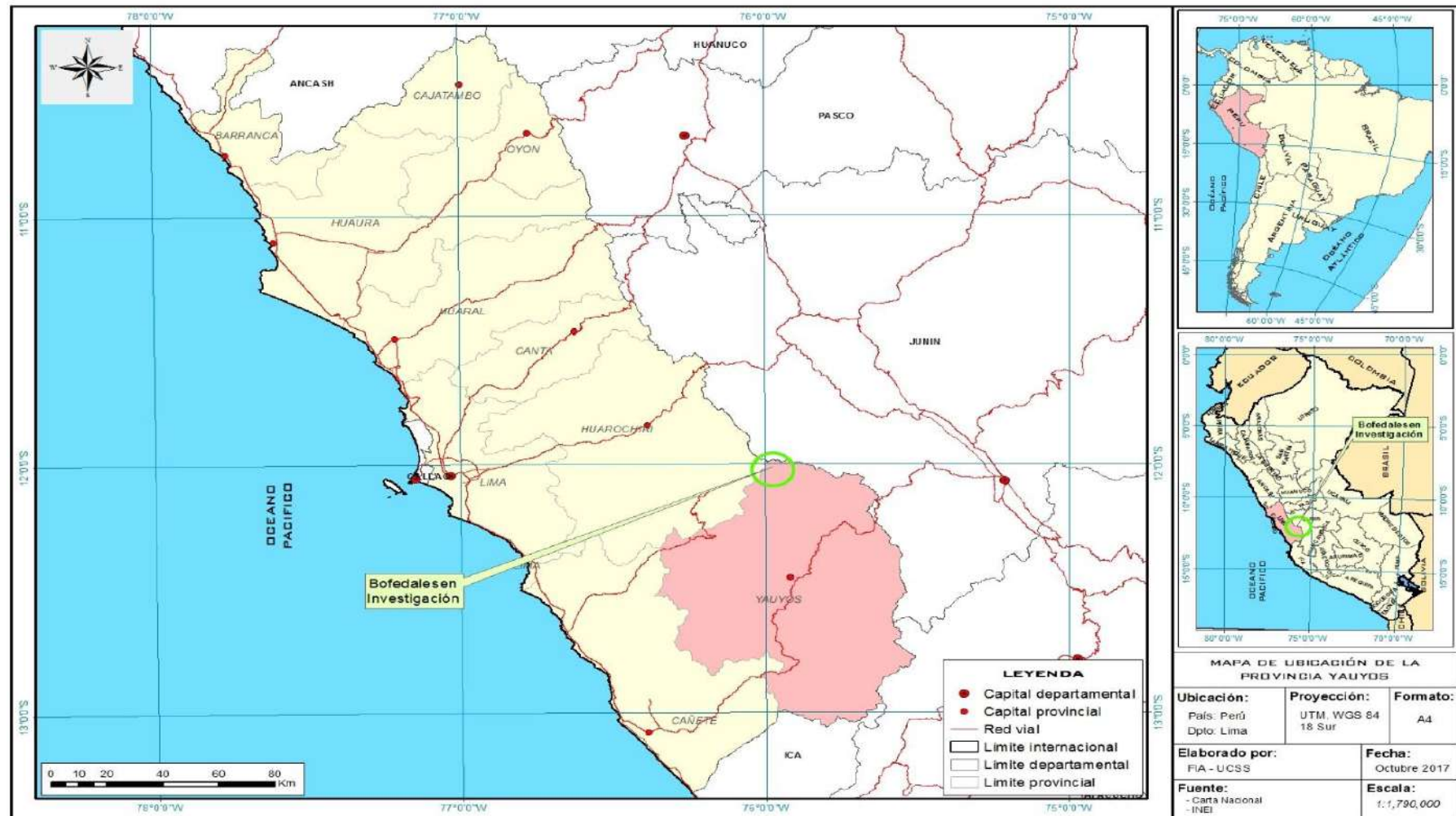
Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 2 Mapa de departamental de ubicación.



Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 3 Mapa de provincial de ubicación



Fuente: Elaboración propia

Apéndice 4 Fotografías



Imagen 1. Área de estudio del bofedal de Piticocha – Sector 3. Fuente: elaboración propia.



Imagen 2. Puntos GPS de las muestras en el área de estudio del bofedal de Piticocha - Sector 3.

Fuente: elaboración propia.



Imagen 3. Muestra con presencia de arcilla. *Fuente:* elaboración propia.



Imagen 4. Secado de muestras reinstaladas. *Fuente:* elaboración propia.



Imagen 5. Muestras listas para el secado. *Fuente:* elaboración propia.



Imagen 6. Muestras secas. Fuente: elaboración propia.



Imagen 7. Clasificación de las muestras secas. Fuente: elaboración propia.



Imagen 8. Pesado de muestras secas. Fuente: elaboración propia.



Imagen 9. Uso de core con espada. Fuente: elaboración propia.



Imagen 10. Instalación de los tubos de 2 pulgadas en las áreas de donde se extrajeron las muestras. *Fuente:* elaboración propia.



Imagen 11. Clasificación y el secado de muestras en la estufa de laboratorio. *Fuente:* elaboración propia.



Imagen 12. Presencia de vicuñas y carneros en el bofedal de Piticocha - Sector 3. *Fuente:* elaboración propia.



Imagen 13. División de muestras de materia viva en diferentes volúmenes. *Fuente:* elaboración propia.



CONSTANCIA

Quien suscribe, Ing. Claudio Paulino Limaymanta Sulca, Jefe de laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional del Centro del Perú; hace constar que los estudiantes Ávila Zavala, Danilo, identificado con DNI N°70178984 y Aliaga Orosco, Alejandro Ángel con DNI N°70236568, de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, han realizado labores de secado de muestras en la estufa Memmert desde el 12/03/2018 hasta el 23/03/2018.

Se expide la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime por conveniente.

Tarma, 16 de abril de 2018.



Ing. LIMAYMANTA SULCA, Claudio Paulino
Jefe de Laboratorios AIT

Imagen 26. Constancia de uso de laboratorios de la Universidad del Centro del Perú – Tarma para el secado y pesado de las muestras de la jornada 1. *Fuente:* Universidad Nacional del Centro.



CONSTANCIA

Quien suscribe, Ing. Claudio Paulino Limaymanta Sulca, Jefe de laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial e la Facultad de Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional del Centro del Perú; hace constar que el estudiante Aliaga Orosco, Alejandro Ángel con DNI N°70236568, de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, ha realizado labores de secado de muestras en la estufa Memmert y pesado de muestras en la balanza analítica Aczet desde el 08/06/2018 hasta el 16/06/2018.

Se expide la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para fines que estime por conveniente.

Tarma, 20 de julio de 2018



Ing. LIMAYMANTA SULCA, Claudio Paulino
Jefe de Laboratorios AIT

Imagen 27. Constancia de uso de laboratorios de la Universidad del Centro del Perú – Tarma para el secado y pesado de las muestras de la jornada 2. Fuente: Universidad Nacional del Centro.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS

Ciudad Universitaria Carretera Central Km. 4 – Pomachaca

Telefax 323918 - Telef. 321302



CONSTANCIA

Quien suscribe, Ing. Claudio Paulino Limaymanta Sulca, jefe de laboratorios de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional del Centro del Perú, hace constar que el Sr. Alejandro Ángel Aliaga Orosco con DNI N°70236568, de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, ha realizado labores de secado de muestras de tierra en la estufa Memmert.

Se expide la presente a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Tarma, 20 de agosto de 2018.



Ing. Claudio Paulino Limaymanta Sulca
Jefe de laboratorios AIT

Imagen 28. Constancia de uso de laboratorios de la Universidad del Centro del Perú – Tarma para el secado y pesado de las muestras de la jornada 3. Fuente: Universidad Nacional del Centro.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS

Ciudad Universitaria Carretera central Km. 4 – Pomachaca

Telefax 323918 – 321302



CONSTANCIA

Quien suscribe, Ing. Claudio Paulino Limaymanta Sulca, Jefe de laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial e la Facultad de Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional del Centro del Perú; hace constar que el estudiante Aliaga Orosco, Alejandro Ángel con DNI N°70236568, de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, ha realizado labores de secado de muestras en la estufa Memmert y pesado de muestras en la balanza analítica Aczet desde el 18/08/2018 hasta el 25/08/2018.

Se expide la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para fines que estime por conveniente.

Tarma, 28 de octubre de 2018



Ing. LIMAYMANTA SULCA, Claudio Paulino
Jefe de Laboratorios AIT

Imagen 29. Constancia de uso de laboratorios de la Universidad del Centro del Perú – Tarma para el secado y pesado de las muestras de la jornada 4. *Fuente:* Universidad Nacional del Centro.



CONSTANCIA

Quien suscribe, Ing. Claudio Paulino Limaymanta Sulca, Jefe de laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial e la Facultad de Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional del Centro del Perú; hace constar que el estudiante Aliaga Orosco, Alejandro Ángel con DNI N°70236568, de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, ha realizado labores de secado de muestras en la estufa Memmert y pesado de muestras en la balanza analítica Aczet desde el 19/11/2018 hasta el 24/11/2018.

Se expide la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para fines que estime por conveniente.

Tarma, 26 de noviembre de 2018



Ing. LIMAYMANTA SULCA, Claudio Paulino
Jefe de Laboratorios AIT

Imagen 30. Constancia de uso de laboratorios de la Universidad del Centro del Perú – Tarma para el secado y pesado de las muestras de la jornada 5. Fuente: Universidad Nacional del Centro.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS

Ciudad Universitaria Carretera central Km. 4 – Pomachaca

Telefax 323918 – 321302



CONSTANCIA

Quien suscribe, Ing. Claudio Paulino Limaymanta Sulca, Jefe de laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial e la Facultad de Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional del Centro del Perú; hace constar que el estudiante Aliaga Orosco, Alejandro Ángel con DNI N°70236568, de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, ha realizado labores de secado de muestras en la estufa Memmert y pesado de muestras en la balanza analítica Aczet desde el 16/01/2018 hasta el 20/01/2018.

Se expide la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para fines que estime por conveniente.

Tarma, 21 de enero de 2019



Ing. LIMAYMANTA SULCA, Claudio Paulino
Jefe de Laboratorios AIT

Imagen 31. Constancia de uso de laboratorios de la Universidad del Centro del Perú – Tarma para el secado y pesado de las muestras de la jornada 6. Fuente: Universidad Nacional del Centro.