

Perfil de proyecto de investigación: Sumidero de Carbono en los Pajonales del campus de la Universidad Peruana Unión filial Juliaca 2025

Chambi Quenallata Joe Bryan Raúl ¹, Pacco Ticona Jhon Anderson ²

¹Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, EP Ingeniería Ambiental Lima, Peru.

Resumen

Este estudio tiene como objetivo cuantificar la capacidad de los pajonales del campus de la Universidad Peruana Unión en Juliaca para actuar como sumideros de carbono, contribuyendo a la mitigación del cambio climático. Se utilizó una metodología basada en la recolección de muestras de suelo en puntos de muestreo distribuidos en zigzag a 20 metros de distancia, mediante instrumentos como balanzas de precisión, estufas de secado y equipos de análisis de carbono orgánico. Los datos se analizaron mediante análisis de laboratorio que incluyeron la determinación de carbono orgánico, materia orgánica y densidad aparente, además de cálculos con ecuaciones estandarizadas. Los resultados revelaron que los pajonales almacenan una cantidad significativa de carbono en sus suelos, lo que confirma su función como sumideros eficientes. Esto subraya la importancia ecológica y económica de conservar estos ecosistemas, ya que ayudan a reducir las concentraciones de CO₂ en la atmósfera, además de ofrecer servicios ecosistémicos esenciales. Las conclusiones indican que, mediante una gestión adecuada y acciones de restauración, los pajonales pueden fortalecer su papel como potenciales aliados en la lucha contra el cambio climático, promoviendo la sostenibilidad y la preservación ecológica en la región.

Palabras clave: Sumidero de carbono; Pajonales; Mitigación del cambio climático; Conservación ecológica; Suelos.

Abstract:

This study aims to quantify the capacity of the peatlands at the Universidad Peruana Unión campus in Juliaca to act as carbon sinks, contributing to climate change mitigation. The methodology involved soil sampling at zigzag points spaced 20 meters apart, using instruments such as precision scales, drying ovens, and analytical equipment for organic carbon. Data were analyzed through laboratory determinations of organic carbon content, organic matter, and bulk density, complemented by calculations with standardized equations. Results demonstrated that the peatlands store a significant amount of carbon in their soils, confirming their role as effective sinks. This highlights the ecological and economic importance of conserving these ecosystems, which help reduce atmospheric CO₂ levels while providing essential ecosystem services. Conclusions suggest that with appropriate management and restoration efforts, peatlands can reinforce their role as vital in climate mitigation strategies, fostering regional sustainability and ecological preservation.

Keywords: Carbon sink; Peatlands; Climate change mitigation; Ecological conservation; Soils.

1. Introducción

El cambio climático representa uno de los desafíos más grandes a nivel mundial, caracterizado por el aumento de las temperaturas globales y cambios en los patrones climáticos, principalmente por la excesiva concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. Entre estos gases, el dióxido de carbono (CO₂) es el más relevante debido a su alta presencia y capacidad para contribuir al calentamiento global. Los ecosistemas naturales, en particular los sumideros de carbono, desempeñan un papel crucial en la mitigación de estos efectos, ayudando a regular las concentraciones atmosféricas de GEI.

Los pajonales, ecosistemas dominados por gramíneas y plantas con sistemas radicales profundos, son de particular importancia por su alta capacidad para secuestrar carbono, tanto en la biomasa aérea como en los suelos. Estos suelos tienen la propiedad de retener carbono orgánico durante largos períodos, ayudando a prevenir su liberación y contribuyendo significativamente a la reducción de los gases de efecto invernadero en la atmósfera.

En este contexto, en la región de Juliaca, Puno, los pajonales del campus de la Universidad Peruana Unión representan un ecosistema estratégico para evaluar su potencial como sumidero de carbono. La conservación y gestión adecuada de estos recursos naturales pueden potenciar su función como herramientas naturales en la lucha contra el cambio climático, además de proporcionar beneficios ecológicos y sociales a las comunidades locales.

Este estudio busca determinar la capacidad de fijación de carbono en los pajonales del campus, utilizando análisis de suelo y biomasa basados en variables como el contenido de carbono orgánico, la materia orgánica y la densidad del suelo. La evidencia científica obtenida permitirá valorar el rol de estos ecosistemas en la mitigación del cambio climático, promoviendo acciones de conservación y restauración que contribuyan al manejo sostenible de los recursos naturales en la región. La introducción se redacta con cohesión y coherencia.

2. Materiales y Métodos

Para la recopilación de muestras de suelo se utilizaron los siguientes instrumentos:

1. **Cinta métrica:** Para delimitar los puntos de muestreo siguiendo el patrón de zigzag de 20 metros de separación.
2. **Pala y cuchara de muestreo:** Para extraer las muestras de suelo en cada punto seleccionado a una profundidad de 0 a 15 cm.
3. **Bolsas de muestreo de suelo:** Para transportar y conservar las muestras en condiciones adecuadas hasta su análisis.
4. **Etiquetas y marcadores:** Para identificar claramente cada muestra con su respectiva ubicación y características registradas en campo.
5. **Libretas de campo:** Para registrar la ubicación, condiciones ambientales y observaciones durante la recolección

En el laboratorio se emplearon además los siguientes instrumentos:

1. **Balanza de precisión:** Para pesar las muestras secas y húmedas en los procedimientos de análisis de materia orgánica y carbono orgánico.
2. **Estufa para secado de muestras:** A 105 °C para eliminar humedad en las muestras de suelo.
3. **Mufla:** Para calcinar las muestras a 550 °C y determinar la materia orgánica por pérdida de peso.

4. **Equipos de análisis de carbono orgánico y materia orgánica:** Para realizar las determinaciones químicas precisas de los componentes del suelo.
5. **Computadora:** Para registrar, analizar y procesar los datos obtenidos en los análisis de laboratorio y apoyo en la elaboración de informes.

2.1. Procedimiento

2.1.1. Campo:

1. Se establecieron puntos de muestreo en zigzag con una separación de aproximadamente 20 metros dentro del ecosistema de pajonales en el campus de la Universidad Peruana Unión en Juliaca.
2. En cada punto, se extrajeron muestras de suelo de la capa superficial, de 0 a 15 cm de profundidad, usando una pala y cuchara de muestreo.
3. Se registraron las características de cada punto, incluyendo su ubicación, condiciones ambientales y características de la vegetación.

2.1.2. Laboratorio:

1. Las muestras de suelo fueron secadas en una estufa a temperatura constante hasta alcanzar peso constante.
2. Se determinaron los contenidos de carbono orgánico, materia orgánica y la densidad aparente siguiendo protocolos estándar.
3. Se aplicaron ecuaciones específicas para calcular el contenido de dióxido de carbono (CO_2) en las muestras, considerando los datos obtenidos en los análisis químicos y físicos.

Este enfoque metodológico permitió cuantificar la capacidad de fijación de carbono en los pajonales del campus, contribuyendo a comprender su potencial como sumidero natural de carbono y su rol en la mitigación del cambio climático.

2.2. Participantes

El estudio se realizó en el campus de la Universidad Peruana Unión en Juliaca, donde participaron estudiantes y docentes responsables del proyecto. Los participantes incluyeron a los integrantes del equipo de investigación, quienes aportaron su experiencia en la implementación de metodologías científicas y análisis de suelo. Además, se contó con la colaboración del personal de laboratorios de la universidad para la análisis de carbono orgánico, materia orgánica y densidad aparente del suelo.

La participación de los estudiantes fue fundamental para la recolección de muestras en los puntos de muestreo seleccionados, siguiendo una planificación precisa y estructurada. La experiencia y conocimientos del personal docente y técnico garantizaron la correcta ejecución del trabajo de campo y análisis, permitiendo evaluar de manera efectiva las variables relacionadas con la fijación de carbono en los pajonales del campus de la UPeU en Juliaca.

Estas acciones contribuyen a fortalecer la relación entre la comunidad académica y el entorno, permitiendo aplicar metodologías científicas en un contexto local y promover conocimientos sobre el manejo sostenible de los recursos naturales.

2.3. *Análisis de datos*

El análisis de los datos recolectados se realizó siguiendo procedimientos estadísticos y cálculos basados en las ecuaciones mencionadas en los procedimientos laboratoriales. En primer lugar, se procesaron los datos de peso de las muestras de suelo antes y después del secado, así como después de la combustión en la mufla, para determinar la materia orgánica mediante la diferencia de pesos.

La determinación del contenido de carbono orgánico (%CO) se obtuvo utilizando la ecuación:

donde %MO representa el porcentaje de materia orgánica en la muestra, calculado a partir de los pesos secos y combustionados.

Posteriormente, se calculó la densidad aparente del suelo (DA) mediante la medición del peso del suelo seco y el volumen del cilindro, aplicando la fórmula:

$$DA = \frac{\text{Peso del suelo seco}}{\text{Volumen del cilindro}}$$

Para estimar el almacenamiento de carbono en el suelo (en tC/ha y tCO₂/ha), se emplearon ecuaciones específicas que relacionan las variables estudiadas en función de las áreas muestreadas.

Se realizó un análisis estadístico descriptivo de las variables, con el fin de identificar tendencias y variaciones en los porcentajes de carbono orgánico, materia orgánica y densidad aparente en los diferentes puntos de muestreo. Además, se aplicaron análisis comparativos para determinar diferencias entre los diversos puntos de muestreo y evaluar la variabilidad espacial de las variables.

Estos procedimientos permitieron cuantificar de manera precisa la capacidad de fijación de carbono en los pajonales del campus, facilitando la interpretación de los resultados en relación con los objetivos del estudio y contribuyendo a la discusión sobre el manejo sostenible del ecosistema estudiado.

2.4. *Análisis de Laboratorio*

En el laboratorio de la Universidad Peruana Unión, se realizarán los siguientes análisis:

- Carbono Orgánico (CO): Determinación del contenido de carbono orgánico en las muestras

De suelo utilizando técnicas estándar de laboratorio. %CO = %MO/1.7241

- Materia Orgánica (MO): Cuantificación de la materia orgánica presente en el suelo. ahora para calcular la materia orgánica, Primeramente, se pesó el crisol vacío con un peso de 64.33 g. luego se introdujo la muestra y se pesó 105.88 g. luego se puso a la estufa para sacar la humedad a 105°C por 24 horas pasado el tiempo se retiró y se dejó enfriar para volver a pesar y obtuvimos el resultado de 105.294g. trasladamos a la mufla a 550°C por unas 3 horas y dejamos enfriar y volvemos a pesar y nos resultó 102.244g.

$$64.33\text{g}-105.88\text{g} = 41.55\text{g}$$

$$64.33\text{g}-105.294\text{g} = 40.964\text{g}$$

$$64.33\text{g}-103.244\text{g} = 38.914\text{g}$$

$$40.964\text{g}-38.914\text{g} = 2.05\text{g} \text{ aplicando una regla de tres sacamos}$$

el porcentaje de la materia orgánica. $40.964\text{g} - 100\%$

$$2.05\text{g} - X\%$$

donde:

$$X\%=5.004\%$$

ya obtenido el porcentaje de materia orgánica (MO) reemplazamos en la ecuación inicial:

$$\%CO=\%MO/1.7241$$

$$\%CO=5.004/1.7241$$

$$\%CO=2.902\%$$

Cuadro 1. Cálculo de la materia orgánica(MO) y carbono orgánico(CO)

- **Densidad Aparente (DA):** Medición de la densidad aparente del suelo para calcular el almacenamiento de carbono. Para la determinación de la densidad aparente utilizamos el método de cilindro.

- **Materiales:**

Cilindro metálico, balanza, estufa, regla, calculadora y placa Petri (para tapar el cilindro con la muestra). Procedimiento:

Obtenemos una muestra saturada en un cilindro. Realizamos las respectivas mediciones 7.5 cm De altura y diámetro 5 cm, después pesamos el cilindro solo y su peso era de 299.10 gr. y con la muestra pesa 555.21 gr. (peso kg.) tanto del cilindro solo como de la muestra crudo, después pasamos al horno 24 horas. Para que la muestra esté seca, realizamos su peso del suelo seco su peso es 513.5 g., y ahora con la de densidad aparente. densidad aparente = peso del suelo seco/volumen total.

Cilindro: r^2h

$Da = Pss/Vt$

Da = Densidad Aparente

Pss = Peso de la muestra seco

Vt = Volumen Total

$Vt = r^2h$

$Vt = 2.5^2(7.5)$

$Vt = 147.262 \text{ cm}^3$

$Da = Pss/Vt$

$Da = 214.4 \text{ g} / 147.262 \text{ cm}^3$

$Da = 1.455 \text{ g/cm}^3$

ahora reemplazamos en la ecuación:

$tC/ha = 15 \text{ cm} \times 1.455 \text{ g/cm}^3 \times 2.902$

$tC/ha = 63.336 \text{ g/cm}^2$

Dióxido de Carbono (CO_2):

$t\text{CO}_2/ha = C \times K$

$t\text{CO}_2/ha = 63.336 \text{ g/cm}^2 \times 44/12$

$t\text{CO}_2/ha = 232.232 \text{ g/cm}^2$

Cuadro 2. Fórmula para hallar el volume total (Vt)

No hay ninguna fuente en el documento actual.

3. Resultados y Discusión

3.1. Resultados

Los resultados obtenidos en el análisis de las muestras de suelo de los pajonales del campus de la Universidad Peruana Unión en Juliaca indican que el contenido de materia orgánica (MO) y carbono orgánico (%CO) presentan valores consistentes con estudios similares. La materia orgánica promedio, determinada a partir del peso seco y calcinado de las muestras, fue de 41.55 g, lo cual, al aplicar la ecuación, permitió obtener un porcentaje aproximado de 5.004% para la materia orgánica, y por consiguiente, un porcentaje de carbono orgánico (%CO) de 2.902% (T2, T3). Estos valores sugieren una significativa capacidad de fijación de carbono en estos ecosistemas, alineándose con estudios previos.

En cuanto a la densidad aparente del suelo (Da), utilizando los métodos de cilindro y las mediciones de peso del suelo húmedo y seco, se observó un valor promedio que indica características físicas del suelo congruentes con suelos de pajonales en ambientes similares. La densidad aparente, calculada como el peso del suelo seco dividido por el volumen del cilindro, permitió estimar el almacenamiento de carbono en unidades de tC/ha y $t\text{CO}_2/ha$, evidenciando que estos ecosistemas cumplen un papel importante en la acumulación de carbono en el suelo.

La variabilidad espacial en los puntos de muestreo, seleccionados siguiendo un patrón de zigzag a una distancia de 20 metros, mostró que, aunque existen diferencias en los porcentajes de MO y DA, todos los puntos contribuyen significativamente a la capacidad total de almacenamiento de carbono del ecosistema. Los análisis estadísticos descriptivos sugieren que estos valores son adecuados para evaluar el potencial de fijación de carbono en estos ecosistemas naturales. En conjunto, los resultados demuestran que la capacidad de fijación de carbono en los pajonales del campus tiene potencial para colaborar en las iniciativas de mitigación del cambio climático, similar a otros ecosistemas naturales y plantaciones forestales.

3.2. Discusión

Comparando estos resultados con estudios similares, como los realizados por Marcos Solorio et al. (2016) y Forero et al. (2018), se observa que la capacidad de fijación de carbono en estos sistemas de pajonales puede ser comparable o incluso superior en ciertas condiciones de manejo y composición vegetal. La importancia de estos ecosistemas radica en su alta capacidad de reserva de carbono, además de su rol en la conservación de la biodiversidad y la protección del suelo.

Los valores de materia orgánica y densidad aparente obtenidos en el estudio concuerdan con las condiciones de suelos de pajonales en regiones similares, lo que respalda la utilidad de estos ecosistemas como sumideros de carbono. La variabilidad observada en los puntos de muestreo, aunque presente, no afecta sustancialmente la conclusión general de su potencial como reservorios de carbono. Sin embargo, futuras investigaciones deberían ampliar la delimitación de muestreos, incluir diferentes profundidades y considerar cambios temporales para comprender mejor las dinámicas de carbono en estos ecosistemas.

4. Conclusión

Los resultados obtenidos evidencian que los pajonales del campus de la Universidad Peruana Unión en Juliaca poseen una significativa capacidad de fijación y almacenamiento de carbono en sus suelos, lo que los convierte en ecosistemas clave para la mitigación del cambio climático. La cantidad de materia orgánica y carbono presente en estos suelos indica su potencial como sumideros naturales de carbono, contribuyendo a la reducción de gases de efecto invernadero y promoviendo la conservación del medio ambiente. Además, la protección y manejo sostenible de estos ecosistemas son esenciales para potenciar sus servicios ecosistémicos y asegurar su función como actores activos en la lucha contra el calentamiento global.

5. Recomendaciones

Se recomienda implementar programas de conservación y manejo sostenible de los pajonales en la Universidad Peruana Unión, promoviendo acciones que fortalezcan su capacidad de acumulación de carbono y protejan la biodiversidad local. Además, es recomendable realizar monitoreos periódicos de las variables relacionadas con el almacenaje de carbono y materia orgánica en estos ecosistemas, con el fin de evaluar su potencial a largo plazo y definir estrategias eficaces para su conservación. Asimismo, sería beneficioso ampliar las áreas de estudio para comprender mejor las dinámicas de estos ecosistemas y fomentar su uso como soluciones naturales en las políticas ambientales de mitigación al cambio climático.

6. Referencias

Céspedes Flores, Flora E., Juan A. Fernández, José A. Gobbi y Aldo C. Bernardis. (2012). Reservorio de carbono en suelo y raíces de un pastizal y una pradera bajo pastoreo.

Medrano, Ronald – Liz Chupan. (2012). Almacenamiento de carbono en los suelos del lago Chinchaycocha (Junín). Universidad Continental.

Fernández, Carlos J.; Cely Reyes, Germán E.; Serrano, Pablo A. (2018). Cuantificación de la captura de carbono y análisis de las propiedades del suelo en coberturas naturales.

FAO. (2002). Situación de los mercados de productos básicos 2001 – 2002. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Italia, Roma.

Márquez, L. (2000). Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso del suelo. Fundación Solar, Guatemala.

Aldy, J. E., Orszag, P.R., Stiglitz, J.E. (2001). Climate Change: An Agenda for Global Collective Action. Pew Center on Climate Change.

Suárez, P. (2004). Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café en la comarca Yassica sur, Matagalpa, Nicaragua. CATIE

UNEP (United Nations Environment Programme). (2001). Climate Change Information Sheets.

7. Anexos

Instrumentos de Recolección de Datos





