UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Concentración de carbono en queñuales y bofedales en las comunidades Altoandinas de la Provincia de Lampa - Puno, Perú

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Daniel Gomez Vilcapaza

Josué Sucari Sucapuca

Asesor:

Mg. Enrique Mamani Cuela

Juliaca, diciembre de 2023

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Ing. Enrique Mamani Cuela, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: "**CONCENTRACIÓN DE CARBONO EN QUEÑUALES Y BOFEDALES EN LAS COMUNIDADES ALTOANDINAS DE LA PROVINCIA DE LAMPA - PUNO, PERÚ**" de los autores **Daniel Gomez Vilcapaza** y **Josué Sucari Sucapuca** tiene un índice de similitud de 12%, verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca a los 11 días del mes de diciembre del año 2023.

Ing. Enrique Mamani Cuela

1051

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 11 día(s) del mes de diciembre del año 2023, siendo las 9:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Msc. Franklyn Elard Zapana Yucra, el (la) secretario(a): Msc. Loayda Abigail Condori Eurpo y los demás miembros: Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera Msc. Bernardino Espia Aguilar y el (la) asesor(a) Ing. Enrique Mamani Luda con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Concentración de carbono en queñuales y bofedales en las comunidades Altoandinas de la Provincia de Lampa - Puno, Perú del(los) bachiller/es: a) Josué Sucari Sucapuca b) Daniel Gomez Vilcapaza c) conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Ambiental (Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Josué Sucari Sucapuca

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Muy Bueno	Sobresaliente

Bachiller (b): Daniel Gomez Vilcapaza

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Muy Bueno	Sobresaliente

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a

Asesor/a

Bachiller (a)

Miembro

Bachiller (b)

Secretario/a

Miembro

Bachiller (c)

DEDICATORIA

Al creador Dios, por su magistral obra en la creación y por permitir la culminación satisfactoria de este proyecto académico, por haberme guiado e iluminado mi sendero, otorgándome salud, fortaleza y perseverancia para culminar con éxito mis estudios.

A mis queridos padres, Fernando Gómez Huanca y Lorenza Vilcapaza Calcina: Les dedico esta tesis con mucho cariño y agradecimiento por su constante respaldo y valiosos consejos que han guiado mi trayectoria académica y personal. Es un honor para mí que formen parte de este logro.

AGRADECIMIENTO

Agradezco mis ejemplares padres, Fernando Gomez Huanca y Lorenza Vilcapaza Calcina, por velar incansablemente por mi formación académica, confiando plenamente en mis habilidades y brindándome su apoyo moral y económico lleno de abnegación para ver cristalizada esta meta que hoy alcanzo. Sus consejos y sacrificios han sido la base de este gran paso.

A mi asesor que me apoyo en esta investigación.

Al Mg. Juan Eduardo Vigo Rivera por sus enseñanzas y su apoyo para llevar adelante este proyecto y mi formación académica.

Al Ing. Daniel Magno Mamani Quispe quien me apoyo a ejecutar esta investigación

A mis hermanos, Melania Gómez Vilcapaza y David Yeisson Gómez Vilcapaza: Les menciono con profundo afecto y consideración por su paciente apoyo y aliento incondicional.

A mi querida pareja, Dina Chambi Ccori: También dedico esta tesis a ti, mi apreciada compañera, por el amor y la confianza que me has brindado. Tu constante estímulo me ha ayudado a superarme y completar con éxito este proyecto académico.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA iv
AGRADECIMIENTO1 v
INICE GENERAL vi
INDICE DE TABLAS vii
INDICE DE FIGURAS viii
ÍNDICE DE ANEXOS ix
RESUMEN. 10
ABSTRACT. 11
1 INTRODUCCIÓN 12
2 MATERIALES Y MÉTODOS 14
2.1 Ubicación geográfica y descripción del área de trabajo 14
2.2 Muestreo del suelo bofedal. 16
2.3 Muestreos de suelo del bosque Polylepis 17
2.3.1 Determinación del carbono orgánico (CO) 18
2.4 Determinación de la densidad aparente (*pb)* 19
2.5 Diseño y análisis estadístico 20
3 RESULTADOS Y DISCUSIONES 20
4 CONCLUSIÓN 26
5 Bibliografía 28

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Representación por arreglo factorial.....20
Tabla 2 Resultado de ANOVA entre ambas áreas bofedales (área uno y área dos).....21
Tabla 3 Comparación del porcentaje de COS y tC/ha, en áreas y altitudes de los bofedales...22
Tabla 4 Resultado de ANOVA comparación entre ambas áreas de estudio en Polylepis (área uno y área dos).....23
Tabla 5 Comparación del porcentaje de COS (%) y tC/ha, por área y altitud en Polylepis 24

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del área de estudio y la identificación de los puntos de Polylepis y bofedales. 15

Figura 2 Delimitación de las áreas de estudio, a) bofedales zona baja. b) bofedales zona alta. y c) Polylepis zona baja. d) Polylepis zona alta. 16

Figura 3 Diseño de muestreo de suelo bofedal, a) por área b) altitud. c) transectos y d) profundidades. 17

Figura 4 Diseño de muestreo de suelo Polylepis, a) por capas. b) profundidad. c) puntos y d) transectos. 18

Figura 5 Comparación de la sumatoria total de concentración de COS entre ambos Sumideros por altitudes iguales (alta y baja) en tC/ha. 26

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Evidencia de sumisión del articulo a la revista Ecología Austral. 33
Anexo B. Copia de la inscripción del perfil de proyecto de investigación aprobado por el CF. 34
Anexo C. Copia de modificación de título del perfil de proyecto de investigación aprobado por el CF. 35
Anexo D. Mapa de la densidad de carbono sobre el suelo del Perú.....36
Anexo E. Perímetro del área de estudio bofedal y Polylepis. 37
Anexo F. Área de estudio, suelo bofedal y Polylepis de la zona alta y baja. 38
Anexo G. Proceso de secado a 105 °C en una estufa (DP30, Enitherm) por 24 horas para remover humedad. 39
Anexo H. Proceso de incineración en una mufla (BINDER) a 550 °C por 4 horas, para determinar el carbono orgánico del suelo (COS). 40

Concentración de carbono en queñuales y bofedales en las comunidades altoandinas de la provincia de Lampa-Puno, Perú

RESUMEN.

Los bofedales y los bosques queñuales (*Polylepis*) cumplen un rol importante regulando el ciclo global del carbono. Su conservación es clave para las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático. En el presente estudio se evaluaron dos sumideros, bosques queñuales y bofedales de las comunidades altoandinas de la provincia de Lampa - Puno, Perú, con el objetivo de determinar la concentración de carbono orgánico del suelo. El muestreo se realizó por áreas, transectos, profundidades y a dos altitudes. El análisis de las muestras se llevó a cabo a través del método de calcinación en las ochenta muestras recolectadas, con el fin de determinar las diferencias en el contenido de carbono orgánico del suelo. Se realizaron análisis estadísticos (ANOVA) para comparar el contenido de carbono orgánico entre las muestras. El estudio mostró diferencias significativas, identificando que el bofedal de la parte alta en los primeros 15 cm tuvo mayor concentración de carbono orgánico con 312.55 tC/ha, esto se debe a la mayor presencia de humedad en el área. Los bosques de Polylepis también muestran diferencias significativas en las áreas, transectos y puntos, registrando mayor carbono orgánico en la parte baja del punto dos en los primeros 10 cm, con 148.27 tC/ha, esto debido a su mayor presencia de cobertura vegetal, hojarasca y densidad de árboles. Se concluye que ambos ecosistemas cumplen un rol clave en la regulación climática y captura de carbono en los Andes, sin embargo, los bofedales tienen más potencial de captura de carbono que los Polylepis, ya que sus condiciones ambientales retardan la liberación de CO_2 a la admosfera.

***Palabras clave**:* carbono orgánico, densidad, *Distichias Muscoide*, humedales, *Polylepis*, sumideros de carbono.

Carbon concentration in queñuales and bofedales in the high Andean communities of the province of Lampa-Puno, Peru

ABSTRACT.

Wetlands and queñual forests (Polylepis) play an important role in regulating the global carbon cycle. Its conservation is key to mitigation and adaptation strategies to climate change. In the present study, two sinks were evaluated, queñual forests and wetlands of the high Andean communities of the province of Lampa - Puno, Peru, with the objective of determining the concentration of organic carbon in the soil. Sampling was carried out by areas, transects, depths and at two altitudes. The analysis of the samples was carried out through the calcination method in the eighty samples collected, in order to determine the differences in the organic carbon content of the soil. Statistical analyzes (ANOVA) were performed to compare organic carbon content between samples. The study showed significant differences, identifying that the wetland in the upper part in the first 15 cm had a higher concentration of organic carbon with 312.55 tC/ha, this is due to the greater presence of humidity in the area. Polylepis forests also show significant differences in areas, transects and points, registering greater organic carbon in the lower part of point two in the first 10 cm, with 148.27 tC/ha, this due to its greater presence of vegetal cover, leaf litter and tree density. It is concluded that both ecosystems play a key role in climate regulation and carbon capture in the Andes, however, the wetlands have more carbon capture potential than the Polylepis, since their environmental conditions slow the release of CO_2 to the atmosphere.

***Keywords**:* Organic carbon, density, *Distichias Muscoide,* wetlands, *Polylepis,* carbon sinks.

1 INTRODUCCIÓN

Las emisiones atmosféricas de dióxido de carbono (CO_2) han incremento en un 40%, afectando nuestro ecosistema, esto a causa de la actividad humana, ocasionando la quema de combustibles fósiles como el petróleo y el carbón, provocando los cambios en el uso del suelo de los terrenos forestales desde la revolución industrial (Aquino, et al., 2018; IPCC, 2018). Desde entonces el cambio climático amenaza los ecosistemas y la supervivencia humana en la tierra, para mitigar este problema es importante conocer el papel de algunos ecosistemas como reguladores del ciclo del carbono de la tierra (Hernández, 2010). Para ello es importante los sumideros de carbono, ya que son depósitos naturales capaces de capturar y almacenar dióxido de carbono de la atmósfera a través de procesos biogeoquímicos, que resultan ser grandes aliados en la lucha contra el cambio climático (Sierra et al., 2022).

Los sumideros de carbono como los bosques queñuales (*Polylepis*) y los bofedales (humedales de alta montaña) son de mucho valor para mitigar el cambio climático, por su influencia en el ciclo global del carbono mediante la absorción de CO_2 y la acumulación de carbono orgánico en los suelos, hojas, ramas, troncos y raíces en forma de biomasa (Tesfaye et al., 2016; Anthelme et al., 2018). Uno de los ecosistemas altoandinos más importante es el bofedal, que se caracteriza por albergar más vegetación y fuente de agua de origen sub terreno, el mismo que se origina de las lluvias y del deshielo de los glaciares (Garcia, 2015; Florez, 2015).

Los bofedales cumplen un papel muy relevante debido a su potencial que tiene en concentrar grandes cantidades de carbono en el suelo y la biomasa del ecosistema en las zonas altoandinas, ya que el CO_2 que está expuesto en la atmósfera, y es convertido a carbono orgánico por las plantas a través del proceso de la fotosíntesis (Hernández, 2009), por ello, los bofedales son considerados sumideros de gran valor (Anthelme et al., 2018). Por otra parte, también se vio que los bosques de *Polylepis* en las zonas altoandinas, tienen un potencial como sumideros, ya que cumplen funciones esenciales en la conservación de los suelos, además, albergan a diferentes especies de animales, aumentando un microclima dentro del sistema, como también la estimación de almacenamiento y captura de carbono (Zutta et al., 2012; Rodríguez et al., 2021). Los *Polylepis* ayudan a reducir la concentración de CO_2 a través del proceso de fotosíntesis, absorben enormes cantidades de CO_2 de la atmósfera y lo almacenan en forma de carbono en sus tejidos y raíces (Fehse et al., 2002; Dugan et al., 2017).

FAO (2002) indica que el suelo es un principal sumidero de carbono que almacena aproximadamente el doble de carbono que la atmosfera y la vegetación. Esto se debe a que son importantes sumideros de carbón con altas emisiones de metano (CH_4) y alta capacidad de secuestro de CO_2 a través de la formación de suelo de turberas, deposición de sedimentos y producción de biomasa vegetal, tal como lo indican Osuna et al. (2013). La capacidad de adsorción de carbono orgánico de los suelos agrícolas en el mundo puede verse afectada por prácticas agrícolas insostenibles que causan la pérdida del contenido de carbono orgánico de suelo (COS), por la degradación y la erosión (Loayza et al., 2020). El carbono orgánico del suelo (COS) es un indicador fundamental para determinar la calidad edáfica tanto en términos de fertilidad como de funciones ambientales, se asocia con múltiples beneficios para la producción

agrícola, ya que mejora la estructura del suelo, la retención de nutrientes y humedad, la actividad microbiana y la resiliencia ante fenómenos como erosión e inundaciones (Bautista et al., 2021).

Debido a esto, el objetivo de este estudio es evaluar y comparar la concentración de carbono orgánico almacenado en dos ecosistemas altoandinos: Los bosques queñuales y los bofedales, ubicados en comunidades campesinas de la provincia de Lampa, Puno, Perú.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación geográfica y descripción del área de trabajo

La provincia de Lampa se localiza en la región sur del Perú, dentro del departamento de Puno. Limita al norte con la provincia de Melgar, al este con la provincia de Azángaro, al sur con la provincia de San Román y al oeste con los departamentos de Arequipa y Cusco. Ubicado a una altitud de 3872 m s. n. m., con una latitud 15° 21′ 53″ Sur, longitud 70° 22′ 3″ Oeste. La provincia posee una superficie total de 66000 hectáreas o 660 km² y una población de 10420 habitantes de acuerdo con el censo de 2021.

El área de estudio se encuentra en un radio de 9 km dentro de las comunidades situadas en las tierras altas de Lampa (Figura 1). Se seleccionaron dos áreas de bofedales y dos áreas del bosque queñual (sumideros), distribuidas en un gradiente altitudinal de 3824 a 4270 m s. n. m., para este proceso. La primera área de bofedales estuvo ubicada en la comunidad de Lurini con un gradiente entre 3824 a 4100 m s. n. m., la segunda área de los bofedales se localizó en la comunidad de Carihuani con un gradiente de 4218 a 4260 m s. n. m., la primera área del bosque queñual se ubica en la comunidad Lurini con una gradiente de 3969 a 4035 m s. n. m., la segunda área del bosque queñual está ubicado en la comunidad de Tusini con una gradiente de 4168 a

4270 m s. n. m., En cada una de estas áreas se trazaron dos transectos con dos subparcelas o puntos de muestreo, cuya distribución en cada una fue de seis capas, tres capas y una capa, de mayor a menor en función de mayor humedad a menor humedad (bofedal), de pendiente baja a pendiente alta (*Polylepis*). Las capas de muestreo tuvieron 15 cm de espesor para bofedal y 10 cm para *Polylepis*, se utilizaron algunos criterios de protocolo de muestreo establecidos por MINAM (2014). La delimitación de las áreas de estudio se realizó de la siguiente manera, como se puede observar en la **(**Figura 2).

Figura 1

Ubicación del área de estudio y la identificación de los puntos de Polylepis y bofedales.

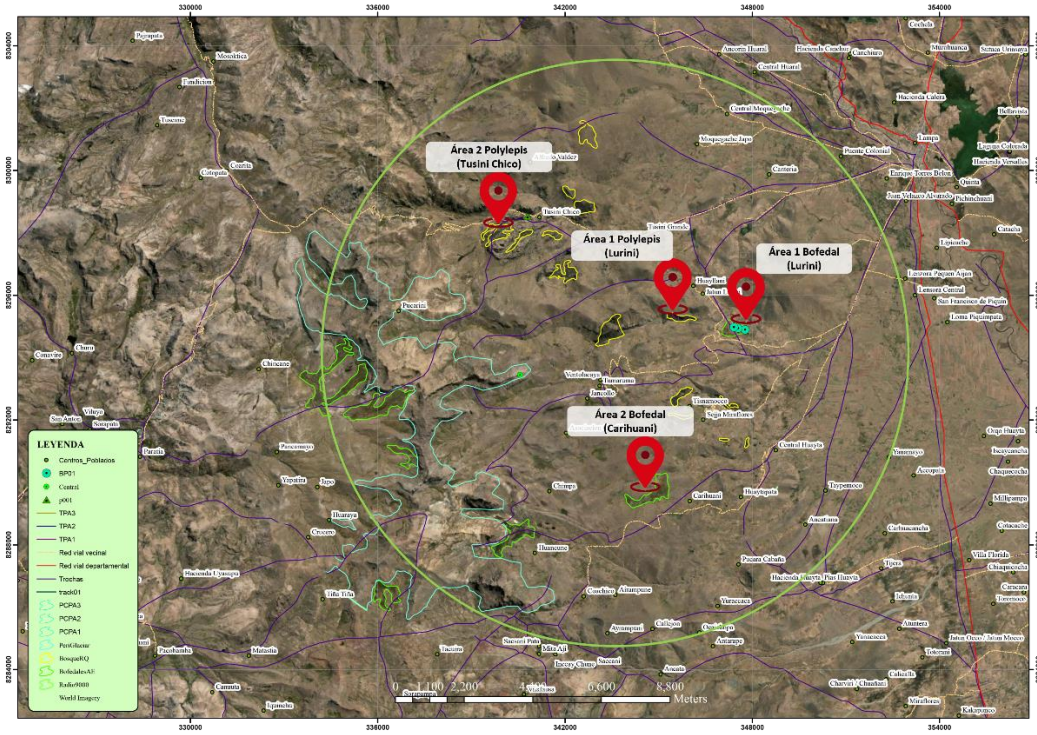
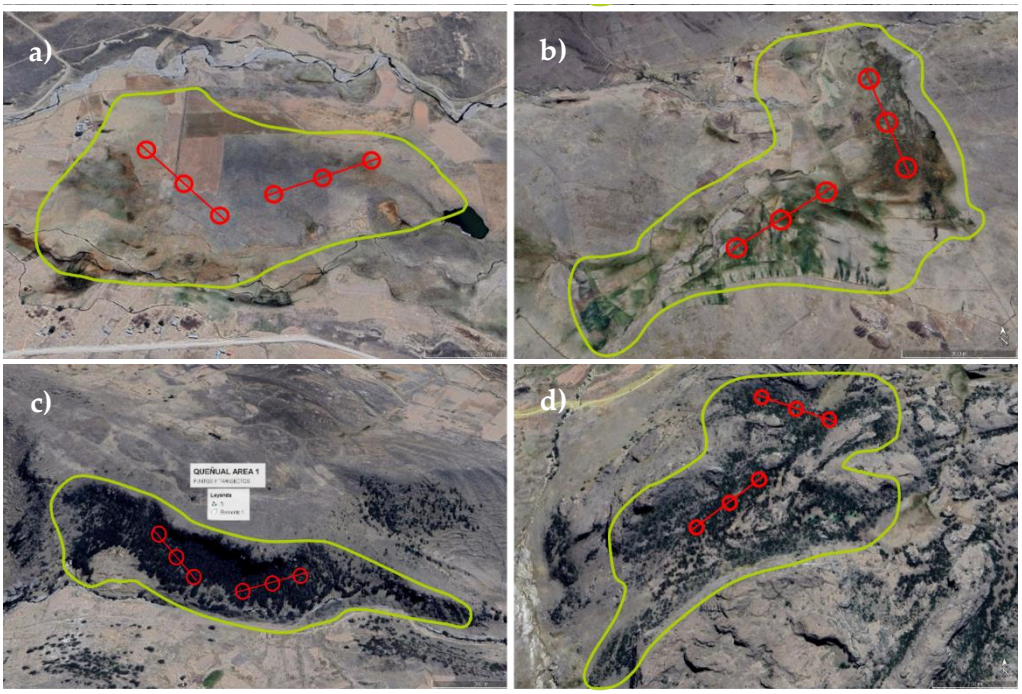


Figura 2

Delimitación de las áreas de estudio, a) bofedales zona baja. b) bofedales zona alta. y c) Polylepis zona baja. d) Polylepis zona alta.



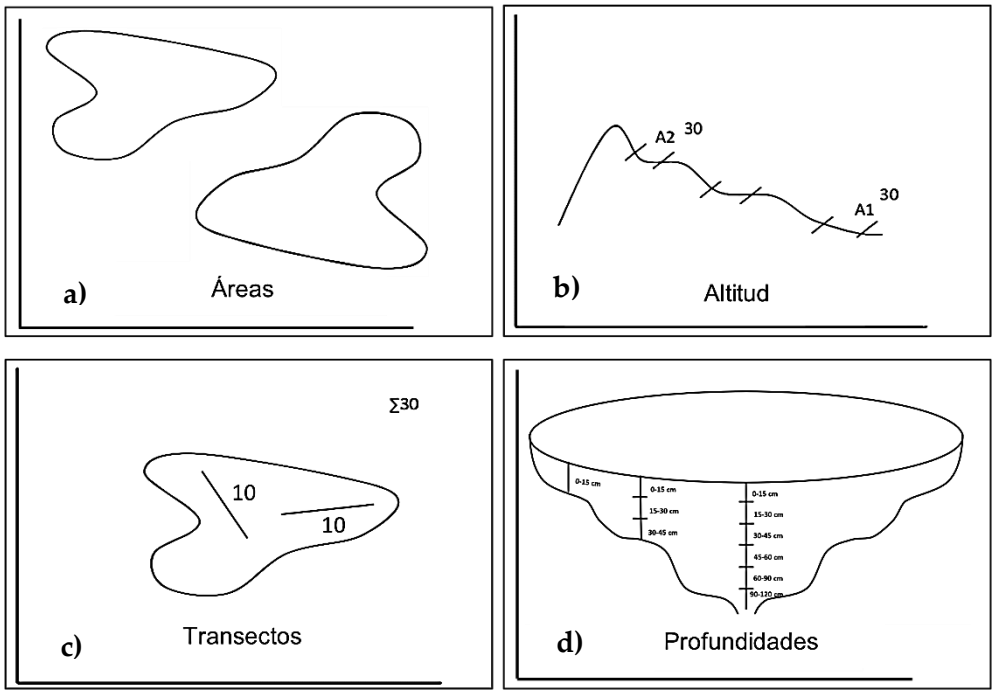
2.2 Muestreo del suelo bofedal.

El tipo de muestreo de los bofedales se realizaron por área, transectos, profundidades y dos altitudes. La recolección de muestras de suelo se llevó a cabo con la asistencia de un kit de barrenos con niveles a lo largo de transectos, alcanzando una profundidad de 120 cm con capas de 15 cm, tal como se ilustra en la Figura 3. El primer punto de muestreo se situó en la zona céntrica del área de estudio, con una profundidad de 0-120 cm a través de seis capas. El segundo punto se ubicó en la sección intermedia del área, con una profundidad de 0-45 cm con tres capas. El tercer punto se localizó en el límite del área, con una profundidad de 0-15 cm conformando una única capa. Se consideraron estas profundidades dado que estos sumideros almacenan su materia orgánica en las zonas más profundas (Kuhry et al., 2022). Las muestras recolectadas se

almacenaron en bolsas ziploc para determinar el porcentaje de COS, mediante el método de calcinación.

Figura 3

Diseño de muestreo de suelo bofedal, a) por área b) altitud. c) transectos y d) profundidades.



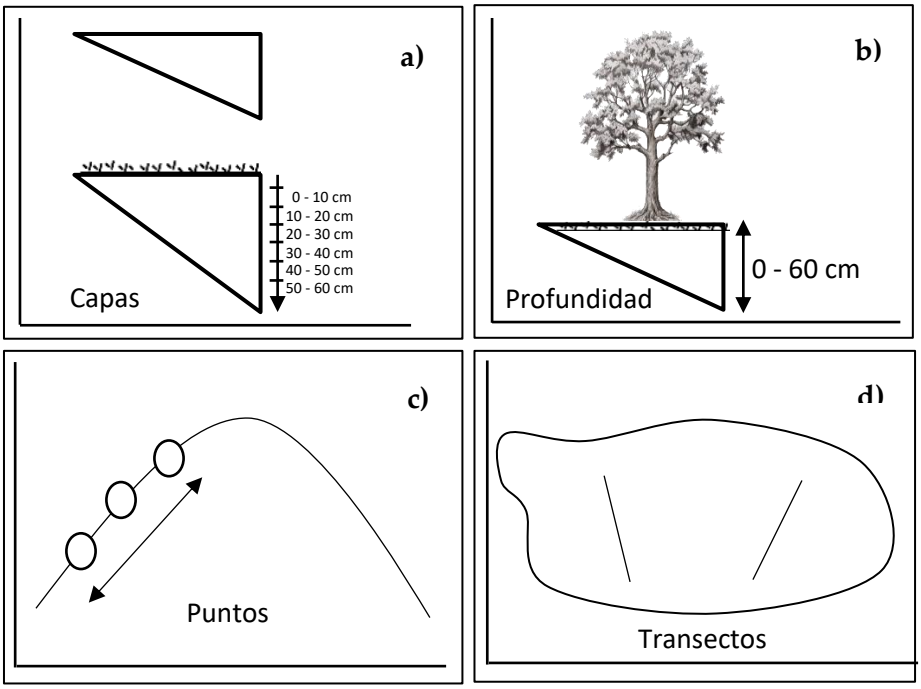
2.3 Muestreos de suelo del bosque Polylepis

El muestreo de los *Polylepis* se realizó hasta una profundidad de 60 cm con capas de 10 cm, dado que este ecosistema se localiza en áreas rocosas y pendientes, dificultando el acceso a mayor profundidad. El primer punto de muestreo fue de 0-60 cm con seis capas, ya que esta ubicación se situaba en la zona inferior de la superficie del área de estudio, siendo menos pedregosa. El segundo punto fue de 0-30 cm con tres capas, puesto que no presentaba condiciones tan blandas ni tan rocosas. El tercer punto fue de 0-10 cm en una única capa,

debido a que este emplazamiento está en la sección más elevada del transecto y posee mayor presencia de afloramientos rocosos, obstaculizando la intrusión a mayor profundidad, como se ilustra en la (Figura 4).

Figura 4

Diseño de muestreo de suelo Polylepis, a) por capas. b) profundidad. c) puntos y d) transectos.



2.3.1 Determinación del carbono orgánico (CO)

La concentración de carbono orgánico fue cuantificada por diferencia de peso usando el método de calcinación. Primero, se determinó la materia orgánica (Ecuación 1), donde las muestras pasaron por un proceso de secado a 105 °C en una estufa (DP30, Enitherm) por 24 horas para remover humedad. Pasado ese tiempo, las muestras secas fueron colocadas para incineración en una mufla (BINDER) a 550 °C por 4 horas, para determinar el carbono orgánico

del suelo (COS) se usó el dato de la materia orgánica como se puede observar en la (Ecuación 2), según Bautista et al. (2021). Para determinar tC/ha, se usó la Ecuación 3 (Buraka et al., 2022).

$$MOS(\%) = \frac{(peso\ seco\ a\ 105°C - peso\ seco\ a\ 550°C)}{peso\ seco\ a\ 105°C} \times 100 \qquad (1)$$

$$COS\ (\%) = \frac{MOS}{1.724} \qquad (2)$$

$$COS\ = \ DA \times P \times \%C \qquad (3)$$

Donde, "COS" es la reserva de carbono orgánico del suelo, "DA" es la densidad aparente, "P" es la profundidad del suelo y "%C" es la concentración de carbono orgánico del suelo en porcentaje.

2.4 Determinación de la densidad aparente (*pb)*

Las muestras extraídas de ambos sumideros fueron desecadas a temperatura ambiente durante un periodo de 21 días. Se aplicó el método volumétrico, utilizando una balanza analítica (ALC-210.4, ACCULAB) para registrar la masa de las muestras secas, las cuales en seguida fueron depositadas en probetas de 50 ml. Se aplicaron golpeteos controlados sobre la superficie de cada probeta para compactar las muestras y se cuantificó la disminución del volumen con respecto al tiempo inicial (Rosales, 2019). La densidad aparente (g/cm^3) se determina entre el peso total de suelo en la probeta (g) y el volumen compactado de suelo (cm^3), el cual fue hallado con la (Ecuación 4).

$$\rho b = \frac{Pt}{Vm} \qquad (4)$$

Donde “pb” es la densidad aparente, “Pt” es el peso total y “Vm” es el volumen de la muestra

2.5 Diseño y análisis estadístico

Se realizó un arreglo factorial de 2s x 2a x 2t x 10c (dos sumideros, dos altitudes, dos transectos, diez capas) considerando dos especies (*Polylepis* y bofedales). En el análisis estadístico se realizó el análisis de varianza (ANOVA) a un 95 % de intervalo de confianza ($p \leq 0.05$) (Tabla 1).

Tabla 1

Representación por arreglo factorial.

Sumideros	Altitud	Transectos	Capas
Bofedales	2	2	10
Polylepis	2	2	10

3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Para la concentración de COS se realizó una comparación de dos áreas para cada sumidero, por transectos, altitudes diferentes y áreas, con un total de 80 muestras recolectadas. En donde cada área cuenta con 20 muestras. Los bofedales y queñuales a diferencia de otros sumideros, estos tienen una mayor capacidad de retener el carbono atmosférico antes de liberarlo nuevamente, esto se debe principalmente a dos factores. Las bajas temperaturas típicas de las zonas altoandinas donde se ubican los bofedales y queñuales, reducen la tasa de descomposición de la materia orgánica acumulada en estos suelos saturados. La continua saturación de estos

suelos con agua genera condiciones anaeróbicas (falta de oxígeno) que retardan aún más la descomposición microbiana y mineralización de la materia orgánica.

La Tabla 2 presenta los resultados del ANOVA indicando que si existe una diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) entre las dos áreas de bofedales examinadas (área uno y área dos), es decir, que son distintas entre sí. En cuanto al resto de los parámetros evaluados en el ANOVA, no mostraron diferencias estadísticamente significativas, por lo tanto, se puede concluir que son iguales.

Tabla 2

Resultado de ANOVA entre ambas áreas bofedales (área uno y área dos).

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	p-valor
C (Áreas)	1.0	1978.524	1978.524	16.716	0.000
C(Área):C (Capas)	5.0	721.903	144.381	1.500	0.222
C (Área): C (Transectos)	1.0	276.360	276.360	3.358	0.133
C (Área):C(Capas):C (Transectos)	5.0	105.371	21.074	0.159	0.974
Residual	16.0	2116.275	132.267	NaN	NaN

La tabla 3 menciona que, en la zona alta del bofedal, del punto uno en los primeros 15 cm tienen mayor concentración de COS, con 312.55 tC/ha. Esto se debe a que en el área dos existe mayor presencia de humedad, microorganismos y *Distichia Muscoides.* Tamariz-Angeles et al. (2021) mencionan que los microorganismos y las *Distichia Muscoides* ayudan a almacenar y conservar el carbono orgánico en los suelos bofedales. Marín (2011) y Harenda et al. (2018) dan a conocer que los factores topográficos, la ubicación del humedal y el microclima determinan la productividad y descomposición de la materia orgánica, de esa forma acumular el COS. En cambio, el área uno visualmente presentaba mayor presencia de actividades

ganaderas y poca presencia de humedad. Roa-García & Brown (2016) afirman que las actividades ganaderas (el pastoreo) disminuyen las entradas de carbono al suelo, ya que, al alimentarse los animales de la cobertura vegetal, ingieren el dióxido de carbono mediante las plantas.

Medina et al. (2020) obtuvieron una retención superior de CO reportado en este estudio, alcanzando un valor mayor de 639.39 tC/ha, a una profundidad de 30 cm, con una altitud gradiente de 2800 a 6000 m s. n. m. Por otro lado, Medina et al. (2022a) obtuvieron un valor menor de 220 tC/ha, a una profundidad de 0 a 100 cm, debido al método de muestreo que aplicó. Mientras Castañeda-Martín & Montes-Pulido (2017) nos mencionan que el suelo es el componente con mayor almacenamiento de carbono, respecto a la biomasa aérea e identificaron un valor menor de retención de CO de 119 tC/ha, a profundidades de 20 cm, esto se debe tanto a la densidad de la cobertura natural como a la presencia de raíces por unidad por área. Alvis-Ccoropuna et al. (2021) obtuvo un dato menor de 218,3 tC/ha, a una profundidad promedio de 28 cm y menciona la importancia de los humedales altoandinos, ya que las reservas de carbono fueron mayores en el suelo.

Tabla 3

Comparación del porcentaje de COS y tC/ha, en áreas y altitudes de los bofedales

Comparación por área y altitud en bofedales (B)					
Puntos	Capas	B.A1%COS	B.A2%COS	t C/Ha-A1B.	t C/Ha-A2B.
	Cap. 1	14.74	33.16	104.62	312.55
	Cap. 2	5.20	13.86	53.58	94.70
	Cap. 3	9.28	20.05	98.24	135.98
Punto 1	Cap. 4	7.93	10.66	93.25	64.07
	Cap. 5	1.35	31.36	16.47	164.78
	Cap. 6	10.47	41.66	152.47	192.40
	Cap. 1	14.87	30.09	195.18	235.09
Punto 2	Cap. 2	4.24	11.74	56.18	104.81

	Cap. 3	3.19	3.84	42.44	31.06
Punto 3	Cap. 1	5.78	6.77	78.69	94.10

En la Tabla 4 los parámetros evaluados en el ANOVA del bosque polylepis no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre las áreas de estudio, indicando que la retención de CO en el suelo no siempre está relacionada con la altitud, también dependerá a la densidad de árboles como se vio en este estudio.

Tabla 4

Resultado de ANOVA comparación entre ambas áreas de estudio en Polylepis (área uno y área dos).

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	p-valor
C(Área)	1.0	9.831	9.831	0.357	0.554
C(Área): C(Capas)	5.0	82.098	16.420	0.607	0.695
C(Área): C(Transectos)	1.0	7.595	7.595	0.272	0.605
C(Área): C(Capas): C(Transectos)	5.0	130.359	26.072	0.742	0.604
Residual	16.0	562.529	35.158	NaN	NaN

En la Tabla 5 se presenta los resultados de los Queñuales indicando que en la parte baja del bosque queñual, del punto uno, en los primeros 10 cm tiene mayor concentración de COS, con 148.27 tC/ha. Esto se debe a la mayor presencia de cobertura vegetal, presencia de hojarascas, mayor humedad y la densidad de árboles. (Castañeda-Martín y Montes-Pulido, 2017) la retención de CO_2 y posterior conversión en CO es directamente proporcional a la presencia de cobertura vegetal en el área, ya que la presencia de hojarascas de los árboles disminuye el potencial de la erosión del carbono (Alvarado et al., 2013). La alta humedad y presencia de suelos negros, nos proporciona un ambiente que evita la desecación; y la humedad constante nos ayuda a mantener las condiciones óptimas para la actividad de los

microorganismos que favorece la lenta descomposición de materia orgánica (Castañeda-Martín y Montes-Pulido, 2017).

Medina et al. (2020) obtuvieron 11.6 tC/ha, a una profundidad de 30 cm, ocupando un área de 366.936 ha, a una altitud de 3810 m s. n. m. De igual forma, Vásquez et al. (2014) obtuvo 39.7 kg m^2, siendo también menor a lo obtenido, el cual recolectaron muestras con profundidades de 0-30cm, vieron que el depósito de carbono en el suelo fue muy relevante a una altitud de 4200 m s. n. m., estudio realizado sobre almacenamiento de carbono a gran altitud de bosque *Polylepis* en los andes peruanos. Por otra parte, fue menor el resultado obtenido a la cantidad obtenida por el estudio de Cano-Flores et al. (2020) con 201.17 tC/ha, en *Pinus-Quercus* a una profundidad de 20 cm. Dichas variaciones pueden ser debido a la presencia de variedad de especies *Poaceae*, como también a la cobertura *Arborea pinus* y aplicado al método de muestreo.

Tabla 5

Comparación del porcentaje de COS (%) y tC/ha, por área y altitud en Polylepis

Comparación por área y altitud *Polylepis*					
Puntos	Capas	P.A1%COS	P.A2%COS	t C/Ha-A1P.	t C/Ha-A2P.
	Cap. 1	9.50	7.69	81.44	69.28
	Cap. 2	5.24	7.96	45.74	67.51
	Cap. 3	5.69	6.99	53.45	61.27
Punto 1	Cap. 4	4.34	6.67	39.01	58.80
	Cap. 5	3.89	5.88	41.78	55.09
	Cap. 6	3.77	3.92	37.76	39.24
	Cap. 1	7.91	9.88	66.43	79.62
Punto 2	Cap. 2	5.85	4.97	52.27	46.09
	Cap. 3	7.20	5.21	67.77	49.79
Punto 3	Cap. 1	21.14	5.43	148.27	46.94

En la Figura 5 se compara dos sumideros de carbono, bofedales y bosque de *Polylepis,* donde se observa que el bofedal del área dos tiene mayor concentración de COS con un total de 1429.54 tC/ha. En contraste, el bosque de *Polylepis* en el área uno almacena considerablemente menor cantidad de carbono en el suelo, con un total de 633,63 tC/ha. Estos resultados muestran que los bofedales son sumideros de carbono más eficiente que el bosque de *Polylepis*. Esta mayor eficiencia se debe a factores como las diferencias en la composición de especies vegetales, la hidrología, los suelos y otros factores ambientales entre ambas áreas, estos resultados también resaltan la importancia de los bofedales altoandinos como sumideros de carbono y ecosistemas clave en la mitigación del cambio climático.

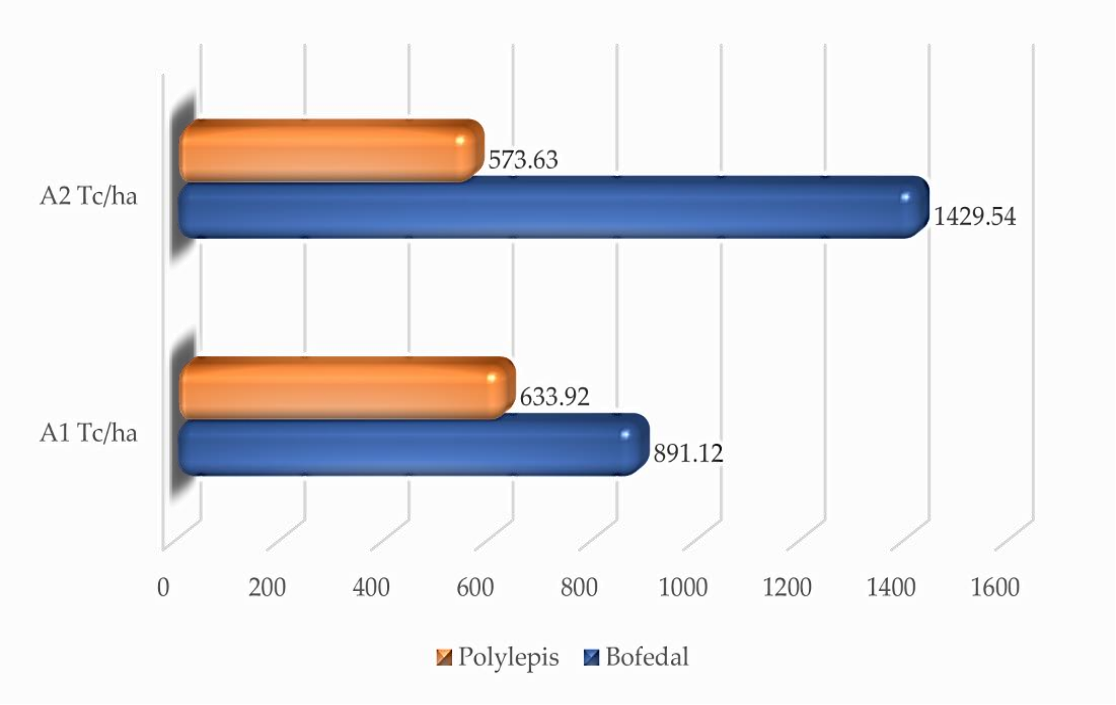
Los resultados obtenidos en los bofedales revelan que la acumulación de carbono orgánico del suelo (COS) es más significativa en las zonas altas, específicamente entre los 4218 y 4260 m s. n. m. Estas áreas de mayor altitud presentan condiciones ambientales propicias para la retención y acumulación de COS en el suelo de los bofedales.

Por otro lado, los resultados obtenidos en los suelos de los bosques de Polylepis indican que la acumulación de COS es más prominente en las zonas de menor altitud, en un rango de entre 3969 y 4035 m s. n. m. ya que en la zona baja presenta mayor densidad de árboles que en la parte alta, por lo tanto, dependerá mucho sobre este factor.

Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar la altitud como un factor determinante en la distribución y acumulación de COS en los bofedales y los bosques de Polylepis. La variación altitudinal influye en las condiciones climáticas, la disponibilidad de nutrientes y otros factores que afectan la capacidad de retención de carbono en el suelo.

Figura 5

Comparación de la sumatoria total de concentración de COS entre ambos Sumideros por altitudes iguales (alta y baja) en tC/ha.



4 CONCLUSIÓN

Basado en los resultados obtenidos en comparación de altitudes se logró identificar que la acumulación de COS en los bofedales es mayor en las zonas altas, con una concentración de 312.55 tC/ha en los primeros 15cm. Mientras que en los bosques de Polylepis es más prominente en las zonas de menor altitud, con una concentración de 148.27 tC/ha en los primeros 10cm del punto dos, debido a que en la parte baja existe mayor densidad de árboles. Por lo tanto, esto dependerá mucho de la densidad de árboles.

Al comparar estos dos sumideros, se logró identificar que los bofedales almacenan una mayor cantidad de carbono orgánico del suelo (COS) con una suma total de 1429.54 tC/ha, a diferencia del bosque de Polylepis que registra una suma total de 633.92 tC/ha.

En cuanto a los resultados del ANOVA indican que si existe una diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) entre ambos sumideros, Sin embargo, esta diferencia dependerá mucho de la cobertura vegetal en la zona bofedal y de la densidad de árboles en los bosques polylepis.

Por otro lado, se logró identificar que estos dos ecosistemas desempeñan un rol único e insustituible en la regulación climática y el secuestro de carbono en los Andes. A diferencia de otros sumideros, los bofedales y los bosques de Polylepis tienen la capacidad de retener y dificultar la liberación de CO_2 a la atmósfera, debido a las altas temperaturas y las condiciones anaeróbicas que promueven la descomposición lenta de la materia orgánica.

5 BIBLIOGRAFÍA

Alvarado1, J., y Segura3, H. J. A. M. S. (2013). *Almacenamiento de carbono orgánico en suelos en sistemas de producción de café (Coffea arabica L.) En el municipio del Líbano, Tolima, Colombia*. *16*(1), 21-31.

Alvis-Ccoropuna, T., Villasante-Benavides, J. F., Pauca-Tanco, G. A., Quispe-Turpo, J. del P., y Luque-Fernández, C. R. (2021). Cálculo y valoración del almacenamiento de carbono del humedal altoandino de Chalhuanca, Arequipa (Perú). *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, *23*(3), 139-148. https://doi.org/10.18271/ria.2021.314

Anthelme, F., Meneses, R., y Dangles, O. (2014). Métodos para estudiar el efecto del cambio climático sobre los bofedales y sus servicios ambientales inherentes. *Ecología en Bolivia*, *49*(3), 42-56.

Bautista, J. I., Jairo, J., y Hernández, A. (2021). Artículo de Investigación Determinación de la materia orgánica del suelo (MOS) por el método químico y por calcinación Determination of soil organic matter SOM by the chemical method and by calcination. *Revista Ingeniría y región*, *26*, 20-28.

Buraka, T., Elias, E., y Lelago, A. (2022). Soil organic carbon and its' stock potential in different land-use types along slope position in Coka watershed, Southern Ethiopia. *Heliyon*, *8*(8). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10261

Cano-Flores, O., Vela-Correa, G., Acevedo-Sandoval, O. A., y Valera-Pérez, M. Á. (2020). Organic carbon concentrations in the woodland and soils of the protected natural area "El Faro" in Tlalmanalco, Estado de Mexico. *Terra Latinoamericana*, *38*(4), 895-905. https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.757

Castañeda-Martín, A. E., y Montes-Pulido, C. R. (2017). Carbono almacenado en páramo andino. *Entramado*, *13*(1), 210-221. https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25112

Dugan, A. J., Birdsey, R., Healey, S. P., Pan, Y., Zhang, F., Mo, G., Chen, J., Woodall, C. W., Hernandez, A. J., McCullough, K., McCarter, J. B., Raymond, C. L., y Dante-Wood, K. (2017). Forest sector carbon analyses support land management planning and projects:

assessing the influence of anthropogenic and natural factors. *Climatic Change*, *144*(2), 207-220. https://doi.org/10.1007/s10584-017-2038-5

Fehse, J., Hofstede, R., Aguirre, N., Paladines, C., Kooijman, A., y Sevink, J. (2002). High altitude tropical secondary forests: A competitive carbon sink? *Forest Ecology and Management*, *163*(1-3), 9-25. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00535-7

Florez, G. (2015). Servicios ecosistémicos y variables sociambientales determinantes en ecosistemas de humedales altoandinos. Sector el ocho y paramo de letras Manizales Colombia. En *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263139243024

Garcia, E. (2015). *CARACTERIZACIÓN ECOHIDROLÓGICA DE HUMEDALES ALTO ANDINOS USANDO IMÁGENES DE SATÉLITE MULTITEMPORALES EN LA CABECERA DE CUENCA DEL RÍO SANTA , ANCASH , PERÚ ECOHYDROLOGICAL CHARACTERIZATION OF HIGH ANDEAN WETLANDS BASED ON MULTI-TEMPORAL REMOTE SENSING IMA*. *14*(2).

Harenda, K. M., Lamentowicz, M., Samson, M., y Chojnicki, B. H. (2018). The role of peatlands and their carbon storage function in the context of climate change. *GeoPlanet: Earth and Planetary Sciences*, *9783319717876*, 169-187. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71788-3_12

Hernández, M. E. (2009). SUELOS DE HUMEDALES COMO SUMIDEROS DE CARBONO Y FUENTES DE METANO Wetland Soils as Carbon Sinks and Sources of Methane. *Terra Latinoamericana*, *28*, 139-147.

IPCC. (2018). Resumen para responsables de políticas. En: Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 ºC con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir. En *Intergovernmental Panel on Climate Change*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf

José Luis Marín Muñiz1, M. E. H. A. P. M.-C. B. (2011). *SECUESTRO DE CARBONO EN SUELOS DE HUMEDALES COSTEROS DE AGUA DULCE EN VERACRUZ*. 365-372.

Kuhry, P., Makopoulou, E., Pascual Descarrega, D., Pecker Marcosig, I., y Trombotto Liaudat, D. (2022). Soil organic carbon stocks in the high mountain permafrost zone of

the semi-arid Central Andes (Cordillera Frontal, Argentina). *Catena*, *217*, 106434. https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106434

Loayza, V., Sevilla, V., Olivera, C., Guevara, M., Olmedo, G., Vargas, R., Oyonarte, C., y Jiménez, W. (2020). Digital mapping of organic carbon in Ecuador soils. *Ecosistemas*, *29*(2), 1-13. https://doi.org/10.7818/ECOS.1852

Martín Aquino-Ramírez1, Alejandro Velázquez-Martínez1*, Jorge D. Etchevers-Barra3, J. F. C.-B. (2018). *Concentración de carbono en tres especies de árboles tropicales de la sierra sur de oaxaca, méxico*. 455-465.

Medina, C. E., Medina, Y. K., y Bocardo, E. F. (s. f.). Economic valuation of carbon capture and storage in the puna dry of southwestern peru. *Bosque*, *41*(2), 165-172. https://doi.org/10.4067/S0717-92002020000200165

MINAM. (2014). *Guía para el muestreo de suelos*. 6674.

Osuna Avila, P., Cabrera, J. L., Jofre-Garfias, A. E., Flores-Margez, Olivas, y Borrego-Ponce. (2013). La Embriogénesis Somática in Vitro Y Su Variación Genética Regiones Semi-Áridas. *Universidad juárez del estado de durango. Facultad de agricultura y zootecnia.*, *Memoria*(ISBN), 978-607-503-142-2.

Roa-García, M. C., y Brown, S. (2016). Caracterización de la acumulación de carbono en pequeños Humedales Andinos en la cuenca alta del Río Barbas (Quindío, Colombia). *Caldasia*, *38*(1), 117-136. https://doi.org/10.15446/caldasia.v38n1.57833

Robert, M. (2002). Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informe sobre recursos mundiales de suelos No. 96. En *Fao*. http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=OKZt9agfRksC&oi=fnd&pg=PR3&dq=CAPTURA+DE+CARBONO+EN+LOS+SUELOS+PARA+UN+MEJOR+MANEJO+DE+LA+TIERRA&ots=5xOjDqvtWf&sig=c9-6h5Q4W_qU0xBHudD4IqchYyc

Rodríguez Sánchez, I., Zamalloa–Acurio, V. E., Aguilar–Lopez, M. A., Champi–Ayma, V., Ezquerra–Condori, M. E., y Zapata–Callañaupa, J. H. (2021). Captura y almacenamiento de carbono como servicio ambiental en el bosque de q'euña "La Paz" Parque Arqueológico de Sacsayhuamán, Cusco. *Cantua*, *17*(1), 10-16. https://doi.org/10.51343/cantu.v17i0.755

Sierra, M. M., Rosales, R. B., Henao, A. M. V., Tobón, J. F. A., y Muñoz, M. F. C. (2022). Existencias de carbono orgánico en suelos cultivados con pasto kikuyo en el norte de

Antioquia. *Acta Agronómica*, *71*(2), 119-129. https://doi.org/10.15446/acag.v71n2.97692

Tamariz-Angeles, C., Huamán, G. D., Palacios-Robles, E., Olivera-Gonzales, P., y Castañeda-Barreto, A. (2021). Characterization of siderophore-producing microorganisms associated to plants from high-Andean heavy metal polluted soil from Callejón de Huaylas (Ancash, Perú). *Microbiological Research*, *250*(February). https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126811

Tesfaye, M. A., Bravo-Oviedo, A., Bravo, F., y Ruiz-Peinado, R. (2016). Aboveground biomass equations for sustainable production of fuelwood in a native dry tropical afro-montane forest of Ethiopia. *Annals of Forest Science*, *73*(2), 411-423. https://doi.org/10.1007/s13595-015-0533-2

Vásquez, E., Ladd, B., y Borchard, N. (2014). Carbon storage in a high-altitude Polylepis woodland in the Peruvian Andes. *Alpine Botany*, *124*(1), 71-75. https://doi.org/10.1007/s00035-014-0126-y

Zutta, B. R., Rundel, P. W., Saatchi, S., Casana, J. D., Gauthier, P., Soto, A., Velazco, Y., y Buermann, W. (2012). Prediciendo la distribución de Polylepis: bosques Andinos vulnerables y cada vez más importantes. *Revista Peruana de Biologia*, *19*(2), 205-212. https://doi.org/10.15381/rpb.v19i2.849

ANEXOS

Anexo A. Evidencia de sumisión del articulo a la revista Ecología Austral.

[EA] Acuse de recibo de envío

Esteban Jobbágy via Ecología Austral <noreply@ecologiaaustral.com.ar>
Mar 28/11/2023 19:58
Para:Juan Eduardo Vigo Rivera <eduardo.vigo@upeu.edu.pe>

Juan Eduardo Vigo Rivera:

Gracias por enviar el manuscrito, "El Concentración de carbono en queñuales y bofedales en las comunidades altoandinas de la provincia de Lampa-Puno, Perú" a Ecología Austral. Con nuestro sistema de gestión de revistas en línea, podrá iniciar sesión en el sitio web de la revista y hacer un seguimiento de su progreso a través del proceso editorial:

URL del manuscrito:
https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/authorDashboard/submission/2356
Nombre de usuario/a: jevr72

En caso de dudas, contáctenos a manuscritos@ecologiaaustral.com.ar

Eva L. Florio
Editora de compaginación y comunicación
Ecología Austral

Esteban Jobbágy
Este es un mail automatico, por favor no lo responda

_____ Ecología Austral - http://ojs.ecologiaaustral.com.ar

Anexo B. Copia de la inscripción del perfil de proyecto de investigación aprobado por el CF.

"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

RESOLUCIÓN N° 0250-2023/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 30 de mayo de 2023

VISTO:

El expediente de **Daniel Gomez Vilcapaza**, identificado(a) con Código Universitario N° 201121992 y **Josué Sucari Sucapuca**, identificado(a) con Código Universitario N° 201421114, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Daniel Gomez Vilcapaza** y **Josué Sucari Sucapuca**, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Concentración de carbono en queñoales y bofedales en las comunidades altoandinas de la provincia de lampa – Puno, Perú" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 30 de mayo de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado **"Concentración de carbono en queñoales y bofedales en las comunidades altoandinas de la provincia de lampa – Puno, Perú"** y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar a **Ing. Mamani Cuela Enrique como** ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera** y **MSc. Bernardino Tapia Aguilar**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.

Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA

Dr. Santiago Ramírez López
SECRETARIO ACADÉMICO

cc:
-Interesado
-Asesor
-Dirección General de Investigación
-Archivo

Anexo C. Copia de modificación de título del perfil de proyecto de investigación aprobado por el CF.

"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

RESOLUCIÓN N° 0711-2023/UPeU-FIA-CF

Lima, Ñaña, 28 de noviembre de 2023

VISTO:

El expediente de los (las) bachilleres **Josué Sucari Sucapuca** identificado(a) con código universitario N° **201421114**, **Daniel Gomez Vilcapaza** identificado(a) con código universitario N° **201121992,** de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria Nº 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la sustentación de la tesis en formato artículo;

Que el Comité Dictaminador ha emitido su dictamen aprobando el informe de tesis titulado "Concentración de carbono en queñuales y bofedales en las comunidades Altoandinas de la Provincia de Lampa-Puno, Perú", presentado por los(las) bachilleres **Josué Sucari Sucapuca, Daniel Gomez Vilcapaza** reuniendo de esta manera las condiciones previas para la declaratoria de expedito para la programación de la sustentación;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 28 de noviembre de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

1. Declarar expedito a los (las) bachilleres **Josué Sucari Sucapuca, Daniel Gomez Vilcapaza,** para que sustenten la tesis en formato artículo "Concentración de carbono en queñuales y bofedales en las comunidades Altoandinas de la Provincia de Lampa-Puno, Perú", conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Ambiental, 11 de diciembre de 2023, a las 9:00 horas, en el Auditorio Wellesley Muir.

2. Designar el Jurado de Sustentación, encargado de gestionar la sustentación respectiva, el mismo que queda constituido por los siguientes miembros:

   Presidente: MSc. Franklyn Elard Zapana Yucra
   Secretario: MSc. Loayda Abigail Condori Turpo
   Asesor: Ing. Enrique Mamani Cuela
   Vocal 1: Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera
   Vocal 2: MSc. Bernardino Tapia Aguilar

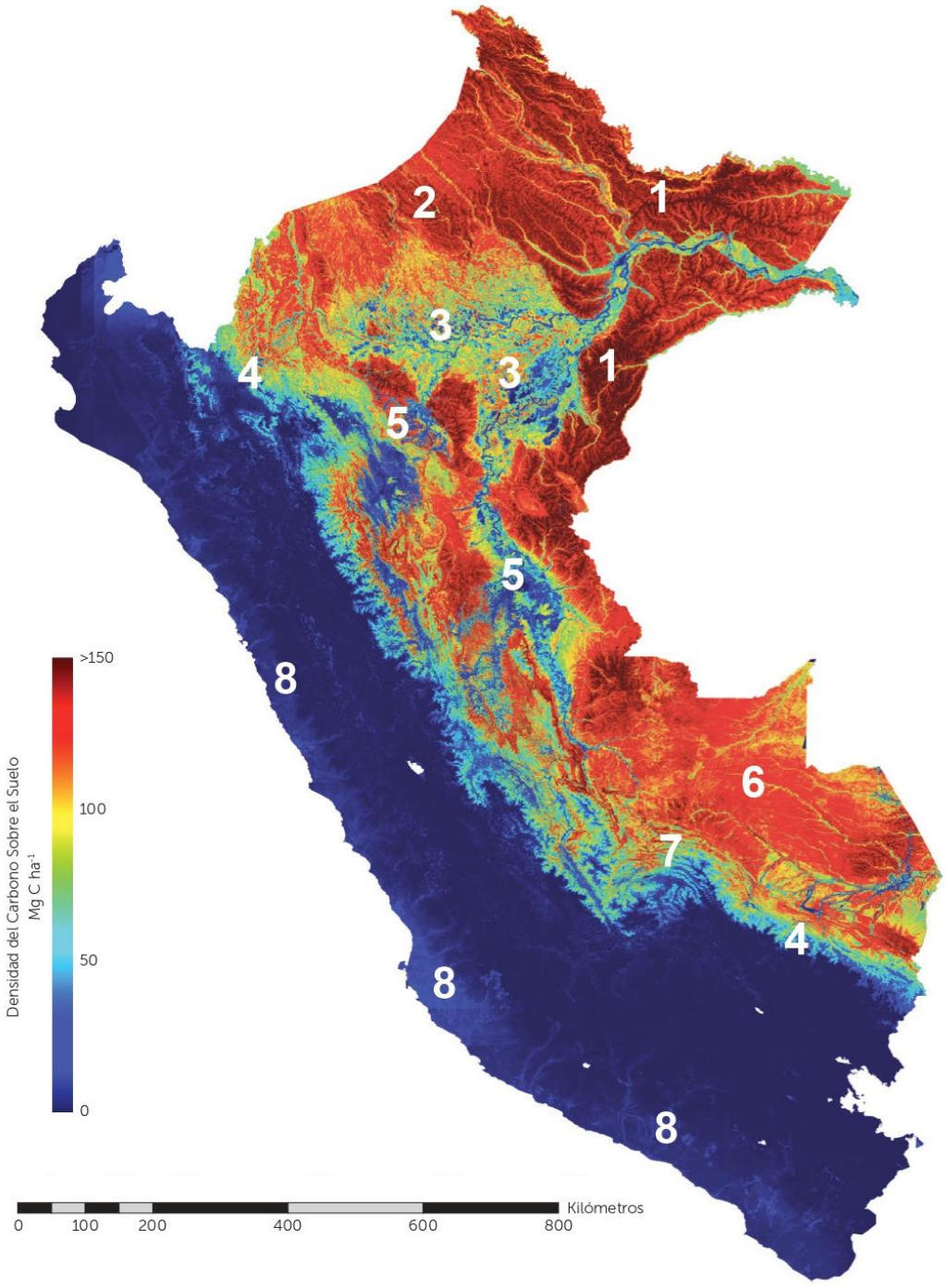
Regístrese, comuníquese y archívese.

Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA

Mg. Ketty Magaly Arellano Lino
SECRETARIA ACADÉMICA

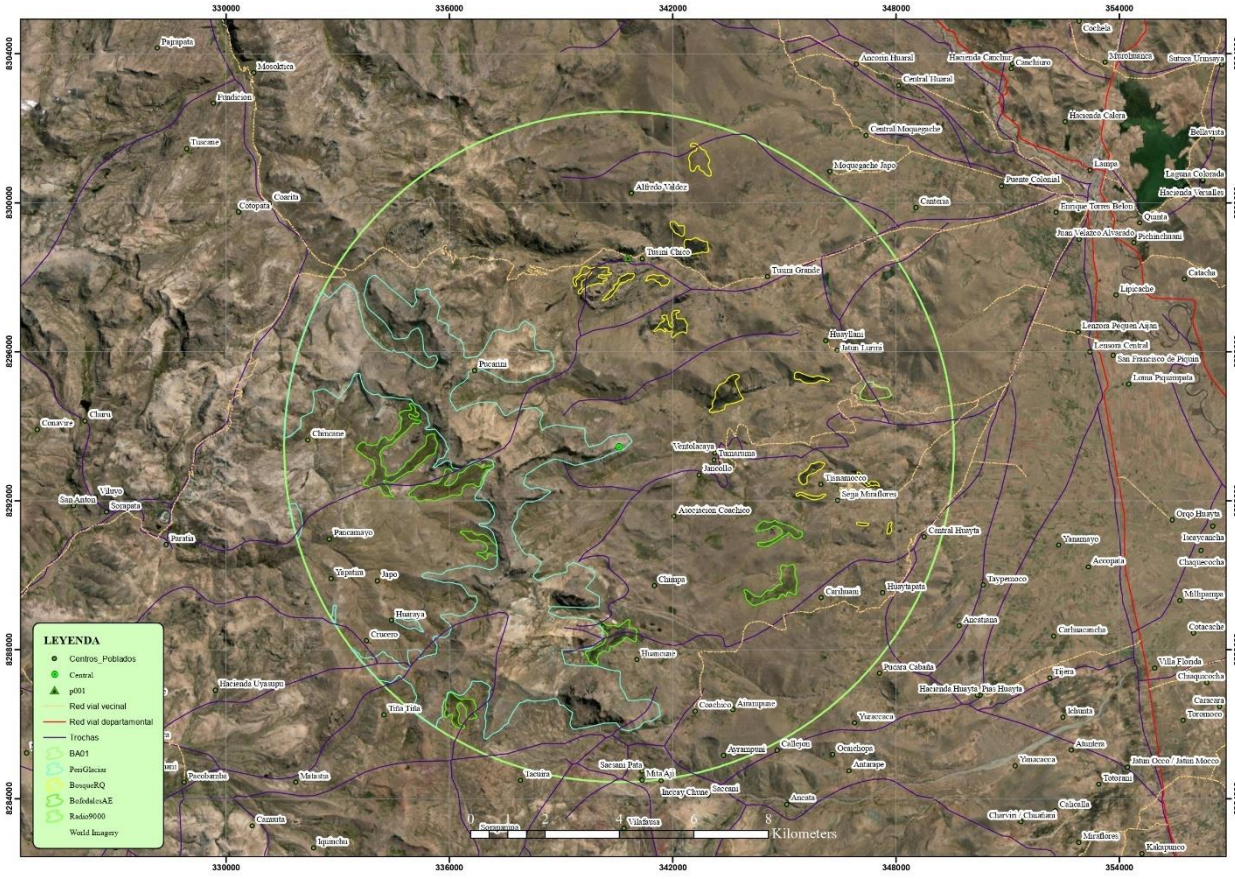
cc:
-Interesado
-Jurado (05)
-Secretaria General
-Archivo

Anexo D. Mapa de la densidad de carbono sobre el suelo del Perú.



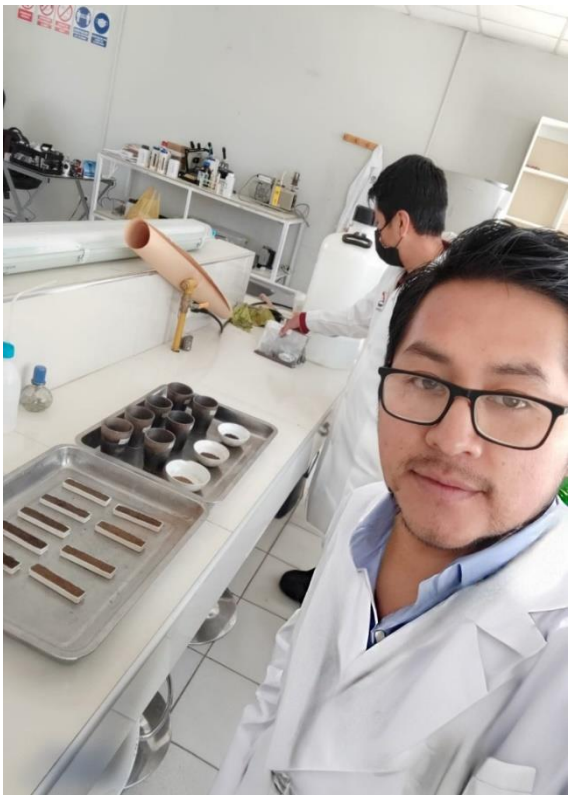
Fuente: Asner et al (2014).

Anexo E. Perímetro del área de estudio bofedal y Polylepis.



Anexo F. Área de estudio, suelo bofedal y Polylepis de la zona alta y baja.

Anexo G. Proceso de secado a 105 °C en una estufa (DP30, Enitherm) por 24 horas para remover humedad.



Anexo H. Proceso de incineración en una mufla (BINDER) a 550 °C por 4 horas, para determinar el carbono orgánico del suelo (COS).