


Artículo original


**CAPTURA DE CARBONO EN LA ESPECIE
Tillandsia werdermannii Y *Tillandsia purpurea* EN
LAS LOMAS ARROJADERO SITUADA ENTRE
LOS DISTRITOS DE INCLÁN Y LOCUMBA,
TACNA**

CARBON CAPTURE IN THE SPECIES *Tillandsia werdermannii*
AND *Tillandsia purpurea* IN THE ARROJADERO HILLS
LOCATED BETWEEN THE DISTRICTS OF INCLÁN AND
LOCUMBA, TACNA

ANAÍZ TANIA TOLEDO GUZMÁN¹

 <https://orcid.org/0000-0001-8504-8174>

RICHARD SABINO LAZO RAMOS²

 <https://orcid.org/0000-0002-7878-7486>

Recibido: 16/10/2021

Aceptado: 02/11/2021

Publicado: 19/11/2021

^{1,2} Escuela de Ingeniería Ambiental, Universidad privada de Tacna, Tacna

E-mail: ¹anaiztania2801@gmail.com, ²ozalsomar@gmail.com



Resumen

El trabajo de investigación tuvo como finalidad calcular la captura de carbono de las especies vegetales *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia purpurea* siempre viva situada en Lomas Arrojadero en los distritos de Inclán y Locumba, Tacna. Para ello, se determinó la cantidad de carbono orgánico presente en el tejido vegetal y la cantidad de biomasa viva y necromasa almacenada en el Tillandsial. Se tomó un total de 12 parcelas de 2 m x 2 m, teniendo. La cantidad de carbono orgánico se obtuvo utilizando el método de oxidación de Schollenberger. La especie vegetal con el mayor contenido de carbono orgánico en su tejido vegetal fue *Tillandsia werdermannii* con 39,79% seguido por *Tillandsia purpurea* con 35,35 %. La especie *Tillandsia werdermannii*, almacenó la mayor cantidad de carbono en su biomasa vegetal con 1,78 t C/ha y *Tillandsia purpurea* fue la especie que almacenó menor cantidad de carbono con 1,66 t C/ha. La especie *Tillandsia werdermannii* obtuvo 136,45 kg MS/4m² como peso de la materia seca en la biomasa viva y la necromasa, mientras que *Tillandsia purpurea* obtuvo 133,64 kg MS/4m². Por lo tanto, el Tillandsial ubicado en las Lomas de Arrojadero referente a la cantidad total de biomasa viva y necromasa acumulada en la especie fue de 56,27 tn MS y la cantidad total de carbono almacenado en la biomasa viva y necromasa fue de 25,15 tn C, el cual representa una captura total estimada de 92,30 toneladas de CO₂.

Palabras clave: Biomasa total; contenido de carbono orgánico; captura de carbono; carbono almacenado; Tillandsial.

Abstract

The purpose of the research was to calculate the carbon sequestration of the plant species *Tillandsia werdermannii* and *Tillandsia purpurea* always alive located in the Arrojadero Hills in the districts of Inclán and Locumba, Tacna. For this, the amount of organic carbon present in the plant tissue and the amount of living biomass and necromass stored in the Tillandsial were determined. A total of 12 plots of 2 m x 2 m were taken, bearing. The amount of organic carbon was obtained using the Schollenberger oxidation method. The plant species with the highest content of organic carbon in its plant tissue was *Tillandsia werdermannii* with 39.79% followed by *Tillandsia purpurea* with 35.35%. The *Tillandsia werdermannii* species stored the highest amount of carbon in its plant biomass with 1.78 t C / ha and *Tillandsia purpurea* was the species that stored the least amount of carbon with 1.66 t C / ha. The species *Tillandsia werdermannii* obtained 136.45 kg DM / 4m² as weight of dry matter in living biomass and necromass, while *Tillandsia purpurea* obtained 133.64 kg DM / 4m². Therefore, the Tillandsia located in the "Arrojadero Hills" referring to the total amount of living biomass and necromass accumulated in the species was 56.27 tn DM and the total amount of carbon stored in the living biomass and necromass was 25.15 tn C, which represents an estimated total sequestration of 92.30 tons of CO₂.

Keywords: Total biomass; organic carbon content; carbon capture; stored carbon; Tillandsial.

1. Introducción

El cambio climático es el mayor desafío que afronta el mundo por la meteorología cambiante, desde la amenaza de la producción de alimentos hasta el aumento del nivel del mar, que incrementa el riesgo de inundaciones catastróficas. Los efectos del cambio climático son de alcance mundial y de una escala sin precedentes. (Naciones Unidas, 2019). Estos desafíos pueden progresar de manera sólida mediante la captura de carbono a través de la biomasa de especies forestales la cual disminuye la tasa de enriquecimiento del CO₂ atmosférico al resarcir las emisiones de combustibles fósiles.

Perú está comprometido con reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en 30 %, debido a que este aumento de gases de efecto invernadero resultan de la tala indiscriminada en los bosques, siendo indispensable realizar acciones específicas y activas a favor del crecimiento de la forestación y así evitar el incremento del calentamiento global (Pécastaing et al., 2018).

Las formaciones vegetales como la especie *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia purpurea* en las Lomas Arrojadero forman un ecosistema único, característico del desierto de Tacna y tienen una gran importancia ecológica por su capacidad de capturar carbono y por ser una fuente de preservación de la biodiversidad. Además, la especie *Tillandsia werdermannii* se encuentra en proceso de extinción por la intervención humana, la cual está protegida por el estado peruano con el Decreto Supremo N° 043-2006-AG. Por ello, se fomenta el adecuado desarrollo forestal sustentable para la reducción de emisiones de dióxido de carbono, donde resulta vital evaluar este servicio ambiental con la finalidad de conocer su capacidad de captura de carbono de las especies del género *Tillandsia*.

En la actualidad, existen pocos estudios referentes a la captura de carbono realizados especies del Género *Tillandsia*, por tanto, se desconoce el valor potencial de contenidos de carbono de las especies *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia purpurea*. Así mismo, es necesario establecer parámetros de los modelos alométricos existentes para cada especie. En tal sentido, el presente estudio cumple con el objetivo de emplear ecuaciones alométricas con el propósito de determinar y dar a conocer la cantidad de carbono capturado en la biomasa no arbórea de las dos especies del Género *Tillandsia* situada en Lomas Arrojadero entre los Distritos de Inclán y Locumba, en la Región Tacna.

2. Objetivo

Por lo descrito, es importante conocer la captura de carbono de las especies del género *Tillandsia*, el objetivo principal del estudio es evaluar la captura de carbono en la especie *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia purpurea* siempre viva en las Lomas Arrojadero situada entre los distritos de Inclán y Locumba, Tacna.

3. Metodología

Las unidades de muestro se establecieron según la tabla 1, según coordenadas que están ubicadas en las Lomas de Arrojadero, en el distrito de Sama Inclán, en la región Tacna, Perú.

Tabla 1

Coordenadas UTM WGS84. Zona19S de muestreo en las Lomas Arrojadero

| N° | Posición campo | | Altura (m.s.n.m) |
|----|----------------|---------|------------------|
| | Este | Norte | |
| 1 | 328526 | 8041919 | 898 |
| 2 | 328351 | 8042262 | 900 |
| 3 | 329279 | 8042581 | 926 |
| 4 | 328722 | 8042629 | 930 |
| 5 | 329484 | 8043091 | 943 |
| 6 | 328979 | 8043209 | 959 |
| 7 | 329328 | 8043775 | 996 |
| 8 | 330032 | 8044033 | 974 |
| 9 | 329811 | 8044294 | 999 |
| 10 | 329448 | 8044299 | 1000 |
| 11 | 329640 | 8044664 | 1007 |
| 12 | 330273 | 8044435 | 1015 |

El tamaño de muestra se estableció en función al error de muestreo requerido en el estudio (CATIE, 2002). Para el cálculo se utilizó un error de muestreo del 15 % sobre el valor promedio de carbono con un nivel de confiabilidad del 95 %. Según Pearson et al., (2005) para este tipo de estudio, se considera adecuado el uso de un error de 10 al 20 % sobre el valor promedio de carbono. Se realizó el cálculo a través de la siguiente ecuación:

Fórmula para un único estrato.

$$n = \frac{(N*s)^2}{\frac{(N^2*E)^2}{t^2} + N*s^2} \quad (1)$$

Donde:

n: número de parcelas

E: error permitido (promedio x nivel de precisión seleccionado). Como fue visto en el paso anterior, el nivel de precisión recomendado es de $\pm 10\%$ (0,1) del promedio, pero puede llegar a $\pm 20\%$ (0,2).

t: muestra estadística de la distribución t para un nivel de 95% de confianza (generalmente se utiliza 2 como número de muestra).

N: número de parcelas en el área del estrato (área del estrato dividido por el tamaño de la parcela en ha).

s: desviación estándar del estrato h.

La distribución de las muestras se realizó de forma proporcional a la variación de cada estrato. El tamaño del área de muestra comprendió una superficie muestreada de 294.90 ha

m² y una intensidad de muestreo menor al 1%. La distribución de las unidades de muestreo en los estratos se definió de la siguiente forma

Tabla 2

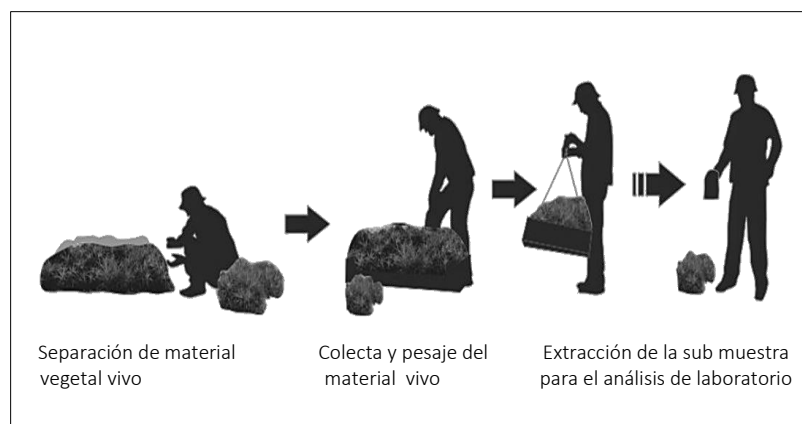
Distribución de las muestras para la medición de la biomasa en Tillandsia werdermannii y Tillandsia purpurea, siempre viva, en Lomas Arrojadero

| | Estrato 1 |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| Ubicación | Distritos de Inclán y Locumba |
| Área (ha) | 0,02949 |
| Tamaño de Parcela (m ²) | 4 |
| Numero de parcelas | 12 |

Para la medición de la biomasa viva se utilizaron parcelas cuadradas de 2 m x 2 m de igual tamaño para cada estrato. La materia viva dentro de la parcela fue cortada, colectada y pesada con la ayuda de una balanza digital hasta obtener el peso húmedo de la muestra (MacDicken 1997; Matteucci y Colma 1982; Rüginitz et al., 2009). Para esta medición se utilizó una plataforma en forma de caja (55 x 84 x10 cm) para el pesaje de todas las muestras. De cada muestra seleccionada se extrajo una submuestra de 100 g para la determinación de la humedad y el contenido de carbono orgánico en el tejido vegetal del género *Tillandsia*. Todas las submuestras colectadas fueron embolsadas en papel y etiquetada debidamente mediante un código de identificación para ser analizadas en el laboratorio. En cada punto de muestreo se registró la altura, la topografía del terreno, la pendiente y la especie perteneciente de la muestra. Una vez terminada el proceso de medición, todas las muestras colectadas fueron devueltas y colocadas en el mismo lugar donde se encontró.

Figura 1

Pasos para la medición de la biomasa viva sobre el suelo



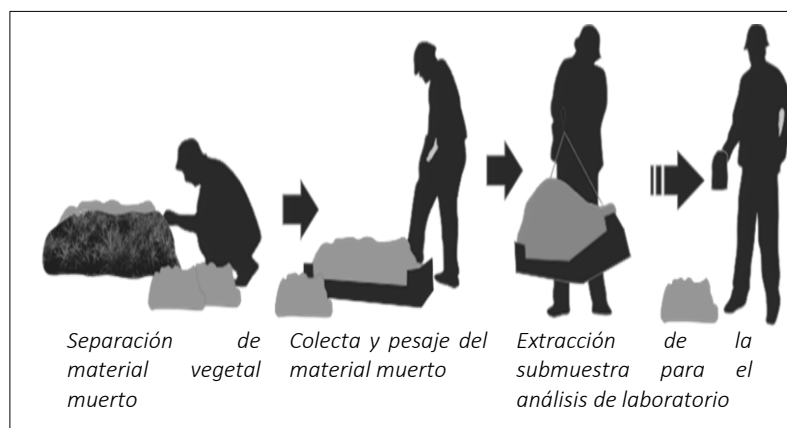
Medición de la necromasa sobre el suelo

Para la medición de la necromasa, se utilizó las mismas parcelas (2 m x 2 m) establecidas para la medición de la materia viva. Toda la materia muerta encontrada en la parcela fue colectada y pesada con la ayuda de una plataforma con la balanza digital se obtiene el peso húmedo de la muestra (Rügnitz et al., 2009).

De cada muestra seleccionada se extrajo una submuestra de 50 g de tejido vegetal en diferentes estados de desintegración determinando el contenido de carbono orgánico en este componente y la húmeda. El manejo de las submuestras se realizó siguiendo los mismos procedimientos descritos para el muestreo de la biomasa viva.

Figura 2

Pasos para la medición de la necromasa sobre el suelo



Determinación de la materia seca o peso seco

La materia seca se determinó utilizando una muestra representativa del material vegetal extraída (hojas y tallos) del muestreo de las especies del género *Tillandsia*. Esta muestra extraída fue cortada en pequeños trozos y dividida hasta obtener un tamaño deseado. Una vez obtenida la muestra fue pesada (10 a 15 g) y secadas en estufa a una temperatura de 70 a 80 °C por 24 horas hasta obtener un peso constante (MacDicken, 1997). El cálculo se realizó utilizando la siguiente ecuación 2 y 3:

Para el porcentaje de humedad (Paneque *et al.* 2010):

$$\% \text{ Humedad} = (PH_s - PS_s) \times 100 \quad (2)$$

Para el peso seco:

$$PS \text{ submuestra} = PH_s \times (100 - H\%) \quad (3)$$

Donde:

PH_s: Peso húmedo de la submuestra

PS_s: Peso seco de la submuestra

H%: Porcentaje de humedad de la submuestra

Estimación de la biomasa total de las especies de *Tillandsia*

La biomasa total se calculó a partir de la sumatoria de todas las muestras de materia seca de cada componente de biomasa (biomasa viva y necromasa). Este valor se expresó en toneladas de materia seca por hectárea y se determinó para las especies del género *Tillandsia*. El cálculo se realizó utilizando la ecuación 4:

$$B = ((\sum MS / n^{\circ} \text{muestras}) / 1\ 000) \times (10\ 000 \text{ m}^2 / 4 \text{ m}^2) \quad (4)$$

Biomasa total del *tillandsial*:

$$\mathbf{BT} = B_{\text{biomasa viva}} + B_{\text{necromasa}} \quad (5)$$

Donde:

MS: Materia seca de la muestra de cada componente de la biomasa del género *Tillandsia* (kg MS/4 m²)

Factor 1 000: Conversión de las unidades de la muestra de kg MS a t MS

Factor 10 000: Conversión del área a hectárea

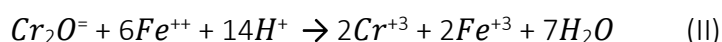
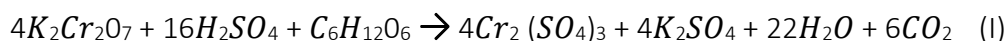
BT: Biomasa total de las especies de *Tillandsia* por hectárea (t MS/ha)

B: Biomasa de cada componente (t MS/ha)

Determinación del contenido de carbono orgánico

El contenido de carbono orgánico en las muestras de tejido vegetal se determinó mediante el método (Schollenberger, 1927) descrito por (Aristizabal y Guerra, 2002). Este método analítico se basa en la oxidación de carbono orgánico por acción de dicromato del potasio (K₂Cr₂O₇) y ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄) y en presencia de una fuente externa de calor (155 °C) que mejora el nivel de oxidación del carbono. El dicromato en exceso no utilizado en la oxidación, es determinado por titulación con una solución de sulfato ferroso de 0,1 N. La cantidad del carbono oxidado es calculada cuantificando la cantidad de ácido crómico reducido.

Reacción de óxido-reducción del carbono



Preparación de la muestra vegetal

Las muestras colectadas en el muestreo como hojas y tallos fueron limpiadas con agua destilada, cortadas en pequeños trozos y secadas en estufa a 70 °C por 24 horas. Luego, fueron molidas finamente con un mortero hasta obtener partículas iguales o menores a 0,5 mm. Las

muestras secadas, molidas fueron colocadas en un recipiente de plástico y almacenadas a temperatura ambiente para su análisis. (McKean 1993; Paneque, 2010; Sadzawka, 2007).

Procedimiento

En una luna de reloj, se pesó 0,015 g de la muestra finamente molida y secada. Luego, se transfirió a un tubo de ensayo de 150 ml. Se añadió 0,2 g de dicromato de potasio y 4 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se tuvo que agitar durante un minuto hasta obtener una mezcla homogénea.

Se tomó los tubos con una pinza y se calienta a temperatura de 155 °C por un tiempo de 10 minutos. Luego se dejó enfriar durante un periodo de 10 minutos. Una vez enfriada a temperatura ambiente se transfirió a una fiola de 100 ml y se enrasó con agua destilada.

Se tomó una alícuota de 20 ml y se transfirió en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. Se añadió 4 gotas de indicador ferroína y se tituló con la solución de sulfato ferroso 0,1 N hasta que el color del contenido cambie de verde brillante a rojo. Se anotó la cantidad de mililitros gastada de la solución ferrosa en la valoración (Aristizabal y Guerra, 2002).

Cálculo

La cantidad de dicromato que fue usada y la cantidad de dicromato en exceso se obtiene, por diferencia, la cantidad de carbono oxidado. La cantidad de miliequivalentes de dicromato utilizado en la reacción corresponde a los miliequivalentes de carbono oxidado. Para convertir los miliequivalentes de carbono oxidado en gramos de carbono se multiplicará el valor por 3/1000 que equivale el peso equivalente de carbono entre 1000. El contenido de carbono orgánico se calculó asumiendo que se logra una oxidación del 100% del carbono en la muestra. El contenido de carbono orgánico en la muestra se calculó mediante la ecuación 6.

$$\%C = \frac{(\text{meq.de } K_2Cr_2O_7 \text{ usado} - \text{meq.de } K_2Cr_2O_7 \text{ exceso}) \times 0,003}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100 \quad (6)$$

Donde:

meq. $K_2Cr_2O_7$ usado: Cantidad de dicromato utilizado en la prueba en expresado en miliequivalentes.

meq. $K_2Cr_2O_7$ exceso: Cantidad de dicromato en exceso no utilizado en la reacción expresado en miliequivalentes.

Peso de la muestra: Peso expresado en gramos.

Factor 0,003: Para convertir miliequivalentes de carbono oxidado a gramos.

Factor 100: Para convertir el valor en porcentaje.

Con los datos obtenidos se estableció un promedio del contenido de carbono por especie con la finalidad de determinar la cantidad de carbono almacenado en la biomasa de la comunidad del Género *Tillandsia*. Para determinar este valor, se colectaron y analizaron un total de 24 muestras al azar. Todas las muestras de tejido vegetal colectadas fueran analizadas por completo sin hacer una diferenciación entre los diferentes tejidos de la planta del Género

Tillandsia (ejm. hojas, tallos y raíces).

Estimación de la cantidad de carbono almacenado en la biomasa del género *Tillandsia*

Estimación de la cantidad de carbono en la muestra

La cantidad de carbono almacenado en la muestra se calculó multiplicando la fracción de carbono obtenida en el análisis por la cantidad de materia seca determinada en la muestra (Rügnitz, Chacón, y Porro, 2009).

Este cálculo se realizará a través de la siguiente ecuación:

$$C_m = MS \text{ muestra} \times CF \quad (7)$$

Donde:

C_m : Cantidad de carbono contenida en la muestra (kg C/ 4m²).

MS muestra: Cantidad de materia seca presente en la muestra (kg MS/4 m²).

CF: La fracción de carbono determinada en el laboratorio para cada especie.

Estimación de la cantidad de carbono almacenado en la biomasa total del género *Tillandsia* por hectárea

Se determinó sumando la cantidad de carbono almacenada de todas las muestras. Este valor se expresó en toneladas de carbono por hectárea convirtiendo de kilogramo en toneladas de carbono y de metro cuadrado en hectáreas. Este cálculo se realizó a través de la ecuación 8:

$$C_B = \left(\frac{\sum C_{mi}}{n \text{ muestras}} \right) * \left(\frac{1000m^2}{4m^2} \right) \quad (8)$$

Cantidad de carbono almacenado en la biomasa total de las especies de *Tillandsia*:

$$CT = CBiomasa \text{ viva} + Cnecromasa \quad (9)$$

Donde:

C_B : La cantidad de carbono almacenado en cada componente de biomasa de las especies de *Tillandsia*.

CT : Cantidad de carbono almacenado en la biomasa total de las especies de *Tillandsia* (tn C/ha).
 $\sum C_{mi}$: Sumatoria de la cantidad de carbono de todas las muestras de cada componente de la biomasa de las especies de *Tillandsia* (kg C/4 m²).

Factor 1 000: conversión de las unidades de la muestra de kg MS a tn MS.

Factor 10 000: Conversión del área a hectárea.

Estimación de la cantidad de CO₂ capturado en la biomasa de las especies de *Tillandsia*

Se obtuvo las toneladas de carbono almacenado en la biomasa, esto se multiplicó por 44/12, que representa la relación del peso molecular del CO₂ entre el peso molecular del carbono para determinar la cantidad de CO₂ absorbido o capturado por la biomasa de las especies de *Tillandsia* (IPCC 2003). Con base en esta conversión una tonelada de carbono equivale a 3,67 toneladas de CO₂ capturado.

$$CO_2 = C_{total} \times 3,67 \quad (10)$$

Donde:

CO₂: CO₂ capturado o absorbido por la biomasa vegetal.

C_{total}: La cantidad total de carbono almacenado en la biomasa vegetal del género *Tillandsia* (tn C).

4. Resultados

Contenido de carbono orgánico en el tejido vegetal

Los resultados del contenido de carbono vegetal se muestran en la tabla 3, en ella se expresan en términos de carbono orgánico. Por otro, lado el contenido de carbono orgánico en la necromasa se muestra en la tabla 4.

Tabla 3

Contenido de carbono orgánico de la Biomasa Viva

| Muestra | Carbono (%) |
|---------|-------------|
| BV-001 | 37,4 |
| BV-002 | 43,6 |
| BV-003 | 43,5 |
| BV-004 | 38,4 |
| BV-005 | 43,2 |
| BV-006 | 39,6 |
| BV-007 | 36,4 |
| BV-008 | 43,4 |
| BV-009 | 36,0 |
| BV-010 | 38,0 |
| BV-011 | 38,2 |
| BV-012 | 34,6 |

Tabla 4*Contenido de carbono orgánico en la Necromasa*

| Muestra | Carbono (%) |
|---------|-------------|
| NM-001 | 50,18 |
| NM-002 | 45,08 |
| NM-003 | 39,98 |
| NM-004 | 43,71 |
| NM-005 | 34,10 |
| NM-006 | 29,79 |
| NM-007 | 44,69 |
| NM-008 | 36,85 |
| NM-009 | 20,97 |
| NM-010 | 10,19 |
| NM-011 | 33,32 |
| NM-012 | 39,40 |

El contenido de carbono orgánico promedio en los puntos de muestreo de la biomasa viva, según la ecuación 6, es de 35,35 %.

Determinación del contenido de carbono orgánico

Como se muestra en la tabla 5, el contenido de carbono orgánico entre las especies del género *Tillandsia* estudiadas fluctuó entre 39,79 % y 35,35 % en promedio. Entre las especies evaluadas, *Tillandsia werdermannii* presentó el mayor contenido de carbono orgánico en las muestras de tejido vegetal con 39,79 %, mientras que *Tillandsia purpurea* tendría como resultado menor con 35,35 %.

Tabla 5*Contenido de carbono orgánico en el tejido vegetal en las especies del género Tillandsia en Lomas Arrojadero*

| Especie | n | Media (%C) | Grupos Homogéneos |
|--------------------------------|---|------------|-------------------|
| <i>Tillandsia werdermannii</i> | 6 | 39,79 | A |
| <i>Tillandsia purpurea</i> | 6 | 35,35 | B |

Nota. n= Tamaño de muestra. GH= Grupos Homogéneos

Estimación de la cantidad de carbono almacenado en la biomasa total de las especies de *Tillandsia* por hectárea

Con los valores obtenidos del carbono total, almacenado por el tipo de muestra, se puede obtener la cantidad de carbono total que almacenan en la comunidad del género *Tillandsia* en las Lomas Arrojadero. Estos resultados son expresados en toneladas de carbono por hectárea (Tn C/ha).

Tabla 6

Resumen del carbono total en el tejido vegetal

| Tipo de Muestra | Carbono Total(Tn C/ha) |
|--------------------------|------------------------|
| Biomasa Viva | 13,92 |
| Necromasa | 11,22 |
| Carbono Total almacenado | 25,15 |

El carbono orgánico total almacenado en las especies de *Tillandsia* en las Lomas Arrojadero es el resultado de los sumatoria de los 2 tipos de muestras en relación a la ecuación N° 8, obteniendo así un total de 25,15 Tn C/ha.

Estimación de la cantidad de CO₂ capturado por la biomasa de las especie de *Tillandsia*

De acuerdo a la fórmula presentada por Palomino (2007) y Alvis (2017), para la cuantificación de CO₂ almacenado, se multiplica el valor obtenido del carbono orgánico total expresado en TnC/ha por un valor constante (kr) de 44/12 y da como resultado una fijación de 92,30 TnCO₂/ha en las especies del género *Tillandsia* en las Lomas Arrojadero.

Al hacer el análisis de varianza, se evidenció que de la cantidad de carbono acumulado respecto a la biomasa viva en las especies del género *Tillandsia* en las Lomas Arrojadero no existen diferencias significativas entre la cantidad de carbono en la parte de la biomasa viva de ambas especies, con un nivel de significancia del 95 % (p-valor =0,3339). También sucede lo mismo al no existir diferencia significativa entre la cantidad de carbono en la parte de la necromasa de ambas especies de *Tillandsia* con un nivel de significancia del 95 % (p-valor =0,4835).

5. Discusión

Los resultados obtenidos muestran una variabilidad en el contenido de carbono orgánico entre las especies de *Tillandsia werdermannii* con 39,79 %, seguido por *Tillandsia purpurea* con 35,35 %, resultó significativamente menor. Las variaciones en el contenido de

carbono entre las especies también han sido citadas por otros autores como Chino (2018) evaluó el servicio ambiental de captura y almacenamiento de carbono en la comunidad de Tillandsial (Bromeliaceae) en las Pampas de Cerro Intiorko. Entre las especies de la comunidad tillandsial, se encontró que *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia landbeckii* fueron las especies con el mayor y el menor contenido de carbono orgánico en el tejido vegetal con 43,13 % y 38,40 % respectivamente.

Por otra parte, la cantidad promedio de carbono almacenado en la biomasa vegetal fue 25,15 tn C/ha. La cantidad total de carbono almacenado en el área fue 852,90 tn C. En tanto Maquera (2017) reportó la captura de carbono en los rodales de eucalipto, ciprés y pino del CIP Camacani en el distrito de Platería - Puno compuesto por diferentes especies forestales dando a conocer la producción de biomasa del eucalipto, pino y ciprés fue de 2 411,82 tn, 869,90 tn y 473,22. Capturó una mayor cantidad de eucalipto con 1 260,55 tn de C, luego de pino con 489,48 tn de C y ciprés con 320,25 tn de C. La suma recopilada fue de 2 070,28 tn de C capturado.

Además, la cantidad de carbono que se encontró en el depósito de raíz resultó ser menor que en el suelo. De los cuatro depósitos evaluados, se encontró gran cantidad de carbono para la comunidad Junco *Schoenoplectus americanus* P. Ampuero (2018) reportó la siguiente tendencia en los depósitos: suelo > raíz > hojarasca > herbácea. La cantidad de carbono total del junco en la zona de crecimiento natural es de 305,37 tnC/ha, que equivale a 1120,70 tn CO₂/ha. En el actual estudio sobre la capacidad de captura de CO₂, la cantidad total de carbono almacenado en la biomasa viva y necromasa del Tillandsial es de 25,15 tn C, que representa una captura estimada de 92,30 toneladas de CO₂

6. Conclusiones

Entre las especies evaluadas con el mayor contenido de carbono orgánico en el tejido vegetal es *Tillandsia werdermannii* con 39,79 % seguido por *Tillandsia purpurea* con 35,35 %. En la especie *Tillandsia werdermannii* almacena la mayor cantidad de carbono en la biomasa vegetal con 1,78 tn C/ha. Por su parte, *Tillandsia purpurea* es la especie que almacena la menor cantidad de carbono con 1,66 tn C/ha.

El peso de la materia seca en la biomasa viva y la necromasa de la especie *Tillandsia werdermannii* es de 136,45 kg MS/4m², mientras que el peso de la materia seca en la biomasa viva y la necromasa de la especie *Tillandsia purpurea* es de 133,64 kg MS/4 m².

La cantidad total de biomasa viva y necromasa acumulada en la especie de Tillandsial en las Lomas de Arrojadero es de 56,27 tn MS y la cantidad total de carbono almacenado en la biomasa viva y necromasa del Tillandsial es de 25,15 tn C, que representa una captura estimada de 92,30 toneladas de CO₂.

Referencias Bibliográficas

Ampuero, W. (2018). "Estimación Del Carbono Almacenado En La Comunidad Del Junco (*Schoenoplectus Americanus*) Bajo Dos Escenarios de Crecimiento En El Humedal Costero

Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa.”

- Aristizabal, J, and A Guerra. 2002. “Estimación de La Tasa de Fijación de Carbono En El Sistema Agroforestal Nogal Cafetero (Cordia Alliodora) - Cacao (Theobroma Cacao L.)- Plátano (Musa Paradisiaca).” Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. <http://www.sidalc.net/repdoc/A4836e/A4836e.pdf>.
- Chino C., Elisban A. (2018). “Evaluación Del Servicio Ambiental de Captura Y Almacenamiento de Carbono En La Comunidad de TillandsiaL (Bromeliaceae) En las pampas de cerro Intiorko en la provincia de Tacna, 2016.” universidad nacional Jorge Basadre Grohmann.
- IPCC. (2003). “Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry.” 2013. “Resumen Para Responsables de Políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases Físicas, Contribución Del Grupo de Trabajo I Al Quinto Informe de Evaluación Del Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre El Cambio Climático.”
- MacDicken, K.G. (1997). “A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects.Forest Carbon Monitoring Program.” : 87. [http://www.forestry.gov.cn/uploadfile/thw/2010-1/file/Winrock International.df%0A](http://www.forestry.gov.cn/uploadfile/thw/2010-1/file/Winrock%20International.pdf).
- Matteucci, S, and A Colma. (1982). “Metodología Para El Estudio de La Vegetación.”
- McKean, J. S. (1993). “Manual de Análisis de Suelos y Tejido Vegetal: Una Guía Teórica y Práctica de Metodologías.”
- Naciones Unidas. (2019). Cambio Climático. <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climatechange/index.html>.
- Paneque, V (2010). “Manual de Técnicas Analíticas Para Análisis de Suelo, Foliar, Abonos Orgánicos y Fertilizantes Químicos.” http://mst.ama.cu/578/1/folleto_suelos.pdf.
- Pécastaing, N, J Dávalos, and A Inga. (2018). “The Effect of Peru’s CDM Investments on Households’ Welfare: An Econometric Approach.” Energy Policy, 123(August): 198–207.
- Sadzawka, A. (2007). “Método de Análisis de Tejidos Vegetales.” In Santiago,Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias-INIA, 140.
- Schollenberger, C. J. 1927. “A Rapid Approximate Method for Determining Soil Organic Matter.”