

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**“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”**

**PARA OPTAR:**  
**TITULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**  
**BACH. ANAIZ TANIA TOLEDO GUZMAN**

**TACNA - PERÚ**

**2020**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**Tesis**

**“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”**

**Tesis sustentada y aprobada el 09 de enero de 2021; estando el jurado calificador integrado por:**

**PRESIDENTE:**

\_\_\_\_\_

**MSc. José Oswaldo Cazorla Galdos**

**SECRETARIO:**

\_\_\_\_\_

**Ing. Anabel del Rosario Crisosto Fuster**

**VOCAL:**

\_\_\_\_\_

**MSc. German Mamani Aguilar**

**ASESOR:**

\_\_\_\_\_

**Dr. Richard Sabino Lazo Ramos**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo ANAIZ TANIA TOLEDO GUZMAN, en calidad de bachiller de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI N° 72958465.

### Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor (a) de la tesis titulada:  
"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" la misma que presento para optar el: **Título Profesional de Ingeniero Ambiental**
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 09 de enero del 2021



---

Anaiz Tania Toledo Guzman  
DNI N° 72958465

## **DEDICATORIA**

A Dios, por guiar mi camino, darme salud y sobre todo sabiduría en el transcurso de mi vida.

A mi mama Beatriz y a mi hermano Cristhian que gracias a su apoyo incondicional pude cumplir un logro más en mi vida, que sin importar los obstáculos hemos salido adelante juntos.

A mi mamita Elena por todo su cariño , comprensión , para mi papito Marcelino, que desde el cielo me da fortaleza para seguir día a día.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia que siempre me brindó su apoyo y su amor incondicional. A mi mama Beatriz que no solo me proporcionó su sostén económico cuando más lo necesité durante mis estudios universitarios, sino que, con sus sabios consejos, nunca permitió que me rinda en este largo proceso. A mi mamita Elena que me ha dado todo su amor y confianza que he necesitado de ella.

A mi asesor de tesis Dr. Lazo Ramos Richard por todo su apoyo , orientacion , paciencia y por compartir sus valiosos conocimientos para desarrollar el presente trabajo de investigación.

Al Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) por atender, mediante la Resolución de Dirección General N° D000160-2020-MINAGRI-SERFOR-DGGSPFFS, otorgando la Autorización con fines de investigación científica de flora silvestre con colecta para realizar análisis de carbono.

## CONTENIDO

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
RESUMEN .....	X
ABSTRACT .....	XI
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1. <i>Formulación del problema general</i> .....	3
1.2.2. <i>Formulación de los problemas específicos</i> .....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.3.1. <i>Justificación</i> .....	3
1.3.2. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.3.3. <i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.4. HIPÓTESIS.....	4
1.4.1. <i>Hipótesis general</i> .....	4
CAPÍTULO II .....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. ANTECEDENTES.....	5
2.1.1. <i>Ámbito Internacional</i> .....	5
2.1.2. <i>Ámbito Nacional</i> .....	5
2.1.3. <i>Ámbito Local</i> .....	7
2.2. BASES TEÓRICAS.....	8
2.2.1. <i>Ciclo de Carbono</i> .....	8
2.2.2. <i>Captura de Carbono</i> .....	11
2.2.3. <i>Proceso de la fotosíntesis</i> .....	11
2.2.4. <i>Almacenamiento y flujo de carbono</i> .....	11
2.2.5. <i>Secuestro de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</i> .....	12
2.2.6. <i>Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y su rol en el cambio climático</i> .....	13
2.2.7. <i>Inventario de gases de efecto invernadero en el Perú</i> .....	14
2.2.8. <i>Género Tillandsia</i> .....	15

2.2.9. Taxonómica del Género <i>Tillandsia</i> .....	16
2.2.10. Descripción botánica de la especie <i>Tillandsia</i> .....	17
2.2.11. Servicios de los Ecosistemas .....	19
2.2.12. Normativa ambiental de la especie <i>Tillandsia</i> .....	20
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	22
CAPÍTULO III .....	25
MARCO METODOLÓGICO .....	25
3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	25
3.2. POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO .....	25
3.1.1. Población de estudio.....	25
3.1.2. Tipo de muestreo .....	26
3.1.3. Unidades de muestreo .....	26
3.1.4. Tamaño de la muestra.....	27
3.3. ACCIONES Y ACTIVIDADES.....	28
3.2.1. Metodología de la Investigación .....	28
3.4. MATERIALES Y/O INSTRUMENTOS.....	36
3.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	38
CAPÍTULO IV .....	39
RESULTADOS .....	39
4.1. RESULTADO DEL CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO EN EL TEJIDO VEGETAL. ....	39
4.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO EN LAS ESPECIES DEL TILLANDSIAL EN LAS LOMAS ARROJADERO. ....	40
4.3. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO ALMACENADO EN LA BIOMASA TOTAL DEL TILLANDSIAL .POR HECTÁREA. ....	41
4.4. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CO <sub>2</sub> CAPTURADO POR LA BIOMASA DEL TILLANDSIAL. ....	41
4.5. ANÁLISIS DE LA VARIANZA (ANOVA).....	42
CAPÍTULO V .....	44
DISCUSIÓN.....	44
CONCLUSIONES .....	45
RECOMENDACIONES .....	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47
ANEXOS .....	53
MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Definiciones de depósitos de carbono para un ecosistema terrestre de acuerdo a la orientación IPCC sobre las buenas prácticas en el Uso de las Tierras, cambio del Uso de la Tierras y Bosques (UTCUTS). .....	10
<b>Tabla 2.</b> Coordenadas UTM WGS84 Zona19S de muestreo en las Lomas Arrojadero.....	27
<b>Tabla 3.</b> Distribución de las muestras para la medición de la biomasa en el Tillandsia werdermannii y Tillandsia purpurea (siempre viva) en las Lomas Arrojadero.....	28
<b>Tabla 4.</b> Materiales y equipos empleados en la ejecución de la investigación .....	36
<b>Tabla 5.</b> Contenido de carbono orgánico de la Biomasa Viva.....	39
<b>Tabla 6.</b> Contenido de carbono orgánico en la Necromasa .....	39
<b>Tabla 7.</b> Contenido de carbono orgánico en el tejido vegetal en las especies del Tillandsial en las Lomas Arrojadero. n= Tamaño de muestra. GH= Grupos Homogéneos .....	40
<b>Tabla 8.</b> Resumen del carbono total en el tejido vegetal.....	41
<b>Tabla 9</b> .....	42
<b>Tabla 10</b> .....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ciclo de carbono en ecosistemas terrestres y acuáticos.....	9
<b>Figura 2.</b> Muestra las emisiones de CO <sub>2</sub> per cápita del Perú. ....	13
<b>Figura 3.</b> Porcentaje de Emisiones Totales de GEI en el Perú.....	14
<b>Figura 4.</b> Esquema general de una Tillandsia. ....	16
<b>Figura 5.</b> Tillandsia werdermannii en las Lomas Arrojadero. ....	18
<b>Figura 6.</b> Tillandsia purpurea en las Lomas Arrojadero. ....	19
<b>Figura 7.</b> Mapa de ubicación de las Lomas Arrojadero situada entre los Distritos de Inclán y Locumba.....	26
<b>Figura 8.</b> Pasos para la medición de la biomasa viva sobre el suelo .....	29
<b>Figura 9.</b> Pasos para la medición de la necromasa sobre el suelo.....	30
<b>Figura 10.</b> Tillandsia werdermannii. ....	62
<b>Figura 11.</b> Tillandsia purpurea. ....	62
<b>Figura 12.</b> Vista panorámica de la comunidad de tillandsial en las Lomas Arrojadero.....	63
<b>Figura 13.</b> Identificación de la especie para la medición del peso de la biomasa del tillandsial. ....	63
<b>Figura 14.</b> Separación y colecta de la materia vegetal viva y la biomasa muerta acumulada en la unidad de muestreo (4m <sup>2</sup> ). ....	64
<b>Figura 15.</b> Pesado de la materia vegetal viva acumulada en el área de la parcela (4 m <sup>2</sup> )......	64
<b>Figura 16.</b> La colecta y pesada de la materia muerta acumulada en la unidad de muestreo.....	65
<b>Figura 17.</b> Registro de los datos en campo del muestreo de la biomasa viva y necromasa sobre el suelo. ....	65
<b>Figura 18.</b> Pesaje de la muestra seca para la determinación de la humedad. .....	66
<b>Figura 19.</b> Rotulado de la submuestra biomasa viva de la especie Tillandsia Werdermannii en las Lomas Arrojadero. ....	66
<b>Figura 20.</b> Preparación de las muestras vegetales para el análisis de carbono (T. purpurea y T. werdermannii). ....	67
<b>Figura 21.</b> Muestras colectadas son secadas en el Horno. ....	67

<b>Figura 22.</b> Molienda de la muestra seca en un Molino manual de hierro fundido.....	68
<b>Figura 23:</b> Pesado de las muestras finamente molida para el análisis de carbono.....	68

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Contenido de humedad en las diferentes especies de tillandsias en la comunidad del Tillandsial en las Lomas Arrojadero.....	53
<b>Anexo 2:</b> Coordenadas UTM de las unidades de muestreo para la medición de carbono del Tillandsial en las Lomas Arrojadero (Datum: WGS84) ...	53
<b>Anexo 3.</b> Modelo de ficha para la recolección de datos en campo.....	54
<b>Anexo 4.</b> Mapa de distribución de las unidades de muestreo en la zona de estudio del Tillandsial en las Lomas Arrojadero , 2020.....	57
<b>Anexo 5.</b> Mapas de almacenes de carbono en la zona del tillandsial en las Lomas Arrojadero, 2020.....	58
<b>Anexo 6.</b> Mapa de distribución de la biomasa viva almacenada en el Tillandsial de Lomas Arrojadero. ....	59
<b>Anexo 7.</b> Mapa de distribución de la necromasa almacenada en el Tillandsial de Lomas Arrojadero.....	60
<b>Anexo 8.</b> Mapa de distribución de la biomasa total acumulada en el Tillandsial de Lomas Arrojadero.....	61
<b>Anexo 9.</b> Fotos de campo sobre los tillandsiales en las Lomas Arrojadero.	62
<b>Anexo 10.</b> Fotos del Laboratorio de Química para la determinación del contenido de Carbono.....	67

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la captura de carbono en las especies *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia purpurea* (siempre viva) ubicadas en las Lomas Arrojadero situada entre los distritos de Inclán y Locumba, Tacna. Para este objetivo, se determinó el contenido de carbono orgánico en tejido vegetal y cantidad de biomasa viva y necromasa acumulada en el Tillandsial. El contenido de biomasa se estimó de manera directa con parcelas de 2 m x 2 m, tomando una muestra de 12 parcelas. El contenido de carbono orgánico se determinó por oxidación utilizando el método propuesto por Schollenberger. 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%. La especie *Tillandsia werdermannii*, almacena la mayor cantidad de carbono en la biomasa vegetal con 1,78 t C/ha. Por su parte, *Tillandsia purpurea* es la especie que almacena la menor cantidad de carbono con 1.66 t 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/4m<sup>2</sup> 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/4m<sup>2</sup> y por ultimo tenemos 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 CO<sub>2</sub>

**Palabras clave:** Biomasa total, contenido de carbono orgánico, captura de carbono, carbono almacenado, Tillandsial

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the carbon capture in the species *Tillandsia werdermannii* and *Tillandsia purpurea* (always alive) located in the Lomas Arrojadero located between the districts of Inclán and Locumba, Tacna. For this objective, the organic carbon content in plant tissue and the amount of living biomass and necromass accumulated in the Tillandsial were determined. The biomass content was estimated directly with 2 m x 2 m plots, taking a sample of 12 plots. The organic carbon content was determined by oxidation using the method proposed by Schollenberger. Among the species evaluated with the highest content of organic carbon in plant tissue is *Tillandsia werdermannii* with 39.79% followed by *Tillandsia purpurea* with 35.35%. The species *Tillandsia werdermannii* stores the highest amount of carbon in plant biomass with 1.78 t C / ha. For its part, *Tillandsia purpurea* is the species that stores the least amount of carbon with 1.66 t C / ha. The weight of dry matter in the living biomass and necromass of the species *Tillandsia werdermannii* is 136.45 kg DM / 4m<sup>2</sup> while the weight of dry matter in the living biomass and necromass of the species *Tillandsia purpurea* is 133.64 kg DM / 4m<sup>2</sup> and finally we have the total amount of living biomass and necromass accumulated in the Tillandsial species in the Lomas de Arrojadero is 56.27 tn DM and the total amount of carbon stored in the living biomass and necromass of Tillandsial is 25.15 tn C, which represents an estimated capture of 92.30 tons of CO<sub>2</sub>

**Key words:** Total biomass, organic carbon content, carbon sequestration, carbon stored, Tillandsial.

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático hoy por hoy es el mayor desafío desde meteorológicos cambiantes, que amenazan 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 se pueden progresar de manera sólida mediante la captura de carbono a través de especies forestales, con el desarrollo de producción de la biomasa y disminuye la tasa de enriquecimiento del CO<sub>2</sub> atmosférico al resarcir las emisiones de combustibles fósiles.

El Perú está comprometido a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en 30%, debido a que este aumento de GEI, resultan provenientes de la tala indiscriminada en los bosques, siendo indispensable realizar acciones específicas y activas contra el crecimiento de la deforestación y así evitar el incremento del calentamiento global (Pécastaing, Dávalos, & Inga, 2018).

En la actualidad, existen escasos estudios referentes a la captura de carbono realizados en las Lomas Arrojadero, por tanto, se desconoce el valor potencial de contenidos de carbono de las especies *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia purpurea*. Así mismo, es necesario parametrizar los modelos alométricos existentes para cada especie. En tal sentido, el presente informe de investigación 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 situada entre los Distritos de Inclán y Locumba, Tacna.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Descripción del problema

En la actualidad existen problemas socio ambientales como el cambio climático y el calentamiento global generados por el aumento de gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub>, vinculado a las actividades humanas, siendo el primordial consecuente del efecto negativo. La concentración en la atmósfera se debe al uso de combustibles fósiles para procesos de minería , industria y transportación.

Ante esta situación, se ha buscado diferentes soluciones para la disminución de estos gases, de manera efectiva mediante la captura de carbono a través de especies forestales. De la misma forma la captura de carbono es una estrategia que permite la mejora de la producción de la biomasa y reduce la tasa de crecimiento del CO<sub>2</sub> atmosférico al remediar las emisiones de combustibles fósiles. De este modo, las especies forestales al ser captadoras principales de carbono son parte del beneficio ambiental evitando el incremento del calentamiento global.

Por otro lado, tenemos las formaciones vegetales como la especie *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia purpurea* en las Lomas Arrojadero que forman un ecosistema único, característico del desierto de Tacna y tienen una gran importancia ecológica por su capacidad de capturar carbono, más aun, siendo una fuente de preservación de la biodiversidad. En cuanto a la vegetación se encuentran en proceso de extinción por la intervención humana, la contaminación ambiental. Por ello se fomenta el adecuado desarrollo forestal sustentable para la reducción de emisiones de dióxido de carbono, De donde resulta vital evaluar este servicio ambiental a fin de conocer su capacidad de captura de carbono de estas formaciones vegetales en la región.

## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1. Formulación del problema general

¿Cuál es la capacidad de 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?

### 1.2.2. Formulación de los problemas específicos

- ¿El contenido de carbono orgánico en el tejido vegetal de la especie *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia purpurea* nos permitirá obtener la captura de carbono de las Lomas Arrojadero como servicio ambiental?
- ¿La cantidad de carbono almacenado en la biomasa viva y en la necromasa de la especie *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia purpurea* nos permitirá obtener la captura de carbono en las Lomas Arrojadero como servicio ambiental?
- ¿El peso de la materia seca en la biomasa viva y la necromasa de la especie *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia purpurea* nos permitirá obtener la captura de carbono de las Lomas Arrojadero como servicio ambiental?

## 1.3. Justificación e importancia de la Investigación

### 1.3.1. Justificación

La investigación es de vital importancia la especie de flora endémica *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia purpurea* en las Lomas Arrojadero situada entre los distritos de Inclán y Locumba, la cual es una de las especies que conforman la diversidad biológica de la región de Tacna. Estas formaciones de plantas constituyen un ecosistema único que es característico del desierto de Tacna proporcionando importantes servicios ambientales como la producción de oxígeno y la captura de CO<sub>2</sub>. A partir de ahí, es importante evaluar este servicio ambiental para conocer su espacio de dióxido de carbono y su capacidad de almacenamiento para estas

formaciones de plantas en la región, lo que contribuye a los esfuerzos actuales para reducir las emisiones de dióxido de carbono a nivel nacional. Con base en esta información, se pretende una nueva propuesta para la conservación y protección de este ecosistema sólo se cuenta con la categorización nacional de en peligro (EN) de acuerdo al D.S. N°043-2006-AG.

### **1.3.2. Objetivo general**

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.

### **1.3.3. Objetivos específicos**

- Determinar el contenido de carbono orgánico en el tejido vegetal de la especie *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia purpurea*.
- Estimar la cantidad de carbono almacenado en la biomasa viva y en la necromasa de la especie *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia purpurea*.
- Determinar el peso de la materia seca de la biomasa viva y la necromasa de la especie *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia purpurea*.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

La captura de carbono en la especie *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia purpurea* (siempre viva) se da en la necromasa que en la materia seca de la biomasa viva en las Lomas Arrojadero situada entre los distritos de Inclán y Locumba, Tacna.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Ámbito Internacional

Cortés (2016) realizó un estudio mensual de biomasa acumulado y fijación de carbono en una plantación de *Gmelina Arborea Roxb*, la valoración acumulada de biomasa, carbono y CO<sub>2-e</sub> fueron 25,94, 12,97 y 47,59 Mg/ha respectivamente por componentes del árbol: fuste 61%, raíces 17%, ramas 14% y follaje 8%. Se halló que las plantaciones de rápido crecimiento son una alternativa importante para igualar el CO<sub>2</sub> mediante la fijación de carbono en la biomasa de los árboles.

Gayoso (2012) midió la Capacidad de Captura de Carbono en plantaciones nativas de Chile, en el porcentaje de la biomasa y de carbono en el ecosistema forestal, se obtuvo los valores de 665,97 MgC/ha para los bosques ubicados en San Juan y de Llancacura. Asimismo, se adhieren al suelo con el valor de 606,80 MgC/ha. Asumiendo que la venta de captura de carbono y el pago por otros servicios ambientales de estos bosques pueden permitirles restaurarlos y gestionarlos de manera sostenible. Teniendo en cuenta que el porcentaje pensado del contenido de carbono de cada especie en relación a la biomasa fue, en todos los casos inferior al 50 % indicado como un valor estándar y por debajo de los valores informado,

##### 2.1.2. Ámbito Nacional

Flores (2018) nos da la estimación de la captura de carbono en especies forestales en la concesión para la conservación bosques de Marona - Moyobamba, indicando que el carbono estimado en la biomasa vegetal (CBV) de las especies forestales determinan que la mayor cantidad registrada fue en Moena con 147.70 Tn/Ha, mientras que con menor cantidad fue en

Eucalipto Torrelliana con 8.46 Tn/Ha, existe una diferencia de 139.24 Tn/Ha entre ambas especies. Se concluye que las especies forestales registradas almacenan gran cantidad de carbono.

Ampuero (2018) en su tesis "Estimación del carbono almacenado en la comunidad del Junco (*Schoenoplectus Americanus P.*) bajo dos escenarios de crecimiento en el humedal costero refugio de vida silvestre pantanos de Villa (Lima-Perú)" concluye que al realizar el análisis de carbono en la zona de crecimiento natural se puede observar que los depósitos de carbono que se encuentran encima de la superficie es de 331,25 gC/m<sup>2</sup> y 4991,70 gC/m<sup>2</sup> para los depósitos herbáceo y hojarasca respectivamente en donde la mayor cantidad de carbono se encuentra en el depósito de hojarasca, la cual representa el 93,78% del total de carbono aéreo. Con respecto a los depósitos de carbono debajo de la superficie (raíces/rizomas y suelo) se observa que la mayor cantidad de carbono se encuentra en los 10 primeros centímetros (disminuyendo conforme la profundidad aumenta hasta los 30 cm) resultando 25 213,84 gC/m<sup>2</sup>. 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 que la cantidad de carbono para el junco tiene 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 CO<sub>2</sub>/ha.

Maquera (2017) determina 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 que la producción de biomasa del eucalipto, pino y ciprés fue de 2 411.82 t, 869.90 tn y 473.22 tn respectivamente; reuniendo un total de 3 754.94 t de biomasa aérea. En el caso del carbono, la captura en tn de C/ha/año por especie de 3.88 tn C/ha/año, 2.12 tnC/ha/año y 5.24 tnC/ha/año respectivamente para el eucalipto, ciprés y pino. El que capturó la mayor cantidad fue el eucalipto con 1 260.55 tn de C siguiendo con el pino 489.48 tn de C y para el ciprés con 320.25 tn de C; recopilando una suma de 2 070.28 tn de C capturado.

### 2.1.3. Ámbito Local

Chino (2018) evaluó el 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, se estimó el contenido de carbono orgánico y la biomasa vegetal de la comunidad del tillandsial en el Intiorko. El contenido de biomasa se estimó de manera directa con parcelas de 2 m x 2 m, tomando una muestra de 503 parcelas. El contenido de carbono orgánico se determinó por oxidación utilizando el método propuesto por Schollenberger. 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. La necromasa fue el componente de biomasa más importante y el principal reservorio de carbono en el ecosistema del tillandsial. La cantidad promedio de biomasa estimada fue 6,38 tn MS/ha. La cantidad almacenada aproximada de carbono en la biomasa vegetal fue 2,75 tn C/ha. Y la cantidad total de carbono almacenado en el área fue 61 250,21 tn C que representó una captura de 224 788,28 tn CO<sub>2</sub>.

Pumasupa (2018) Cuantificó la Captura de Carbono en la Especie Forestal *Haplorhus Peruviana* Carzo como Servicio Ambiental del Valle de Cinto, Tacna, la valoración absoluta de la cantidad almacenada de carbono por la especie forestal de *Haplorhus Peruviana* fue de 4,5240 tnC/ha. Al prever 1638 árboles, podemos obtener como resultado 130 tnC/ha, adecuado para generar un servicio ambiental en el Valle de Cinto.

Tito (2012) realizó una estimación cuantitativa de la capacidad de captura del CO<sub>2</sub> en plantaciones de olivo en el Distrito de Tacna. En su estudio determinó que la captura de dióxido de carbono por parte de *Olea europea* es de 1 031 364,31 toneladas de CO<sub>2</sub> atmosférico. Y estimó el carbono almacenado de los tejidos de *Olea europea* en 281 025,7 toneladas de carbono.

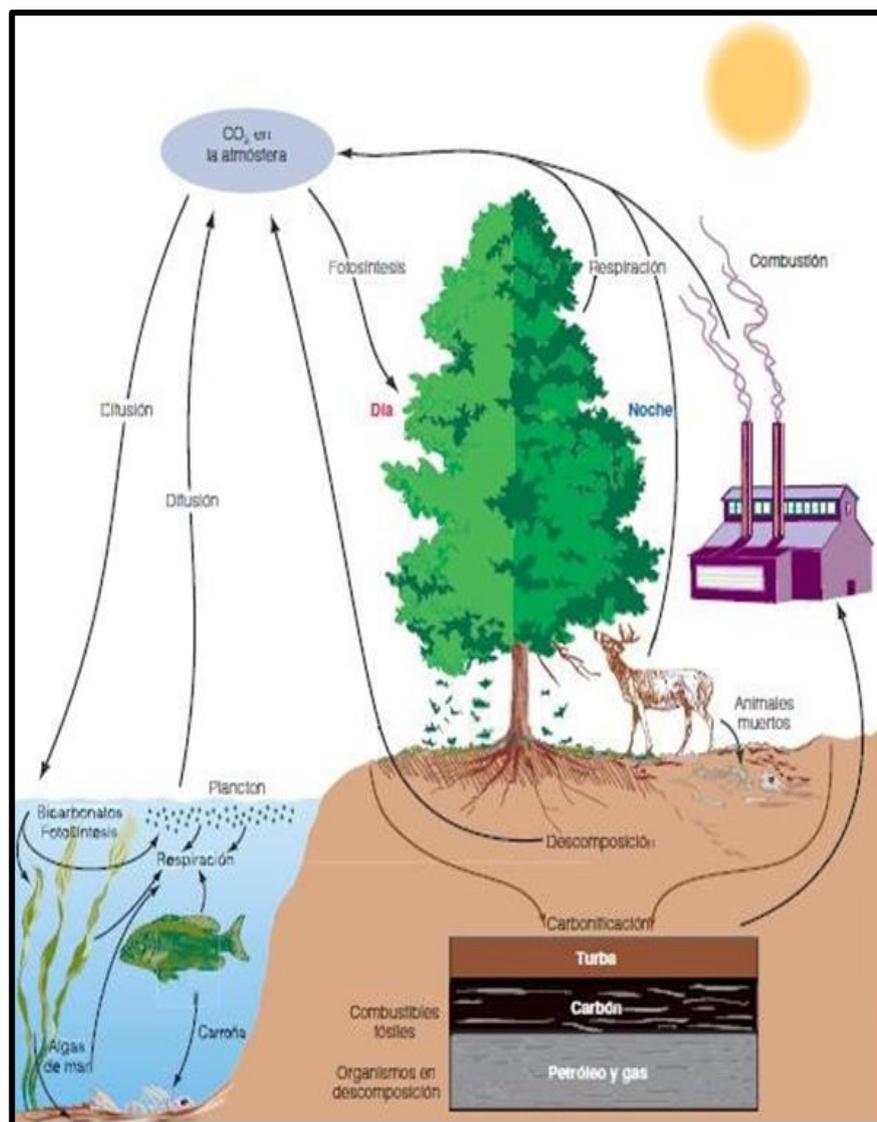
## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Ciclo de Carbono

El ciclo del carbono comienza con la fijación del dióxido de carbono atmosférico ( $\text{CO}_2$ ) a través de la fotosíntesis que realiza en las plantas, liberando oxígeno que va directo a la atmósfera. Uno de los carbohidratos se ejecuta para activar la planta y el dióxido de carbono formado se libera a través de las hojas y las raíces. Las plantas y los animales que están muertos posteriormente se descomponen por microorganismos presentes en la superficie, por lo tanto, el carbono en los tejidos se oxida forma dióxido de carbono y regresa a la atmósfera (Burbano, 2018).

Las concentraciones atmosféricas de carbono ( $\text{CO}_2$ ) fluctúan a lo largo del día y con las estaciones. Esto sucede tanto en ecosistemas terrestres como los acuáticos, siendo las fluctuaciones mucho mayores en ambientes terrestres (Smith & Smith, 2007).

La biosfera terrestre es un componente clave en ciclo global de carbono y su equilibrio es fuertemente influenciado por el clima. Los climas extremos como sequías o tempestades pueden llevar a una disminución de los stocks de carbono en los ecosistemas regionales (Reichstein et al. 2013). Estos climas extremos pueden impactar en la estructura, composición y funcionamiento de los ecosistemas terrestres y por lo tanto al ciclo de carbono y su retroalimentación en el sistema climático (Frank et al. 2015).



**Figura 1.** Ciclo de carbono en ecosistemas terrestres y acuáticos.

**Fuente:** (Smith & Smith, 2007).

Los ecosistemas terrestres mitigan el impacto de las emisiones de combustible fósil, pero son altamente sensibles a los acontecimientos extremos a gran escala (Wolf *et al.*, 2016). El ciclo de carbono en la tierra está experimentando una variabilidad, debido a las tendencias y anomalías del clima causado por el cambio global (Baldocchi, Ryu, & Keenan, 2016).

**Tabla 1.**

Definiciones de depósitos de carbono para un ecosistema terrestre de acuerdo a la orientación IPCC sobre las buenas prácticas en el Uso de las Tierras, cambio del Uso de la Tierras y Bosques (UTCUTS).

	<b>Depósitos</b>	<b>Descripción</b>
<b>Biomasa viva</b>	Biomasa sobre el suelo	La biomasa viva que se encuentra sobre el suelo, incluidos tallos, tocones, ramas, cortezas, semillas y follaje.
	Biomasa bajo el suelo	La biomasa viva de la raíz. Se excluyen las raíces finas menos de 2 mm de diámetro, porque son difíciles de distinguir de la materia orgánica en el suelo.
<b>Materia orgánica muerta</b>	Madera muerta	Incluye toda la biomasa forestal no viva que se encuentra en la superficie como tocones un diámetro de 10 cm de o más y raíces muertas
	Mantillo (hojarasca)	La biomasa no viva con un diámetro inferior a un diámetro mínimo seleccionado por el país (por ejemplo 10 cm), en varios estados de descomposición sobre el suelo mineral u orgánico. Incluye la capa de detritus, fúmica y húmica.
<b>Suelo</b>	Materia orgánica del suelo	Las raíces consignan con la materia orgánica del suelo cuando no se pueden distinguir de ella. El carbono orgánico abarca en suelos minerales y orgánicos.

**Fuente:** (IPCC ,2013)

### **2.2.2. Captura de Carbono**

Las moléculas simples de azúcar que se forman inicialmente a partir de  $\text{CO}_2$  se combinan entonces para producir celulosa. Gran parte de carbono que se asimila a través de la fotosíntesis se libera de nuevo como  $\text{CO}_2$  por medio de la respiración. El carbono restante se distribuye en todos los componentes de la planta tales como: las hojas, la raíz, semillas, ramas y tallo (Toochi, 2018). De esta manera, es posible almacenar carbono que de otro modo estaría libre en la atmósfera. Por otro lado, el carbono orgánico de las plantas es más estable que el que se encuentra en forma gaseosa. Esto se conoce como "secuestro de carbono" (Life Adaptamed, 2018)

### **2.2.3. Proceso de la fotosíntesis**

El proceso de la fotosíntesis convierte dos productos químicos; dióxido de carbono y agua en hidratos de carbono simples, utilizando la luz solar como fuente de energía. Solo una parte de la energía radiante es necesaria para las plantas, en el mejor de los casos, solo alrededor del 6% de la radiación entrante total puede ser convertida en energía almacenada. El agua ingresa a la estructura de la planta desde las raíces y trae consigo nutrientes esenciales. Entre tanto el  $\text{CO}_2$  ingresa como un gas, principalmente a través de agujeros (estomas) en las hojas de la planta (Toochi, 2018).

### **2.2.4. Almacenamiento y flujo de carbono**

La cantidad de carbono almacenado se relaciona con la capacidad de la cobertura vegetal de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectáreas, la cual está en función a su heterogeneidad y está determinado por las condiciones del suelo y clima (Arévalo, Alegre, & Palm 2003).

El almacenamiento de carbono es todo aquello que se encuentra acumulado en los diferentes componentes, y los flujos son todos aquellos procesos que afectan el almacenamiento. Cuando se cuantifica el almacenamiento de una cobertura vegetal, se muestrea:

a) la biomasa viva almacenada en las hojas, las ramas, el fuste y las raíces; b) la necromasa almacenada en la hojarasca y la madera muerta; y c) el carbono en la materia orgánica de los suelos. (Honorio & Baker, 2010).

La cantidad promedio de carbono por hectárea nunca se libera a la atmósfera. En este caso, un pago por el servicio de almacenamiento ambiental se refiere a un pago único por la conservación del ecosistema en cuestión, evitando un cambio permanente en el uso de la tierra, como parques nacionales o áreas de reserva absoluta. (Ramírez, 2011). El carbono almacenado se expresa en tnC/ha.

#### **2.2.5. Secuestro de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

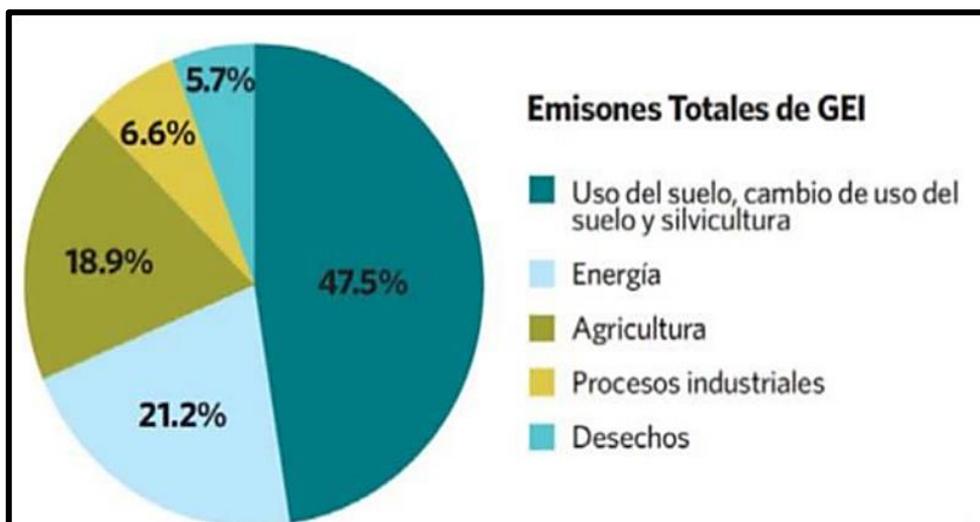
Servicio ambiental enfocado en la capacidad de fijar carbono de forma continua desde la atmósfera a través de plantas o residuos orgánicos y almacenarla en forma de biomasa, el porcentaje de absorción mejorará de acuerdo a los manejos que se le practiquen a los bosques o ecosistemas, así evitando convertirlas en fuentes emisoras de gases del efecto invernadero - GEI (Fundación Azul Ambientalistas 2015) citado en (Pumasupa, 2018).

Etapas de secuestro de CO<sub>2</sub>:

- a) Extracción del CO<sub>2</sub> del ambiente mediante la fotosíntesis
- b) Transferencia de carbono del CO<sub>2</sub> a la biomasa vegetal.
- c) Transferencia de carbono de la biomasa vegetal al suelo donde se almacena en forma de carbono en la reserva más lábil (FAO, 2017).

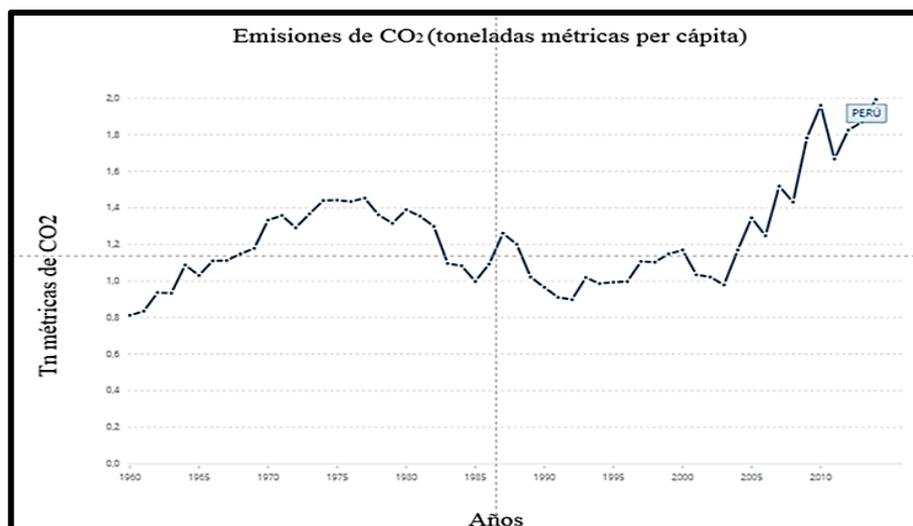
### 2.2.6. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y su rol en el cambio climático

La subida de emisiones de gases de efecto invernadero y en especial las emisiones de CO<sub>2</sub> influyen directamente en el cambio climático el cual se define como la variación del clima influenciado directa o indirectamente por las actividades antropogénicas que modifican los componentes atmosféricos, incluyendo los cambios naturales del clima registrados en periodos de tiempo similares (Organización de las Naciones Unidas, 1992). Los efectos del cambio climático son irreversibles, perjudicando a todos los seres vivos, llegando a extinguirse al no ser capaces de adaptarse a los trágicos cambios del clima.



**Figura 2.** Muestra las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita del Perú.

**Fuente:** (Banco Mundial 2017).



**Figura 3.** Porcentaje de Emisiones Totales de GEI en el Perú.

**Fuente:** (MINAM, 2019)

Según el último informe del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC), las consecuencias para el clima de un aumento de la temperatura de 2 °C son mayores que en el caso de un incremento de 1,5 °C (BANCO MUNDIAL, 2019). Este acontecimiento involucra que en 100 años estaríamos en un escenario de calentamiento semejante al que se ha dado desde la última glaciación.

En un periodo de 20.000 mil años, la tierra se calentó aproximadamente 5°C, por lo evidente es que las datas de la temperatura global esperada para los próximos 100 años no son insignificantes (Chavez, 2018). En el suceso de un aumento de la temperatura de 1,5°C, el número de personas expuestas a riesgos relacionados con el clima y vulnerables a caer en la pobreza reduciendo cientos de millones en comparación con un aumento de 2°C (BANCO MUNDIAL, 2019).

### 2.2.7. Inventario de gases de efecto invernadero en el Perú

Los Inventarios de Gases de Efecto Invernadero son elaborados según lo establecido en los artículos 4 y 12 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y en las directrices del IPCC cumplimiento a lo establecido.

El Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), brinda información sobre las emisiones antropogénicas y la absorción por sumideros de los GEI de cinco categorías establecidas por el IPCC, las cuales son: agricultura; uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (USCUSS), energía, procesos industriales y desechos. Además, el INGEI brinda información de las emisiones de gases de efecto invernadero directos de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y metano (CH<sub>4</sub>), por lo cual conforma una fundamental herramienta para la gestión de las emisiones de GEI a la atmósfera (MINAM,2015).

En la actualidad el Perú cuenta con cinco inventarios nacionales de GEI, con año base, 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014, en los que se ha identificado aquellos sectores que presentan mayor cantidad de emisiones, con la finalidad de fomentar iniciativas e empeño para la gestión de las mismas (MINAM,2015).

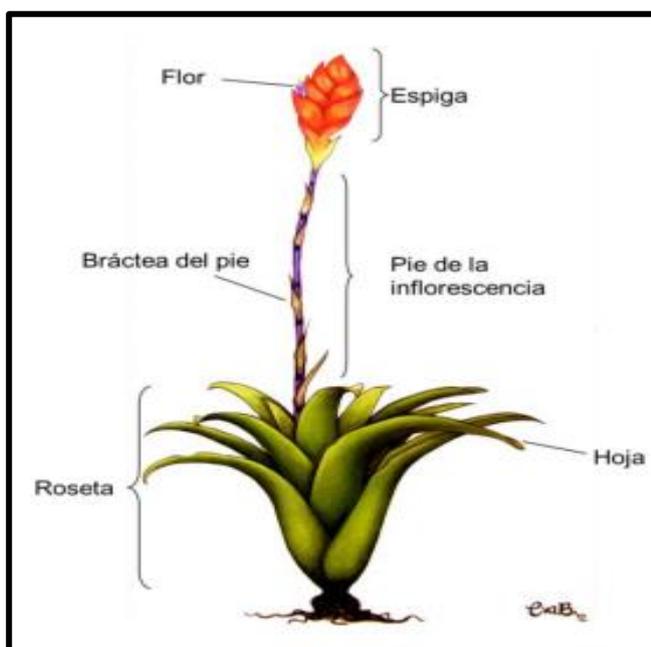
Perú está dentro de los países más vulnerables al cambio climático , sus emisiones per cápita están por debajo del promedio mundial, por lo que no es un emisor potencial de GEI.

#### **2.2.8. Género *Tillandsia***

El género *Tillandsia*, son bromelias xerofitas conocidas comúnmente como “siempre viva” o “chupalla” , tiene una adaptación a zonas desérticas de toda la Costa de Perú y Chile, sometida a la topografía, vientos , son conocidas por su ausencia de raíces, alimentadas por las neblinas costeras, obtienen el agua como sus nutrientes, caso contrario a otras plantas que lo hacen a través del suelo (Aponte & Flores, 2013).

Las tillandsias poseen una reproducción sexual y asexual, en la reproducción asexual las plantas se multiplican por medio de formas vegetativas, donde salen como clones de las partes de la planta adulta después de la floración, creando hijos u hojas que caen al suelo que

echan raíces y crecen para formar otra planta con la misma carga genética. En la reproducción sexual, se presenta la polinización, donde el polen de las plantas es trasladado de un órgano sexual masculino a uno femenino, para lograr la fecundación de los óvulos, el polen puede ser llevado por el agua, el aire o por medio de los animales (Cach-Pérez, Andrade & Reyes-García, 2014).



**Figura 4.** Esquema general de una Tillandsia.

**Fuente:** INECOL- Instituto de Ecología

### 2.2.9. Taxonómica del Género *Tillandsia*

En el sistema de clasificación de las plantas propuesto por Cronquist (1981) el género *Tillandsia* se ubica en la familia Bromeliaceae, en el Orden Bromeliales, en la Clase Liliopsida y en la División Magnoliophyta.

#### **Sistema de clasificación de Cronquist (1981)**

<b>Reino:</b>	Plantae Haeckel, 1866
<b>División:</b>	Magnoliophyta Cronquist, Takht. & Zimmerm., 1966
<b>Clase:</b>	Liliopsida Cronquist, Takht. & Zimmerm., 1966
<b>Subclase:</b>	Zingiberidae Cronquist, 1978
<b>Orden:</b>	Bromeliales Lindl., 1833
<b>Familia:</b>	Bromeliaceae Juss., 1789

**Subfamilia:** Tillandsioideae

**Género:** Tillandsia L., 1753

### 2.2.10. Descripción botánica de la especie *Tillandsia*

Las Tillandsias Lomas Arrojadero , está ubicado al norte de la ciudad de Tacna en el km. 1239 de la panamericana , 11 km. al este. Se encuentra a 1100 m de Altitud y cubre una superficie de 36 Km<sup>2</sup>.

Estos tillandsiales pueden ser útiles como indicadores sensibles a cambios climáticos, debido a su dependencia a la disponibilidad de agua y a la rápida respuesta fisiológica ante variaciones ambientales (Cach-Pérez, Andrade, & Reyes-García, 2014). Es una comunidad vegetal característica del desierto costero encontrando tres especies predominando *Tillandsia werdermannii* en planicies y *Tillandsia purpurea*, en laderas. (Lazo, 2011).

#### a) *Tillandsia werdermannii*

Türkowsky, (1976) informo que *Tillandsia werdermannii* es una planta grisácea con raíces ausentes, tallo rastrero con muchas ramificaciones. Sus hojas miden de 15 a 20 cm de longitud, son subrectas, triangulares, miden de 10 a 15 mm. ancho, acanaladas, enrolladas, muy rígido, el tamaño es variable. Las vainas son apenas visibles y generalmente miden menos de 3 cm. de longitud mientras su inflorescencia es simple y de color amarillo, combinado con el escapo del cual es difícil de distinguirlo en material seco, mide 25 cm. de longitud y 2 cm. De ancho, los pétalos son libres, lanceoladas, agudos, lisos, amarillos. Su floración en el mes de octubre. *Tillandsia werdermannii* es una especie endémica de la costa desértica y patrimonio natural de Tacna, distribuido en las pampas y llanuras del cerro Blanco, Cerro Arrojadero y Sitana de la Zona Este, Centro y Oeste en los distritos de ciudad Nueva, Alto de la Alianza y Tacna (GORET, 2010).



**Figura 5.** *Tillandsia werdermannii* en las Lomas Arrojadero.

**Fuente:** Elaboración Propia

#### ***b) Tillandsia purpurea***

Es una planta peculiar que no posee raíces, porque obtiene agua y los nutrientes por medio de los tricomas foliares, además, de protegerlas de la luz excesiva (Chavez, Andrade & Reyes, 2017). Cuando madura esta especie lleva una inflorescencia lilapúrpura, donde brotan las flores de color blanca con la punta de color lila, que permiten la reproducción sexual. También posee reproducción asexual o clonal, es por esto que tiene a los rametos que son unidades estructurales o clones, producto de la reproducción asexual o vegetativa, y los genetos que son el grupo de rametos, unidos entre sí y originados de una misma semilla, es decir la unidad genética (Aponte & Flores, 2013).

*Tillandsia purpurea* es una hierba epífita de hasta 50 cm de altura, tallo semi - erecto que termina en flores, hojas delgadas que crecen apiñadas desde la base, de color verde claro, con puntas delgadas. Toda la planta presenta una capa blanquecina, dándole una apariencia áspera. Frutos marrones y alargados, con semillas muy pequeñas.



**Figura 6.** Tillandsia purpurea en las Lomas Arrojadero.

**Fuente:** Elaboración Propia.

### **2.2.11. Servicios de los Ecosistemas**

Son definidos como beneficios económicos, sociales y ambientales, directos e indirectos, que las personas obtienen del buen funcionamiento de los ecosistemas, como el mantenimiento de la biodiversidad, el secuestro de carbono, la regulación hídrica en cuencas, la belleza paisajística, la formación de suelos y la provisión de recursos genéticos; estos constituyen el patrimonio natural de la nación (Dancé, 2016).

Los ecosistemas deben valorarse a través de los servicios que estos proporcionan a la sociedad, en cómo estos servicios benefician a la humanidad, y cómo las acciones humanas alteran los ecosistemas y los servicios que estos proveen. (Estrada, 2016).

Los ecosistemas son multifuncionales y proveen a la sociedad de un amplio rango de servicios ecosistémicos vitales (Olalde, 2010). Estos servicios son los beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas e incluyen los servicios de provisión (alimento, agua, madera y fibra), de apoyo (formación de suelo, ciclo de nutrientes y fotosíntesis), de regulación (regulación del clima, agua, enfermedades).

Los tillandsiales son ecosistemas permanentes que proveen importantes servicios ambientales como combustible (leña), protección de suelos, captura de CO<sup>2</sup> del ambiente , genera un microclima, además de constituir el hábitat de muchas especies de fauna silvestre, ecoturismo y entre otros servicios esenciales. En algunas especies se han reportado su uso con fines medicinales como remedio para combatir determinadas enfermedades comunes como la: tos, bronquitis, reumatismo e infecciones al ojo. Estas poseen una gran variedad de usos (forraje arreglos florales y adornos), pero su principal uso es como planta ornamental (Granados, 2005; Orozco *et al.*, 2011).

#### **2.2.12. Normativa ambiental de la especie *Tillandsia***

En la Normativa ambiental de gestión que promueven la protección de la especie *Tillandsia* , se han desarrollado importantes avances para su conservación a través de implementación de planes y proyectos de conservación se describe a continuación:

##### **2.2.12.1. A Nivel Nacional**

###### **a) Constitución Política del Perú 1993 (Artículo 66º y 68º).**

Los recursos naturales son patrimonio de la Nación y que el estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

###### **b) Ley N° 26839, Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica (Artículo 4º, 5º y 13º).**

El Estado es soberano en la adopción de medidas para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica. Promueve la priorización de acciones de conservación de ecosistemas, especies y genes, privilegiando aquellos de alto valor ecológico, económico, social y cultural identificados en la Estrategia Nacional sobre Diversidad Biológica a que se refiere el Artículo 7º de la presente ley. El Estado promueve el establecimiento e implementación de mecanismos de conservación in situ de la diversidad biológica, tales como la

declaración de Áreas Naturales Protegidas y el manejo regulado de otros ecosistemas naturales, para garantizar la conservación de ecosistemas, especies y genes en su lugar de origen y promover su utilización sostenible.

**c) El D.S. N° 043-2006-AG que decreta la aprobación de la categorización de especies amenazada de Flora Silvestre.**

La norma aprueba la categorización de las especies amenazadas de Flora Silvestre en el Perú en base a los criterios y categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). En esta lista *Tillandsia werdermannii* se encuentra clasificada y categorizada En Peligro (EN) de extinción.

**2.2.12.2. A Nivel Regional**

El Gobierno Regional de Tacna ha desarrollado a través de la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente una serie de mecanismos e instrumentos de gestión para la conservación de determinados ecosistemas en la región.

**d) La Ordenanza Regional N° 028-2009-CR/GOB.REG.TACNA que fue modificada por la Ordenanza regional N° 036-2009-CR/GOB.REG. TACNA,**

la cual declara de interés y patrimonio regional las especies de flora en región de Tacna e incluye entre otras especies a *Tillandsia werdermannii* como patrimonio regional por encontrarse en Peligro de Extinción en la región.

**e) Proyecto SNIP N° 12597 Zonificación Ecológica, Económica de Tacna. Eje temático Biodiversidad y Ecosistemas (2007).**

Gerencia de Recursos 45 Naturales y Gestión de Medio Ambiente, Gobierno Regional de Tacna. La zonificación ecológica y económica es un instrumento de gestión que sirve para identificar opciones de uso sostenible de un territorio a fin de que se establezca mejores usos del mismo.

**f) La Ordenanza Regional N° 012-2011-CR/GOB.REG.TACNA que Crea el Sistema Regional de Áreas Naturales Protegidas de Tacna (SIRANP).**

Es un instrumento de gestión para la

conservación de la diversidad biológica teniendo como finalidad asegurar la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos, dentro de áreas suficientemente extensas y representativas de cada una de las unidades ecológicas de la región.

**g) Informe: Evaluación Poblacional de *Tillandsia werdermannii* (2009).** Proyecto SNIP N° 46073 “Desarrollo de capacidades para la conservación de la Flora y Fauna amenazada en la Región Tacna”. Gerencia de Recursos Naturales y Gestión de Medio Ambiente, Gobierno Regional de Tacna.

### 2.3. Definición de términos

#### a) Atmósfera

La atmósfera de la Tierra es una cobertura gaseosa compuesta principalmente por nitrógeno (N<sub>2</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>) molecular, con pequeñas cantidades de otros gases, como vapor de agua (H<sub>2</sub>O) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

#### b) Biomasa

La IPCC (2013) lo define como la masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dados. El material vegetal muerto se puede incluir como biomasa muerta. La biomasa se almacena en troncos, ramas, hojas y demás partes vegetales. Siendo un almacén natural de carbono. A partir de la biomasa es posible estimar el CO<sub>2</sub> fijado, por lo que las unidades forestales constituyen herramientas de mitigación y adaptación de los efectos negativos del cambio climático (FAO,2010).

#### c) Carbono

El carbón es un elemento químico básico en compuestos de naturaleza orgánica, este elemento circula entre los océanos, la atmósfera, el suelo y el subsuelo, en el forman los depósitos, reservorios o almacenamiento de carbono (Burbano, 2018)

**d) Carbono orgánico**

El carbono del suelo está presente en la forma orgánica e inorgánica. La forma orgánica equivale a la mayor reserva en interacción con la atmósfera. El carbono orgánico presente en el suelo representa un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida por descomposición (mineralización).

**e) Desarrollo Sostenible**

Es un desarrollo que satisface las necesidades de la generación actual sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias 36 necesidades (Bermejo, 2014)

**f) Ecosistemas**

Elementos vivos que interaccionan entre sí y con sus entornos no vivos, que proporcionan beneficios y servicios al mundo (FAO, 2018).

**g) Especie**

Consideramos una especie como una agrupación de organismos, los cuales comparten, por norma general, una serie de características morfológicas y anatómicas, un estilo de vida, y, bajo alguna manera de reproducción, pueden dar lugar a una descendencia viable y fértil similar a los progenitores (Medina, 2012).

**h) Efecto Invernadero**

Son aquellos gases cuya presencia en la atmósfera contribuye al efecto invernadero (GEI), están ciertamente presentes en la atmósfera, entre ellos tenemos: el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), a los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ), y los clorofluorocarbonos (Del Águila, 2012)

**i) Necromasa**

Parte de la biomasa de un ecosistema, formada por los cadáveres y órganos muertos (hojas, ramas e inflorescencias), en ocasiones unidos aún a los seres vivos, como es el caso de las ramas, hojas e inflorescencias muertas. Además de esta necromasa, en el suelo de los ecosistemas existe siempre una cantidad de materia orgánica en diverso grado de descomposición,

**j) Servicios ecosistémicos**

Son la multitud de beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad. La biodiversidad es la diversidad existente entre los organismos vivos, que es esencial para la función de los ecosistemas y para que estos presten sus servicios (FAO, 2018). (Pumasupa, 2018)

**f) Sumidero de carbono**

Los sumideros almacenan carbono en compuestos orgánicos, que conforman la biomasa y la materia orgánica de los suelos, y constituyen una de las formas de mitigación del efecto invernadero (Martino, 2000).

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo y diseño de la investigación

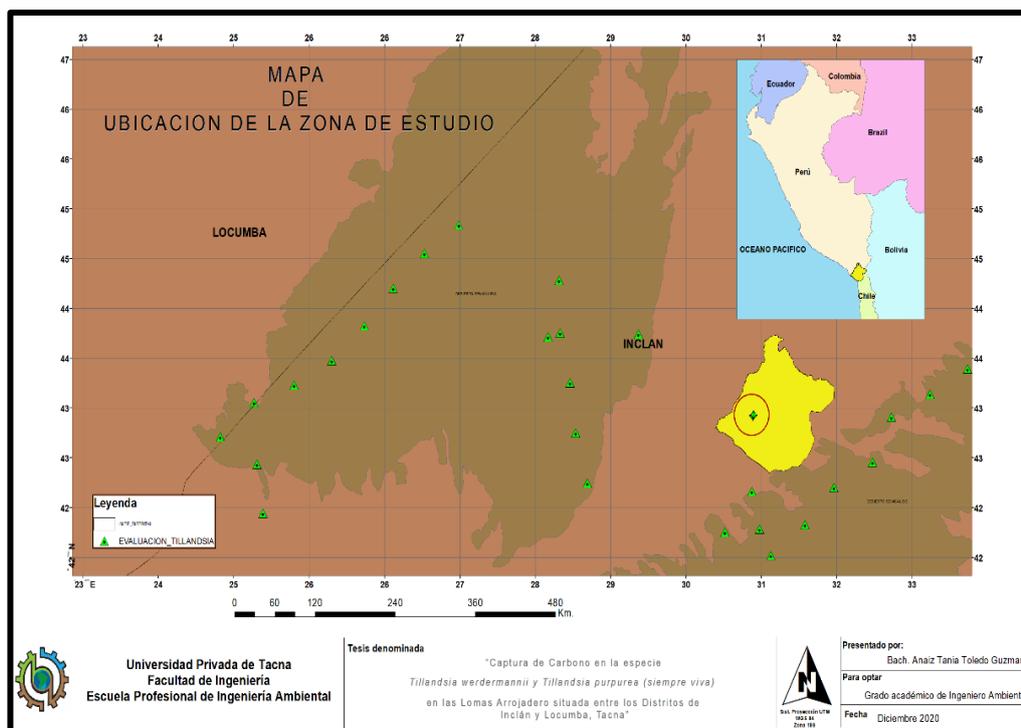
Las características de la investigación corresponden a un tipo de investigación descriptivo.

Según las características de la investigación corresponde a nivel aprehensivo, porque los objetivos buscan analizar una variable.

#### 3.2. Población y/o muestra de estudio

##### 3.1.1. Población de estudio

La población está constituida de especies de *Tillandsia* ubicadas en las Lomas Arrojadero contando con un área aproximada de 0.02949 ha. Entre la cobertura vegetal se encuentran las especies de flora representativa de *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia purpurea* (siempre viva). La delimitación y estratificación del estrato se realizó mediante imágenes satelitales (Google Earth) y mediciones directas con equipos de GPS. Este proceso se realizó con el uso del programa ArcGIS. (MacDicken 1997; Rüginitz, Chacón, & Porro, 2009).



**Figura 7.** Mapa de ubicación de las Lomas Arrojadero situada entre los Distritos de Inclán y Locumba

**Fuente:** Elaboración Propia.

### 3.1.2. Tipo de muestreo

El tipo de muestreo utilizado para el muestreo de la biomasa viva y necromasa fue muestreo aleatorio estratificado, debido a la variabilidad de la población.

En este sistema, las unidades de muestreo son seleccionadas de manera aleatoria dentro del estrato de la población. Para seleccionar estas unidades de muestreo que constituirán la muestra se dividió el área total del estrato en parcelas de tamaño 2 m x 2 m y asignando un número en cada una ellas.

### 3.1.3. Unidades de muestreo

El estudio se llevó cabo en las Lomas Arrojadero situada entre los Distritos de Inclán y Locumba, Tacna. Para poder acceder a la zona de estudio, en la carretera Panamericana Sur a 15km al norte de la ciudad de Tacna, entramos al desvío H. Shintari 28km, el cual nos llevó directo con la carretera a Locumba llegando a nuestro sitio de muestreo. La georreferenciación de unidad de muestreo (UM) se realizó mediante coordenadas UTM 328851 este y 8044218 norte a aproximadamente 1008 m.s.n.m. encontraremos el mapa de distribución de muestras en el Anexo 2.

Tabla 2.

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

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.4. Tamaño de la muestra

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

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

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 ±10 % (0,1) del promedio, pero puede llegar a ±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 m<sup>2</sup> 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 3.**

Distribución de las muestras para la medición de la biomasa en el *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia purpurea* (siempre viva) en las Lomas Arrojadero

<b>Estrato 1</b>	
Ubicación	Distritos de Inclán y Locumba
Área (ha)	0,02949
Tamaño de Parcela (m <sup>2</sup> )	4
Numero de parcelas	12

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### 3.3. Acciones y actividades

El estudio en las especies del Tillandsial tuvo 3 fases: una fase de campo, laboratorio y de gabinete. La fase de campo se realizó de manera paralela al de la fase de laboratorio esto corresponde a una duración de 4 meses, entre los meses de octubre a diciembre del 2020, durante las primeras horas del día y de la tarde entre 07:00 a 14:00 horas.

#### 3.2.1. Metodología de la Investigación

##### 3.2.1.1. Medición de los componentes de biomasa del tillandsial (Fase de campo).

La medición de la biomasa viva y necromasa se realizó mediante el método directo o destructivo.

### A) Medición de la biomasa viva sobre el suelo

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 & Colma 1982; Rüginitz, Chacón, & Porro, 2009). Para esta medición se utilizó una plataforma en forma de caja (55 x 84 x 10 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 de tillandsial. 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.



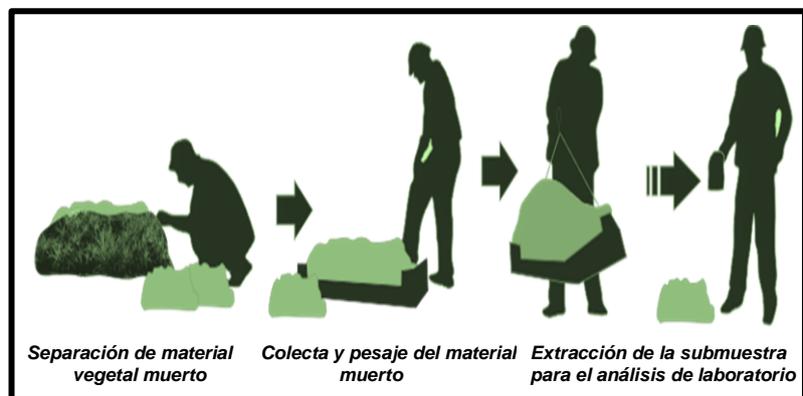
**Figura 8.** Pasos para la medición de la biomasa viva sobre el suelo

**Fuente:** Elaboración Propia.

### B) 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, Chacón, & Porro, 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 9.** Pasos para la medición de la necromasa sobre el suelo.

**Fuente:** Elaboración Propia.

### 3.2.1.2. Determinación de la materia seca o peso seco (Fase de laboratorio)

La materia seca se determinó utilizando una muestra representativa del material vegetal extraída (hojas y tallos) del muestreo del tillandsial. Esta submuestra 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:

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

$$\% \text{ Humedad} = (PH_s - PS_s) \times 100 \quad (\text{Ec.1})$$

Para el peso seco:

$$\text{PS submuestra} = PH_s \times (100 - H\%) \quad (\text{Ec.2})$$

**Donde:**

PH<sub>s</sub>: Peso húmedo de la submuestra

PS<sub>s</sub>: Peso seco de la submuestra

H%: Porcentaje de humedad de la submuestra

### 3.2.1.3. Estimación de la biomasa total del tillandsial

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 todo el tillandsial.

El cálculo se realizó utilizando la siguiente ecuación:

$$B = ((\sum MS / n^\circ \text{ muestras}) / 1\ 000) \times (10\ 000 \text{ m}^2 / 4 \text{ m}^2) \quad (\text{Ec.3})$$

Biomasa total del *tillandsial*:

$$BT = B_{\text{biomasa viva}} + B_{\text{necromasa}} \quad (\text{Ec.4})$$

**Donde:**

MS= Materia seca de la muestra de cada componente de la biomasa del tillandsial (kg MS/4 m<sup>2</sup>)

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

Factor 10 000= Conversión del área a hectárea

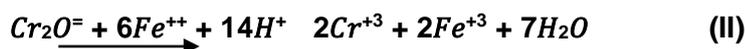
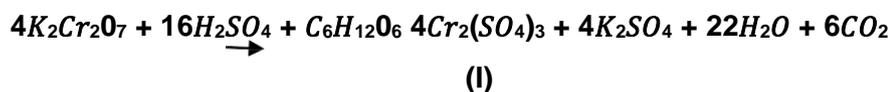
BT= Biomasa total del tillandsial por hectárea (t MS/ha)

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

### 3.2.1.4. 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 & Guerra, 2002). Este método analítico se basa en la oxidación de carbono orgánico por acción de dicromato del potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) y ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ) y en presencia de una fuente externa de calor ( $155\text{ }^\circ\text{C}$ ) 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



- **Materiales:** Espátula, tubos de ensayo, luna de reloj, vaso de vidrio de 250 ml, matraz de Erlenmeyer de 225 y 250 ml, probeta de 25 ml, bureta de 25 ml, fiola de 100 ml, pinzas para tubos de ensayo, pipeta graduada de 5 ml, piseta, varilla de vidrio, termómetro, cuentagotas, soporte para tubo de ensayo, bandejas de metal y tijeras.
- **Equipos:** Cocina eléctrica, balanza analítica 0,0001 g de precisión, estufa y un desecador.
- **Reactivos:** Dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ), Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado al 96%, Solución de Sulfato ferroso ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) de 0,1 N e indicador ferroína (complejo ferroso ortofenantrolina) de 0,025 M.

#### A) 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 *et al.*, 2010; Sadzawka *et al.*, 2007).

## **B) 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 añadirá 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 enraso 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 anoto la cantidad de mililitros gastada de la solución ferrosa en la valoración (Aristizabal & Guerra, 2002).

### **- *Calculo:***

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 siguiente ecuación:

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

(Ec.5)

**Donde:**

meq.K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>usado= Cantidad de dicromato utilizado en la prueba en expresado en miliequivalentes.

meq.K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 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 de tillandsial. 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 tillandsial (ej. hojas, tallos y raíces).

**3.2.1.5. Estimación de la cantidad de carbono almacenado en la biomasa del *tillandsia*.**

**A) 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, & Porro, 2009).

Este cálculo se realizará a través de la siguiente ecuación:

$$C_m = MS \text{ muestra} \times CF \quad (\text{Ec. 6})$$

**Donde:**

$C_m$ = Cantidad de carbono contenida en la muestra (kg C/4m<sup>2</sup>).

MS muestra= Cantidad de materia seca presente en la muestra (kg MS/4 m<sup>2</sup>).

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

## **B) Estimación de la cantidad de carbono almacenado en la biomasa total del tillandsial 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 en kilogramo en toneladas de carbono y en metro cuadrado en hectáreas (Rügnitz, Chacón, & Porro, 2009). Este cálculo se realizó a través de la siguiente ecuación:

$$C_B = \left( \frac{\frac{\sum C_{mi}}{n \text{ muestras}}}{100} \right) * \left( \frac{1000m^2}{4m^2} \right) \quad (\text{Ec.7})$$

Cantidad de carbono almacenado en la biomasa total del tillandsial:

$$CT = CBiomasa \text{ viva} + Cnecromasa \quad (\text{Ec.8})$$

**Donde:**

$C_B$ = La cantidad de carbono almacenado en cada componente de biomasa del tillandsial.

$C_T$ = Cantidad de carbono almacenado en la biomasa total

del tillandsial (tn C/ha).

$\sum C_{mi}$ =Sumatoria de la cantidad de carbono de todas las muestras de cada componente de la biomasa del tillandsial (kg C/4 m<sup>2</sup>).

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

Factor 10 000= Conversión del área a hectárea.

### 3.2.1.6. Estimación de la cantidad de CO<sub>2</sub> capturado en la biomasa del tillandsial

Se obtuvo las toneladas de carbono almacenado en la biomasa, este se multiplicó por 44/12, que representa la relación del peso molecular del CO<sub>2</sub> entre el peso molecular del carbono, para determinar la cantidad de CO<sub>2</sub> absorbido o capturado por la biomasa del tillandsial (IPCC 2003; Rüginitz, Chacón, & Porro, 2009). En base a esta conversión una tonelada de carbono equivale a 3,67 toneladas de CO<sub>2</sub> capturado.

$$CO_2 = C_{total} \times 3,67 \quad (Ec.9)$$

**Donde:**

CO<sub>2</sub>= CO<sub>2</sub> capturado o absorbido por la biomasa vegetal.

C<sub>total</sub>= La cantidad total de carbono almacenado en la biomasa vegetal del tillandsial (tn C).

## 3.4. Materiales y/o instrumentos

Para la medición, evaluación de la especie *Tillandsia werdermannii* y *Tillandsia purpurea* (siempre viva) se emplearon los siguientes materiales, equipo para la recolección de campo, evaluación en laboratorio y modelamiento para estimación.

**Tabla 4.**

Materiales y equipos empleados en la ejecución de la investigación.

Tipo	Material	Cantidad	Unidad
Campo			

Materiales Y Instrumentos	Libreta	1	No aplica
	Lapicero	1	No aplica
	Wincha x 5m	1	No aplica
	Bolsas Ziploc	24	No aplica
	Costal	4	No aplica
	Cuerdas o pábilo	1	No aplica
	Guantes	4	No aplica
Equipo	GPS Garmin	1	Metros
	Cámara digital	1	No aplica
	Balanza digital	1	No aplica
	Calculadora científica	1	No aplica
<b>Gabinete</b>			
Materiales	Cuaderno	1	No aplica
	Lapicero	1	No aplica
Equipos y Software	Laptop Advance Core i5	1	No aplica
	Microsoft Word	-	-
	Microsoft Excel	-	-
	ArcGis 10.4	-	-
	Statgraphics	-	-
<b>Laboratorio</b>			
Materiales	Tubos de ensayo	5	No aplica
	Luna de reloj	1	No aplica
	Matraz de Erlenmeyer 250 ml	2	No aplica
	Vaso de vidrio de 250 ml	2	No aplica
	Probeta y Bureta de 25 ml	2	No aplica
	Pipeta graduada de 5 ml	1	No aplica
	Pinzas	1	No aplica
Equipos y Herramientas	Balanza analítica	1	No aplica
	Cocina eléctrica	1	No aplica
	Estufa	1	No aplica
	Desecador.	1	No aplica
	Tamizador	1	No aplica
Reactivos	Solución Dicromato de Potasio	-	-
	Ácido sulfúrico concentrado	-	-
	Solución de Sulfato ferroso	-	-
	Ferroína	-	-

**Fuente:** Elaboración Propia

### **3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

El procesamiento y análisis de los datos se realizó mediante un software estadístico (STATGRAPHICS), a través del cual se determinó la media, la media ponderada, desviación estándar, los intervalos de confianza y el error estándar del contenido de carbono y de biomasa del estrato. Se realizó un análisis estadístico ANOVA para determinar posibles diferencias significativas entre las medias de la cantidad de carbono orgánico en la especie y la cantidad de carbono almacenado en la biomasa y necromasa del Tillandsial.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Resultado del contenido de carbono orgánico en el tejido vegetal.

Los valores del contenido de carbono orgánico son necesarios para la obtener el resultado del carbono orgánico total, los resultados se expresan en las muestras de muestreo descritos a continuación.

**Tabla 5.**

Contenido de carbono orgánico de la Biomasa Viva

MUESTRA	%C
<b>BV-001</b>	37.4
<b>BV-002</b>	43.6
<b>BV-003</b>	43.5
<b>BV-004</b>	38.4
<b>BV-005</b>	43.2
<b>BV-006</b>	39.6
<b>BV-007</b>	36.4
<b>BV-008</b>	43.4
<b>BV-009</b>	36.0
<b>BV-010</b>	38.0
<b>BV-011</b>	38.2
<b>BV-012</b>	34.6

*Fuente:* Elaboración Propia

El contenido de carbono orgánico promedio en los puntos de muestreo de la biomasa viva , según la Ecuación N° 5, es de 39.79%.

**Tabla 6.**

Contenido de carbono orgánico en la Necromasa.

MUESTRA	%C
<b>NM-001</b>	50.18
<b>NM-002</b>	45.08
<b>NM-003</b>	39.98
<b>NM-004</b>	43.71

<b>NM-005</b>	34.10
<b>NM-006</b>	29.79
<b>NM-007</b>	44.69
<b>NM-008</b>	36.85
<b>NM-009</b>	20.97
<b>NM-010</b>	10.19
<b>NM-011</b>	33.32
<b>NM-012</b>	39.40

*Fuente:* Elaboración Propia

El contenido de carbono orgánico promedio en los puntos de muestreo de la biomasa viva, según la Ecuación N° 5, es de 35.35%.

#### 4.2. Determinación del contenido de carbono orgánico en las especies del Tillandsial en las Lomas Arrojadero.

**Tabla 7.**

Contenido de carbono orgánico en el tejido vegetal en las especies del Tillandsial en las Lomas Arrojadero. n= Tamaño de muestra. GH= Grupos Homogéneos

<b>Especie</b>	<b>n</b>	<b>Media (%C)</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
<i>Tillandsia werdermannii</i>	6	39.79	a
<i>Tillandsia purpurea</i>	6	35.35	b

*Fuente:* Elaboración propia, 2020.

Como se muestra en la Tabla 7, el contenido de carbono orgánico entre las especies de tillandsias 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%.

#### 4.3. Estimación de la cantidad de carbono almacenado en la biomasa total del tillandsial .por hectárea.

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

**Tabla 8.**

Resumen del carbono total en el tejido vegetal

<b>Tipo de Muestra</b>	<b>Carbono Total (Tn C/ha)</b>
Biomasa Viva	13.92
Necromasa	11.22
Carbono Total almacenado	25.15

**Fuente:** Elaboración propia

El carbono orgánico total almacenado en el Tillandsial en las Lomas Arrojadero es el resultado de los sumatoria de los 02 tipos de muestras en relación a la Ecuación N° 7, obteniendo así un total de 25.15 Tn C/ha.

#### 4.4. Estimación de la cantidad de CO<sub>2</sub> capturado por la biomasa del tillandsial.

De acuerdo a la fórmula presentada por Palomino (2007) y Alvis (2017), para la cuantificación de CO<sub>2</sub> almacenado, se multiplica el valor obtenido del carbono orgánico total, expresado en TnC/ha por un valor constante (kr) de 44/12, dando como resultado una fijación de 92.30 TnCO<sub>2</sub>/ha en el Tillandsial en las Lomas Arrojadero.

#### 4.5. Análisis de la varianza (ANOVA)

***Análisis de evidencia de la cantidad de carbono acumulado respecto a la Biomasa viva en las especies del tillandsial en las Lomas Arrojadero.***

##### **Comparación de Varias Muestras**

Muestra 1: **Cm** Biomasa Viva de la especie T. Purpurea

Muestra 2: **Cm** Biomasa Viva de la especie T. Werdermannii

**Tabla 9**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0000800833	1	0.0000800833	1.03	0.3339
Intra grupos	0.000776833	10	0.0000776833		
Total (Corr.)	0.000856917	11			

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.

Para comprobar que especie posee más cantidad de carbono en la parte de la materia viva se realizó el análisis de varianza tal como se aprecia en la Tabla 9 , donde se evidencia que 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)

***Análisis de evidencia de la cantidad de carbono acumulado respecto a la Necromasa en las especies del tillandsial en las Lomas Arrojadero.***

**Comparación de Varias Muestras**

Muestra 1: Cm Necromsa de la especie T. Purpurea

Muestra 2: Cm Necromasa de la especie T. Werdermannii

**Tabla 10**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.00006075	1	0.00006075	0.53	0.4835
Intra grupos	0.0011475	10	0.00011475		
Total (Corr.)	0.00120825	11			

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.

Para comprobar que especie posee más cantidad de carbono en la parte de la necromasa se realizó el análisis de varianza tal como se aprecia en la Tabla 10., donde se evidencia que no existen diferencias significativas entre la cantidad de carbono en la parte de la necromasa de ambas especies, con un nivel de significancia del 95 % ( $p\text{-valor} = 0.4835$ ).

## CAPÍTULO V

### 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. Y la cantidad total de carbono almacenado en el área fue 852.90 tn C. En tanto Maquera (2017) reporto 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 t, 869.90 tn y 473.22. El que capturó la mayor cantidad fue el eucalipto con 1 260.55 tn de C siguiendo con el pino 489.48 tn de C y para el ciprés con 320.25 tn de C; recopilando una suma 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 que la cantidad de carbono para la comunidad Junco (*Schoenoplectus Americanus P.*) Ampuero (2018) reporto 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 CO<sub>2</sub>/ha. En el actual estudio sobre la capacidad de captura de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>

## CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis de los resultados se puede obtener las siguientes conclusiones:

1. 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%.
2. En la especie *Tillandsia werdermannii*, almacena la mayor cantidad de carbono en la biomasa vegetal con 1,78 t C/ha. Por su parte, *Tillandsia purpurea* es la especie que almacena la menor cantidad de carbono con 1.66 t C/ha.
3. Se determinó el peso de la materia seca en la biomasa viva y la necromasa de la especie *Tillandsia werdermannii* es de 136.45 kg MS/4m<sup>2</sup> 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/4m<sup>2</sup>.
4. 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 CO<sub>2</sub>

## RECOMENDACIONES

- El SERFOR y el Gobierno Regional deben actualizar el estudio de especies y de cobertura vegetal, en las Lomas Arrojadero ya que a parte de las especies *Tillandsia werdermanii* y *Tillandsia purpurea*, se encontró a la especie *Tillandsia landbecki*.
- Se recomienda realizar estudios de captura de carbono principalmente en especies protegidas como en la *Tillandsia werdermanii* distribuidos en otros ecosistemas de la región de Tacna como el Tillandsial de Cerro Blanco y Concordia.
- Se sugiere realizar estudios de monitoreo en la Captura de Carbono del tillandsial en las Lomas Arrojadero con la finalidad de asegurar los cambios en la captura y almacenamiento de carbono por efectos del cambio climático.
- Se recomienda proponer Proyectos de Conservación en las Lomas Arrojadero por encontrarse en Peligro de Extinción la especie protegida a nivel nacional y regional *Tillandsia werdermanii* representando uno de los ecosistemas únicos en el desierto del cual presta servicios ambientales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Del Águila, A. 2012. "Cuantificación de La Captura de Carbono En Las Especies Forestales y Su Contribución Al Ambiente En El Centro de Producción e Investigación Pabloyacu. San Martín, Perú." Universidad Nacional De San Martín - Tarapoto.
- 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."
- Aponte, H, and J Flores. 2013. "Densidad y Distribución Espacial de *Tillandsia Latifolia* En El Tillandsial de Piedra Campana – Lima." *Ecología Aplicada* 12(1). [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162013000100005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162013000100005&script=sci_arttext).
- Arévalo, L, J Alegre, and C Palm. 2003. "Manual de Las Reservas Totales de Carbono En Los Diferentes Sistemas de Uso de La Tierra En Perú." *STC/CGIAR/Ministerio de agricultura*.
- 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>.
- Baldocchi, D, Y Ryu, and T Keenan. 2016. "Terrestrial Carbon Cycle Variability." *F1000 Faculty Rev: 2371*. <https://f1000research.com/articles/5-2371/v1>.
- "Banco Mundial." 2017. *Emisiones de CO2. Centro de Análisis de Información sobre Dióxido de Carbono, División de Ciencias Ambientales del Laboratorio Nacional de Oak Ridge*. [https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?cid=GPDes\\_27&end=2013&locations=PE&start=1960&view=chart](https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?cid=GPDes_27&end=2013&locations=PE&start=1960&view=chart).
- "BANCO MUNDIAL." 2019. *Cambio climático: Panorama general. Washington, USA*. [www.bancomundial.org/es/topic/climatechange/overview#1](http://www.bancomundial.org/es/topic/climatechange/overview#1).
- Bermejo Gómez, R. 2014. "Análisis Del Concepto de Desarrollo Sostenible Según Brundtland. a La Sostenibilidad Como Biomimesis." Universidad del País Vasco.

- Burbano, Hernán. 2018. "El Carbono Orgánico Del Suelo y Su Papel Frente Al Cambio Climático." *revista de Ciencias Agrícolas*, vol. 34 (1): 84-85–86.
- Cach-Pérez, M, J Andrade, and C Reyes-García. 2014. "La Susceptibilidad de Las Bromeliáceas Epifitas Al Cambio Climático." In *Bot. Sci. Vol. 92 (2). Recuperado El 23 de Abril Del 2017*, Mexico. <http://www.scielo.org.mx/pdf/bs/v92n2/v92n2a1.pdf>.
- CATIE. 2002. "Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE (2002). Inventario Forestal Para Bosques Latifoliados En América Central." In *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE, Turrialba, Costa Rica 2002. Serie Técnica.*, [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload%0A/training\\_material/docs/Inventarios\\_Forestales\\_Bosques\\_Latifoliados\\_AC.pdf%0A](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload%0A/training_material/docs/Inventarios_Forestales_Bosques_Latifoliados_AC.pdf%0A).
- Chavez, E., J. Andrade, and C. Reyes. 2017. "Epífitas Para Neófitos: Las Bromeliáceas y Sus Fascinantes Tricomias." In *Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C, CICY*, México, 54–59.
- CHÁVEZ, Jhoan. 2018. "Captura y Almacenamiento de Carbono de Los Bosques Estacionalmente Secos de La Costa Norte ( Como Mitigación Frente Al Cambio Climático." Universidad Nacional Agraria La Molina.
- 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.
- Cortés, Y. 2016. "Análisis Mensual de Acumulación de Biomasa y Fijación de Carbono En Una Plantación de Gmelina Arborea Roxb." *Los Chiles, Alajuela, Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto tecnológico de Costa Rica . Proyecto de graduación.*
- Dancé Caballero, J. 2016. "Valorización Económica de Los Servicios Ecosistémicos que Brindan Los Bosques y Afines En El Perú." FCCEF – USMP. <http://www.usmp.edu.pe>.
- Estrada T., Z. 2016. "Alternativas Económicas Para La Conservación de Los Bosques Húmedos Del Perú Con Énfasis En La Región Ucayali. México."
- "FAO." 2019. *Propiedades del suelo: Propiedades químicas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, Roma, Italia.*

<http://www.fao.org/soils-portal/soilsurvey/clasificacion-de-suelos/> .

“FAO.” *Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura Roma, Italia.*  
<http://www.fao.org/soils-portal/cos>.

Flores, A. 2018. “Estimación de La Captura de Carbono En Especies Forestales En La Concesión Para La Conservación Bosques de Marona - Moyobamba, 2017.” Universidad César Vallejo.

Frank, D et al. 2015. “Effects of Climate Extremes on the Terrestrial Carbon Cycle: Concepts, Processes and Potential Future Impacts.” *Global change biology*, 21(8), 2861-2880.

“Fundación Azul Ambientalistas.” 2015. <http://azulambientalistas.org/cop21.html>.

Gayoso, J. 2012. “Medición de La Capacidad de Captura de Carbono En Bosques Nativos y Plantaciones de Chile.” *Revista Forestal Iberoamericana*.

GORET. 2010. “Evaluación Poblacional de Tillandsia Werdermannii (Siempre Viva) En El Cerro Blanco y Cerro Arroyadero. Tacna, Perú.”

Granados, C. 2005. “Estudio Taxonómico Del Género Tillandsia L. (Bromeliaceae) En La Sierra de Juárez (Oxaca, México). Tesis Para Optar El Grado de Bióloga.” Universidad Nacional de México.

Honorio, E, and T Baker. 2010. “Manual Para El Monitoreo Del Ciclo de Carbono En Bosques Amazónico.”

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.”

Lazo, R. S. 2011. “Valoración Biológica, Física y Geográfica de La Hierba Siempre Viva Tillandsia Werdermannii Para La Conservación En La Región Tacna.” Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

“Life Adaptamed.” 2018. *Secuestro de dióxido de carbono CO2*.

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 碳>

監%E6%B5%0A%8B指南.pdf%0A.

- Maquera, D. 2017. “Determinación Del Contenido de Carbono Por Especie Forestal En El Bosque Del Cip Camacani.” Universidad Nacional del Altiplano.
- Martino D. 2000. “Los Sumideros de Carbono En El Mecanismo de Desarrollo Limpio Del Protocolo de Kioto.”
- 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.”
- Medina, R. 2012. “¿Qué Es Una Especie y Porqué Debería Importarnos?” : 2254–3651.
- MINAM. “Estrategia Nacional Ante El Cambio Climático 2015.” [www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/09/ENCCFINAL-250915-web.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/09/ENCCFINAL-250915-web.pdf).
- Mundial, Grupo Banco. 2019. “Emisiones de CO2 (Toneladas Métricas per Cápita).” [https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?end=2014&locations=PE&sta%0Art=1960&year\\_low\\_desc=false](https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?end=2014&locations=PE&sta%0Art=1960&year_low_desc=false).
- “Naciones Unidas.” 2019. *Cambio Climático*. <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climatechange/index.html>.
- Olalde, M. 2010. “Biodiversidad y Servicios de Los Ecosistemas. UNESCO Etxea.” In España: Servicios de los ecosistemas y bienestar humano Bilbao, (pp.9-14). [http://www.unescoetxea.org/dokumentuak/Ecosistemas\\_bienestar.pdf](http://www.unescoetxea.org/dokumentuak/Ecosistemas_bienestar.pdf).
- “Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura [FAO].” 2009. <https://boletinagrario.com/ap-6,captura+de+carbono,1671.html>.
- Orozco, C, H Sagastume, U Feldhoff, and A Suchini. 2011. “Propagación in Vivo e in Vitro de Cinco Especies Del Género Tillandsias En Vías de Extinción y de Potencial Uso Sostenible. Informe Final.”
- Paneque, V et al. 2010. “Manual de Técnicas Analíticas Para Análisis de Suelo, Foliar, Abonos Orgánicos y Fertilizantes Químicos.” [http://mst.ama.cu/578/1/folleto\\_suelos.pdf](http://mst.ama.cu/578/1/folleto_suelos.pdf).
- Pearson, T., S. Walker, and S. Brown. 2005. “Sourcebook for Land Use, Land-Use Change and Forestry Projects. Biocarbon Fund. Winrock International.”
- 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.
- Pumasupa, Marly. 2018. "CUANTIFICACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO DE LA ESPECIE FORESTAL *Haplorhus Peruviana* Carzo COMO SERVICIO AMBIENTAL EN EL VALLE DE CINTO, PROVINCIA JORGE BASADRE." UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA.
- Ramírez, D. 2011. "Flora Vascular y Vegetacion de Lo Humedales de Conococha, Ancash, Peru."
- Reichstein, M et al. 2013. "Climate Extremes and the Carbon Cycle." (Recuperado el 30 de abril del 2017): *Nature*, 500, 287-295.
- Rügnitz, M. T, M. L Chacón, and R Porro. 2009. *Guía Para La Determinación de Carbono En Pequeñas Propiedades Rurales*. 1st ed. Lima, Peru: Centro Mundial Agroforestal (ICRAF) / Consórcio Iniciativa Amazónica (IA).
- Sadzawka, A et al. 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."
- Sheikh, A. Q, B. M Skinder, and B. A Ganai. 2014. "Terrestrial Carbon Sequestration as a Climate Change Mitigation Activity." *Journal of Pollution Effects & Control*, 2(January 2015): 1–8. <https://doi.org/10.4172/jpe.1000110>.
- Smith, T, and R Smith. 2007. *Ecología (6a Ed.)*. Madrid: Pearson Educación, S.A. (6a ed.).
- Tello Sanchez, Guianella Sandy, and Miqueas Vargas Urbano. 2019. "Determinación de Captura de Carbono Aplicando Ecuaciones Alométricas En Especies Forestales de *Schinus Latifolius*, *Eucalyptus Globulos*, *Vachellia Macracantha* y *Pouteria Lúcumá* En La Universidad Peruana Unión." UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD.
- Tito, C. 2012. "Estimación Cuantitativa de La Capacidad de Captura Del CO<sub>2</sub> En Plantaciones de Olivo En El Distrito de Tacna." Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Toochi, E. 2018. "Carbon Sequestration: How Much Can Forestry Sequester CO<sub>2</sub>? Forestry Research and Engineering." *International Journal*, 2(3): 148–150. <https://doi.org/10.15406/freij.2018.02.00040>.

Türkowsky, J. 1976. "Estudio Bioecológico de Tillandsial de Cajamarquilla Lima." Universidad Nacional Agraria La Molina.

Wolf, S et al. 2016. "Warm Spring Reduced Carbon Cycle Impact of the 2012 US Summer Drought." *Proceedings of the National Academy of Sciences, U S A.*; 113(21): 5880–5885.

## ANEXOS

**Anexo 1:** Contenido de humedad en las diferentes especies de tillandsias en la comunidad del Tillandsial en las Lomas Arrojadero.

Especie	n	% PROMEDIO DE HUMEDAD	
		Biomasa viva	Necromasa
<i>Tillandsia werdermannii</i>	6	66.69	12.04
<i>Tillandsia purpurea</i>	6	77.64	6.40

Fuente: Elaboración propia, 2020.

**Anexo 2:** Coordenadas UTM de las unidades de muestreo para la medición de carbono del Tillandsial en las Lomas Arrojadero (Datum: WGS84)

N°	Este	Norte	Altura (m.s.n.m)
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

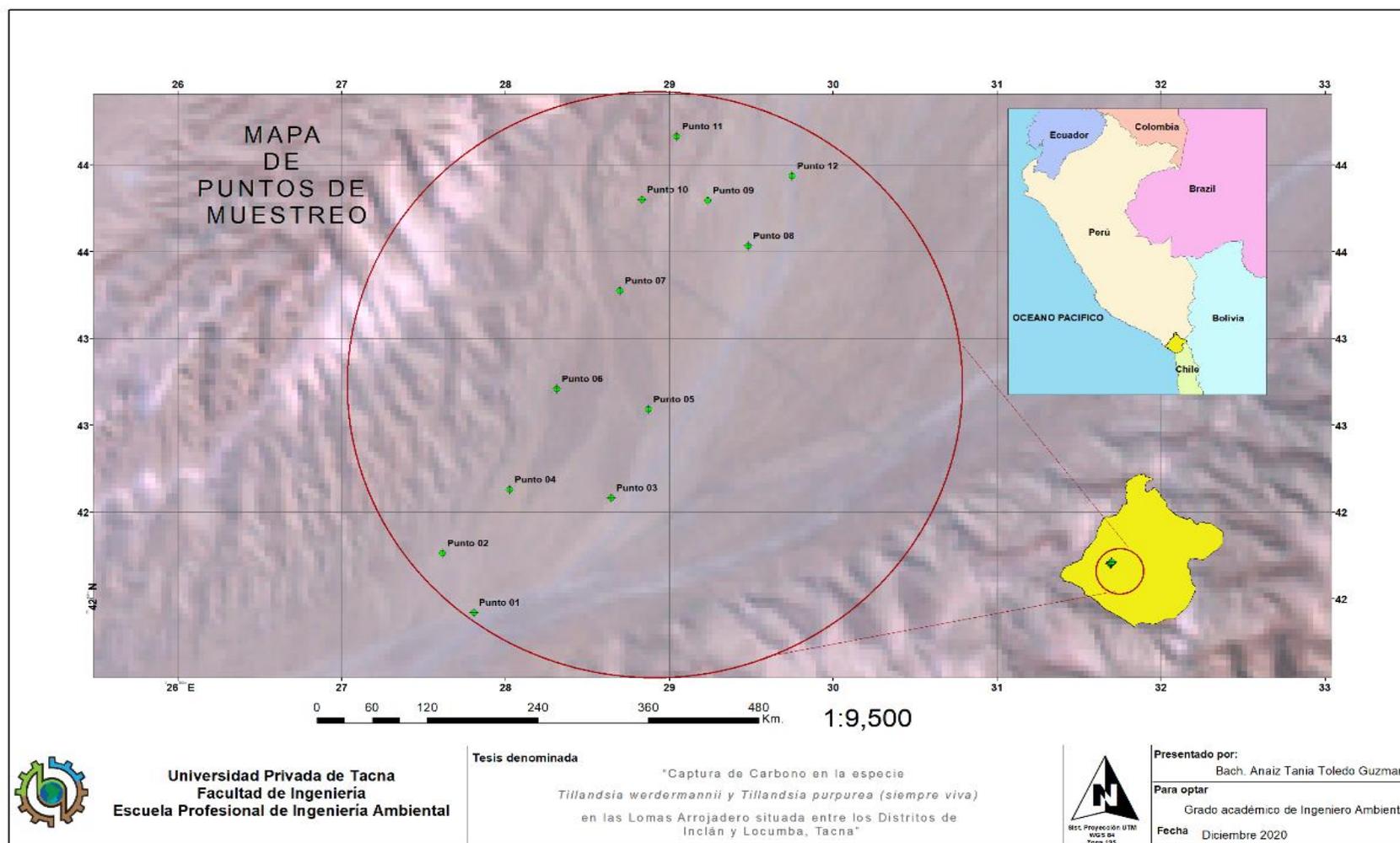
Fuente: Elaboración propia, 2020.



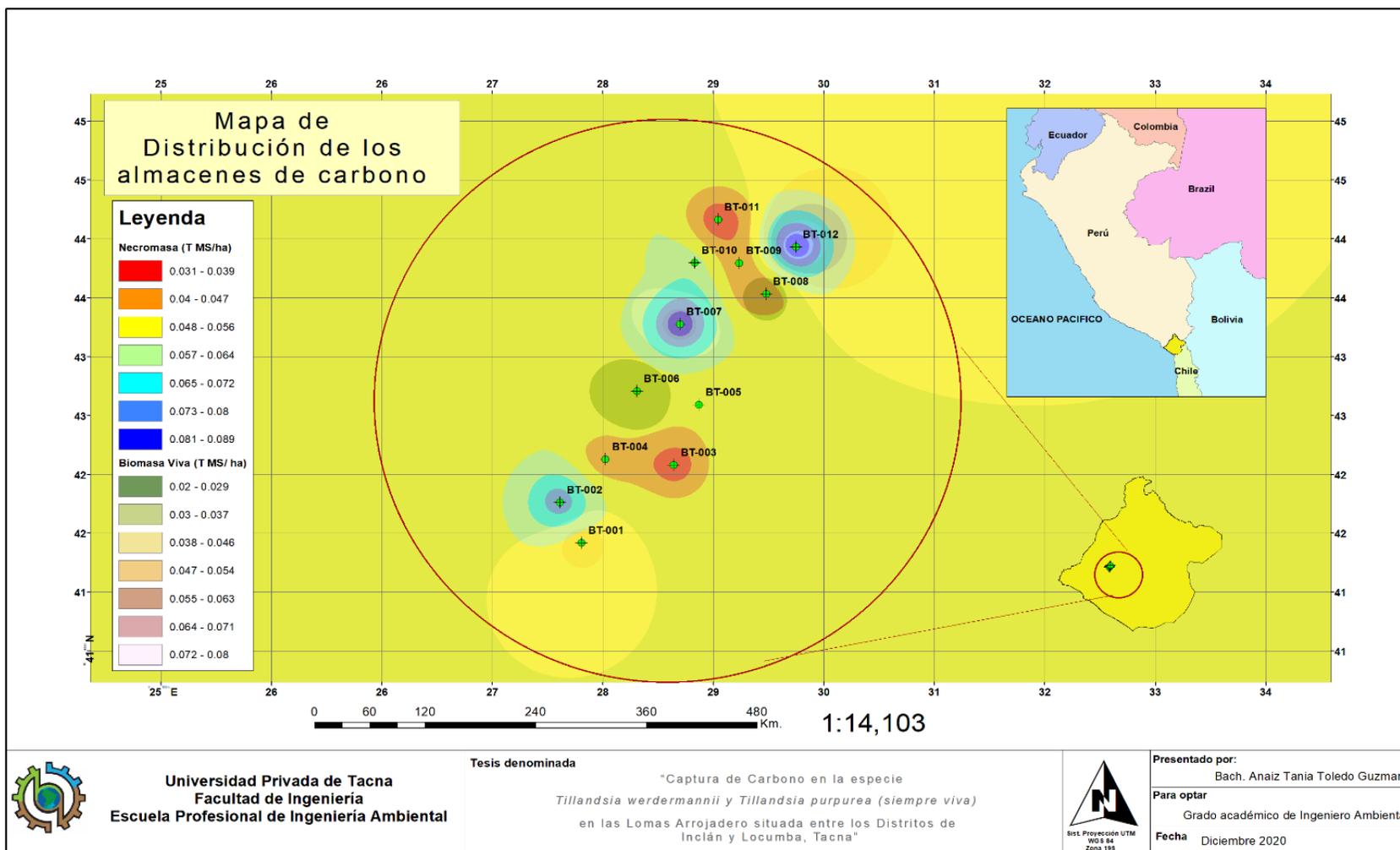




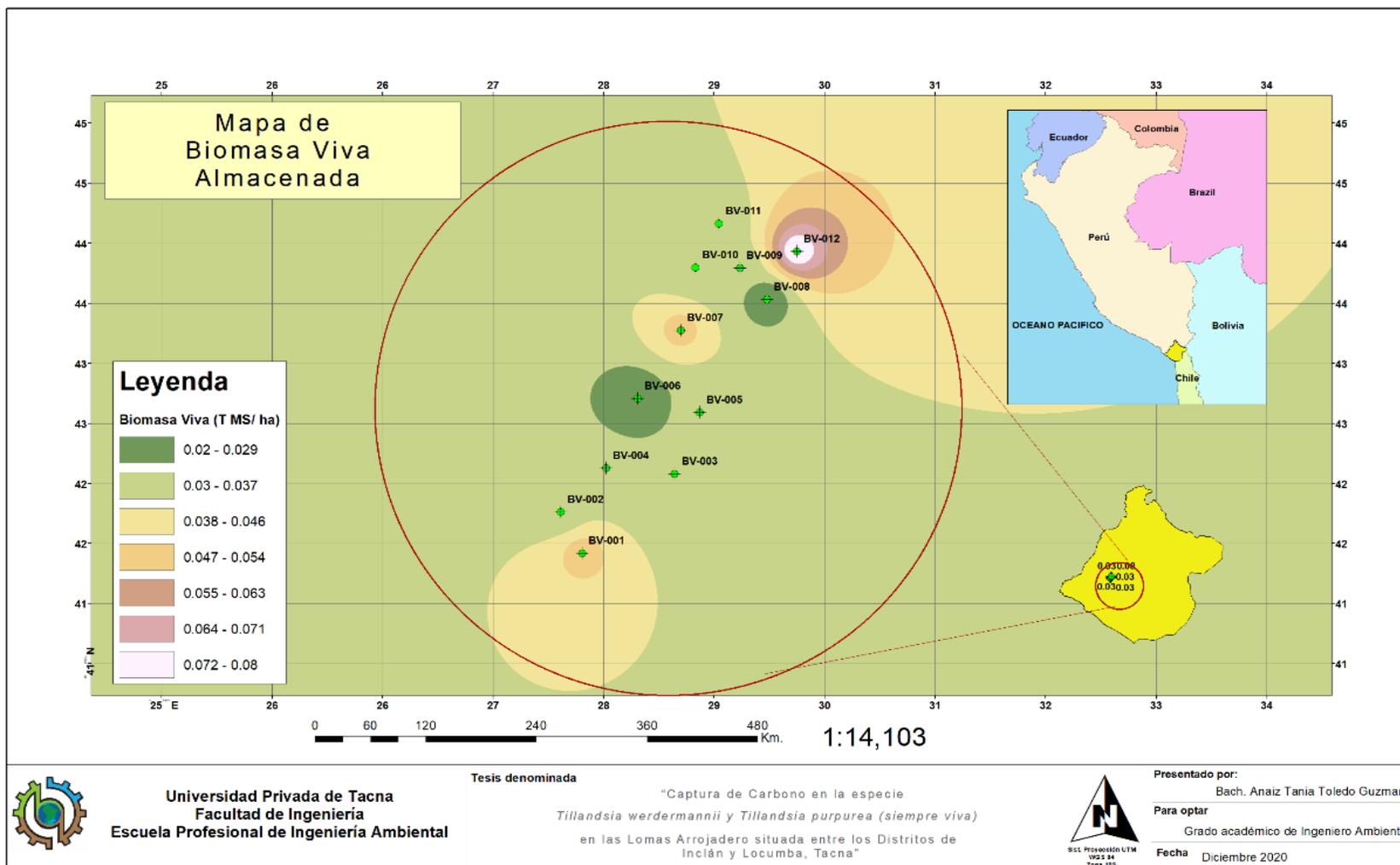
**Anexo 4.** Mapa de distribución de las unidades de muestreo en la zona de estudio del Tillandsial en las Lomas Arrojadero , 2020.



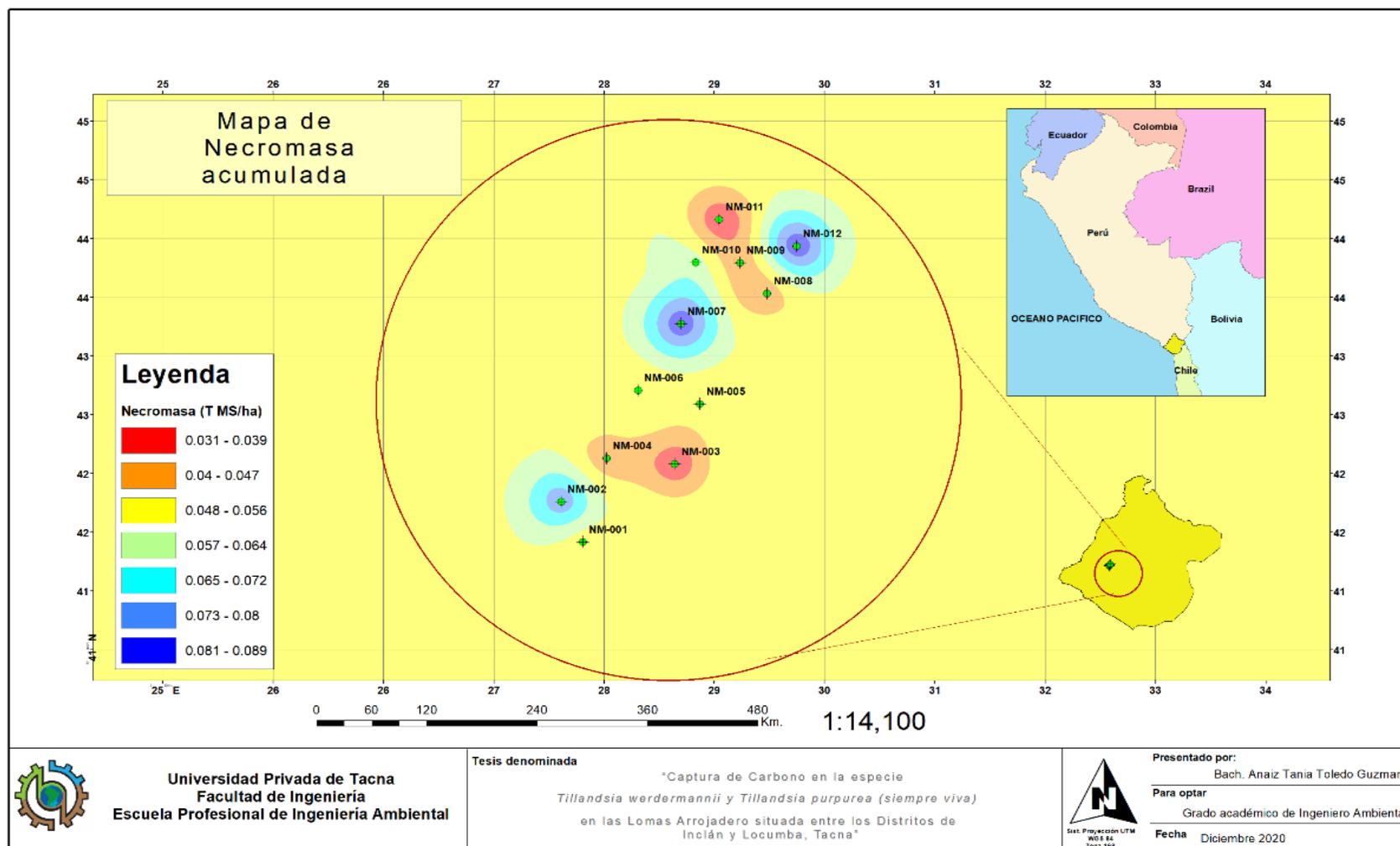
Anexo 5. Mapas de almacenes de carbono en la zona del tillandsial en las Lomas Arrojadero, 2020.



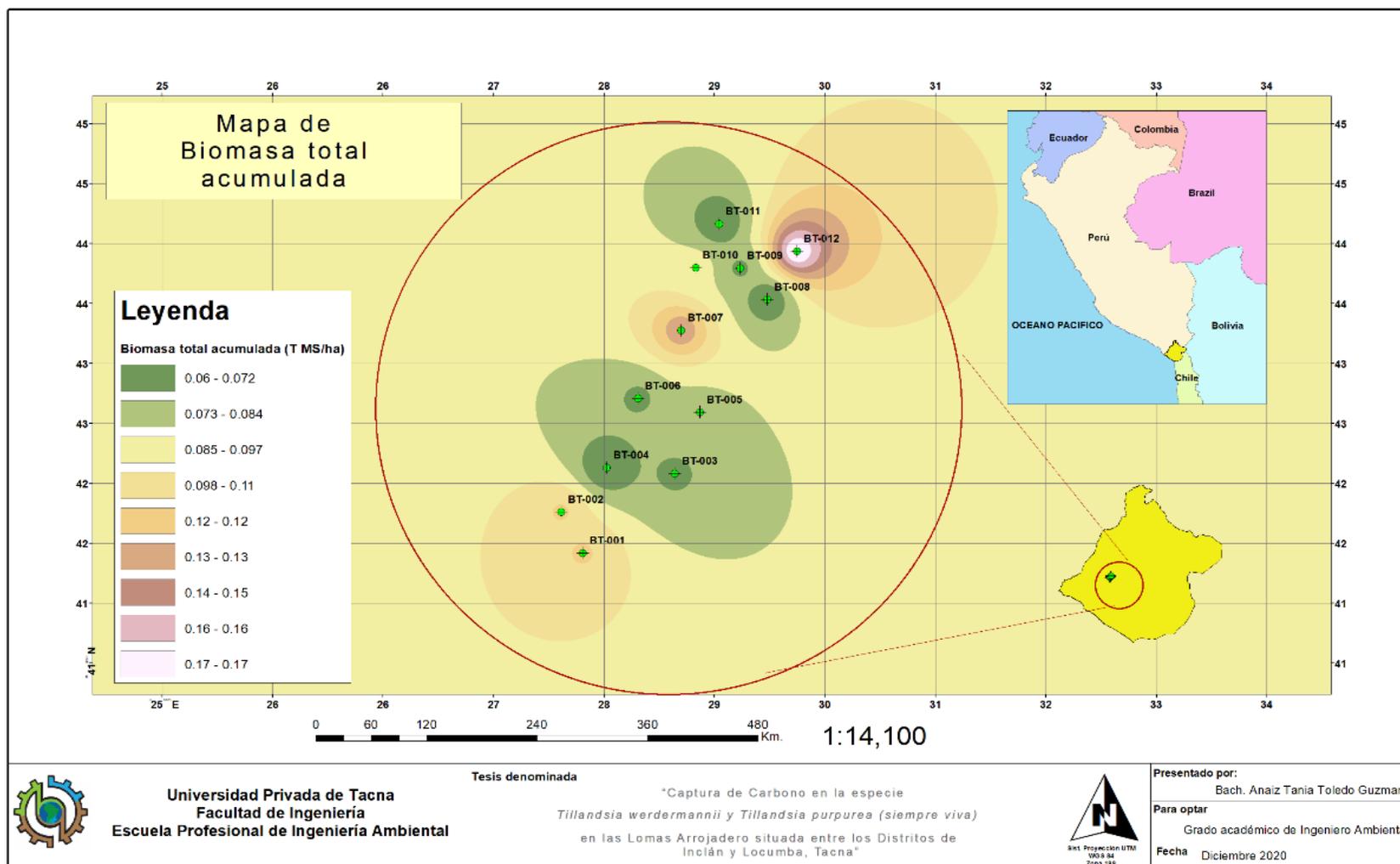
**Anexo 6.** Mapa de distribución de la biomasa viva almacenada en el Tillandsial de Lomas Arrojadero.



**Anexo 7.** Mapa de distribución de la necromasa almacenada en el Tillandsial de Lomas Arrojadero.



**Anexo 8.** Mapa de distribución de la biomasa total acumulada en el Tillandsial de Lomas Arrojadero.



**Anexo 9.** Fotos de campo sobre los tillandsiales en las Lomas Arrojadero.



**Figura 10.** *Tillandsia werdermannii*.

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.



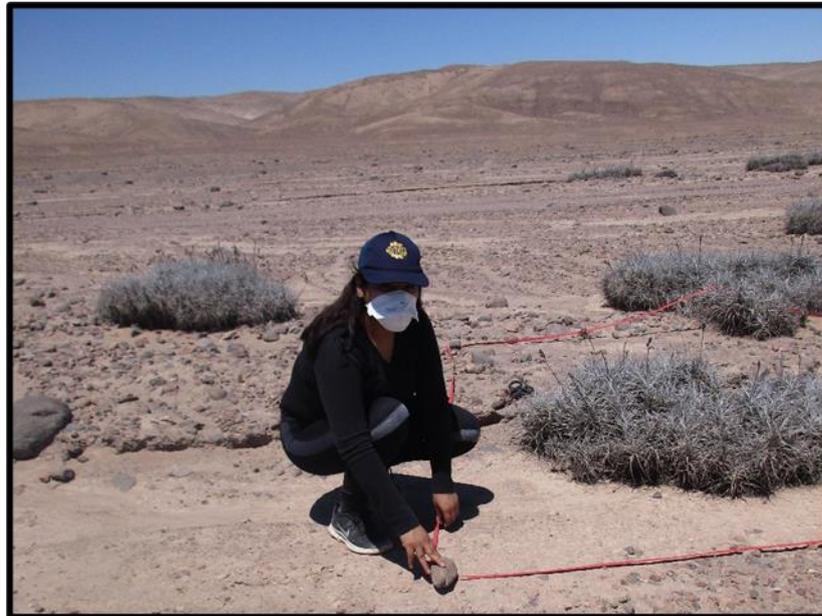
**Figura 11.** *Tillandsia purpurea*.

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.



**Figura 12.** Vista panorámica de la comunidad de tillandsial en las Lomas Arrojadero.

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.



**Figura 13.** Identificación de la especie para la medición del peso de la biomasa del tillandsial.

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.



**Figura 14.** Separación y colecta de la materia vegetal viva y la biomasa muerta acumulada en la unidad de muestreo (4m<sup>2</sup>).

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.



**Figura 15.** Pesado de la materia vegetal viva acumulada en el área de la parcela (4 m<sup>2</sup>).

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.



**Figura 16.** La colecta y pesada de la materia muerta acumulada en la unidad de muestreo.

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.



**Figura 17.** Registro de los datos en campo del muestreo de la biomasa viva y necromasa sobre el suelo.

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.



**Figura 18.** Pesaje de la muestra seca para la determinación de la humedad.

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.



**Figura 19.** Rotulado de la submuestra biomasa viva de la especie *Tillandsia Werdermannii* en las Lomas Arrojadero.

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.

**Anexo 10.** Fotos del Laboratorio de Química para la determinación del contenido de Carbono.



**Figura 20.** Preparación de las muestras vegetales para el análisis de carbono (*T. purpurea* y *T. werdermannii*).

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.



**Figura 21.** Muestras colectadas son secadas en el Horno.

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.



**Figura 22.** Molienda de la muestra seca en un Molino manual de hierro fundido.

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.



**Figura 23:** Pesado de las muestras finamente molida para el análisis de carbono.

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO:	“CAPTURA DE CARBONO EN LA ESPECIE <i>Tillandsia werdermannii</i> <i>Tillandsia purpurea</i> (SIEMPRE VIVA) EN LAS LOMAS ARROJADERO SITUADA ENTRE LOS DISTRITOS DE INCLÁN Y LOCUMBA, TACNA”					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿Cuál es la capacidad de captura de carbono en la especie <i>Tillandsia werdermannii</i> y <i>Tillandsia purpurea</i> en las Lomas Arrojadero situada entre los distritos de Inclán y Locumba, Tacna?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Evaluar la captura de carbono la especie de <i>Tillandsia werdermannii</i> y <i>Tillandsia purpurea</i> en las Lomas Arrojadero situada entre los distritos de Inclán y Locumba, Tacna.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>La cantidad de carbono capturado de la especie <i>Tillandsia werdermannii</i> y <i>Tillandsia purpurea</i> en la necromasa es significativamente mayor que en la materia seca</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Captura de carbono en la Biomasa Viva</li>   <li>- Captura de carbono en la Necromasa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Peso seco de la biomasa viva y de la necromasa</li>   <li>-Peso húmedo de biomasa viva y la materia orgánica muerta (necromasa)</li>   <li>-Contenido de humedad en la biomasa vegetal</li>   <li>-Contenido de carbono orgánico en el tejido vegetal de la especie <i>Tillandsia werdermannii</i> y <i>Tillandsia purpurea</i></li>   <li>-Cantidad de carbono acumulado en la biomasa y necromasa del tillandsial</li>   <li>-Cantidad de CO<sub>2</sub> capturado en la biomasa del tillandsial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-tn MS/ha</li>   <li>-%</li>   <li>-%</li>   <li>-t C/ha</li>   <li>-t CO<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestro aleatorio estratificado</li>   <li>Empleo de herramienta ArcGIS versión 10.4</li>   <li>-Método Shollenberger</li>   <li>-Aplicación de fórmulas matemáticas</li>   <li>Aplicación de Software estadístico SPSS: ANOVA y Tukey</li> </ul>
<p><b>Problemas específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿El contenido de carbono orgánico en el tejido vegetal de la especie <i>Tillandsia werdermannii</i> y <i>Tillandsia purpurea</i> nos permitirá obtener la captura de carbono de las Lomas Arrojadero como servicio ambiental?</li> <li>- ¿La cantidad de carbono almacenado en la biomasa viva y en la necromasa de la especie <i>Tillandsia werdermannii</i> y <i>Tillandsia purpurea</i> nos permitirá obtener la captura de carbono en las Lomas Arrojadero como servicio ambiental?</li> <li>- ¿El peso de la materia seca en la biomasa viva y la necromasa en la especie de <i>Tillandsia werdermannii</i> y <i>Tillandsia purpurea</i> nos permitirá obtener la captura de carbono de las Lomas Arrojadero como servicio ambiental?</li> </ul>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar el contenido de carbono orgánico en el tejido vegetal en la especie de <i>Tillandsia werdermannii</i> y <i>Tillandsia purpurea</i></li> <li>- Estimar la cantidad de carbono almacenado en la biomasa viva y en la necromasa de la especie <i>Tillandsia werdermannii</i> y <i>Tillandsia purpurea</i></li> <li>- Determinar el peso de la materia seca de la biomasa viva y la necromasa en la especie <i>Tillandsia werdermannii</i> y <i>Tillandsia purpurea</i></li> </ul>					

