

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA



Evaluación de la Eficiencia Neta mediante la acumulación de
carbono, en base a la biomasa en el bofedal sector Huachipampa
Nor Yauyos, Lima

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

AUTORA

Bertha Muñoz Flores

ASESORES

Wilfredo Mendoza Caballero

Eduardo Oyague Passuni

Huaura, Perú

2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 007- 2020/UCSS/FIA/DI

Siendo las 09:00 a.m. del día 03 de junio de 2020 - Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis, integrado por:

- | | |
|----------------------------------|-----------------|
| 1. José Luis Rodríguez Núñez | presidente |
| 2. Iris Cecilia Ordóñez Guerrero | primer Miembro |
| 3. José Víctor Ruiz Ccancce | segundo Miembro |
| 4. Wilfredo Mendoza Caballero | asesor |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada: **Evaluación de la Eficiencia Neta mediante la acumulación de carbono, en base a la biomasa en el bofedal sector Huachipampa Nor Yauyos, Lima**, que presenta la bachiller en Ciencias Ambientales, **Bertha Muñoz Flores** 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**.

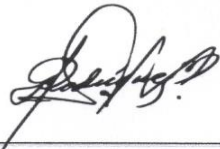
Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado acuerda:

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**.

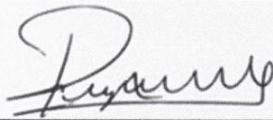
Lima, 03 de junio de 2020.



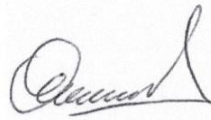
José Luis Rodríguez Núñez
PRESIDENTE



Iris Cecilia Ordóñez Guerrero
1° MIEMBRO



José Víctor Ruiz Ccancce
2°MIEMBRO



Wilfredo Mendoza Caballero
ASESOR

DEDICATORIA

Va dedicado a mi madre Enma Lucila Flores Alejo, por todo su esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional; a ella mi amor y agradecimiento infinito.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios, por su gracia y amor infinito hacia mí, y hacerme una persona de bien.

A mis asesores M. SC. Wilfredo Mendoza Caballero y BIOL. Eduardo Oyague Passuni por su tiempo y paciencia para enseñarme y guiarme en todo el proceso de la tesis.

A la Lic. Norma L. Quinteros Camacho, por brindarme la oportunidad de integrar al grupo de voluntarios en la RPNYC, lugar donde dio inicio esta etapa que me permitió orientarme en esta investigación y ser partícipe del grupo de tesis mediante un convenio con la UCSS.

Asimismo, a la ONG Centro de Ornitología y Biodiversidad (CORBIDI), a la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (RPNYC) por permitir el desarrollo de la investigación, en el marco del proyecto de investigación *“Evaluación de la hidrología y la dinámica de carbono en turberas de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas”* aprobado por Resolución Jefatural N°002-2018-SERNANP-JEF, a la Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS) y al Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP) por las facilidades, apoyo y colaboración constante que han permitido el desarrollo de esta investigación, así como por confiar en mí y brindarme la oportunidad para desempeñarme como investigadora.

Agradezco a Maily Córdova Córdor por apoyarme y acompañarme en todo este proceso, a pesar de los inconvenientes fuimos perseverantes, permitiendo así escalar un peldaño más. Del mismo modo, agradecer a Kenji Takahashi Sánchez colega de la UCSS, por compartir sus conocimientos de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Bases teóricas especializadas	9
1.2.1. Carbono y el ciclo del carbono	9
1.2.2. El dióxido de carbono y sus consecuencias	10
1.2.3. Bofedales altoandinos	11
1.2.4. Captura de carbono en humedales	18
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	24
2.1. Diseño de la investigación	24
2.2. Lugar y fecha	24
2.4. Población y muestra	27
2.5. Descripción de la investigación	27
2.5.1. Reconocimiento del área de estudio	28
2.5.2. Evaluación de la productividad primaria	30
2.5.3. Muestreo y determinación de la descomposición de la biomasa (Core)	36
2.6. Identificación de variables y su mensuración (metodología)	41
2.7. Análisis estadístico de datos	43
CAPITULO III: RESULTADO	44
3.1. Identificar las comunidades vegetales	44
3.2. Evaluación de la productividad primaria	45
3.3. Resultados de los niveles de descomposición de la biomasa turba (Core)	49
3.4. Resultado de la Eficiencia Neta en base a la biomasa del bofedal Huachipampa	51
CAPITULO IV: DISCUSIONES	53

4.1. Identificar las comunidades vegetales del área de muestreo en el bofedal.....	53
4.2. Evaluación de la productividad primaria.....	54
4.3. Los niveles de descomposición de la biomasa turba (Core).....	56
4.4. La Eficiencia Neta en base a la biomasa del bofedal sector Huachipampa.....	57
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	59
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS	62
TERMINOLOGIA	70
APÉNDICES	72

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Servicios y funciones ecosistémicas de los bofedales</i>	17
Tabla 2. <i>Coordenadas de los 5 puntos de muestreo</i>	25
Tabla 3. <i>Proporciones de sub-muestra en función de profundidad(cm)</i>	31
Tabla 4. <i>Cronograma de evaluación de la biomasa aérea.</i>	34
Tabla 5. <i>Variable y su mensuración.</i>	42
Tabla 6. <i>Tipos de especies vegetales halladas en cada uno de los 5 puntos de muestreo</i>	44
Tabla 7. <i>Resultados de la biomasa terrestre para cada subparcela (profundidad) sector Huachipampa</i>	45
Tabla 8. <i>Regresión lineal - coeficiente de determinación para cada punto de muestreo</i>	46
Tabla 9. <i>Biomasa acumulada (aérea) por punto de muestreo y periodo de evaluación</i>	47
Tabla 10. <i>Tasas de acumulación por periodos de evaluación</i>	49
Tabla 11. <i>Resultados de la descomposición de biomasa por Core en función del periodo de evaluación y puntos de muestreo</i>	50
Tabla 12. <i>Resultados de la descomposición de biomasa por estratos en función del periodo de evaluación y puntos de muestreo</i>	51
Tabla 13. <i>Resultado de la estimación de la Eficiencia Neta mediante la acumulación de Carbono, en base a la biomasa</i>	51

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Ciclo del dióxido de carbono.....	10
<i>Figura 2.</i> Tipo de bofedal de origen natural sector Huachipampa, Yauyos.....	12
<i>Figura 3.</i> Tipo de bofedal por su receptividad sector Huachipampa..	13
<i>Figura 4.</i> Tipo de bofedal altoandino por su altitud, sector Huachipampa, Yauyos.....	14
<i>Figura 5.</i> Esquema simplificado de las principales transformaciones de carbono en los humedales.....	23
<i>Figura 6.</i> Ubicación del área de estudio dentro del mapa del distrito de Tanta - Lima.....	26
<i>Figura 7.</i> Mapa de delimitación del bofedal sector Huachipampa, y la ubicación de los puntos de muestreo.	29
<i>Figura 8.</i> Representación gráfica del proceso de extracción de las muestras	30
<i>Figura 9.</i> Diez (10) submuestras de 4 x 4 x 1 cm; 4 x 4 x 2 cm; 4 x 4 x 3 cm; 4 x 4 x 4 cm; 4 x 4 x 5 cm; 4 x 4 x 6 cm; 4 x 4 x 7 cm; 4 x 4 x 8 cm; 4 x 4 x 9 cm; y 4 x 4 x 10 cm.....	31
<i>Figura 10.</i> Representación gráfica de evaluación del crecimiento vegetal aéreo.	34
<i>Figura 11.</i> Delimitación de la parcela y podado de la materia viva vegetal superficial e instalación del indicador de crecimiento vegetal..	35
<i>Figura 12.</i> Evaluación periódica del crecimiento vegetal.....	35
<i>Figura 13.</i> Descripción gráfica de la extracción de la turba.	38
<i>Figura 14.</i> Descripción gráfica de la subdivisión de la turba mediante un tubo Box Core.....	38
<i>Figura 15.</i> Extracción del núcleo de la turba mediante un tubo Box Core.	39
<i>Figura 16.</i> Representación gráfica de la instalación de las muestras de turba que fueron colocadas en bolsas de maya nylon.....	39
<i>Figura 17.</i> Instalación de muestras turba mediante un tubo Box Core.	40
<i>Figura 18.</i> Evaluaciones: extracción de un Core en cada punto de muestreo del bofedal.....	40
<i>Figura 19.</i> Representación gráfica de la biomasa aérea de los 5 puntos de muestreo..	48
<i>Figura 20.</i> Representación gráfica de la Eficiencia Neta del bofedal, sector Huachipampa.	52

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Área de investigación Bofedal - sector Huachipampa	72
Apéndice 2. Flujograma de la Metodología de investigación	73
Apéndice 3. Registro de la evaluación de biomasa terrestre en los 5 puntos de muestreo a profundidades de 1 cm - 10 cm.....	74
Apéndice 4. Registro de la evaluación periódica del crecimiento vegetal en los 5 puntos de muestreo.....	74
Apéndice 5. Registro de los datos iniciales (peso seco) de la biomasa por Core, en función a los 5 puntos de muestreo, profundidad y número de tubos Core.....	75
Apéndice 6. Registro de peso seco de las 5 evaluaciones de biomasa descompuesta por Core en función a los puntos de muestreo, profundidad y número de tubos Core	76
Apéndice 7. Registro fotográfico de las especies vegetales de los 5 puntos de muestreo	78
Apéndice 8. Cálculo de línea de tendencia de la regresión lineal de cada uno de los puntos de muestreo.....	81

RESUMEN

Los bofedales altoandinos juegan un papel importante en el proceso de mitigación del CO₂ al almacenarlo como parte de la turba. El bofedal del sector Huachipampa, que forma parte de la RPNYC (Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas) en la región Lima, igual que otro sistema similar, brinda el servicio ambiental de almacenamiento de biomasa o captura de carbono. La finalidad de la investigación fue evaluar la Eficiencia Neta mediante la acumulación de Carbono, en base a la biomasa en el bofedal sector Huachipampa. Para ello, la metodología consistió en ubicar los 5 puntos de muestreo al azar, donde se evaluó la productividad primaria (PP) y la descomposición de la turba. La determinación de la PP se realizó con los pesos de la biomasa terrestre con la finalidad de hallar una regresión lineal, lo mismo que permitió hallar la acumulación de biomasa en función del crecimiento vegetal; mientras que la evaluación de descomposición de la biomasa (turba) se realizó mediante un Core. La Eficiencia Neta del bofedal se halló mediante la acumulación de la biomasa menos la descomposición. Los resultados encontrados fueron que en época de lluvias (diciembre, enero y febrero) en los puntos P-1, P-3, P-4 y P-5 presentaron Eficiencia Neta con un valor alto, lo cual indica que en esta época el bofedal llegó a acumular más biomasa de la que descompone, esto significa que hubo acumulación de CO₂, únicamente en el P-2 presentó la Eficiencia Neta con un valor bajo, lo que indicaría que el bofedal está descomponiendo más biomasa de la que está acumulando, por lo tanto libera el CO₂ por la respiración. Por otro lado, en época seca (mayo y junio) en los puntos P-1, P-3, P-4 y P-5 muestran eficiencia positiva, esto significa que en esta época el bofedal acumula CO₂, lo que no ocurrió en el P-2, esto se debe principalmente a condiciones naturales de área porque el bofedal está muy degradado, por lo cual devuelve el CO₂ a la atmosfera, mientras que en junio si presentó acumulación de CO₂.

Palabra clave: biomasa, eficiencia neta, acumulación de carbono, bofedal.

ABSTRACT

High Andean bofedales have an influential role in CO₂ mitigation, as it is stored as turba. The Huachipampa sector high-andean wetlands, which is part of the RPNYC (Nor Yauyos Cochabamba Landscape Reserve) in the Lima region, provides environmental service for biomass storage or carbon sequestration. The purpose of the thesis was to evaluate the Net Efficiency of the Ecosystem in terms of carbon accumulation, based on the biomass of the Huachipampa sector bofedal. To this end, the methodology consisted on the definition of the 5 random sampling points, where the primary productivity (PP) and the decomposition by Core were evaluated. In the determination of the PP were evaluated, biomass was evaluated in order to find a linear regression, leading to find the accumulation of biomass according the vegetal growth. calculation of the biomass by Core has enabled to determine the decomposition of the biomass (peat). In addition, the NEE was determined through the accumulation of biomass minus decomposition ($NEE = PP - (R + D)$). In accordance with the general objective, and based on the sampling points and evaluation period, as the results during the rainy season (December, January and February) points P-1, P-3, P-4 and P -5 presented net efficiency with a high value, which indicates that at this time the bofedal accumulates more biomass than it decomposes, this means that there was accumulation of CO₂. Only in P-2 did it show the net efficiency with a low value, which indicates that the bofedal is decomposing more biomass than it is accumulating, which indicates CO₂ release by respiration. On the other hand, in dry seasons (May and June) at points P-1, P-3, P-4 and P-5 show positive efficiency, this means that at this time the bofedal accumulates CO₂, being the month of June On the other hand, where there was greater positive efficiency and therefore greater accumulation of carbon, in contrast to P-2, this is due to natural area conditions, so it returns CO₂ to the atmosphere, while in June it did accumulate CO₂.

Keyword: biomass, net efficiency, carbon accumulation, bofedal.

INTRODUCCIÓN

A partir del siglo XX el mundo enfrenta un proceso complejo de cambio climático, cuyas causas son principalmente de origen antropogénico, sobre todo en los países considerados como los más industrializados: Estados Unidos de Norte América, China y los países de la Unión Europea, por ser generadores de mayor cantidad de dióxido de carbono (CO₂); este último, es uno de los principales gases que generan el efecto invernadero, causante del calentamiento global que trae consigo efectos sobre el clima (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2014).

Resulta necesario tomar medidas inmediatas a nivel global, con la finalidad de plantear alternativas de mitigación en ecosistemas terrestres que tengan la capacidad de almacenar o capturar el dióxido de carbono, lo cual permitirá disminuir la concentración de CO₂. Es necesario estimar las tasas de fijación de este gas y monitorear su concentración en el ambiente (García, 2011). Al respecto, Maldonado (2014) indica que, en los países andinos, los humedales o bofedales altoandinos juegan un papel relevante, además de brindar beneficios económicos, culturales y paisajísticos, que cumplen funciones importantes como recarga de acuíferos, control de erosión, almacenamiento de agua y captura de CO₂ al almacenarlo como turba. La extensión de los humedales en el Perú tiene aproximadamente 549 156 ha (humedales costero, andino y amazónico), el 6.91 % corresponde a los bofedales en todo el territorio peruano (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2015).

A pesar de su importancia, los bofedales andinos representan uno de los ecosistemas más vulnerables en el mundo (Ramsar, 2010), debido a su localización y fragmentación, dentro de una matriz ambiental seca (incremento de las temperaturas), actividades antropogénicas (sobrepastoreo, incendios, ruptura de suelos, actividad minera) (Squeo *et al.*, 2006) y a la variación de la precipitación, este último es el que impulsa el metabolismo de las plantas y microorganismos, reflejándose en los flujos de los sistemas ecosistémicos (Sala *et al.*, 1988), sabiendo su importancia y vulnerabilidad de estos ecosistemas, son poco estudiados desde el punto de vista de las mediciones de flujos de CO₂ (Turner *et al.*, 2006).

En base a estudios de investigación de evaluar únicamente la cantidad o el stock de carbono almacenado en bofedales y/o humedales, nace el interés de investigar si el ecosistema bofedal cumple esa función de almacenar o liberar CO₂. La presente investigación tiene como finalidad evaluar la Eficiencia Neta mediante la acumulación de Carbono, en base a la biomasa en el bofedal sector Huachipampa, perteneciente a la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabamba (RPNYC). Con esta finalidad, se identificó las diferentes comunidades vegetales, la productividad primaria (PP) en función de la evaluación de la biomasa terrestre y el crecimiento vegetal aéreo, el nivel de descomposición de la biomasa (turba); para desarrollar esta investigación se usaron y adaptaron metodologías propuestas por Rueda *et al.*, (2015), Cooper *et al.*, (2015) y Roberts *et al.*, (1993). Además, de tener en cuenta que el cambio climático puede alterar los niveles de captura de carbono en los ecosistemas que ya se encuentran bajo el estrés hídrico y de temperatura. Es importante la protección y conservación de estos humedales altoandinos de gran valor biológico, ecológico, hidrológico, económico y social; tales como los bofedales presentes en la RPNYC, sector Huachipampa. Además, al no existir un estudio de estimación de Eficiencia Neta del humedal y de su importancia como sumidero de carbono, la información del presente estudio contribuye como línea base a las organizaciones encargadas de gestionar y proteger la Reserva Paisajística.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluación de la Eficiencia Neta mediante la acumulación de Carbono, en base a la biomasa en el bofedal sector Huachipampa de la RPNYC.

Objetivos específicos

- Identificar las comunidades vegetales del área de muestreo en el bofedal sector Huachipampa.
- Evaluar la productividad primaria en función de pérdida o acumulación de biomasa.
- Conocer los niveles de descomposición de biomasa (turba) del bofedal en estudio.
- Evaluar la Eficiencia Neta en base a la biomasa del bofedal sector Huachipampa.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Alvis (2018) investigó el almacenamiento de carbono en los humedales altoandinos de Caylloma en la región Arequipa, Perú, tuvo como finalidad estimar el contenido de carbono en los humedales que se encuentra en el centro poblado Chalhuanca. El estudio inició con el análisis de imagen satelital LanSat 8, para definir los puntos de muestreo en forma aleatoria, posteriormente realizó la toma de muestras con la ayuda de un equipó tipo Core de 5.5 cm de diámetro y 30 cm de profundidad, con la que extrajo tres estratos: biomasa aérea, biomasa de suelo orgánico y suelo. Estas muestras fueron codificadas para cada estrato extraído, y llevadas al laboratorio para su secado a una temperatura de 65 °C por 24 horas; posteriormente registró el peso seco de cada muestra para analizar el contenido de carbono orgánico mediante el método Walkey Black. Para el análisis de los datos, la autora utilizó el software SPSS, realizando un ANOVA de una variable con respaldo Duncan. Los resultados mostraron que el carbono total almacenado en el bofedal en un área de 882.54 ha, fue aproximadamente de 795 415.65 toneladas de CO₂. Con respecto a los estratos indica que, en la biomasa aérea contiene 49.11 %, en el suelo orgánico 43.05 %, para el caso del suelo con carbono orgánico indica 42.53 % y para el suelo mineral un 1.99 %. El autor concluyó indicando que, el suelo estudiado fue el reservorio principal de carbono, dado que almacenó la mayor cantidad de CO₂ con un valor de 218.28 toneladas de C/ha.

Montenegro (2018) comparó las metodologías de evaluación botánica en un sistema bofedal en el distrito de Carampoma, Huarochiri Lima, Perú. El objetivo fue comparar tres métodos para la caracterización de la vegetación del sistema bofedal, donde evaluó 3 variables como son: resultados del esfuerzo de muestreo, riqueza específica, y la estructura comunitaria, están fueron realizadas en época seca y húmeda. Los métodos que empleo fueron cobertura repetida, cuadrado y transecto al paso, adicionalmente, evaluó cinco unidades de muestreo por cada método. Los resultados indicaron que mediante el método de cobertura repetida en

época seca registró un 66 % de las especies, mientras que en época húmeda un 74 %, asimismo, mediante el método de transecto al paso en ambas épocas obtuvo un 65 % de la flora. Finalmente, para el método de cuadrantes registró un 64 % de la vegetación en época seca y un 65 % de la flora en época húmeda. El autor concluyó que el método de cobertura repetida fue el más eficiente, debido a que registró un mayor porcentaje de la vegetación del bofedal y que las especies dominantes fueron diferentes para cada método de evaluación.

León (2016) investigó la reserva de carbono relacionado con la flora y la condición del pastizal en los bofedales de las regiones de Ancash, Arequipa, Huancavelica y Puno en Perú. El objetivo del estudio fue determinar la condición para pastoreo de los bofedales, en ello evaluó la composición de la flora de cada bofedal, asimismo, determinó la cantidad de carbono, finalmente, cuantificó la calidad de la materia orgánica almacenada en el suelo. Evaluó nueve bofedales altoandinos en las 4 regiones mencionadas, en época seca y época húmeda. El autor muestreó la condición de pastoreo y la composición florística, a través del método Parker, en el cual usó indicador de deseabilidad de plantas, el índice forrajero, la cobertura vegetal y el índice de vigor; asimismo, el porcentaje de materia orgánica fue evaluado mediante el método de Walkey y Black, y para analizar la calidad del suelo usó la metodología de Kononona que busca determinar la proporcionalidad de las sustancias húmicas: ácido húmico, ácido fúlvico y huminas en el suelo. Los resultados mostraron que los bofedales fueron de condición buena cuando presentan plantas deseables y de condición regular cuando presentan plantas poco deseables, por ejemplo: los bofedales de condición pobre presentaron plantas como *Oxychloe andina*, *Aciachne acicularis* y *Plantago rígida*. Por consiguiente, el autor concluyó que existe una mayor calidad de materia orgánica y menor cantidad de carbono en bofedales de mejor condición, lo que podría estar asociado a la presencia de una mayor cantidad de plantas deseables donde hay mayor presencia de herbívoros que ocasiona, generando una mayor incorporación de nitrógeno soluble al suelo que carbono.

Ortiz (2016) llevó a cabo una investigación de diversidad en el bofedal la Moya Ayaviri, Puno, Perú. El objetivo principal fue evaluar la diversidad de la flora silvestre y determinar su biomasa. Esta investigación la llevó a cabo en la región Puno en los meses febrero (época lluviosa) y julio (época seca) del 2015. La metodología empleada para la evaluación de la

flora silvestre, consistió en trazar 24 transectos de 20 m cada uno, por época de muestreo y en cada transecto ubicaron 10 cuadrantes de 1 x 1 m, donde realizó el conteo de número de especies vegetales y el número de individuos para cada especie. Luego, para determinar la biomasa usó el método de cuadrantes (0.25 x 0.25 m), los cuales estuvieron ubicados al lado izquierdo del cuadrante principal de 1 x 1 m, donde realizó la evaluación de diversidad inicial. Paralelamente, en los análisis de diversidad, utilizó los índices de Simpson y Shannon que calculó mediante el software PAST; Asimismo, empleó la prueba no paramétrica de Mann Whitney, para lo cual utilizó el software estadístico InfoStat, versión estudiantil 2016. Los resultados evidenciaron un total de 44 especies de flora silvestre, donde cinco (05) de las cuales no pudieron ser reconocidas a nivel de especie; todas las especies estuvieron distribuidas en 16 familias botánicas, siendo las más diversas: Poaceae (17 especies), Asteraceae (6 especies) y Cyperaceae (3 especies). Sumado a ello, encontró diferencia significativa de la riqueza específica entre las épocas de estudio ($p < 0.0001$), y en la diversidad de especies entre el índice de Simpson ($p < 0.0001$) y Shannon ($p < 0.0001$), respectivamente, entre las dos épocas de evaluación. Finalmente, el análisis de la biomasa mostró diferencias relevantes con las épocas, donde en la época de lluvia halló un valor máximo de 4 894.78 kg/ha y para la época seca un valor mínimo de 857.23 kg/ha.

Quispe *et al.*, (2015) estudiaron el almacenamiento de carbono en pastos naturales de la subcuenca del Canipaco, Huancayo, Perú. El estudio tuvo como objetivo evaluar la correlación de pesos de biomasa aérea y radicular de las especies *Calamagrostis vicunarum*, *Festuca dolichophylla* y *Muhlenbergia ligularis* y sus capacidades de almacenamiento de carbono. Asimismo, tomaron datos de los factores como fisonomía vegetativa, fisiografía, topografía y exposición hacia los puntos cardinales, denominándolos zonas I, II, y III. Ubicaron mediante un muestreo simple con distribución sistemática; las extracciones de muestras vegetativas realizaron al azar, estas muestras fueron lavadas y oreadas a temperatura ambiente, finalmente trasladaron al laboratorio para secarlo y toma de datos. Entre los resultados del almacenamiento de carbono indicaron los siguientes valores para cada especie: *Calamagrostis vicunarum* almacenó 0.754 tC/ha de carbono, *Festuca dolichophylla* almacenó 1.638 tC/ha de carbono y *Muhlenbergia ligularis* almacenó un total de 0.743 tC/ha de carbono. Los autores concluyeron que el peso de la biomasa aérea puede permitir la estimación del peso de la biomasa radicular, esto gracias a los análisis de correlación

desarrollados. Los promedios de carbono almacenado por las tres especies juntas alcanzaron a 3.14 tC/ha.

Yaranga y Custodio (2013) llevaron a cabo una investigación sobre la presencia de carbono en pastos naturales. El objetivo fue determinar el almacenamiento de carbono de pastos naturales altoandinos en los distritos de Huasicancha y Chicche de la provincia de Huancayo, Perú. Este estudio fue realizado entre enero de 2012 y marzo de 2013, e inicialmente planteó definir las zonas de muestreo, por lo que recolectaron 10 plantas al azar entre abril y mayo del 2012. Las muestras fueron lavadas y secadas en una estufa a 60 °C por 48 horas. Después, determinaron el porcentaje de materia seca, por comparación entre los pesos iniciales y finales, asimismo, obtuvieron el porcentaje de carbono por el método de Walkley Black. Los resultados evidenciaron ser altamente significativos al correlacionar peso de la biomasa aérea ($r=0.9856$) y la biomasa radicular ($b=3.4507$); además, el porcentaje del peso de la raíz respecto al de la biomasa aérea osciló entre 27.93 % y 30.20 %, respectivamente. Los autores concluyeron que el contenido de carbono expresado como porcentaje varió según la parte de la planta y el lugar de procedencia.

Quispe (2013) realizó una investigación sobre la estimación de biomasa en pastizales alto altoandinos. Tuvo como objetivo: “determinar el efecto de la frecuencia de corte en la estimación de biomasa en pastizales altoandinos, tanto en bofedal y pajonal” (2013, p. 6). Este estudio fue llevado a cabo en el Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos de la Universidad Nacional de Huancavelica, Perú. El autor definió un área experimental de 200 m² en bofedal y pajonal 100 m² respectivamente para el desarrollo de la investigación. Las evaluaciones fueron realizadas desde el inicio de la época de la temporada de lluvia hasta la temporada seca; la investigación consistió en definir 11 especies en el área del pajonal y 10 especies en el área del bofedal, con 10 réplicas para cada uno. Para la caracterización y monitoreo plantó estacas de una longitud de 0.30 m en el punto cercano de cada planta. Posteriormente, inició la evaluación tomando medidas de altura de la planta y el corte de la biomasa, cuya evaluación fue realizada cada 30 días a la misma planta por un periodo de seis meses. Asimismo, halló el contenido de materia seca colocando sus muestras en un horno a una temperatura de 105 °C por 48 horas, considerando el rendimiento en g/m² por planta; a su vez, halló la acumulación por peso de biomasa de planta

tanto en el bofedal y en el pajonal, para ello siguió el mismo patrón de toma de medias de altura de las plantas, donde en época de lluvia obtuvo valores superiores, bofedal 1.8 vs pajonal 0.96 g/m² por planta, y en época seca bofedal 0.8 vs pajonal 0.36 g/m² por planta. El autor concluyó que existe una relación altura-peso con la biomasa de las plantas estudiadas (bofedal y pajonal). Además, que en la época de lluvia las plantas del bofedal acumularon mayor altura y peso, lo que indica la influencia la condición del tiempo (factores climáticos).

Medrano *et al.*, (2012) estudiaron el almacenamiento de carbono (C) en especies predominantes de flora en el lago Chinchaycocha, Junín, Perú. El objetivo principal fue evaluar la cantidad de C que almacenaron las especies predominantes de flora. Para este estudio, las evaluaciones fueron realizadas en tres diferentes ecosistemas del lago Junín: bofedal, pajonal y totoral. A su vez, determinaron el carbono almacenado en la biomasa aérea, biomasa radicular y muestras de suelo, donde crecen estas plantas. Los autores tuvieron como resultados de investigación un almacenamiento de 30.65 toneladas de carbono por hectárea (tC/ha), para la totora *Schoenoplectus californicus* (C.A. Mey.) Soják var. *californicus*, y 8.70 tC/ha para *Juncos arcticus* var. *andicola* (Hook) Balslev. Mientras que en el ecosistema pajonal, la *Deyeuxia recta* Kunth almacenó 7.02 tC/ha en su biomasa aérea y 8.41 tC/ha en su biomasa radicular. Finalmente, en el bofedal la especie *Plantago tubulosa* Decne acumuló 0.81 tC/ha en su biomasa aérea y 1.88 tC/ha en su biomasa radicular 0.22 tC/ha. A ello se suma que los resultados del carbono total en suelo de pajonal fueron de 774.76 tC/ha, y en turba de bofedales fueron de 684.58 tC/ha. Los autores dedujeron que el suelo del pajonal, al fijar una alta cantidad de C por ha, representa un importante sumidero de carbono; a la vez, demostró que el carbono del suelo fue 2.7 veces más grande que la reserva biótica de esta laguna.

1.2. Bases teóricas especializadas

1.2.1. Carbono y el ciclo del carbono

El carbono es un elemento químico abundante, presente en todo el planeta, y su ciclo es clave para el crecimiento y desarrollo de todos los organismos. Estos se encuentran almacenadas en reservorios, y fluyen activamente entre los océanos, el suelo, la atmósfera y las plantas (Cuellar y Salazar, 2016).

Según Mojica (2013, p. 18) El carbono (C) “es un elemento fundamental de los compuestos orgánicos, en los que se combina con nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), oxígeno (O) e hidrógeno (H) para constituir las moléculas más importantes para la vida”.

La Figura 1, muestra el ciclo del carbono presente en todas las cadenas tróficas de los seres vivos y retorna a la atmósfera naturalmente en forma de gas, lo mismo que es absorbido por las plantas verdes a través de la fotosíntesis. Asimismo, cuando la materia orgánica queda sepultada y sin contacto con el oxígeno atmosférico, se forman los depósitos fósiles en forma de combustible (carbón, petróleo o gas natural) así es aprovechado por el hombre en la industria y en el transporte, lo que genera emisiones del gas dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera, es sabido que este gas es el principal generador del efecto invernadero que a su vez es responsable del cambio climático en el planeta (Vásquez y Buitrago, 2011).

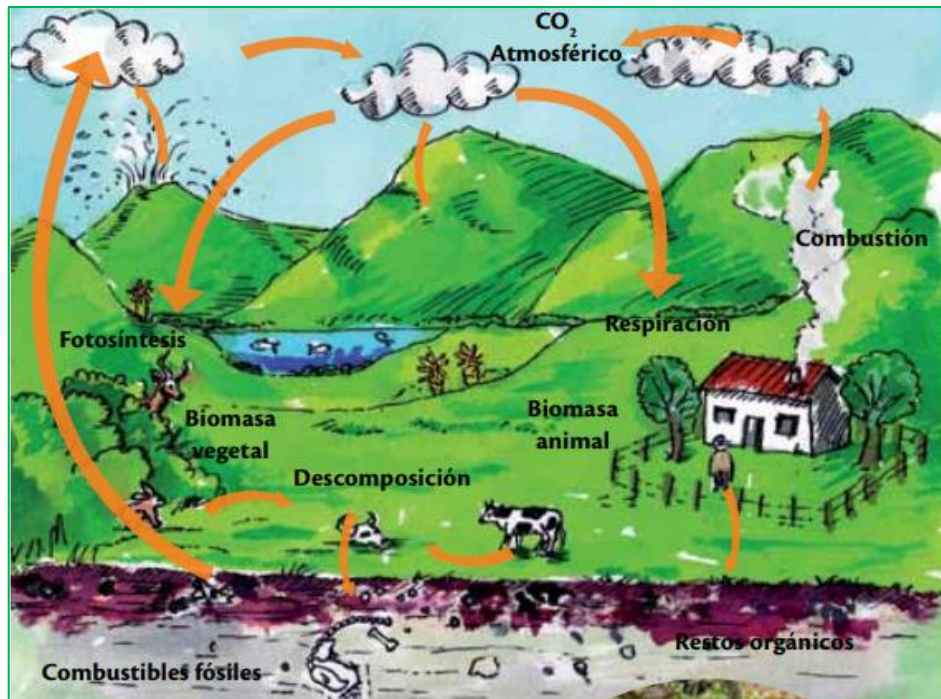


Figura 1. Ciclo del dióxido de carbono. Fuente: Vásquez y Buitrago (2011).

1.2.2. El dióxido de carbono y sus consecuencias

El dióxido de carbono (CO₂), es considerado como el gas de efecto invernadero (GEI) más importante que se ha incrementado cerca de un 80 % entre 1970 y 2004. Por otro lado, en el 2005 los gases CO₂ y metano (CH₄) se incrementaron mucho más que en los últimos 650 000 años, y se tiene conocimiento de que el CO₂ es el principal gas de origen fósil que ha generado cambios de uso en la tierra, por conversión de suelos con cobertura forestal a tierras agrícolas, ganaderas, entre otros (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2007).

La concentración de CO₂ en la atmósfera, tienen muchas implicaciones en el cambio climático, la primera de ellas es generar el efecto invernadero y modificar la temperatura en la tierra. Adicionalmente, de forma indirecta se producen otros problemas o trastornos ambientales, como el incremento de la evapotranspiración de los océanos, el aumento de nubes, la presencia de lluvias torrenciales, y ausencia y escasez de lluvias, circunstancias que tienen como consecuencia la baja producción con la consiguiente disminución en la oferta de alimentos (Agudelo, 2009).

1.2.3. Bofedales altoandinos

Estos ecosistemas también son llamados “oqonales” y a la flora que se encuentra en ellos se le denomina como vegetales hidrofíticos (Cáceres, 2013). Se dice que su origen ha podido ser natural o artificial y su principal característica es la presencia de una alta humedad subterránea durante todo el año. En este sentido, las lluvias son el principal aporte hídrico que recibe este ecosistema, seguido del aporte de las aguas subterráneas o cuerpos cercanos como lagunas o ríos y, finalmente, por el deshielo de los glaciares (Salvador y Cano, 2002; Zavala y Cepeda, 2006).

El suelo de los bofedales está caracterizado por la presencia de turbas que le dan el carácter orgánico a este suelo, así como el color verde de este paisaje (Florez *et al.*, 1992). Los bofedales se clasifican en dos tipos según el nivel de agua:

- a. **Bofedales permanentemente húmedos o hidromórficos:** reciben este nombre generalmente por estar situados en los fondos de los valles, ríos, arroyos o en pendientes cercanos a ojos de agua. También los que se encuentran en llanuras inundadas permanentemente (Pacheco, 1996 citado por Palabral 2013 p. 3). Este tipo de bofedales presentan gran cantidad de materia orgánica, por lo cual se clasifica como suelos húmicos y se forman una turbera de alta montaña.

Según Beck (2010, p.1)

La vegetación predominante en este tipo de bofedales está caracterizada por cojines de *Oxychloe andina*, *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa*. Entre los cojines también crecen varias otras plantas pequeñas como *Werneria pygmaea*, *Gentiana sedifolia* y *Phylloscirpus boliviensis*. Al contorno de los ojos de agua se encuentra *Deyeuxia chrysantha*.

- b. **Bofedales temporalmente húmedos:** estos ecosistemas tienen la característica de perder agua en temporada seca, lo que genera una descomposición de los cojines y un incremento y acumulación de sales en el suelo” (Palabral, 2013, p. 3). Las especies

dominantes son: *Oxychloe andina* y *Plantago tubulosa* y en menor cantidad *Distichia muscoides*, también se encuentran *Baccharis acaulis* y *Deyeuxia rigescens* (Beck *et al.*,2010).

- **Tipos de bofedales**

Según la Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT), en un estudio realizado en 1993, citado por Calvo (2016, p. 4,5), los bofedales se clasifican en cinco tipos, para lo cual se considera lo siguiente:

- Por su origen:** presenta dos tipos de bofedales, naturales y artificiales; los naturales son originados por exceso de agua producto de las inundaciones, la desglaciación, etc., (Figura 2). Mientras que los artificiales son generados por el hombre y su principal abastecimiento de agua proviene de los ríos subterráneos.



Figura 2. Tipo de bofedal de origen natural sector Huachipampa, Yauyos. *Fuente:* Elaboración propia.

- Por su tamaño:** son consideradas bofedales grandes y chicos. Los primeros son utilizados como área de pastoreo por comunidades altoandinas. Mientras que los bofedales chicos son utilizados por su extensión por núcleos familiares.

- c. **Por su receptividad:** este tipo de bofedal tiende a variar en función de la disponibilidad de agua en el año, la precipitación (Figura 3) y la temperatura.



Figura 3. Tipo de bofedal por su receptividad sector Huachipampa. *Fuente:* Elaboración propia.

- d. **Por su altitud:** son clasificados altiplánicos cuando se ubican a una altitud entre los 3800 a 4100 m. s. n. m., y los bofedales de tipo altoandino cuando estas se encuentran ubicados entre los 4100 y 4500 m. s. n. m, como es el caso del bofedal en estudio (Figura 4).



Figura 4. Tipo de bofedal altoandino por su altitud, sector Huachipampa, Yauyos. *Fuente:* Elaboración propia.

- e. **Por su grado de pH edáfico:** esta clasificación permite identificar el bofedal en función a su promedio de acidez y alcalinidad, las que varían principalmente entre 6.3 a 7.4.

- **Comunidades vegetales en los bofedales**

Las características de las comunidades de la vegetación en bofedales, como la abundancia y composición botánica de las especies, varían según su ubicación, latitud, altitud, la humedad, la topografía, fisiografía, el pastoreo, etc.; estas variables determinarían la existencia de ciertos tipos de comunidades vegetales (Maldonado, 2014).

Asimismo, en torno al tipo de especies que allí surgen según investigaciones realizados por Canales y Tapia, 1987; Flores *et al.*, 2005; Florez *et al.*, 1992; Salvador y Cano, 2002; Tovar, 1973, citado por Maldonado, 2010, p.12, la especie *Distichia muscoides* (Juncaceae) suele ser el organismo más dominante o característica en los bofedales altoandinos.

Según Maldonado, 2010, p. 12.

Las siguientes familias y especies generalmente se han reportado para los bofedales andinos:

Poaceae

Calamagrostis vicunarum (Wedd.) Pilg, *C. rigescens* (J. Presl), Scribn, *C. curvula* (Wedd.) Pilg, *C. amoena* (Pilg.) Pilg., *C. chrysantha* (J. Presl) Steud, *C. ovata* (J. Presl) Steud, *C. jamesonii* Steud, *C. brevifolia* (J. Presl) Steud, *Muhlenbergia fastigiata* (J. Presl) Henrard, *Poa candamoana* Pilg, *Festuca dolichophylla* J. Presl, *F. rigescens* (J. Presl) Kunth.

Asteraceae

Novenia tunariensis (Kuntze) S.E. Freire, *Cotula mexicana* (DC.) Cabrera, *Hypochaeris taraxacoides* (Meyen & Walp.) Benth. & Hook. f., *Werneria pygmaea* Gillies ex Hook. & Arn, *Oritrophium limnophilum* (Sch. Bip.) Cuatrec. Otras herbáceas como:

Lilaeopsis macloviana (Gand.) A.W. Hill, *Gentianella peruviana* (Griseb.) Fabris, *Carex* spp., *Scirpus* spp., *Eleocharis albibracteata* Nees & Meyen ex Kunth, *Alchemilla pinnata* J. Rémy, *Alchemilla diplophylla* Diels, *Castilleja fissifolia* Sessé & Moc, *Geranium sessiliflorum* Cav, *Gentiana sedifolia* Kunth, *Gentianella brunneotincta* (Gilg) Pringle, *Plantago tubulosa* Decne, *Plantago rigida* Kunth, *Ranunculus* spp., *Plagiobothrys congestus* (Wedd.) I.M. Johnst.

- **Servicio ecosistémico de los bofedales altoandinos**

Existen funciones ecológicas que cumplen los bofedales altoandinos, tales como ser reguladores de los regímenes hidrológicos o ser hábitat de una rica biodiversidad, tanto nativa como foránea. Asimismo, el bofedal es una fuente de ingresos del poblador rural, genera recursos vinculados a la producción de pastos naturales para la actividad ganadera,

en particular para los camélidos sudamericanos. Provee, además, algas para fines alimenticios e industriales, plantas medicinales, y representa un invaluable patrimonio cultural por su significado espiritual y religioso (Quispe, 2018).

Añádase a lo anterior los bofedales permiten el desarrollo del ecoturismo, es decir, se puede apreciar diversidad de aves, lagos, lagunas, turberas, pantanos, etc., los cuales son ecosistemas naturales de gran importancia estratégica para cientos de personas. También es fuente principal de agua, permite su almacenamiento y regula el caudal de diversos efluentes naturales, y es fuente de grandes reservas de carbono. En consecuencia, es un importante ecosistema para la vida y riqueza cultural (Crispín, 2015; Florez *et al.*, 1992; Salvador y Cano, 2002; World Wildlife Fund for Nature, [WWF], 2005).

Todos estos servicios ecosistémicos que proporcionan los bofedales cumplen determinadas funciones según la época (seca y húmeda), característica y ubicación. En la Tabla 1 se muestran los servicios, funciones y ejemplos de los ecosistemas.

Tabla 1

Servicios y funciones ecosistémicas de los bofedales

Servicios ecosistémicos	Funciones ecosistémicas	Ejemplos
Regulación del clima	Regula temperatura global, precipitación y otros procesos climáticos locales y globales.	Regulación de gases de efecto invernaderos (captura de carbono).
Regulación de gases de efecto invernaderos (captura de carbono).	Regulación de la composición química atmosférica.	Balance CO ₂ /O ₂
Regulación de peligros/desastres	Capacidad del ecosistema de dar respuesta y adaptarse a cambios o fluctuaciones ambientales.	Protección de sequías, respuesta del hábitat a cambios ambientales.
Retención de sedimentos y control de erosión	Retención del suelo dentro del ecosistema.	Cobertura de bofedal previene pérdida de suelo por el viento. El bofedal almacena agua.
Refugio de especies	Hábitat para especies residentes y migratorias.	Semilleros, hábitat de especies migratorias y locales.
Recreación	Proveer oportunidades para actividades recreacionales.	Ecoturismo
Cultural	Proveer oportunidades para usos no comerciales.	Estética, artística, educacional, espiritual, valores científicos del ecosistema.

Fuente: León (2016).

- **Fragilidad de los bofedales frente al cambio climático**

Los ecosistemas de bofedales son considerados sistemas frágiles y vulnerables al cambio climático, por ser praderas naturales que se desarrollan en áreas saturadas de agua y estar sometidos a alteraciones en el patrón lluvias y la pérdida o retroceso de glaciares (Beck *et al.*, 2010, Squeo *et al.*, 2006) y a perturbaciones hechas por el hombre (World y Salt., 2012, citado por Matta, 2017, p.17).

A pesar de ello, los bofedales presentan mecanismos que regulan funciones y permiten la adaptación para conservar dichas funciones, estructuras e interacciones en el medio, y con ello, sus atributos socioecológicos, como los climáticos, geomorfológicos, hidrológicos, bióticos y sociales, los cuales determinan su funcionalidad (Franco *et al.*, 2013, citado por Matta, 2017, p.17).

Dos de los principales problemas ecológicos que amenazan a los bofedales son la degradación y la sobreexplotación que se da con la construcción de carreteras, sobrecarga de ganado, etc. Estos generan un impacto negativo sobre los bofedales, implican la pérdida de la biodiversidad y sus diferentes atributos (integridad biótica, función hidrológica y estabilidad), y con ello, la sostenibilidad del ecosistema. Simultáneamente, lo anterior tiene un impacto significativo en las condiciones de vida de las comunidades locales, así como en las poblaciones y ciudades a lo largo de los valles que este ecosistema alimenta, y que dependen directamente de los servicios que él provee (Franco *et al.*, 2013).

1.2.4. Captura de carbono en humedales

Mediante la captura de CO₂ se hace posible el almacenamiento de este elemento en el fondo de los océanos, los bosques, especies vegetales, así como también en la tierra. Existen procesos físicos o biológicos, por ejemplo, la fotosíntesis, que permiten captar el carbono atmosférico a estructuras internas como las que poseen las plantas.

Según Hernández (2010, p. 1):

De la acumulación neta de carbono en los bofedales, resulta la productividad primaria y la deposición o acumulación de sustancias orgánicas alóctonas, menos la descomposición de materia orgánica en el suelo. Este balance, determina si un humedal actúa como fuente de gases invernadero o como trampa de carbono. La acumulación de carbono en los bofedales se realiza en dos compartimentos principales, la biomasa vegetal y los suelos.

A continuación, detallamos dichos compartimientos.

- **La biomasa vegetal**

- a. **Producción primaria**

Los factores que influyen sobre la productividad primaria en los bofedales están influenciados por el clima, poblaciones vegetales, acceso a nutrientes y disponibilidad del agua. En este sentido, es pertinente añadir que los bofedales son considerados como fábricas de carbono orgánico a partir del CO₂ captado de la atmósfera (Hernández, 2010).

No obstante, según Lugo y Morris (1982), existen diferencias entre fotosíntesis neta y fotosíntesis bruta, el primer concepto está referido a la transformación de energía por unidad de tiempo, esto se realiza en estructuras como el cloroplasto del vegetal; mientras que el segundo mecanismo usa la fotosíntesis bruta menos la energía química obtenida del proceso respiratorio de la planta, el proceso es expresado en unidad de área y es denominado productividad primaria del sistema. La productividad primaria neta está basada en la fotosíntesis neta y refleja el crecimiento neto de la vegetación, lo cual le permite a esta última ser ingerida por rumiantes, herbívoros, y compensar la producción de materia orgánica muerta o para exportación a otros sistemas (Lugo y Morris, 1982).

- b. **La productividad primaria neta y bruta**

La productividad primaria neta (PPN) se define como la variable que registra la tasa de asimilación del carbono atmosférico por unidad de tiempo, que significa la variación del

peso neto de las plantas a dos puntos en el tiempo. Esta variable está muy relacionada con el ciclo de carbono que se registra en la vegetación y el resto de la cadena trófica. Igualmente, este tipo de productividad permite determinar la riqueza y patrones de distribución de especies (Turner *et al.*, 2003).

Por lo tanto, es el resultado de lo asimilado después de las pérdidas por respiración, biosíntesis y excreción (R). Lo cual es definido por la siguiente fórmula: La PPN= (PPB - R). Mientras que la producción primaria bruta (PPB) es el total de la energía asimilada y biomasa sintetizada (Turner *et al.*, 2003).

c. Crecimiento de materia vegetal viva

Una herramienta importante para evaluar la producción de carbono de los bofedales es el control de crecimiento, este se lleva a cabo cuando se cortan las plantas herbáceas en la superficie del suelo al final de la temporada. Algunas veces este recorte no puede usarse para evaluar las plantas en crecimiento y la producción de la materia orgánica (León, 2016). A modo de ejemplo, las turberas de alta montaña en los Andes centrales de América del Sur, llamadas localmente bofedales, están dominadas por plantas vasculares, muchas de las cuales tienen una forma de crecimiento amortiguado. Además, muchos bofedales tienen capas freáticas cada vez más altas y cuerpos de turba gruesos (Cooper *et al.*, 2010).

Por otra parte, la especie formadora de cojines *Distichia muscoides* Nees y Meyen domina muchas bofedales de Chile (Squeo *et al.*, 2006), Perú, Ecuador y Colombia como lo indica Benavides *et al.*, (2013). Esta especie presenta un empaquetamiento denso de brotes verdes que forman una superficie dura y plana. En este caso, se tienen ciertos problemas para estimar su producción, dado que tiene una estructura muy densa, un crecimiento continuo durante todo el año, y presenta brotes de pocos milímetros de largo. Respecto a la zona altoandina peruana, allí se forman briofitas y pastos, entre los que se encuentra como la especie más representativa a la *Distichia muscoides*. Esta especie domina la producción de la materia orgánica y la dinámica del carbono. Igualmente, estos ecosistemas son poco estudiados y conocidos (Benavides *et al.*, 2013).

Adicionalmente, los bofedales proporcionan producción crítica de forraje para el pastoreo doméstico nativo (llama y alpaca) y salvaje (guanaco y vicuña), así como especies de ganado introducidas desde Europa durante el periodo colonial (particularmente ovejas y vacas) (Benavides *et al.*, 2013). También estos animales utilizan bofedales debido a que las plantas de hoja perenne proporcionan forraje durante todo el año, especialmente en comparación con los pastos semidesérticos que dominan las tierras altas en la región seca de la Puna de los Andes centrales. Sin embargo, es motivo de preocupación el deshielo de los glaciares, dado que a medida que disminuyen los glaciares, la producción de la planta del bofedal podría disminuir, y se crearían limitaciones significativas para la agricultura pastoral (Benavides *et al.*, 2013).

Es posible concluir que el pastoreo de rebaños en toda la región de la Puna, en las próximas décadas, está desafiando la sostenibilidad de los bofedales, y sumado a ello, el clima de los Andes tropicales y subtropicales está cambiando rápidamente, sobre todo en zonas de mayor elevación como lo indica Bradley *et al.*, (2006). La temperatura del aire está aumentando de un modo rápido, y un calentamiento en el siglo XXI de 4.5 - 5.0 °C es predicho para el altiplano andino (Bradley *et al.*, 2006). En esta medida, el calentamiento global en las montañas está generando áreas con estaciones secas largas y cada vez más fuertes (Buytaert *et al.*, 2010).

En síntesis, estas son las condiciones que podrían reducir la disponibilidad de agua para las plantas de bofedales e influir en la producción y supervivencia de la *Distichia muscoides* y otras especies.

- **Acumulación de carbono en suelos de bofedales**

Según Hernández, (2010, p.1) refiere que “la principal reserva de carbono en el planeta se encuentra en el suelo, en una relación de 2.1 veces más que el atmosférico y cerca de 2.7 veces más que la reserva biótica; la que está comprendida principalmente por plantas”.

Hernández (2010, p.141) Indica que, específicamente, en lo que concierne a los suelos de bofedales, “los promedios de descomposición de material orgánico suelen ser bajos por las condiciones anaerobias, por lo que su potencial de almacenamiento de carbono es alto”.

En este contexto, la turba, una formación natural que está presente en los bofedales y materia vegetal fibrosa parcialmente descompuesta, representa el sumidero de carbono de este ecosistema (Mistch y Gosselink, 2000, citado por Hernández, 2010, p. 141). La presencia de la turba se da cuando existe un exceso de productividad primaria superior a la descomposición y a los lixiviados, cuyo resultado es el depósito de materia orgánica a los suelos (Turetsky *et al.*, 2004).

La Figura 5 muestra el esquema simplificado de las principales transformaciones de carbono (C) en los humedales, donde se aprecia los gradientes de oxido-reducción, lo que influencia en las transformaciones de la materia orgánica. Así mismo, la columna de agua muestra la dominancia de condiciones aerobias al igual que en los primeros milímetros de sedimentación. Sin embargo, a 15 cm de profundidad aproximadamente, la densidad de las raíces tiende a disminuir dando inicio a dominar las condiciones anaerobias en el fondo de los sedimentos. En tanto, el carbono que es captado por acción de la fotosíntesis y convertido a C orgánico llegando al sedimento, es cuando ocurre senescencia en las plantas (Collins y Kuehl, 2000, citado por Hernández, 2010, p.141).

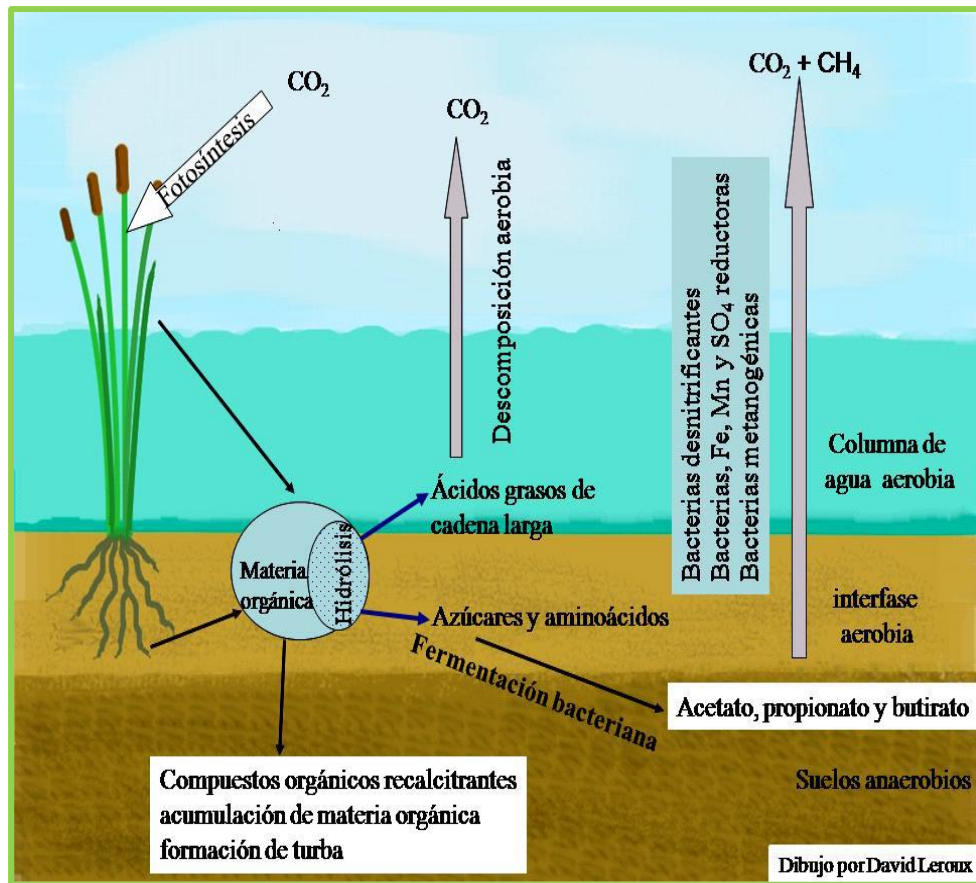


Figura 5. Esquema simplificado de las principales transformaciones de carbono en los humedales. Fuente: Hernández (2010).

- **Descomposición**

La descomposición de la materia orgánica en los bofedales es una de las principales y necesarias actividades para el funcionamiento de todo el ecosistema. Por ende, los productores primarios llegan a fijar enormes cantidades de carbono orgánico (aproximadamente 100 giga toneladas de carbono orgánico) y llega a ser descompuesta la misma cantidad, usualmente por microorganismos, con lo cual se completa el ciclo global de carbono (Álvarez, 2005).

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

La presente investigación es de tipo descriptivo y no experimental por que se basan en información y datos que se tomaron en campo y los análisis de laboratorio, las que se realizaron sin manipular ninguna variable. La investigación está basada y adaptada a las metodologías propuestas por Rueda *et al.*, (2015); Cooper *et al.*, (2015) y Roberts *et al.*, (1993).

2.2. Lugar y fecha

El estudio se ha realizado en la Comunidad Campesina de Huachipampa localizada dentro de la zona de amortiguamiento de la RPNYC, distrito de San Lorenzo de Quinti, provincia de Huarochirí, región Lima. El área en estudio es considerada como un bofedal altoandino por estar ubicada a una altitud de 4600 m.s.n.m., y dependiente de la precipitación, temperatura y la humedad. La investigación fue desarrollada en los meses de diciembre (2017), enero, febrero, mayo y junio (2018).

El área en mención abarca una superficie de 70.18 ha (ver Apéndice 1), en donde la actividad económica más importante es el desarrollo de la ganadería lanar, además, cabe añadir que existen dos vías de acceso: el primer acceso es por Pachacayo, distrito de Canchayllo, Jauja, Junín, y la otra vía por Río Blanco, provincia de Huarochirí San Mateo (Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA], 2006).

En la Figura 6 se muestra la ubicación del área de estudio, elaborada en base a las coordenadas de la Tabla 2, cuyas referencias fueron tomadas en fase previa a la investigación.

Tabla 2

Coordenadas de los 5 puntos de muestreo

Punto de muestreo	Coordenadas	
	Este	Norte
Punto 01	383950	8668982
Punto 02	384074	8668586
Punto 03	384155	8668404
Punto 04	384420	8668219
Punto 05	384549	8668043

Fuente: Elaboración propia.

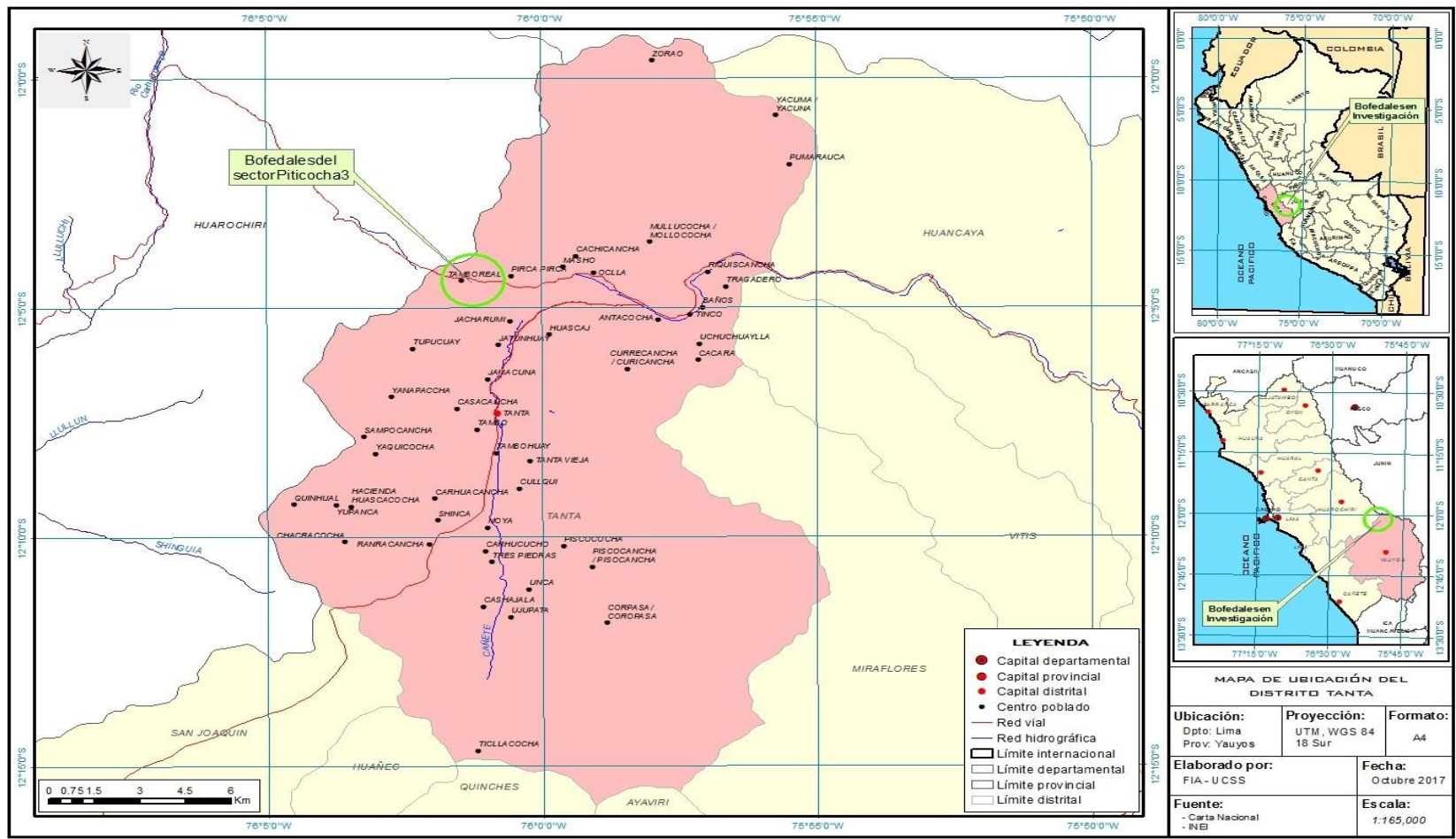


Figura 6. Ubicación del área de estudio dentro del mapa del distrito de Tanta Lima. Fuente: Elaboración propia.

2.3. Materiales

- Libreta de campo
- Cámara fotográfica (1)
- Brújula (1)
- Botas de jebe
- Wincha de 50 m (1)
- Tijera de Podar
- Pala recta (1)
- Plumones indelebles SHARPIE (punta mediana), 3 negros y 3 azules (10)
- Cintas de embalaje transparente
- Bolsas de polietileno (1 paquete de 100 unidades)
- Bolsas Ziplock
- Cepillos de colores
- Tubo core (1)
- Cooler (1)
- Balanza analítica (1)
- Estufa

2.4. Población y muestra

La población estuvo atribuida por el bofedal altoandino del sector Huachipampa, cuya unidad de muestra fueron: biomasa terrestre, biomasa aérea y la turba descompuesta.

2.5. Descripción de la investigación

La metodología consistió en evaluar la Eficiencia Neta mediante la acumulación de Carbono, en base a la biomasa en el bofedal, donde la Eficiencia Neta del ecosistema (ENE) constituye la diferencia entre la productividad primaria (PP), menos la suma de pérdidas representada por la respiración (R) y la descomposición (D):

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

Donde:

ENE = Eficiencia Neta del Ecosistema (g/cm^2)

PP = Productividad Primaria (g/cm^2)

R = Respiración (g/cm^2)

D = Descomposición (g/cm^2)

Para desarrollar la estimación de la Eficiencia Neta del ecosistema basada en biomasa (ENEb), se utilizaron y adaptaron las metodologías propuestas por Rueda *et al.*, (2015); Cooper *et al.*, (2015) y Roberts *et al.*, (1993) las cuales consisten en la evaluación de la productividad primaria (acumulación de biomasa terrestre, evaluación del crecimiento vegetal aéreo), evaluación de la descomposición de la turba por Core, y por consecuente hallar la Eficiencia Neta del ecosistema (ver Apéndice 2).

2.5.1. Reconocimiento del área de estudio

La primera fase consistió en el reconocimiento del área en estudio, con la finalidad de definir los puntos de muestreo. Para ello, se utilizaron y adaptaron las metodologías propuestas por Rueda *et al.*, (2015); Cooper *et al.*, (2015); Roberts *et al.*, (1983); para delimitar los puntos de muestreo se consideraron las condiciones de conservación del bofedal (perturbado y con buen estado de conservación), posteriormente en estas áreas fueron ubicadas al azar y se tomaron los siguientes criterios: asociación de comunidades vegetales almohadilladas y no almohadilladas y que tenga una cobertura homogénea; a partir de ello se caracterizaron los 5 puntos de muestreo. Finalmente, se procedió a la elaboración del mapa base de la zona con la ubicación de los puntos de muestreo (Figura 7), para ello se utilizó el software ArcGIS de acuerdo con las coordenadas registradas en la Tabla 2.

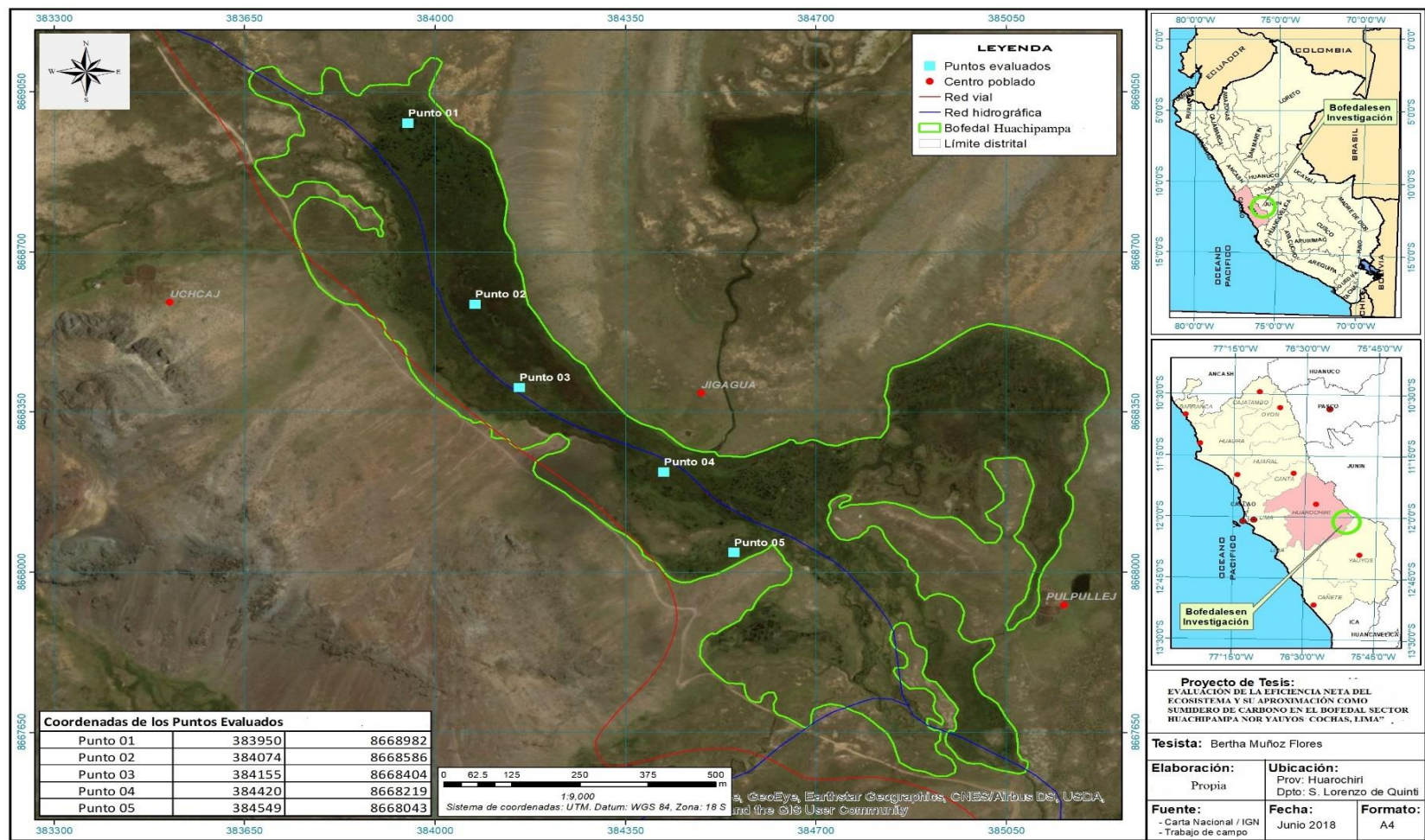


Figura 7. Mapa de delimitación del bofedal sector Huachipampa, y la ubicación de los puntos de muestreo. Fuente: Elaboración propia.

2.5.2. Evaluación de la productividad primaria

a. Muestreo de acumulación de biomasa (terrestre)

El muestreo de acumulación de biomasa consistió en la identificación de las comunidades vegetales, con el fin de hallar una comunidad homogénea presente en el bofedal sector Huachipampa de la RPNYC. Se determinó el área de muestreo por cuadrantes de 20 x 20 cm en cada uno de los 5 puntos de evaluación (Figura 8).

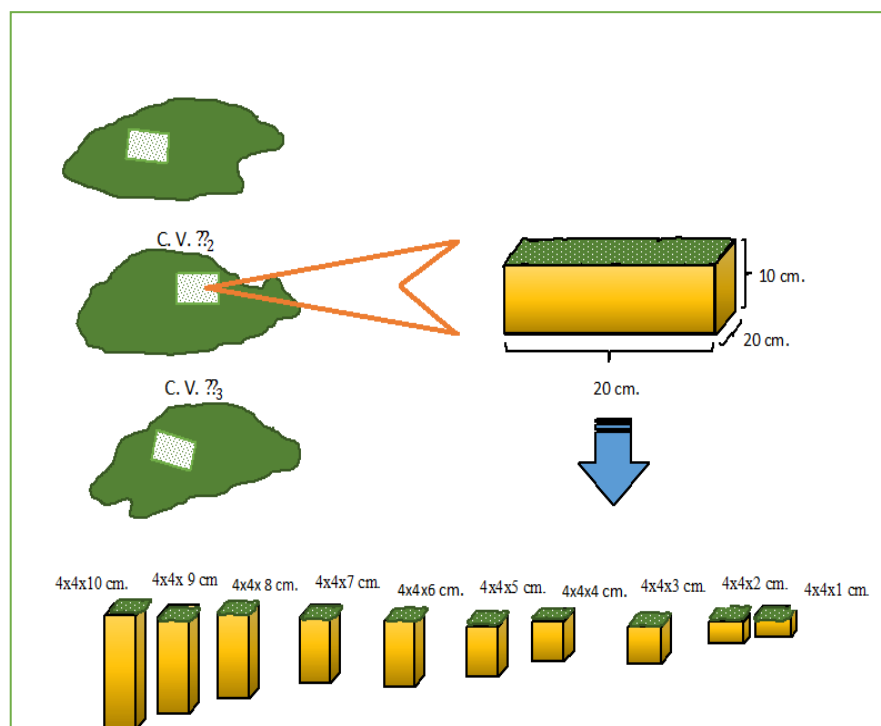


Figura 8. Representación gráfica del proceso de extracción de las muestras. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se subdividieron muestras de 1 cm a 10 cm de profundidad, considerando que a ese nivel obtenemos la materia vegetal viva, estas proporciones de sub muestras están representados en la Tabla 3 y Figura 9.

Tabla 3

Proporciones de sub-muestra en función de profundidad(cm)

Submuestra	Dimensiones (largo-ancho- profundidad) (cm)
1	4*4*1
2	4*4*2
3	4*4*3
4	4*4*4
5	4*4*5
6	4*4*6
7	4*4*7
8	4*4*8
9	4*4*9
10	4*4*10

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Roberts *et al.* (1993).



Figura 9. Diez (10) submuestras de 4 x 4 x 1 cm; 4 x 4 x 2 cm; 4 x 4 x 3 cm; 4 x 4 x 4 cm; 4 x 4 x 5 cm; 4 x 4 x 6 cm; 4 x 4 x 7 cm; 4 x 4 x 8 cm; 4 x 4 x 9 cm; y 4 x 4 x 10 cm. *Fuente:* Elaboración propia.

Seguidamente, las proporciones de todas las submuestras se secaron a estufa (80 °C) por un periodo de 24 horas. Después se registró y analizó el peso seco de las muestras (ver Apéndice 3) que representa la biomasa terrestre del bofedal. Con estos datos se desarrolló una regresión lineal ($y = a x + b$) por cada punto de muestreo, para estimar la tasa de acumulación de la

biomasa aérea. Asimismo, con el objetivo de hallar la regresión lineal se procesaron los datos en función del área de las subparcelas y los puntos de muestreo, a diferentes profundidades y un volumen constante (Roberts *et al.*, 1993).

Fórmula para hallar la biomasa terrestre:

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

Donde:

B: Biomasa (g/cm²)

Ps: Peso seco (g)

a: Área sub parcela (cm²)

La estrategia de corte de piezas regulares de las capas superficiales de materia orgánica (turba en formación) en diferentes profundidades (1 – 10 cm) permite hacer una regresión lineal que relaciona la biomasa con el crecimiento vegetal, de la siguiente manera:

Regresión lineal:

$$Y = a x + b$$

Y: Biomasa g/cm²

x: Longitud de crecimiento (cm)

a: constante obtenido a partir de la función de ajuste (g/cm³)

b: constante obtenido a partir de la función de ajuste (g/cm²)

b. Muestreo y evaluación del crecimiento vegetal aéreo

En cada punto de evaluación se identificaron los tipos de comunidades vegetales con el propósito de hallar homogeneidad de las especies vegetativas. Para determinar el crecimiento de la comunidad vegetal (C.V) se determinó una parcela de 20 x 20 cm, a partir de la delimitación del área se realizó el corte de la materia viva vegetal superficial al ras del suelo. Posteriormente, se evaluó el crecimiento vegetal teniendo como referente alambres (a) con cerdas de escobilla (b), los cuales indicaban la diferencia en crecimiento con respecto al inicial (Figura 10 y 11). Luego se evaluaron periódicamente (Figura 12) (cronograma de la Tabla 4) y se registraron todos los datos durante siete meses (ver Apéndice 4). Finalmente, se procesaron los datos y se halló la tasa de acumulación aérea en g/cm^2 , a partir de los datos de regresión lineal.

*** Cálculo de la acumulación de biomasa aérea**

$$Y = a x + b$$

Donde:

Y: Acumulación de Biomasa aérea g/cm^2

x: Longitud de crecimiento (cm)

a: constante obtenido a partir de la función de ajuste (g/cm^3)

b: constante obtenido a partir de la función de ajuste (g/cm^2)

***Cálculo de la tasa de acumulación de la biomasa aérea**

Para calcular la tasa de acumulación de la biomasa aérea se promediaron los valores obtenidos de esta por meses de evaluación y puntos de muestreo.

Tabla 4

Cronograma de evaluación de la biomasa aérea

Evaluaciones	Fechas
Evaluación 1	08/12/2017
Evaluación 2	14/01/2018
Evaluación 3	19/02/2018
Evaluación 4	03/05/2018
Evaluación 5	02/06/2018

Fuente: Elaboración propia.

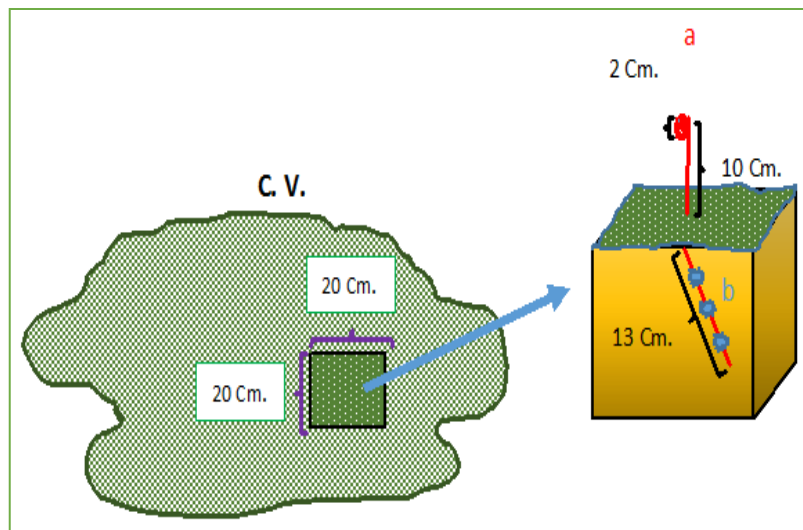


Figura 10. Representación gráfica de evaluación del crecimiento vegetal aéreo. *Fuente:* Elaboración propia.



Figura 11. Delimitación de la parcela y podado de la materia viva vegetal superficial e instalación del indicador de crecimiento vegetal. *Fuente:* Elaboración propia.



Figura 12. Evaluación periódica del crecimiento vegetal. *Fuente:* Elaboración propia.

2.5.3. Muestreo y determinación de la descomposición de la biomasa (Core)

En esta investigación, también se estimó la descomposición de la biomasa (turba) con base en la metodología propuesta por Roberts *et al.*, (1993), quien estableció que la descomposición es la cantidad de vegetación muerta evaluada. Esta metodología permitió estimar la descomposición indirectamente de la turba, en intervalos de tiempo largos; cabe añadir que una similar metodología fue aplicada por Scurlock *et al.*, (2002) para estimar la productividad primaria neta de la biomasa de pastizales.

Este muestreo permitió ver la condición del estado de descomposición del bofedal sector Huachipampa. Además, con esta metodología se determinó el peso seco de la turba y se decidió evaluarlo en cinco periodos sucesivos. En este proceso inicialmente se identificaron las especies vegetales en cada uno de los puntos de muestreo, frente a ello, se esperaba encontrar la homogeneidad entre sí.

Luego se determinó un área Core en cada punto (5 puntos de muestreo) de evaluación para la extracción de las especies vegetales, en cada área se colocaron 5 tubos Core al azar (para un total de 25 tubos), con el objeto de extraer muestras de turba a una profundidad de 1 metro con 10 cm; en este caso se descartaron los primeros 10 cm de turba y los 100 cm siguientes se dividieron en cada 20 cm (Figura 13 y 14). Cabe mencionar que en el lugar donde fueron extraídos las turbas se dejaron tubos PVC de 2 pulgadas con una superficie sobresaliente de 10 cm, para que no se cerrara el lugar de donde se extrajo la turba. El tubo Box Core utilizado fue de material acerado de 2 pulgadas de diámetro con una manija al extremo que facilitó el ingreso al suelo del bofedal (Figura 15).

Las muestras de turba fueron colocadas en bolsas Ziploc de 1 kg de capacidad y en bolsas de polietileno 60 x 40 cm, estas fueron rotuladas *in situ* en forma secuencial y ordenada: 0 - 20 cm, 21 - 40 cm, 41 - 60 cm, 61 - 80 cm y 81 - 100 cm de profundidad (Figura 16). Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio de la Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS), sede Huacho, para ser secadas en una estufa a una temperatura de

60 °C por 48 horas. Se pesaron todas las muestras secas obteniéndose el dato inicial (peso seco) (ver Apéndice 5).

Cuando estuvieron registrados los datos, estas muestras fueron reinstaladas (Figura 17) en cada uno de los puntos de donde fueron extraídas. Después de haber sido instalados los tubos Core, se extrajo (Figura 18) periódicamente (Tabla 4) un Core de cada comunidad vegetal en cinco tiempos consecutivos (un mes, dos meses, tres meses y medio, cinco meses y a los siete meses) y se coincidió con el periodo de lluvias y la época seca. Cada muestra extraída en esta segunda etapa fue secada, pesada, registrada (ver Apéndice 6) y descartada. La descomposición de la biomasa se obtuvo mediante la fórmula empleada por Rueda *et al.*, (2015) y Cooper *et al.*, (2015).

$$D = \frac{P_i}{a} - \frac{P_e}{a}$$

Donde:

D = Descomposición (g/cm²)

P_i = peso inicial (g)

P_e = peso evaluación (g)

a = área del barreno (cm²).

Cuando:

D<0= El sistema está ganando biomasa y por ende acumulando carbono.

D>0= El sistema está perdiendo biomasa y por ende perdiendo carbono.

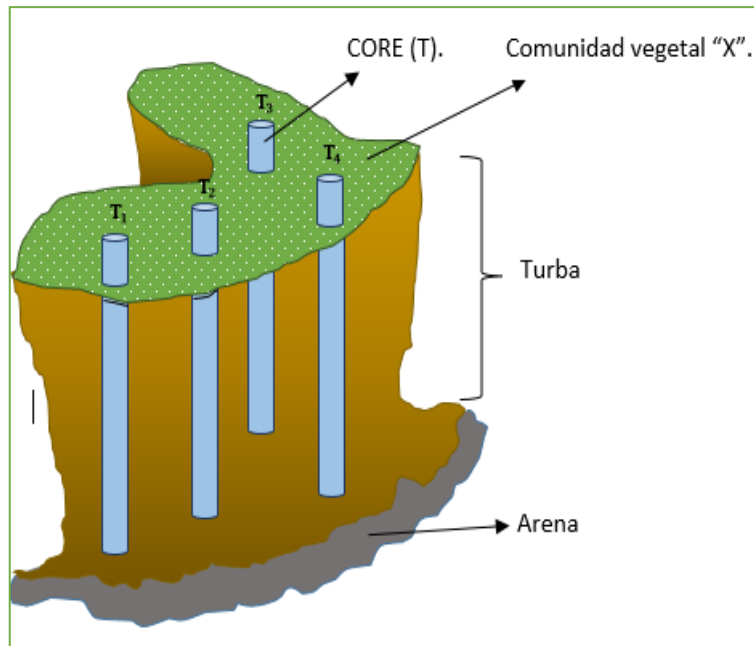


Figura 13. Descripción gráfica de la extracción de la turba. Fuente: Elaboración propia.

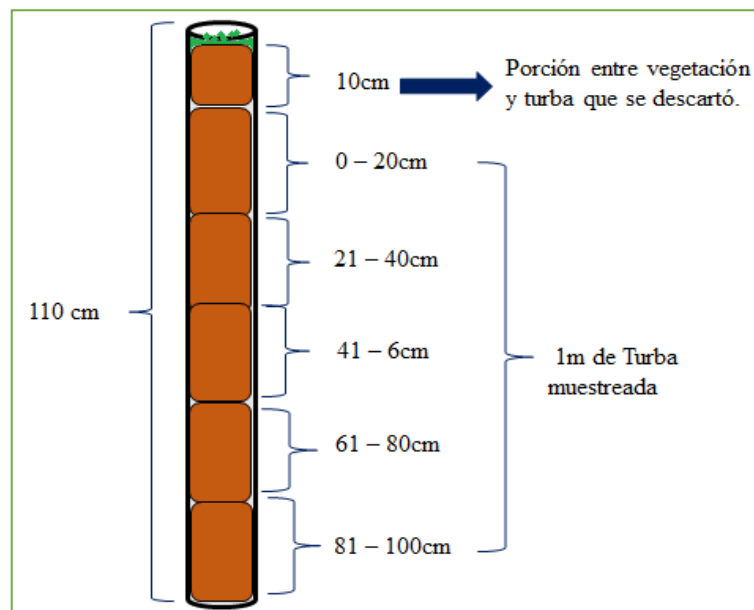


Figura 14. Descripción gráfica de la subdivisión de la turba mediante un tubo Box Core. Fuente: Elaboración propia.



Figura 15. Extracción del núcleo de la turba mediante un tubo Box Core. Fuente: Elaboración propia.

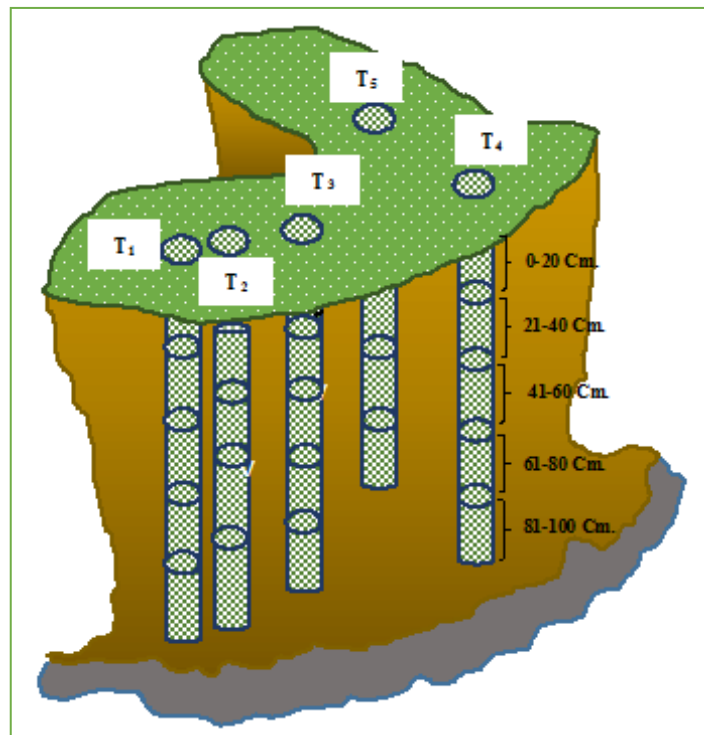


Figura 16. Representación gráfica de la instalación de las muestras de turba que fueron colocadas en bolsas de maya nylon. Fuente: Elaboración propia.



Figura 17. Instalación de muestras turba mediante un tubo Box Core. *Fuente:* Elaboración propia.



Figura 18. Evaluaciones: extracción de un Core en cada punto de muestreo del bofedal. *Fuente:* Elaboración propia.

2.5.3. Evaluación de la Eficiencia Neta mediante la acumulación de carbono, en base a la biomasa en el bofedal en estudio

Para evaluar la Eficiencia Neta del ecosistema (ENE) mediante la acumulación de carbono, en base a la biomasa, se halló la diferencia entre la acumulación de la biomasa aérea (BA) menos la descomposición (D) de la turba extraída por los tubos Core por cada punto de muestreo, Metodología propuesta y adaptada por Rueda *et al.*, (2015) y Cooper *et al.*, (2015).

$$\text{ENE} = \text{Biomasa acumulada (BA)} - \text{biomasa perdida (D)}$$

2.6. Identificación de variables y su mensuración (metodología)

Las variables de campo, fueron cuantitativas y de forma continua durante el periodo de estudio dividiéndose de acuerdo al lugar en donde fueron evaluadas, detalles en la Tabla 5.

Variable Y: Biomasa.

Y1: biomasa subterránea (suelo)

Tabla 5

Variable y su mensuración

Variable	Dimensiones	Sub dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Y: biomasa: cantidad Total, de materia viva presente en una comunidad o ecosistema.	Y1: acumulación y pérdida de biomasa.	Evaluación de la Eficiencia Neta mediante la acumulación de carbono, en base a la biomasa.	-Biomasa terrestre (10 muestras de biomasa).	g/cm ²
			-Crecimiento vegetal (5 puntos, corte de vegetación).	cm
			-Descomposición, 5 núcleos de turba.	g/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

2.7. Análisis estadístico de datos

Para realizar la interpretación y discusión de los resultados de las tablas y gráficos, se utilizó el programa Micro office Excel.

CAPITULO III: RESULTADO

3.1. Identificar las comunidades vegetales

En la Tabla 6 se describen las especies dominantes en cada punto de muestreo, *Distichia muscoides* Nees & Meyen (Juncaceae) presento mayor cobertura en los 5 puntos de evaluación, otra especie que tuvo una mayor dominancia fue, *Oritrophium limnophilum* Kunth (Asteraceae); en escasas proporciones se ha registrado las especies *Hypochaeris taraxacoides* Linneo (Asteraceae) y la *Lachemilla diplophylla* Linneo (Rosaceae) (ver Apéndice 7).

Tabla 6

Tipos de especies vegetales halladas en cada uno de los 5 puntos de muestreo

Puntos de muestreo	Familia	Género
Punto 1	Juncáceas	<i>Distichia muscoides</i> , Nees & Meyen
Punto 2	Juncáceas Asteraceae	<i>Distichia muscoides</i> , Nees & Meyen <i>Oritrophium limnophilum</i> , Kunth
Punto 3	Juncáceas Asteraceae Asteraceae Rosáceas	<i>Distichia muscoides</i> , Nees & Meyen <i>Oritrophium limnophilum</i> , Kunth <i>Hypochaeris taraxacoides</i> , Linneo <i>Lachemilla diplophylla</i> , Linneo
Punto 4	Juncáceas Asteraceae Asteraceae	<i>Distichia muscoides</i> , Nees & Meyen <i>Oritrophium limnophilum</i> , Kunth <i>Hypochaeris taraxacoides</i> , Linneo
Punto 5	Juncáceas	<i>Distichia muscoides</i> , Nees & Meyen

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Evaluación de la productividad primaria

a. Resultados de evaluación de la biomasa terrestre

La Tabla 7 muestra la biomasa obtenida para cada subparcela en el sector Huachipampa. En el punto 1 (P-1) la menor cantidad de biomasa registrada se obtuvo a 1 cm de profundidad y la máxima cantidad de biomasa a 10 cm de profundidad. Mientras que el punto 2 (P-2) la menor cantidad de biomasa se registró a 1 cm y la máxima cantidad de biomasa a 9 cm de profundidad. En tanto el punto 3 (P-3) presentó la menor cantidad de biomasa a 1 cm de profundidad, mientras que la máxima cantidad se dio en los 10 cm de profundidad. Asimismo, en el punto 4 (P-4) presentó la menor cantidad de biomasa a 1 cm de profundidad, mientras que la máxima cantidad se dio a 9 cm de profundidad. Por último, en el punto 5 (P-5) a 1 cm de profundidad se registró menor cantidad de biomasa y como máxima cantidad de biomasa a los 9 cm de profundidad.

Por otro lado, el punto de evaluación que mayor cantidad de biomasa registró fue el P-5, mientras que en el P-2 se registró la menor cantidad de biomasa.

Tabla 7

Resultados de la biomasa terrestre para cada subparcela (profundidad) sector Huachipampa

Dimensiones (largo* ancho* profundidad) (cm)	Puntos de Muestreo				
	P-1 g/cm²	P-2 g/cm²	P-3 g/cm²	P-4 g/cm²	P-5 g/cm²
4*4*1	0.41	0.20	0.39	0.17	0.49
4*4*2	0.44	0.24	0.41	0.31	0.53
4*4*3	0.79	0.42	0.51	0.55	0.81
4*4*4	1.16	0.45	0.68	0.39	0.78
4*4*5	0.85	0.58	0.91	0.40	0.87

(Continuación)

4*4*6	0.99	0.72	0.91	1.21	0.89
4*4*7	1.21	0.74	1.29	1.11	1.47
4*4*8	1.26	0.94	1.08	0.72	1.01
4*4*9	1.28	1.39	1.44	1.45	1.99
4*4*10	1.64	1.31	1.81	1.20	1.60

Fuente: Elaboración propia

b. Resultados de evaluación de la biomasa aérea

• Cálculo de la regresión lineal para obtener la tasa de acumulación

La Tabla 8 y Apéndice 8 permiten observar la ecuación correspondiente a cada uno de los puntos de muestreo realizados en el bofedal Huachipampa. El coeficiente de determinación para cada punto de muestreo, cuyos valores varían de 0.78 a 0.94, indica que los valores de biomasa terrestre (Y) se ajustan correctamente a una ecuación polinómica, debido a que se aproximan a la unidad; cuando estos valores son más cercanos a la unidad, están más relacionados con X (longitud) y Y (biomasa), cuanto más crezca la planta (X) más biomasa (Y) va acumular.

Tabla 8

Regresión lineal - coeficiente de determinación para cada punto de muestreo

Puntos de muestreo	Ecuación lineal	COEFICIENTE (R ²)
P-1	$y = 134.83x + 103.52$	0.87
P-2	$y = 129.94x - 145$	0.94
P-3	$y = 149.96x + 118.33$	0.92
P-4	$y = 129.83x - 96.591$	0.78
P-5	$y = 153.13x + 29.545$	0.82

Fuente: Elaboración propia.

- **Resultados del cálculo de la acumulación de la biomasa aérea**

En la Tabla 9 y en la Figura 19 se presentan los resultados de la evaluación de la acumulación de biomasa aérea en los diferentes puntos de muestreo (P-1, P-2, P-3, P-4 y P-5) y en los periodos de evaluación (diciembre, enero, febrero, mayo y junio). A continuación, se describen algunos valores que se hallaron en el proceso y se expone los resultados. El P-1 presentó el valor más bajo en el mes de diciembre (0.17 g/cm^2) y el valor más alto en el mes de junio (0.25 g/cm^2). El P-2 presentó un valor bajo de acumulación en el mes de mayo (-0.02 g/cm^2) y el valor más alto en el mes de junio (0.01 g/cm^2). En el P-3 la acumulación menor se dio en el mes de febrero (0.18 g/cm^2) y el valor más alto en el mes de junio (0.33 g/cm^2). El P-4 presentó el valor más bajo en el mes de febrero (-0.01 g/cm^2) y un valor más alto en el mes de junio (0.15 g/cm^2). Finalmente, en el P-5 un valor bajo de acumulación de biomasa se dio en los meses de diciembre (0.09 g/cm^2) y enero (0.09 g/cm^2) y el valor más alto en el mes de Junio (0.2 g/cm^2) biomasa acumulada (aérea) por punto de muestreo y periodo de evaluación.

Tabla 9

Biomasa acumulada (aérea) por punto de muestreo y periodo de evaluación

Mes	P-1 g/cm^2	P-2 g/cm^2	P-3 g/cm^2	P-4 g/cm^2	P-5 g/cm^2
Diciembre	0.17	-0.08	0.19	0.01	0.09
Enero	0.17	-0.08	0.19	0.01	0.09
Febrero	0.18	-0.08	0.18	-0.01	0.12
Mayo	0.22	-0.02	0.27	0.05	0.17
Junio	0.25	0.01	0.33	0.15	0.2

Fuente: Elaboración propia.

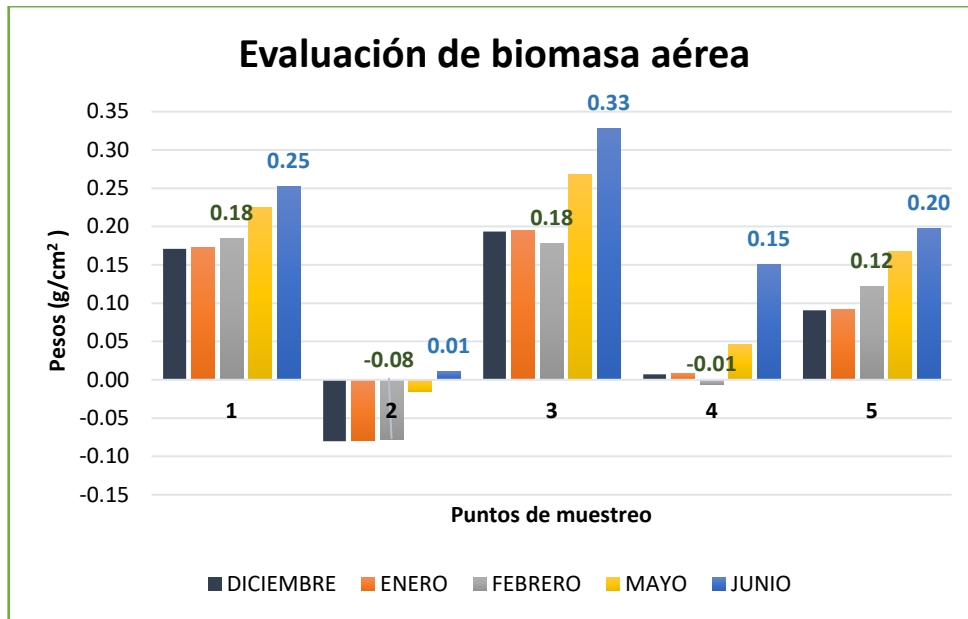


Figura 19. Representación gráfica de la biomasa aérea de los 5 puntos de muestreo. Fuente: Elaboración propia.

- **Resultados de la tasa de acumulación**

La tasa de acumulación aérea por cada uno de los periodos se encuentra registrada en la Tabla 10, en ella se observa que en el periodo de evaluación correspondiente a la época de lluvias (diciembre, enero y febrero), los valores de la tasa fueron similares a los 3 meses ($0.08 \pm 0.10 \text{ g/cm}^2$). En contraste, para el periodo de evaluación correspondiente a la época de seca, en el mes de mayo, se obtuvo una tasa de $0.14 \pm 0.10 \text{ g/cm}^2$, mientras que en el mes de junio se consiguió una tasa de $0.19 \pm 0.10 \text{ g/cm}^2$.

Tabla 10

Tasas de acumulación por periodos de evaluación

Mes	TASA g/cm ²	ES
Diciembre	0.08	0.10
Enero	0.08	0.10
Febrero	0.08	0.10
Mayo	0.14	0.107
Junio	0.19	0.106

Fuente: Elaboración propia

3.3. Resultados de los niveles de descomposición de la biomasa turba (Core)

La Tabla 11 evidencia los resultados de la descomposición de la biomasa (turba) para cada punto, donde en época de lluvia (diciembre, enero y febrero) hay mayor descomposición que en época seca (mayo y junio), es decir; hubo mayor pérdida de biomasa y consecuente liberación de CO₂ a la atmósfera.

Asimismo, se halló la tasa promedio de descomposición por meses, época de lluvia: entre diciembre y febrero hubo 1.66 ± 1.0 g/cm² y 1.32 ± 0.86 g/cm² tasa de descomposición respectivamente, indicando pérdida de biomasa y consecuente liberación de CO₂ a la atmósfera. Mientras que, en el mes de enero del mismo periodo, registró mayor tasa de descomposición con un valor de 1.74 ± 1.16 g/cm², lo que indica mayor liberación de CO₂. Época seca: en el mes de mayo se registró mayor tasa de descomposición con un valor de 1.17 ± 0.85 g/cm², lo que indica mayor liberación de CO₂ en ese periodo, diferenciándose del mes de junio con una tasa de descomposición de 0.59 ± 0.54 g/cm².

Tabla 11

Resultados de la descomposición de biomasa por Core en función del periodo de evaluación y puntos de muestreo

Mes	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	TASA	ES
	g/cm ²	g/cm ²	g/cm ²	g/cm ²	g/cm ²	g/cm ²	
Diciembre	0.93	3.13	2.25	0.26	1.72	1.66	1.00
Enero	0.85	1.28	0.38	3.44	2.74	1.74	1.16
Febrero	2.78	1.74	1.03	0.41	0.64	1.32	0.86
Mayo	0.76	0.22	1.16	2.74	0.95	1.17	0.85
Junio	0.74	0.37	0.23	1.56	0.05	0.59	0.54

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 12 muestra los resultados de la descomposición de la biomasa por estratos y puntos de muestreo. Así, de 0 - 20 cm de profundidad presentó una tasa de descomposición de 1.59 ± 0.98 g/cm²; de 20 - 0 cm de profundidad presentó una tasa de descomposición 1.52 ± 1.77 g/cm²; de 40 - 60 cm de profundidad presentó una tasa de descomposición de 1.97 ± 1.08 g/cm²; mientras que de 60 - 80 cm de profundidad la tasa de descomposición de 1.02 ± 0.19 g/cm², y de 80 - 100 cm de profundidad la tasa de descomposición fue de 0.74 ± 0.54 g/cm². En términos generales, de 40 a 60 cm de profundidad se dio la mayor tasa de descomposición, y por ende mayor liberación de CO₂ a la atmósfera, a diferencia de 80 a 100 cm de profundidad.

Tabla 12

Resultados de la descomposición de biomasa por estratos en función del periodo de evaluación y puntos de muestreo

Profundidad	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	TASA	ES
	g/cm ²	g/cm ²	g/cm ²	g/cm ²	g/cm ²	g/cm ²	
0 - 20 cm	0.22	0.57	2.25	2.53	2.36	1.59	0.98
20 - 40 cm	0.74	1.16	0.41	0.29	5.02	1.52	1.77
40 - 60 cm	3.79	2.43	1.06	0.75	1.81	1.97	1.08
60 - 80 cm	0.9	1.14	1.27	0.78		1.02	0.19
80 - 100 cm	0.4	1.44	0.06	1.05		0.74	0.54

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Resultado de la Eficiencia Neta en base a la biomasa del bofedal Huachipampa

La Eficiencia Neta del bofedal se obtuvo partir de la diferencia de valores de biomasa acumulada menos biomasa descompuesta para cada bofedal. La Tabla 13 reúne los valores de Eficiencia Neta del bofedal (g/cm²) que son explicados con más detalle en la Figura 20.

Tabla 13

Resultado de la estimación de la Eficiencia Neta mediante la acumulación de Carbono, en base a la biomasa

Puntos de muestreo	Periodo de evaluación (meses)				
	Diciembre g/cm ²	Enero g/cm ²	Febrero g/cm ²	Mayo g/cm ²	Junio g/cm ²
P-1	-0.76	-2.96	-2.06	-0.04	-1.46
P-2	-0.68	-1.11	-0.2	-3.21	-2.49
P-3	-2.61	-1.57	-0.85	-0.18	-0.39
P-4	-0.59	-0.05	-0.97	-2.51	-0.7
P-5	-0.57	-0.2	-0.05	-1.34	0.2

Fuente: Elaboración propia.

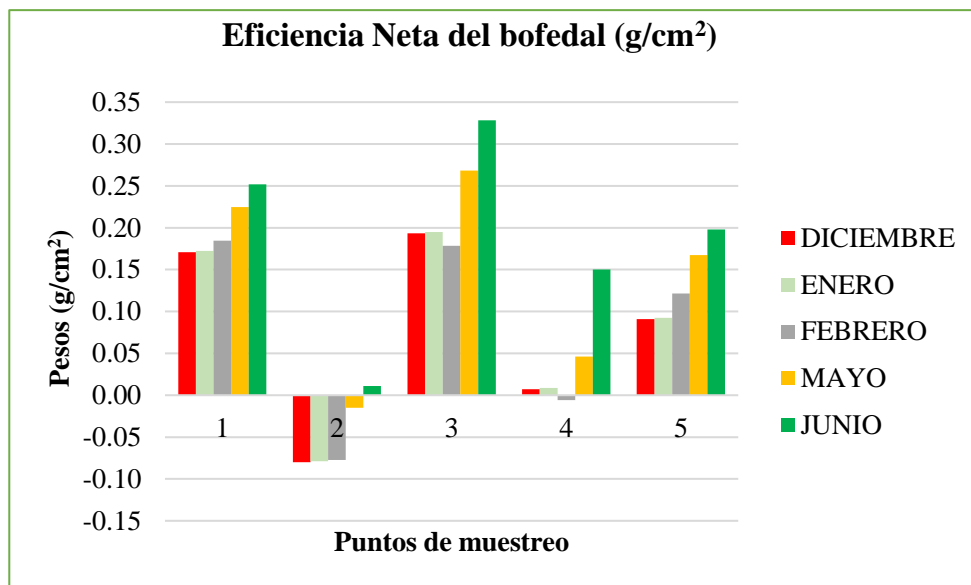


Figura 20. Representación gráfica de la Eficiencia Neta del bofedal, sector Huachipampa
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 20 se observa la Eficiencia Neta del bofedal Huachipampa, según los puntos de muestreo y periodo de evaluación, donde en época de lluvias (diciembre, enero y febrero) en los puntos P-1, P-3, P-4 y P-5, se registró los valores de Eficiencia Neta con valores altos, lo cual indica que en esa época el bofedal acumuló más biomasa de la que descompone. Únicamente en el P-2 se registró la Eficiencia Neta con valor bajo, es decir, que el bofedal está descomponiendo más biomasa de la que está acumulando.

Por otro lado, en época secas (mayo y junio) en los puntos P-1, P-3, P-4 y P-5 se ha registrado la Eficiencia Neta con valores altos, lo cual señala que en esa época el bofedal acumuló más biomasa de la que descompone. Además, fue en el mes de junio la Eficiencia Neta tuvo valores altos, que excepto en el P-2 donde en el mes de mayo hubo Eficiencia Neta con valore bajo.

CAPITULO IV: DISCUSIONES

4.1. Identificar las comunidades vegetales del área de muestreo en el bofedal

En la presente investigación se identificaron cuatro tipos de especies vegetales, estas fueron: *Distichia muscoides* (Juncaceae), *Oritrophium limnophilum* (Asteraceae), *Hypochaeris taraxacoides* (Asteraceae), *Lachemilla diplophylla* (Rosaceae). En este caso, la especie vegetal *Distichia muscoides* tuvo mayor presencia en los puntos de evaluación en periodo seco y húmedo, en la zona altoandina del sector Huachipampa de la RPNYC, a una altitud de 4600 m.s.n.m.

Agregando a lo anterior, las especies de las familias Juncaceae, Cyperaceae y Asteraceae son las más representativas y abundantes a lo largo de los Andes, a altitudes mayores a 4300 m.s.n.m., tal como lo refirieron Troll (1960), Squeo *et al.*, (2006), Beck *et al.*, (2010) Ruthsatz (2012) y Ellison *et al.*, (2005); estos autores también aseguraron que, debido a su función crucial en la estructura de los bofedales, estas especies pueden ser consideradas como especies fundadoras.

Asimismo, la *Distichia muscoides* es la especie dominante en el área de muestreo de la presente investigación. Esta presenta una alta producción de materia orgánica en los Andes, puesto que su tasa de producción de carbono orgánico es mucho más alta que en turberas de otras montañas o regiones boreales (Salvador *et al.*, 2010, citado por Cooper *et al.*, 2015; Ruthsatz, 2012; Tovar, 1973; Florez y Malpartida, 1981; Salvador y Cano, 2002; Weberbauer, 1945, citado por Maldonado, 2010, p.12).

Al respecto, estudios similares sobre evaluación de materia orgánica han indicado que la *Distichia muscoides* es la principal productora de turba, tal como lo señaló Ramírez (2011) en bofedales de la región altoandina de Recuay, Ancash. Esta especie es también dependiente de la presencia de agua, así lo aseguraron Cooper *et al.*, (2015) al evaluar el crecimiento y la producción de bofedales altoandinos bolivianos en periodo seco y húmedo; y precisamente así lo sugiere la evaluación hecha en la presente investigación.

4.2. Evaluación de la productividad primaria

La evaluación de la productividad primaria de un ecosistema altoandino está basada en función del tiempo y superficie (Carrillo, 1982) y de su crecimiento vegetal (Ponce *et al.*, 2000). En este estudio se determinó la productividad primaria en función del crecimiento vegetal aéreo y terrestre representado como biomasa. El resultado, fue que los valores promedios de biomasa terrestre fluctuaron de 0.17 g/cm² a 1.99 g/cm², tanto para periodos seco como húmedo, a una altitud de 4600 m.s.n.m.

El contenido de biomasa fue alto, si se compara con las investigaciones realizadas por Calvo (2016) en los bofedales de la localidad de Independencia, Huaraz, donde registró un valor de 0.01137 g.cm⁻² a una altitud de 3874 m.s.n.m.; así como lo registrado en los bofedales de Santa Ana, Huancavelica a 4589 m.s.n.m. reportó un valor de 0.00741 g.cm⁻²; e igual si se compara con lo registrado en los bofedales de Masacruz, Puno a 4307 m.s.n.m., donde se halló un valor de 0.006732 g.cm⁻².

Cabe mencionar que la baja cantidad de biomasa reportada por Calvo (2016) está atribuida por impactos negativos generados debido al sobrepastoreo de ganado, quema de pastizales y principalmente, al desvío de cursos de agua. En contraste, en esta investigación no se observaron disturbios como en los estudios comparados, solo escaso pastoreo y una dependencia natural de flujos de agua como la desglaciación y la precipitación.

Respecto al R^2 que se encontró en este estudio y las constantes de cada regresión, existe una variación debido posiblemente a que en cada punto de muestreo presenta diferentes especies vegetales, con diferentes patrones de crecimiento, así como la saturación de agua y de nutrientes. Estas diferencias se pueden apreciar en la Tabla 8, entre el P1 y P2, la primera es un área bastante conservada, saturado de agua, pero con variable que varían entre 0.41 - 1.64 g/cm² de biomasa con un R^2 equivalente a 0.87, un valor menor al que hallo León (2016), y mayor al que hallo Hernández *et al.*, (2018) en su investigación predicción de biomasa radicular obtuvo un coeficiente de determinación ($R^2 = 0.853$), al respecto Snyman (2013), al estudiar dos especies de *Opuntia*, descubrió que la biomasa de la raíz disminuía con el estrés hídrico, aunque ocurría lo contrario con la longitud de la raíz. Así mismo, Piñeiro *et al.*, (2006), indica que los bofedales que tienen buena condición, son los más pastoreados por lo que hay mayor consumo de la biomasa aérea y presentan menor cantidad de carbono, por ende, menor biomasa, razón por la cual el valor reportado es bajo.

Mientras que en el P2 el área muestreada carece de saturación de agua, con especies vegetales perturbados; sin embargo, cuyo variable presentó una secuencia entre 0.20 - 1.31 g/cm² de biomasa y un coeficiente de determinación de R^2 equivalente a 0.94. Piñeiro *et al.*, (2006), indica que los bofedales que no tienen buena conservación, hay poco consumo de la biomasa aérea, por la que esta retorna al suelo para favorecer con la acumulación de biomasa como se puede apreciar en el P2 del presente estudio. Asimismo, Hernández *et al.*, (2018), indican que las especies perennes tienden a reunir una mayor biomasa de raíces que las anuales, pero se debe considerar la fenología, el clima y las características de la planta.

Asimismo, los valores de la acumulación de la biomasa aérea presentaron valores negativos para el P-2, lo que significa que no hubo acumulación de biomasa en ese punto de muestreo por no presentar acceso a recurso hídrico y por estar ubicado en una pendiente inclinada que impide la acumulación de agua durante época de lluvia. Según Alzérreca (2001), esas inclinaciones de los terrenos no favorecen la acumulación de agua, principalmente en bofedales de origen natural dependientes de las corrientes de agua y la desglaciación, tal como ocurre con el bofedal estudiado en el sector Huachipampa, que no presenta un riego permanente.

También existe la probabilidad de que la presencia de especies invasoras no dependientes de la irrigación hídrica compita el espacio con las especies registradas en este punto de muestreo, como *Distichia muscoides* y *Oritrophium limnophilum*. Mientras tanto, en los puntos P-1, P-3, P-4 y P-5 se evidencia una acumulación con valores altos y positivos, sobre todo en el P-3, cuyo resultado indica que las áreas evaluadas se encuentran en zonas cercanas a espejos de agua permanentemente y con relieve plano. A su vez, Hribljan, *et al.*, (2015) reportaron una alta concentración de biomasa de *Distichia muscoides* en zonas de grueso cojín vegetal, como lo observado en el P-1, P-3 y P-4 (ver Apéndice 7).

El trabajo de Wieder y Vitt (2006) señalan que las tasas de acumulación de la biomasa aérea generalmente implican en una interacción entre la productividad primaria neta y las pérdidas a través del proceso de descomposición aeróbica y anaeróbica. En este estudio, los resultados de la tasa de acumulación de la biomasa del bofedal, sector Huachipampa, indicaron que en época de lluvias (diciembre, enero y febrero) los valores de la tasa fueron similares (0.08 ± 0.10 g/cm²). Sin embargo, en la evaluación correspondiente a la época seca, en el mes de mayo, se obtuvo una tasa de 0.14 ± 0.10 g/cm², mientras que en el mes de junio se obtuvo una tasa de 0.19 ± 0.10 g/cm², cuyos valores indican que probablemente el factor climático (precipitación, temperatura, viento, etc.) influye en las diferencias de mayor y menor tasa de acumulación, así como la recarga hídrica en cada uno de los puntos evaluados.

4.3. Los niveles de descomposición de la biomasa turba (Core)

En el presente estudio se registró la descomposición de la biomasa (turba) del bofedal de Huachipampa que está dominada por las especies *Distichia muscoides*, *Oritrophium limnophilum*, *Hypochaeris taraxacoides* y *Lachemilla diplophylla*; reportándose que en época de lluvia principalmente los meses de diciembre, enero y febrero se produce mayor descomposición que en la época seca como en mayo y junio. Siendo la tasa de descomposición para el mes de enero presentó un valor máximo de 1.74 ± 1.16 g/cm², mientras que el valor mínimo de tasa de descomposición fue en el mes de mayo de 1.17 ± 0.85 g/cm².

Al respecto, Hernández (2010, p.141) en su investigación indicó que la biomasa (turba) de los bofedales con saturación constante de agua, presenta “escasa o nula presencia de oxígeno, formando un ambiente anaeróbico, donde las tasas de descomposición son bajas, favoreciendo de esta manera la acumulación de grandes cantidades de carbono”.

Sin embargo, Swift *et al.*, (1979) citado por Muscardi *et al.*, (2014) indicaron que existen factores implicados que regulan la descomposición de la materia orgánica, como entorno físico-químico, la calidad del recurso hídrico, los organismos descomponedores y el factor climático; en los últimos años los periodos de precipitaciones son anómalas según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2018), esto podría estar afectado la acumulación de la biomasa de los bofedales.

4.4. La Eficiencia Neta en base a la biomasa del bofedal sector Huachipampa

Los resultados referidos a la evaluación de Eficiencia Neta del bofedal Huachipampa para época de lluvias (diciembre, enero y febrero) en los puntos P-1, P-3, P-4 y P-5, evidenciaron valores altos, es decir, que en esta época el bofedal acumula más biomasa de la que descompone. Únicamente en el P-2 este presentó la Eficiencia Neta con valores bajos, lo cual indica que el bofedal en estudio está descomponiendo más biomasa de la que está acumulando. En consecuencia, en esta época (diciembre a febrero) el bofedal cumple su función de almacenamiento de carbono (Cooper *et al.*, 2015 y Rueda *et al.*, 2015).

En cambio, en época seca (mayo y junio) en los puntos P-1, P-3, P-4 y P-5 se observó eficiencia con valores altos, esto quiere decir que en esta época el bofedal acumula más biomasa de la que descompone. Únicamente en el P-2, en el mes de mayo, hubo Eficiencia Neta con valores bajos, mientras que en el mes de junio se presentó Eficiencia Neta con valores altos, lo cual sugiere que el bofedal acumula más biomasa de la que descompone. Por lo tanto, se deduce indirectamente que el sistema está cumpliendo eficientemente su función de almacenamiento de carbono (Cooper *et al.*, 2015 y Rueda *et al.*, 2015).

Finalmente, según investigaciones citadas a lo largo de esta investigación, los altos volúmenes de acumulación de carbono están con base en la productividad primaria, la descomposición y los procesos climáticos e hidrológicos. A partir de ello, se puede hallar la Eficiencia Neta del ecosistema y por ende la acumulación de CO₂. Así lo demostró Cooper *et al.*, (2015) en su investigación respaldado por Alvis (2018).

Según Alvis (2018, p.59)

Los altos volúmenes de secuestro de CO₂ en los bofedales de Chalhuanca, podrían deberse a las altas tasas de insolación, el permanente ingreso de agua que constituye una fuente importante para el crecimiento de la vegetación, sus suelos fríos que limitarían la descomposición y la alta concentración iónica en el agua que discurre de las cuencas compuestas por rocas volcánicas y sedimentarias.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- En el bofedal sector Huachipampa, en estudio, se identificaron como especies dominantes: *Distichia muscoides* (Juncaceae), *Oritrophium limnophilum* (Asteraceae), *Hypochaeris taraxacoides* (Asteraceae) y *Lachemilla diplophylla* (Rosaceae), siendo la *Distichia muscoides* la especie con mayor presencia a lo largo del bofedal. Esta planta es característico por tener la forma de cojín duro, resultado de un crecimiento vegetativo que se ramifica fácilmente, tienden a ser compactas y voluminosas formando masas muy densas que permite la acumulación de gran cantidad de materia orgánica y humedad.
- La productividad primaria evaluada en función de la biomasa terrestre y aérea, los resultados demostraron que durante la época seca y húmeda la acumulación de biomasa depende básicamente, de la ubicación donde esté situado el bofedal, es decir; si esta se encuentra en zonas cercanas a espejos de agua y con relieve plano, la acumulación de biomasa será con valores altos, mientras que si no presenta acceso a recurso hídrico y tiene una pendiente inclinada, impidiendo la acumulación de agua durante época de lluvia, se obtendrá resultados con valores bajos; Así mismo, bofedales que no presenta buen estado de conservación podrían perder la capacidad de acumular carbono.
- El presente estudio registró la descomposición de la biomasa (turba) correspondiente a las especies *Distichia muscoides*, *Oritrophium limnophilum*, *Hypochaeris taraxacoides* y *Lachemilla diplophylla*. Los resultados evidenciaron que en época de lluvia (diciembre, enero y febrero) hay mayor descomposición que en época seca (mayo y junio), es decir; hubo mayor pérdida de biomasa y consecuente liberación de CO₂ a la atmósfera.

- La estimación de la Eficiencia Neta del bofedal, dejó en evidencia que durante la época de lluvia (diciembre, enero y febrero) y época seca (mayo – junio) la Eficiencia Neta registro valores altos, demostrando así, que el bofedal acumula más biomasa de la que descompone. Lo que indica que el bofedal de Huachipampa cumple su función ambiental en capturar CO₂, presentado un impacto positivo dentro de la RPNYC.
- Los resultados obtenidos en esta investigación, representa la importancia de mantener los bofedales altoandinos en un buen estado de conservación, para que sigan contribuyendo con el almacenamiento de Carbono en la biomasa turba, de esta forma contribuirá a mitigar las variaciones climáticas, tanto a nivel local, regional y global; si llegan a deteriorarse perderían la capacidad de almacenar carbono.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

- Para las futuras evaluaciones de biomasa se deben considerar la fisiografía de la zona de estudio, por que influye en las variaciones de los resultados.
- En las evaluaciones de biomasa se debería correlacionar con los cambios de precipitación y la temperatura, mediante toma de datos en el mismo punto de muestreo mediante estación meteorológica portátil.
- Realizar estudios de productividad neta a diferentes altitudes, para determinar si la altitud influye en la acumulación de biomasa en estos bofedales.
- El bofedal del sector Huachipampa, debe mantener el buen estado de conservación; el pastoreo debe realizarse de acuerdo a su capacidad de carga, para que el ecosistema no se deteriore y siga cumpliendo su función como sumidero de CO₂.
- Los resultados de esta investigación, debe ser sociabilizado por parte del personal de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, para que la población aproveche los bofedales dentro del área protegida en forma sostenible.

REFERENCIAS

- Agudelo, M. (2009). *Biomasa aérea y contenido de carbono en bosques de Quercus humboldti y Colombobalanus excelsa: corredor de conservación de robles Guantiva – la Rusia – Iguaque (Santander – Boyacá)*. (Tesis de grado). Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, Colombia.
- Álvarez, S. (2005). La descomposición de materia orgánica en humedales: la importancia del componente microbiano. *Revista Científica Ecosistemas*, 14 (2), 17-29. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/540/54014204.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.
- Alzérrecá, H. (2001). *Proyecto de Conservación de la Biodiversidad en la Cuenca del Lago Titicaca Desaguadero-Poopo-Salar de Coipasa*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Beck, S., Domic, A., García, C., Meneses, R., Yager, K. y Halloy, S. (2010). El Parque Nacional Sajama y sus plantas. *informe*. Recuperado de https://www.academia.edu/38082936/El_Parque_Nacional_Sajama_y_sus_Plantas
- Benavides, C., Vitt, H. y Wieder, K. (2013). The influence of climate change on recent peat accumulation patterns of distichia muscoides cushion bogs in the high-elevation tropical Andes of Colombia. *Journal of geophysical research: biogeosciences*. 118, 1162-1635. doi.org/10.1002/2013JG002419.2013.
- Buytaert, W., Vuille, M., Dewulf, A., Urrutia, R., Karmalkar, A. y Celleri, R. (2010). Uncertainties in climate change projections and regional downscaling in the tropical Andes: implications for water resources management. *Hydrology and earth system sciences*. 14 (1247), 1258. doi.org/10.5194/hess-14-1247-2010.
- Bradley, S., Vuille, M., Diaz, H. y Vergaray, W. (2006). Threats to water supplies in the tropical Andes. *Science*. 312(5781), 1755-1756. doi.org/10.1126/science.1128087.
- Cáceres, C. (2013). *Protección y conservación de los bofedales y humedales en Perú, Bolivia, España, Paraguay y Venezuela [informe de investigación]*. Recuperado de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/2DC66A75EEB084C2052581140077DAB3/\\$FILE/302_INFINVES33_bofedales.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/2DC66A75EEB084C2052581140077DAB3/$FILE/302_INFINVES33_bofedales.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. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2604/P01-C349-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrillo, A. (1982). *Producción Primaria Neta de Estrato Herbáceo y Efecto del Ganado sobre su Composición Florística en la Reserva de Biosfera "La Mi chita". Durango.* (Tesis de grado). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cooper, D., Colson, C., Vering, W., Granda, A. y Meyer, M. (2010). Alpine peatlands of the Andes, Cajamarca, Perú. *Arctic, antarctic, and alpine research*. 42 (1) 13-33. doi.org/10.1657/1938-4246-42.1.19.
- 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.
- Charman, J. (2009). Peat and Peatlands. *Earth Systems and Environmental Sciences*, 541–548. doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00061-2.
- Crispín, M. (2015). *Valoración económica ambiental de los bofedales del Distrito de Pilpichaca, Huancavelica, Perú.* (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Cuellar, J. y Salazar, E. (2016). Dinámica del carbono almacenado en los diferentes sistemas de uso de la tierra en el Perú. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria. Recuperado de <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/363>
- Ellison, A., Bank, M., Clinton, B., Colburn, E., Elliott, K., Ford, C., Foster, D., Kloeppel, B., Knoepp, J., Lovett, G., Mohan, J., Orwig, D., Rodenhouse, N., Sobczak, W., Stinson, K., Stone, J., Swan, C., Thompson, J., Von Holle, B. y Webster, J. (2005). Loss of foundation species: consequences for the structure and dynamics of forested ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 3: 479-486. Recuperado de https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_elliott019.pdf
- Franco, L., Delgado, J. y Andrade, G. (2013). Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global. *Cuadernos de geografía: Revista colombiana de Geografía*. 22(2), 69-85. doi.org/10.15446/rcdg.v22n2.37018

- Flores, M., Alegría, J. y Granada, A. (2005). Diversidad florística asociada a las lagunas andinas Pomacocha y Habascocha, Junín, Perú. *Revista peruana de biología*. 12(1), 125-134. doi.org/10.15381/rpb.v12i1.2366
- Florez, A., Malpartida, E. y San Martín, F. (1992). Manual de forrajes para zonas áridas y semiáridas andinas. *Wisconsin: Red de rumiantes menores*. Recuperado de https://books.google.com.pe/books/about/Manual_de_forrajes_para_zonas_%C3%A1ridas_y.html?id=8P8pAQAAMAAJ&redir_esc=y
- García, C. (2011). El cambio climático: Los aspectos científicos y económicos más relevantes. *Nómadas. Critical journal of social and juridical sciences*. 32(4), 1-29. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/181/18120706003.pdf>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2013). Glosario: Cambio Climático. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, (2014). *Cambio climático 2014 [informe de síntesis]*. IPCC. Recuperado de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2007). Informe de Síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, IPCC. Recuperado de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2013). Glosario, Cambio Climático. IPCC. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf
- Hernández, M. (2010). Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Revistas Terra Latinoamericana*. 2,139-147. Recuperado de <https://www.globalnature.org/bausteine.net/f/7880/HumedalesyCarbono.pdf?fd=2>
- Hernández, M., Pando, M., Mata, R., Gonzáles, R., Chacón, H. y Gutierrez, M. (2018). Predicción de biomasa radicular en especies de pastizales semiáridos en el sur del Desierto Chihuahuense. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9 (50). doi doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.226

- Hribljan, J., Cooper, D., Sueltenfuss, J., Wolf, E., Heckman, K., Lilleskov, E. y Chimmer, R. (2015). Carbon storage and long-term rate of accumulation in high-altitude andean peatlands of Bolivia. *Scientific journal*. 15, 1-14. Recuperado de https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/2015/nrs_2015_hribljan_001.pdf
- Instituto Nacional de Recursos Naturales, (2006). *Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabambas*, INRENA. Recuperado de http://old.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/publicaciones/R.P._Nor_Yauyos/Plan%20Maestro%202006%20-%202011%20RP%20Nor%20Yauyos%20Cochas.pdf
- Lugo, E. y Morris, L. (1982). Conceptos del análisis de sistemas en: los sistemas ecológicos y la humanidad. Secretaría General de la OEA. Programa regional de desarrollo científico y tecnológico. Washington, D.C. eua. *Serie biológica*. 23,82
- León, A. (2016). *Reserva de carbono en bofedales y su relación con la florística y condición del pastizal* (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria, Lima. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2749/L02-L4-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Matta, F. (2017). *Percepciones, actores y manejo actual de los humedales altoandinos de la comunidad campesina Santiago de Carampoma, Huarochirí, Lima* (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica de Perú.
- Maldonado, M. (2010). *Comportamiento de la vegetación de los bofedales influenciados por las actividades antrópicas* (Tesis magíster). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Maldonado, M. (2014). An introduction to the bofedales of the peruvian high andes. *Mires and peat*. 15(5). Recuperado de http://mires-and-peat.net/media/map15/map_15_05.pdf
- Mason (1976). Relative importance of fungi and bacteria in the decomposition of phragmites leaves. *Hydrobiologia*. 51(1), 65-69. doi.org/10.1007/BF00007986
- Medrano, Chupan y Vila (2012). Almacenamiento de carbono en especies predominantes de flora en el lago chinchaycocha. *Apuntes de ciencia y sociedad*. 2(2), 110-117. doi.org/10.18259/acs.2012013
- Ministerio del Ambiente (2009). *Glosario de términos para la formulación de proyectos ambientales*. Perú: MINAM. Recuperado de <https://studylib.es/doc/5792717/glosario-de-t%C3%A9rminos-para-la-formulaci%C3%B3n-de-proyectos-amb>

- Ministerio del Ambiente (2012). Glosario de términos para la gestión ambiental peruana. MINAM. Recuperado de <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/504.pdf>
- Ministerio del Ambiente (2015). Estrategia nacional de Humedales. Perú: MINAM. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/01/Anexo-Decreto-Supremo-N%C2%B0-004-2015-MINAM2.pdf>
- Mojica, C. (2013). *Caracterización, almacenamiento de carbono y emisiones evitadas en bosques nativos en áreas de influencia del páramo de Anaime Tolima*, (Tesis de grado). Universidad del Tolima, Colombia.
- Montenegro, A. (2018). *Comparación de metodologías de evaluación botánica en un bofedal en el distrito de Carampoma Huarochirí - Lima* (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3623/montenegro-hoyos-angie-carol.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Muscardi, D., Schoereder J. y Sperber, C. (2014). Biodiversity and ecosystem functioning: a conceptual model of leaf litter decomposition. *Biodiversity – The dynamic balance of the planet*, 2: 33-50. Recuperado de <http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1099/1/RIUT-GAA-spa-2013-Characterizaci%C3%B3n%20almacenamiento%20de%20carbono%20y%20emisiones%20evitadas%20en%20bosques%20nativos%20en%20%C3%A1reas%20de%20influencia%20del%20p%C3%A1ramo%20de%20Anaime%20Tolima%20Colombia.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_9d8af51037b454cfdcb1ce30a5693e5d
- Organización Mundial de Meteorología (2013). El estado del clima mundial 2001 - 2010: Un decenio de fenómenos climáticos extremos. Informe resumido. Ginebra, Suiza. OMM. Recuperado de https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=7830
- Palabral, A. (2013). *Relación de la composición florística y su biomasa subterránea con las variables hidrológicas en bofedales de Sajama, Bolivia*. Herbario Nacional de Bolivia. Recuperado de https://www.weadapt.org/sites/weadapt.org/files/2017/november/relacion_de_la_composicion_floristica.pdf

- Piñeiro, G., Paruelo, J., Jobbágy, E. y Oesterheld, R. (2006). Grazing effects on belowground C and N stocks along a network of cattle enclosures in temperate and subtropical grasslands of South America. *Global biochemical cycles* 23.
- Ponce, F., Vento, R. y Sims, B. (2000). Comparative Study Of Influence of Animal Traction and Light Tractors on Soil Compaction in Cuba. In *Agricultura Mechanization in Asia, Africa and Latin America*. 31 (3)19-23.
- Quispe, M. (2013). *Efecto de la frecuencia de corte en la estimación de biomasa en pastizales alto andinos*. (Tesis de grado) (Tesis de grado). Universidad Nacional de Huancavelica, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/736/TP%20-%20UNH%20ZOOT.%200008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quispe, C., Quispe, F., y Yaranga, R. (2015). Almacenamiento de carbono en pastos naturales de la subcuenca del Canipaco, Huancayo. *Apuntes de ciencias sociales*. 5 (2)218. doi.org/10.18259/acs.2015032
- Quispe, R. (2018). *Valoración económica del servicio ambiental hidrológico del bofedal Viluyo del Distrito de Nuñoa-Melgar* (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Ramírez, W. (2011). *Flora vascular y vegetación de los humedales de Conococha, Ancash, Perú*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Ramsar (2010). *Uso racional de los humedales*. Irán: Secretaría de la Convención de Ramsar. Recuperado de <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-01sp.pdf>
- 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
- 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.
- Ruíz, C. y Tapia, M. (1987). Producción y manejo de forrajes en los Andes del Perú. Recuperado de <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/handle/10625/9937>

- Ruthsatz, B. (2012). Vegetación y ecología de los bofedales altoandinos de Bolivia. *Phytoecologia* 42: 133-179.
- Sala, O., Parton, W., Joyce, L. y Lauenroth, W. (1988). Primary production of the central grassland Region of the united states. *Ecology*. 69(1), 40-45. Recuperado de https://www.fws.gov/southwest/es/documents/R2ES/LitCited/LPC_2012/Sala_et_al_1988.pdf
- Salvador, F. y Cano, A. (2002). *Lagunas y oconales: los humedales del trópico andino*. Recuperado de https://museohn.unmsm.edu.pe/docs/pub_dico/cuadbiod11_1.pdf
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2018), Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional, Yauyos, Tanta. SENAMHI.
- Scurlock, J., Johnson, K. y Olson, R. (2002). Estimating net primary productivity from grassland biomass dynamics measurements. *Global change biology*. 8, 736-753. doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00512.x
- Snyman, H. (2013). Growth rate and water-use efficiency of cactus pears *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta*. *Arid Land Research and Management* 27(3): 337–348. doi: 10.1080/15324982.2013.771232
- Squeo, F., Warner, B., Aravena, R. y Espinoza, D. (2006). Bofedales: turberas de alta montaña de los Andes centrales. *Revista chilena de historia natural*. 79 , 245-255. doi.org/10.4067/S0716-078X2006000200010
- Troll, C. (1960). The relationship between the climates, ecology and plant geography of the southern cold temperate zone and of the tropical high mountains. *The royal society*. 152(949), 529-532. doi.org/10.1098/rspb.1960.0060
- Turetsky, M., Manning, S. y Wieder, R. (2004). Dating recent peat deposits. *Wetlands*. 24, 324-356. doi.org/10.1672/0277-5212(2004)024[0324:DRPD]2.0.CO;2
- Turner, D., Riffs, W., Cohen, W., Gower, S., Running, S., y Zhao, M. (2006). Evaluation of modis npp and gpp products across multiple biomes. *El sevier*. 102, 282- 292. Recuperado de https://www.fs.fed.us/pnw/pubs/journals/pnw_2006_turner002.pdf

Vásquez, A. y Buitrago, A. (2011). *El gran libro de los páramos*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Wieder K. y Vitt, H. (2006). *Boreal Peatland Ecosystems*. Recuperado de: <https://www.springer.com/gp/book/9783540319122>

World Wildlife Fund for Nature, (2005). Los Humedales altoandinos, ecosistemas estratégicos y frágiles que ofrecen servicios ambientales para el bienestar de millones de personas. WWF Recuperado de http://awsassets.panda.org/downloads/los_humedales_altoandinos_es.pdf

Yaranga, R. y Custodio, M. (2013) Almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos. *Revista Scientia Agropecuaria* 4: 313 – 319. Recuperado de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/445/396>

Zavala, Z. y Cepeda, P. (2006). Caudales ecológicos en vegas altoandinas: un estudio de caso en Geoecología de los Andes desérticos. *La Alta Montaña del Valle del Elqui*. La Serena. pp: 525-551.

TERMINOLOGIA

Biomasa: refiere a la masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dado, donde la cantidad se expresa mediante su peso en seco o mediante su contenido de energía, del carbono (IPCC, 2013).

Cambio climático: son cambios del estado del clima en un periodo largo, como también puede darse por factores naturales (Organización Mundial de meteorología [OMM], 2013).

Ciclo del carbono: según la IPCC (2013, p.188) es un término utilizado para describir el flujo del carbono sea en la atmósfera, los océanos, la biosfera terrestre y la litosfera.

Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas: fue adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y rubricada ese mismo año en la Cumbre para la Tierra, celebrada en Río de Janeiro, por más de 150 países más la Comunidad Europea. El objetivo último según la IPCC (2007, p.79) es “la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénico peligrosas en el sistema climático”. La Convención entró en vigor en marzo de 1994.

Dióxido de carbono CO₂: Según la IPCC (2007, p.80):

Es el gas que existe espontáneamente y también como subproducto del quemado de combustibles fósiles procedentes de depósitos de carbono de origen fósil, como el petróleo, el gas o el carbón, de la quema de biomasa, o de los cambios de uso de la tierra y otros procesos industriales.

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).

Ecosistema: es un conjunto de comunidades vegetales, animales, microorganismos y su medio no viviente que interactúan entre sí como una unidad funcional (Ministerio del ambiente [MINAM], 2012).

Fotosíntesis: es un proceso donde las plantas, algas y ciertas bacterias toman dióxido de carbono de la atmósfera para elaborar hidratos de carbono (IPCC, 2007).

Gas de efecto invernadero (GEI): los GEI son componentes gaseosos de la atmósfera que absorben la radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, atrapando el calor dentro de la superficie tropósfera (MINAM, 2012).

Mitigación al cambio climático: se entiende por mitigación a toda intervención humana para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y/o la mejora de los sumideros (MINAM, 2012).

Vulnerabilidad frente al cambio climático: Según la IPCC (2007, p.87) es el grado de susceptibilidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos.

Secuestro de carbono: una reserva o un depósito que absorbe o capta el carbono liberado por otros componentes en el ciclo del carbono y que absorbe más cantidad de la que libera (MINAM, 2012).

Sumidero: según el IPCC (2007, p.88) el sumidero es todo proceso, actividad o mecanismo que detrae de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol, o alguno de sus precursores.

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

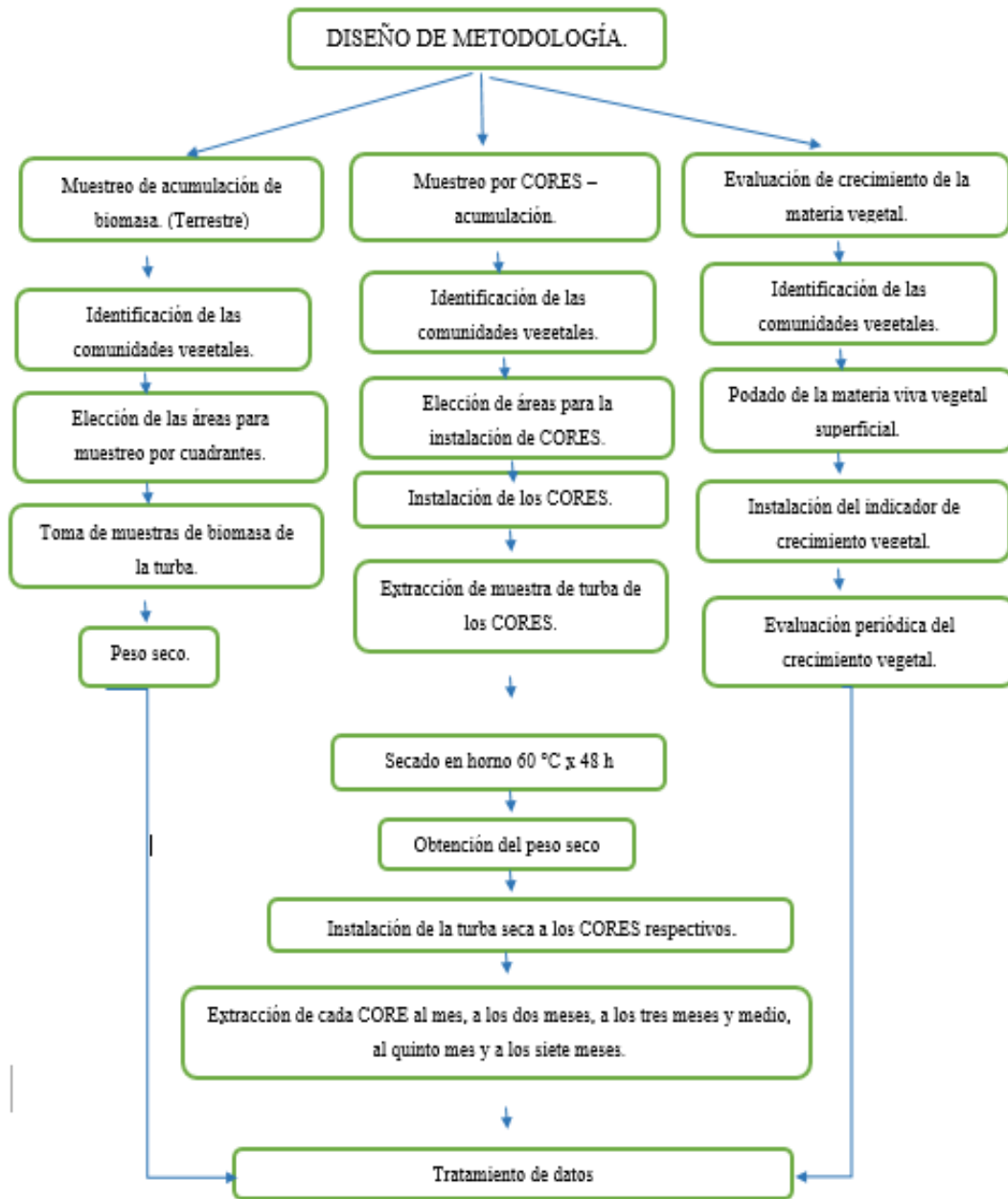
ÁREA DE INVESTIGACIÓN – BOFEDAL SECTOR HUACHIPAMPA



Fuente: Elaboración propia.

APÉNDICE 2

FLUJOGRAMA DE LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN



Fuente: Elaboración propia

APÉNDICE 3

REGISTRO DE LA EVALUACIÓN DE BIOMASA TERRESTRE EN LOS 5 PUNTOS DE MUESTREO A PROFUNDIDADES DE 1 cm - 10 cm

Profundidad (cm)	P-1 Pesos (g)	P-2 Pesos (g)	P-3 Pesos (g)	P-4 Pesos (g)	P-5 Pesos (g)
1 cm	6.5	3.2	6.2	2.7	7.9
2 cm	7.1	3.9	6.5	5.0	8.5
3 cm	12.6	6.7	8.2	8.8	12.9
4 cm	18.6	7.2	10.9	6.2	12.4
5 cm	13.6	9.2	14.5	6.4	13.9
6 cm	15.9	11.5	14.6	19.4	14.3
7 cm	19.4	11.8	20.7	17.7	23.5
8 cm	20.2	15.0	17.2	11.5	16.1
9 cm	20.4	22.3	23.1	23.2	31.8
10 cm	26.3	20.9	29.0	19.2	25.6

Fuente: Elaboración propia

APÉNDICE 4

REGISTRO DE EVALUACIÓN PERIODICA DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN LOS 5 PUNTOS DE MUESTREO

Fecha	PUNTO 01	PUNTO 02	PUNTO 03	PUNTO 04	PUNTO 05
07/12/2017	0.5	0.5	0.5	0.8	0.4
14/01/2018	0.5	0.5	0.5	0.8	0.4
19/02/2018	0.6	0.5	0.4	0.7	0.6
03/05/2018	0.9	1	1	1.1	0.9
02/06/2018	1.1	1.2	1.4	1.9	1.1

Fuente: Elaboración propia

APÉNDICE 5

REGISTRO DE LOS DATOS INICIALES (PESO SECO) DE LA BIOMASA POR CORE, EN FUNCIÓN A LOS 5 PUNTOS DE MUESTREO, PROFUNDIDAD Y NÚMERO DE TUBOS CORE

TAMAÑO DE TURBA EXTRAIDA (PROFUNDIDAD)	Registro inicial de la primera evaluación				
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5
	78 cm	1 m	50 cm	90 cm	40 cm
0 - 20cm	58	74.8	116.4	45.4	84.8
20 - 40cm	59.7	82.2	32.1	42.2	204.6
40 - 60cm	69.6	115.7	19.4	58	
60 - 80cm	170	96.1		40.2	
80 - 100cm		72.2		25.5	

TAMAÑO DE TURBA EXTRAIDA (PROFUNDIDAD)	Registro inicial de la segunda evaluación				
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5
	78 cm	56 cm	88 cm	70 cm	50 cm
0 - 20cm	43.8	32.4	20.2	163.5	52.3
20 - 40cm	82.4	24.8	22.1	97	120.4
40 - 60cm	70.2	60.5	23	73.8	72.8
60 - 80cm	180.3		16.1	89.7	
80 - 100cm			5		

TAMAÑO DE TURBA EXTRAIDA (PROFUNDIDAD)	Registro inicial de la tercera evaluación				
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5
	1 m	83 cm	78 cm	70 cm	40 cm
0 - 20cm	43.5	43.9	20.7	46.2	91.1
20 - 40cm	86.3	34.3	16.5	55.9	137.5
40 - 60cm	106.5	39.9	41.2	43.5	
60 - 80cm	81.9	38.8	15.4	47.9	
80 - 100cm	151.5	104.4			

TAMAÑO DE TURBA EXTRAIDA (PROFUNDIDAD)	Registro inicial de la cuarta evaluación				
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5
	65 cm	60 cm	87 cm	1 m	30 cm
0 - 20cm	54.4	39.5	27.7	65.7	103.6
20 - 40cm	63.3	29.6	18.7	106.3	99
40 - 60cm	111.3	5.4	22.7	59.4	
60 - 80cm	97.3		52.7	63.4	
80 - 100cm			5.6	67.7	

(continuación)

TAMAÑO DE TURBA EXTRAIDA (PROFUNDIDAD)	Registro inicial de la quinta evaluación				
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5
	68 cm	50 cm	66 cm	1 m	22 cm
0 - 20cm	48.3	58.7	24.2	60.3	68
20 - 40cm	53.1	47.2	34.2	90.9	
40 - 60cm	130.6	21.5	20.9	41.9	
60 - 80cm	114.1			63.2	
80 - 100cm				106.2	

Fuente: Elaboración propia

APÉNDICE 6

REGISTRO DE PESO SECO DE LAS 5 EVALUACIONES DE BIOMASA DESCOMPUESTA POR CORE EN FUNCIÓN A LOS PUNTOS DE MUESTREO, PROFUNDIDAD Y NÚMERO DE TUBOS CORE

TAMAÑO DE TURBA EXTRAIDA (PROFUNDIDAD)	Primera evaluación				
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5
	78 cm	1 m	50 cm	90 cm	40 cm
0 - 20cm	48.7	75.2	42.1	65.3	67.3
20 - 40cm	49.3	58.8	26.8	37.2	153.6
40 - 60cm	60	72.6	9.4	57.4	
60 - 80cm	162.1	59.5		43.9	
80 - 100cm		50.1		21.5	

TAMAÑO DE TURBA EXTRAIDA (PROFUNDIDAD)	Segunda evaluación				
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5
	78 cm	56 cm	88 cm	70 cm	50 cm
0 - 20cm	71.1	27.9	17.7	69.2	45.5
20 - 40cm	38.2	21.9	19.5	88.3	63.1
40 - 60cm	63.4	16.8	20.4	56.2	27.5
60 - 80cm	170.2		9.6	73.2	
80 - 100cm			3.9		

(continuación)

TAMAÑO DE TURBA EXTRAIDA (PROFUNDIDAD)	Tercera evaluación				
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5
	1 m	83 cm	78 cm	70 cm	40 cm
0 - 20cm	24.06	36.03	13.73	31.43	84.29
20 - 40cm	72.62	23.56	12.72	140.09	118.86
40 - 60cm	45.63	33.14	16.07		
60 - 80cm	81.25	29.94	10.01		
80 - 100cm	135.07	69.04			

TAMAÑO DE TURBA EXTRAIDA (PROFUNDIDAD)	Cuarta evaluación				
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5
	65 cm	60 cm	87 cm	1 m	30 cm
0 - 20cm	49.4	35.7	25.3	54	77.4
20 - 40cm	105.9	25.8	16.2	54.8	87.2
40 - 60cm	53.6	4.2	21.3	39	
60 - 80cm	87.1		14.1	48.1	
80 - 100cm			4.4	57.3	

TAMAÑO DE TURBA EXTRAIDA (PROFUNDIDAD)	Quinta evaluación				
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5
	68 cm	50 cm	66 cm	1 m	22 cm
0 - 20cm	45.8	51.6	20.4	60.3	75.8
20 - 40cm	49.3	41.7	32	60.3	
40 - 60cm	114.5	19.4	17.6	50.7	
60 - 80cm	107			60	
80 - 100cm				78.6	

Fuente: Elaboración propia

APÉNDICE 7

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS ESPECIES VEGETALES DE LOS 5 PUNTOS DE MUESTREO



Evaluación del punto 1. *Fuente:* Elaboración propia



Evaluación del punto 2. *Fuente:* Elaboración propia



Evaluación del punto 3. *Fuente:* Elaboración propia



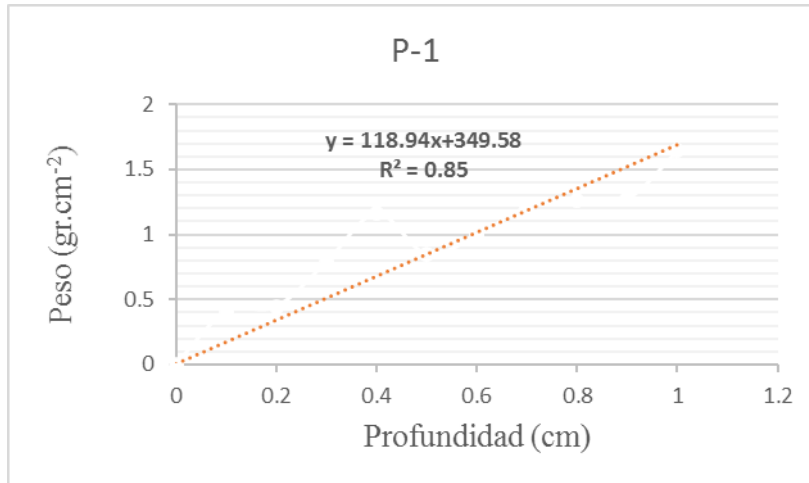
Evaluación del punto 4. *Fuente:* Elaboración propia



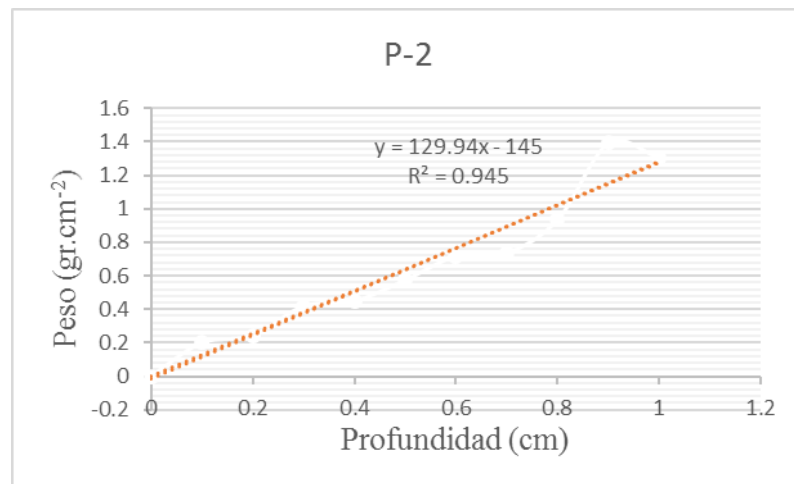
Evaluación del punto 5. *Fuente:* Elaboración propia

APÉNDICE 8

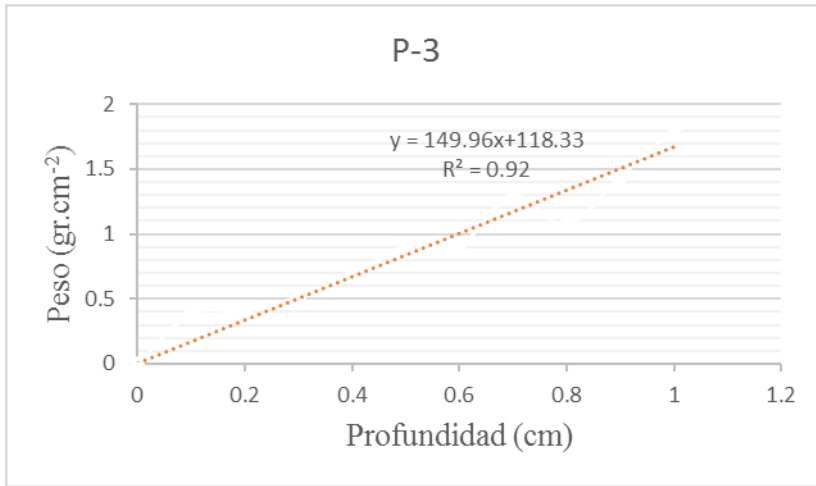
CÁLCULO DE LÍNEA DE LA REGRESIÓN LINEAL DE CADA UNO DE LOS PUNTOS DE MUESTREO



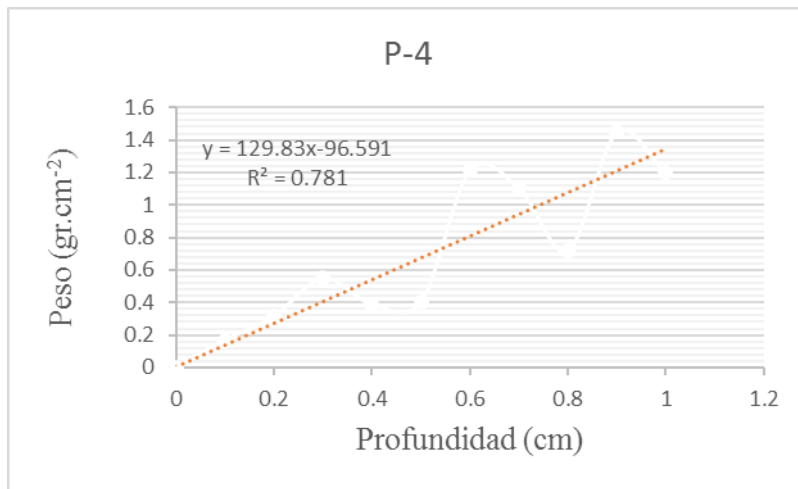
Fuente: Elaboración propia



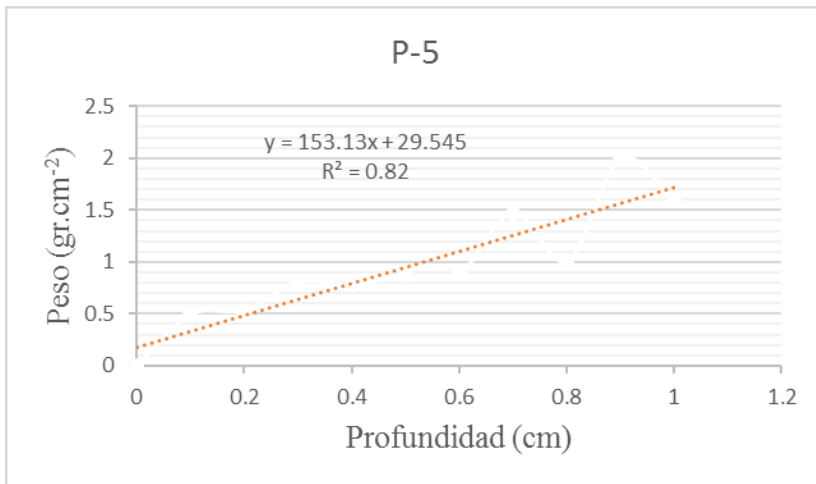
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia