

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Estimación de la captura de dióxido de carbono  
por plantas herbáceas predominantes del  
humedal Pucush Uclo - Junín, 2023**

Abraham Rossembert Aguilar Casas  
Luz Esther Gaspar Rodriguez

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**A** : Felipe Néstor Gutarra Meza  
**DE** : Steve Dann Camargo Hinostraza  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 19 de agosto de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

“ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE DIÓXIDO DE CARBONO POR PLANTAS HERBÁCEAS PREDOMINANTES DEL HUMEDAL PUCUSH UCLO - JUNÍN, 2023”

**Autores:**

1. Abraham Rossembert Aguilar Casas – EAP. Ingeniería Ambiental
2. Luz Esther Gaspar Rodríguez – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores  
Nº de palabras excluidas: 10 SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

**La firma del asesor obra en el archivo original**  
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestro asesor, Mg. Ing. Steve Dann Camargo Hinostraza, quién nos orientó durante el desarrollo de nuestra investigación.

A la Mg. Mary Luz Chávez Quijada por la asesoría brindada durante el proceso de la presente investigación.

Al Sr. Irineo Balbín Jiménez custodio ambiental del humedal Pucush Uclo, por brindarnos información y darnos las facilidades para las labores de campo de nuestra investigación.

A los señores Agustín Bibiano Rodríguez Castro y Julio Luis Gaspar Laureano por brindarnos su ayuda durante el proceso de recopilación de muestras para la realización del estudio.

A nuestras familias y personas que confiaron en nosotros e hicieron posible esta investigación.

## DEDICATORIA

A mis padres Rebeca y Albino, quienes me dieron la vida y fueron fuente de inspiración, fortaleza y motivación para emprender nuevos proyectos.

A mi sobrino Omar y mis hermanos por estar presente en cada etapa de mi vida.

*Abraham A.*

A mis padres Julio y Flor quienes me acompañaron y guiaron en este largo camino inculcándome sus valores y principios; a mis hermanos Milagros y Daniel quienes con palabras me llenan de motivación día a día.

A mis abuelos Agustín y Domnina por ser mi soporte en todo momento y a todos mis tíos, primos que me apoyan y confían en mí.

*Luz G.*

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	ii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xii
<b>CAPÍTULO I</b> .....	14
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	14
1.1.    Planteamiento y formulación del problema .....	14
1.1.1.    Problema general.....	15
1.1.2.    Problemas específicos .....	15
1.2.    Objetivos .....	16
1.2.1.    Objetivo general .....	16
1.2.2.    Objetivos específicos.....	16
1.3.    Justificación e importancia .....	16
1.4.    Hipótesis.....	17
1.4.1.    Hipótesis general .....	17
1.5.    Operacionalización de variables .....	18
<b>CAPÍTULO II</b> .....	20
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	20
2.1.    Antecedentes de la investigación .....	20
2.1.1.    Antecedentes internacionales .....	20
2.1.2.    Antecedentes nacionales.....	23
2.1.3.    Antecedentes regionales y locales .....	26
2.2.    Bases teóricas .....	30
2.2.1.    Cambio climático .....	30
2.2.2.    Calentamiento global.....	30
2.2.3.    Gases de efecto invernadero .....	31

2.2.4.	Métodos para la medición de biomasa.....	31
2.2.5.	Captura y almacenamiento de dióxido de carbono en plantas .....	32
2.2.6.	Flujo anual de dióxido de carbono.....	34
2.2.7.	Métodos para determinar el porcentaje de carbono orgánico presente en la biomasa .....	34
2.2.8.	Humedales.....	36
2.2.9.	Vegetación de humedales .....	37
2.2.10.	Ciclo de carbono en los humedales.....	38
2.2.11.	Hidrología de los humedales .....	39
2.2.12.	Humedal Pucush Uclo .....	41
2.2.13.	Plantas herbáceas del humedal Pucush Uclo .....	41
2.3.	Definición de términos básicos.....	47
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>50</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>		<b>50</b>
3.1.	Método y alcance de la investigación .....	50
3.1.1.	Método general.....	50
3.1.2.	Método específico .....	50
3.1.3.	Tipo de investigación .....	50
3.1.4.	Nivel de investigación .....	51
3.2.	Diseño de la investigación.....	51
3.3.	Población y muestra .....	51
3.3.1.	Población.....	51
3.3.2.	Muestra.....	51
3.3.3.	Muestreo.....	52
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	53
3.4.1.	Técnicas e instrumentos .....	53
3.4.2.	Materiales.....	54
3.4.3.	Procedimientos .....	56
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>63</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>63</b>
4.1.	Presentación de resultados.....	63
4.1.1.	Identificación de las especies de plantas herbáceas predominantes .....	63
4.1.2.	Cobertura de las especies de plantas herbáceas predominantes .....	64
4.1.3.	Dióxido de carbono capturado en especies de plantas herbáceas predominantes .....	65

4.1.4.	Flujo anual de dióxido de carbono en la biomasa aérea de las especies de plantas herbáceas predominantes .....	69
4.2.	Discusión de resultados .....	72
4.2.1.	Identificación de las especies de plantas herbáceas predominantes .....	72
4.2.2.	Cobertura de las especies de plantas herbáceas predominantes .....	72
4.2.3.	Dióxido de carbono capturado en la biomasa aérea y biomasa raíz - rizoma de las especies de plantas herbáceas predominantes .....	73
4.2.4.	Flujo anual de dióxido de carbono en el humedal Pucush Uclo.....	77
4.2.5.	Captura de dióxido de carbono en el humedal Pucush Uclo .....	77
<b>CONCLUSIONES</b> .....		79
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		80
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....		81
<b>ANEXOS</b> .....		88

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> <i>Lista de especies de vegetación herbácea presente en el humedal Pucush Uclo.</i> .....	42
<b>Tabla 2:</b> <i>Número de muestras enviadas al laboratorio.</i> .....	58
<b>Tabla 3:</b> <i>Cobertura vegetal de las especies en estudio.</i> .....	64
<b>Tabla 4:</b> <i>Promedios de peso fresco, peso seco, porcentaje de materia seca, porcentaje de materia orgánica y porcentaje de carbono orgánico obtenidos de las especies de plantas herbáceas predominantes en su estructura vegetal.</i> .....	66
<b>Tabla 5:</b> <i>Promedios de carbono almacenado y dióxido de carbono capturado obtenidas de las especies de plantas herbáceas predominantes en su estructura vegetal.</i> .....	67
<b>Tabla 6:</b> <i>Flujo anual de dióxido de carbono de las especies de plantas herbáceas predominantes del humedal Pucush Uclo.</i> .....	69
<b>Tabla 7:</b> <i>Prueba de normalidad.</i> .....	70
<b>Tabla 8:</b> <i>Prueba de medias- ANOVA</i> .....	71
<b>Tabla 9:</b> <i>Prueba de Tukey, comparaciones múltiples</i> .....	71

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> <i>El ciclo del carbono en los humedales.</i> .....	39
<b>Gráfico 2:</b> <i>Delimitación del tamaño de muestras en los diferentes depósitos de carbono.</i> .....	53
<b>Gráfico 3:</b> <i>Fotografías de las especies en estudio del Humedal Pucush Uclo</i> .....	63
<b>Gráfico 4:</b> <i>Diferencia de reservas de dióxido de carbono de las especies de plantas herbáceas en estudio</i> .....	68

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> <i>Cálculo del porcentaje de materia seca.....</i>	32
<b>Ecuación 2:</b> <i>Fórmula para determinar el porcentaje de materia orgánica mediante el método de calcinación.....</i>	35
<b>Ecuación 3:</b> <i>Relación de materia orgánica y carbono.....</i>	35
<b>Ecuación 4:</b> <i>Fórmula para determinar el contenido de carbono mediante el método de Walkley &amp; Black.....</i>	36
<b>Ecuación 5:</b> <i>Cálculo del peso seco de las muestras de biomasa de las especies de plantas herbáceas.....</i>	59
<b>Ecuación 6:</b> <i>Cálculo de la cantidad de carbono capturado de la biomasa de las especies de plantas herbáceas. ....</i>	60
<b>Ecuación 7:</b> <i>Cálculo de dióxido de carbono de la biomasa de las especies de plantas herbáceas.....</i>	60
<b>Ecuación 8:</b> <i>Cálculo del carbono total capturado de las especies de plantas herbáceas. ....</i>	61
<b>Ecuación 9:</b> <i>Cálculo flujo anual de dióxido de carbono de las especies de plantas herbáceas .</i>	61

## RESUMEN

La investigación se realizó con el objetivo de estimar la capacidad de captura de dióxido de carbono por plantas herbáceas predominantes del humedal Pucush Uclo - Junín, 2023; en el que se identificaron cuatro especies: Totorá “*Schoenoplectus californicus*”, Totorilla “*Scirpus rigidus*”, Grama “*Pennisetum clandestinum*” y Berros “*Nasturtium officinale*”; posteriormente y a través de un muestreo aleatorio estratificado por especies y posterior muestreo aleatorio simple en cada estrato se determinaron cuatro unidades de muestreo.

Para la toma de muestras se empleó la metodología propuesta por el “Manual para la medición, monitoreo y reporte del carbono y gases de efecto invernadero en manglares en restauración” y la “Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales” evaluándose la biomasa aérea y biomasa raíz- rizoma y determinándose en laboratorio el porcentaje de materia orgánica mediante el método de Walkley y Black.

Los resultados de las plantas herbáceas de mayor a menor captura de dióxido de carbono son: *Scirpus rigidus* 128.89 tnCO<sub>2</sub>/ha (76.91 tnCO<sub>2</sub>/ha biomasa aérea y 51.98 tnCO<sub>2</sub>/ha biomasa raíz- rizoma), *Schoenoplectus californicus* 113.03 tnCO<sub>2</sub>/ha (62.06 tnCO<sub>2</sub>/ha biomasa aérea y 50.97 tnCO<sub>2</sub>/ha biomasa raíz- rizoma), *Pennisetum clandestinum* 53.08 tnCO<sub>2</sub>/ha (22.74 tnCO<sub>2</sub>/ha biomasa aérea y 30.34 tnCO<sub>2</sub>/ha biomasa raíz- rizoma) y por último *Nasturtium officinale* 29.89 tnCO<sub>2</sub>/ha (17.24 tnCO<sub>2</sub> biomasa aérea y 12.65 tnCO<sub>2</sub>/ha biomasa raíz- rizoma); por lo tanto, la capacidad de captura de dióxido de carbono total a través de estas especies de plantas herbáceas que predominan en el humedal Pucush Uclo es de 1067.57 tnCO<sub>2</sub> en 9.64 ha, con un flujo anual de 589.5 tnCO<sub>2</sub>/año.

**Palabras claves:** *Humedal, especies de plantas herbáceas, biomasa aérea, biomasa raíz- rizoma, captura de dióxido de carbono, flujo de dióxido de carbono.*

## ABSTRACT

The research was carried out with the objective of estimating the carbon dioxide capture capacity by predominant herbaceous plants of the Pucush Uclo wetland - Junín, 2023; in which four species were identified: Cattail “*Schoenoplectus californicus*”, Cattail “*Scirpus rigidus*”, Grass “*Pennisetum clandestinum*” and Watercress “*Nasturtium officinale*”; Subsequently, and through stratified random sampling by species and subsequent simple random sampling in each stratum, four sampling units were determined.

To take samples, the methodology proposed by the “Manual for the measurement, monitoring and reporting of carbon and greenhouse gases in mangroves under restoration” and the “Guide for the determination of carbon in small rural properties” was used, evaluating the biomass. aerial and root-rhizome biomass and the percentage of organic matter was determined in the laboratory using the Walkley and Black method.

The results of the herbaceous plants from highest to lowest carbon dioxide capture are: *Scirpus rigidus* 128.89 tnCO<sub>2</sub>/ha (76.91 tnCO<sub>2</sub>/ha aerial biomass and 51.98 tnCO<sub>2</sub>/ha root-rhizome biomass), *Schoenoplectus californicus* 113.03 tnCO<sub>2</sub>/ha (62.06 tnCO<sub>2</sub> /ha aerial biomass and 50.97 tnCO<sub>2</sub>/ha root-rhizome biomass), *Pennisetum clandestinum* 53.08 tnCO<sub>2</sub>/ha (22.74 tnCO<sub>2</sub>/ha aerial biomass and 30.34 tnCO<sub>2</sub>/ha root-rhizome biomass) and finally *Nasturtium officinale* 29.89 tnCO<sub>2</sub>/ha (17.24 tnCO<sub>2</sub>/ha aerial biomass and 12.65 tnCO<sub>2</sub>/ha root-rhizome biomass); Therefore, the total carbon dioxide capture capacity through these species of herbaceous plants that predominate in the Pucush Uclo wetland is 1067.57 TnCO<sub>2</sub> in 9.64 ha, with an annual flow of 589.5 tnCO<sub>2</sub>/year.

**Keywords:** *Wetland, herbaceous plant species, aboveground biomass, root-rhizome biomass, carbon dioxide capture, carbon dioxide flow.*

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un problema latente en la actualidad y podemos observar los cambios meteorológicos que se van dando en diferentes lugares, los cuáles afectan al desarrollo normal de las actividades, esto debido al incremento de gases de efecto invernadero siendo el principal el dióxido de carbono y que según mencionan los expertos: de continuar su incremento y como consecuencia se supera el 1.5 °C de temperatura global, los cambios serán mayores y sus efectos en el ambiente serán irreversibles; por lo tanto, es importante adaptarnos y mitigarlos. Frente a lo mencionado, el Grupo IPCC (Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) propone como respuesta inmediata la conservación de ecosistemas con capacidad de captura y almacenamiento de carbono, tal es el caso de los humedales (1).

La conservación de los humedales es fundamental para contribuir con la adaptación y mitigación del cambio climático, debido a los servicios ambientales de regulación que proveen: “captura de dióxido de carbono, purificación del agua, regulación de los flujos de agua, mitigación de inundaciones, descomposición de residuos orgánicos” (2), los cuáles minimizan la vulnerabilidad del ser humano frente a los efectos del cambio climático. Los humedales a través de las plantas herbáceas realizan el proceso de la fotosíntesis capturando el dióxido de carbono presente y emitiendo oxígeno, proceso natural que se da en mayor proporción debido al rápido crecimiento de las especies en este tipo de ecosistemas, por ello su importancia; sin embargo, es vulnerable a los efectos del cambio climático y más aún a las acciones antropogénicas que limitan los servicios que proveen.

Por tales razones, nuestra investigación pretende realizar el estudio del humedal Pucush Uclo, ubicado en la provincia de Chupaca, departamento de Junín; que, mediante ordenanza de la municipalidad provincial a la que pertenece fue categorizada como *Área de Conservación Ambiental Municipal*, con el objetivo de preservar la biodiversidad existente en el ecosistema (3); así mismo, el humedal se encuentra incorporado en la lista de ecosistemas frágiles del SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre) por ser un área con una baja capacidad de retornar a su estado actual frente a los impactos generados por las actividades antropogénicas (4); es por ello que la investigación pretende contribuir en la toma de decisiones en el marco de la conservación del área, resaltando su importancia en el servicio ambiental orientado a la captura de dióxido de carbono a través de las plantas herbáceas y su aporte en la mitigación del cambio climático.

Por lo tanto, nuestra investigación tiene como objetivo estimar la capacidad de captura de dióxido de carbono por plantas herbáceas predominantes del humedal Pucush Uclo - Junín, 2023; para ello se emplea el método científico y se trabaja con la población de especies predominantes cuya cobertura representa el 60.5 % del total de 15.9 ha.

La evaluación se realizó en dos estructuras vegetales de las plantas: biomasa aérea y biomasa raíz - rizoma, dentro de las cuáles la biomasa aérea mostró una mayor capacidad de captura de dióxido de carbono y siendo esta la que permite una captura constante debido a su regeneración anualmente, así mismo, presenta mayor vulnerabilidad a la afectación por actividades antropogénicas como la quema de plantas herbáceas debido a las heladas o por la expansión de terrenos, los cuales permiten la liberación del dióxido de carbono capturado y afectan su capacidad.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

El cambio del sistema climático natural es innegable por el incremento del promedio global de la temperatura del océano y aire, lo que indica que el cambio climático constituye un fenómeno global (5). Desde 1850 - 1900 hasta la década de 2011 - 2020 la temperatura media de la superficie del planeta se incrementó en 1.1 °C, existe evidencia que ello es causado por las actividades humanas a través de las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero) desde la era preindustrial hasta la actualidad (6).

El calentamiento global está estrechamente relacionado con las emisiones acumulativas de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), ya que existe una relación casi lineal entre las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> y el aumento resultante en la temperatura global de la superficie. Esto implica que las emisiones continuas de CO<sub>2</sub> provocarán un mayor calentamiento y los cambios asociados en todos los componentes del sistema climático (6). Por tal motivo, el cambio climático afectará gravemente a todo el mundo, y más los países en desarrollo por su baja capacidad de adaptación, acrecentando los riesgos existentes y produciendo nuevos riesgos para los sistemas naturales y humanos (7).

Por ello el IPCC propone la adaptación y mitigación como estrategias para luchar contra este problema medioambiental; siendo una opción de respuesta con impactos inmediatos: la conservación de humedales por su capacidad de captura y almacenamiento de carbono (1).

Los humedales son considerados internacionalmente significativos por ser sumideros naturales de carbono, debido a la alta generación de biomasa en este sistema y a la mínima descomposición de material orgánico en sus suelos anegados (8); los humedales ocupan el 6 % del total de la superficie terrestre (9), a pesar de ocupar una pequeña extensión cumplen un rol significativo en el ciclo de carbono del planeta almacenando el doble de carbono que todos los bosques del mundo (2).

En el Perú existen 18.3 millones de hectáreas de humedales los cuales representan el 14.16 % del territorio nacional (10), están clasificados según el ámbito geográfico en: humedales costeros, amazónicos y andinos, dentro de los cuales la Convención Ramsar reconoce a 14 sitios del Perú como humedales de importancia internacional (11). En el departamento de Junín existen 810 humedales que abarcan una extensión de 57 873.75 ha, contando con mayor presencia de humedales andinos (12).

Los humedales andinos son ecosistemas que se localizan en la cordillera de los Andes y que poseen un alto valor ecológico, social y cultural, es por ello que la Convención Ramsar los reconoce como ecosistemas transcendentales y es consciente de la vulnerabilidad y fragilidad asociadas a causas naturales como el cambio climático, sequías prolongadas, cambio pluviométrico y causas antrópicas como las actividades de drenaje, agricultura no sostenible, sobrepastoreo, quema, minería y el turismo no regulado (13).

El humedal Pucush Uclo es un humedal andino que se encuentra a una altitud de 3234 m.s.n.m. en la comunidad de Jurpac, distrito de San Juan de Iscos, provincia de Chupaca, del departamento de Junín. Actualmente, se encuentra categorizada como Área de Conservación Ambiental Municipal por la Municipalidad Provincial de Chupaca (3); así mismo, el SERFOR lo incorporó a la “Lista Sectorial de Ecosistemas Frágiles” del departamento de Junín por ser un área de alto valor de conservación, con una superficie de 15.29 ha cuyo hábitat alberga 18 especies de flora y 26 especies de fauna y brinda servicios ecosistémicos a la población local mediante la provisión de agua para regadío y turismo (3). Su ecosistema se encuentra amenazado por la población debido a la construcción de viviendas cercanas al humedal que a corto plazo provocarían el drenado de agua y el cambio del paisaje, por otro lado, los agricultores propietarios de terrenos colindantes realizan la quema de la flora del humedal en temporada de heladas para eliminar los rastrojos, producto de las cosechas, o para la ampliación de sus terrenos de cultivo, emitiendo el dióxido de carbono capturado, contribuyendo con el incremento de gases de efecto invernadero.

Investigaciones previas sobre estimación de captura de carbono en el humedal Pucush Uclo hacen referencia específicamente a la especie totora *Schoenoplectus sp* (Ceras & Suárez (14) y Segama (15)), sin embargo, no se cuenta con información sobre otras especies de plantas herbáceas que están reconocidas en la ficha técnica del estado de conservación del humedal elaborado por el SERFOR.

### **1.1.1. Problema general**

¿Cuál es la capacidad de captura de dióxido de carbono por plantas herbáceas predominantes del humedal Pucush Uclo - Junín, 2023?

### **1.1.2. Problemas específicos**

- ¿Cuáles son las plantas herbáceas predominantes del humedal Pucush Uclo - Junín, 2023?
- ¿Cuál es la cobertura de las plantas herbáceas predominantes del humedal Pucush Uclo - Junín, 2023?

- ¿Cuánto dióxido de carbono captura la biomasa aérea y la biomasa raíz- rizoma de cada planta herbácea predominante del humedal Pucush Uclo - Junín, 2023?
- ¿Cuál es la captura de dióxido de carbono anual por plantas herbáceas predominantes del humedal Pucush Uclo - Junín, 2023?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Estimar la capacidad de captura de dióxido de carbono por plantas herbáceas predominantes del humedal Pucush Uclo – Junín, 2023.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Identificar las plantas herbáceas predominantes del humedal Pucush Uclo – Junín, 2023.
- Determinar la cobertura de las plantas herbáceas predominantes del humedal Pucush Uclo – Junín, 2023.
- Determinar el dióxido de carbono capturado en la biomasa aérea y la biomasa raíz- rizoma por cada planta herbácea predominante del humedal Pucush Uclo – Junín, 2023.
- Determinar la captura de dióxido de carbono anual por plantas herbáceas predominantes del humedal Pucush Uclo – Junín, 2023.

## **1.3. Justificación e importancia**

En relación al enfoque ambiental, el cambio climático representa un fenómeno global por el incremento de la temperatura, el cual cambia el estado natural de los sistemas climáticos y actualmente la temperatura se incrementó en 1.1°C, el cual seguirá ascendiendo en la misma medida debido al incremento de los gases de efecto invernadero específicamente del dióxido de carbono (7).

A nivel mundial y con el Acuerdo de París se busca reducir el dióxido de carbono acumulado y emitido, mediante la conservación de los sumideros naturales de carbono (humedales) evitando su conversión en fuentes potenciales de carbono para que puedan seguir brindando servicios ecosistémicos (16). Por ello la presente investigación aporta a las iniciativas de mitigación frente al cambio climático, generando información relevante respecto a la importancia del humedal Pucush Uclo en la captura de dióxido de carbono por plantas herbáceas predominantes, la cual será una herramienta para la concientización y

toma de acciones de conservación frente a su degradación por parte de los tomadores de decisiones.

En relación al enfoque económico, con la información generada en la presente investigación se aportará al conocimiento de valoración económica respecto al servicio ambiental de regulación del humedal Pucush Uclo, por la captura de dióxido de carbono a través de las especies de plantas herbáceas predominantes.

Respecto al enfoque social, la investigación pretende dar a conocer el aporte del humedal en la captura de dióxido de carbono por plantas herbáceas y su contribución en la mitigación del cambio climático.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

La captura de dióxido de carbono del humedal Pucush Uclo - Junín está determinada por la capacidad de absorción de las plantas herbáceas predominantes en el área de estudio.

### 1.5. Operacionalización de variables

VARIABLES		DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente	Plantas herbáceas predominantes	Son especies vegetales que se localizan en ecosistemas de una región determinada, en caso de los humedales en entornos acuáticos o inundados durante largos periodos de tiempo, poseen adaptaciones morfológicas, anatómicas (17) y fisiológicas que les permiten la supervivencia en dichos hábitats. (18)	La determinación de las plantas herbáceas predominantes se realizó mediante la interpretación visual de imágenes satelitales y la verificación en campo (19).	*Planta herbácea (Especie)	Unidades	Razón
			La recolección de muestras se realizó mediante la metodología propuesta por el “Manual para la medición, monitoreo y reporte del carbono y gases de efecto invernadero en manglares en restauración” (20) y la “Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales” (17).	*Cobertura vegetal por planta herbácea	Porcentaje por especie (ha, %).	
				*Producción de biomasa aérea	Kilogramos de especie por metro cuadrado (kg/m <sup>2</sup> )	
				*Producción de biomasa raíz- rizoma	Kilogramos de especie por metro cuadrado (kg/m <sup>2</sup> )	

VARIABLES		DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable dependiente	Capacidad de captura de dióxido de carbono.	Procedimiento que consiste en la captación del dióxido de carbono presente en el ambiente derivado de las actividades antropogénicas y procesos naturales que a través de un procedimiento (físico, químico o biológico) es depositado y separado de la atmósfera por un periodo largo (21).	Se determinó en un laboratorio mediante el método de combustión húmeda (Walkley y Black), en el cual las muestras secas y molidas de las especies de plantas herbáceas predominantes se analizan químicamente mediante la oxidación con dicromato de potasio y ácido sulfúrico y titulación con solución sulfato ferroso amoniacal siendo el residuo la materia orgánica de la muestra, determinando el porcentaje de carbono mediante la multiplicación del factor de Van Bemmelen.	*Carbono almacenado en la biomasa aérea y biomasa raíz- rizoma por plantas herbáceas predominantes.	Toneladas de carbono por hectárea (tnC/ha)	Razón
				*Dióxido de carbono capturado en la biomasa aérea y raíz - rizoma por plantas herbáceas predominantes.	Toneladas de dióxido de carbono por hectárea (tnCO <sub>2</sub> /ha)	
				*Dióxido de carbono capturado anualmente por plantas herbáceas predominantes.	Toneladas de dióxido de carbono por hectárea por año (tnCO <sub>2</sub> /ha/año)	

**Fuente:** *Elaboración propia*

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Freire en su trabajo de investigación titulado “Determinación de carbono azul en manglares ubicados junto a la ciudadela Las Garzas, Canton Guayaquil, provincia de Guayas”, tuvo como objetivo: determinar la concentración de carbono azul en manglares ubicados junto a la ciudadela Las Garzas en Ecuador; para ello realizó la determinación de almacenamiento de carbono en dos compartimientos (biomasa aérea y suelo) de las especies Mangle zapatero (*Rhizophora harrisonii* Leechm) y Botoncillo (*Conocarpus erectus*). Para la determinación de carbono de la biomasa aérea aplicó la metodología de transectos de banda, delimitando 3 transectos de 25 m \* 2 m registrando las mediciones de parámetros alométricos y para determinar el carbono consideró 0.47 % como factor de carbono según lo indica el IPCC; en el compartimiento suelo ubicó 4 puntos de muestreo donde realizó la recolección de sedimentos a 15 cm de profundidad, en cada punto se tomó muestras por triplicado y fueron analizados en laboratorio mediante la metodología Walkley & Black. Concluyendo que el total de carbono almacenado para cada transecto es de 1 252.40 tnC/ha, 1 450.95 tnC/ha y 1 192.02 tnC/ha, cabe señalar que en el transecto 2 y 3 no encontraron presencia de la especie *Conocarpus erectus*; de igual manera el promedio de concentración de carbono en el suelo es de 6.94 % (22).

Según Paredes, Moreno, De la Barrera, García y Lindig en su artículo de investigación titulado: “Biomasa y carbono almacenado en un humedal continental en Cuitzeo, Michoacán, México”, plantearon como objetivo: cuantificar la producción de biomasa vegetal y evaluar el depósito de carbono en un humedal continental flotante; para ello identificó 4 especies predominantes mediante imágenes aéreas que fueron corroboradas en un transecto de este - oeste. Para la cuantificación de biomasa y carbono almacenado determinaron seis puntos de muestreo para la toma de muestra de biomasa aérea de especies dominantes y suelo, en junio de 2017 cosecharon muestras de biomasa aérea en parcelas de 1m<sup>2</sup> a lo largo del transecto cada 300 m y en el mes de enero de 2018 tomaron muestras de suelo en horizontes de 55 cm de profundidad; a fin de estimar la materia orgánica (%) utilizaron el método de pérdida por ignición en una mufla, quemándose durante 4 horas a 550 °C; para después determinar el carbono total (%) por detección

colorimétrica. Finalmente, la investigación concluyó que el sustrato de todo el humedal almacena 92.617 tnC, de igual manera identificaron cuatro especies predominantes: *Phragmites australis*, de la familia de *Typha* las especies: *Typha domingensis* y *Typha latifolia* y la especie *Schoenoplectus americanus* las cuáles obtuvieron valores de carbono en biomasa aérea almacenado de 2423, 1498 y 998 kgC/ha respectivamente (23).

Según Pérez, Medina A., Hurtado, Arboleda y Medina S. en su artículo de investigación titulado “Reservas de carbono del pasto *Cenchrus Clandestinus* (*Poaceae*) en los sistemas de manejo tradicional y silvopastoril, en diferentes relieves”, plantearon como objetivo: identificar el contenido de carbono en el pasto kikuyo en su: biomasa aérea (hoja, tallos, colchón vivo y muerto), biomasa radicular (raíces finas y raíces gruesas) a 0.20 m y 0.40 m de profundidad del suelo; todo ello bajo dos sistemas (tradicional y silvopastoril) y en cuatro relieves topográficos (flanco cóncavo, flanco convexo, flanco rectilíneo y relieve plano) en San Pedro de los Milagros de Antioquia - Colombia; para ello determinó 16 parcelas de 10 m \* 5 m y la toma de muestras se realizó en junio de 2016 a junio 2017, cada 32 días siendo 6 muestreos consecutivos en total, los puntos de muestreo fueron determinados mediante la metodología de muestreo por radiales; la muestra fue tomada mediante marcos aforadores y analizadas mediante la metodología de Walkley & Black. Los resultados muestran que los compartimientos con mayor reserva de carbono son las raíces a 20 cm con 4.52 tnC/ha; seguido de los tallos rastreros muertos con 3.58 tnC/ha y las hojas con 1.9 tnC/ha; en cuanto a la evaluación por sistemas y relieves se observó diferencias ( $p < 0.05$ ) en los sistemas tradicional y silvopastoril en tallos, hojas y raíces gruesas; entre el relieve plano y flanco rectilíneo en las hojas; en el relieve flanco rectilíneo con los demás relieves en los tallos; entre el relieve plano con los demás relieves en las raíces gruesas (24).

Según Lozano en su trabajo de investigación titulado: “Valoración económica del carbono capturado en el suelo de los bofedales de la reserva de producción de fauna Chimborazo”, planteó como objetivo: establecer el valor económico del carbono orgánico almacenado en el suelo de los bofedales del lugar de estudio. La investigación realizó muestreos de suelo donde se desarrollan las especies dominantes de los 16 humedales en estudio; para ello realizó el inventario de flora basándose en la metodología GLORIA, la identificación de las especies de flora dominante se realizó aplicando un cuadrante de 1 m \* 1 m divididas en celdas de 0.10 m \* 0.10 m. Para determinar la cantidad de carbono orgánico en el suelo, la investigación aplicó en las 16 áreas de estudio la toma de 1 muestra por área

mediante el método de calicata en un volumen de 1 m<sup>3</sup> del cual se obtuvo muestras para el análisis físico - químico (textura, densidad aparente, porosidad, humedad, materia orgánica, entre otros). La investigación concluye que las familias con mayor cobertura vegetal son *Asteraceae* (28.5 %), seguida de *Poaceae* (18.8 %) y por último *Plantaginaceae* (15.5 %), en promedio los bofedales almacenan 164.17 tnC/ha en el suelo siendo la profundidad de 0 a 0.20 m el horizonte en el cual se acumula mayor cantidad de carbono, en el área de 519.59 hectáreas que comprende a los 16 humedales se almacena en total 97 324.01 tn/C dándoles un valor económico de \$ 291 972.03 USD/año, la valorización se determinó con un precio unitario de \$3.00 por hectárea (25).

Según Suárez, Acurio, Chimbolema y Aguirre, en su artículo de investigación titulado, “Análisis del carbono secuestrado en humedales altoandinos de dos áreas protegidas del Ecuador”, plantearon como objetivo “analizar la capacidad de carbono orgánico almacenado en los humedales de altura de la Reserva Ecológica Antisana (REA) y el Parque Nacional Cajas (PNC) del Ecuador”; en cada ecosistema protegido se eligió tres humedales con diferente estado de conservación (Conservado, Recuperado y Alterado). La muestra fue constituida por 3 transectos que atravesaban el bofedal, en cada transecto se tomó datos de 6 cuadrantes de 0.5 m \* 0.5 m para obtener el carbono en la biomasa vegetal y necromasa, y para la muestra de suelo se consideró una profundidad de 0.30 m para zonas secas y 1.20 m para zonas húmedas; el contenido de carbono se determinó mediante el método de combustión seca la cual oxida la materia orgánica a una temperatura de 375 °C y se estima el carbono almacenado por gravimetría. La investigación concluyó que el carbono orgánico almacenado en promedio en la vegetación es de 157.30 tn/ha en la REA y 131.29 tn/ha en el PNC, en la necromasa es de 430.5 tn/ha en la REA y 38.81 tn/ha en el PNC; asimismo, se obtuvo mayor cantidad de carbono orgánico total almacenado en las zonas conservadas de ambos humedales altoandinos (8).

Según Arellano, Meza, Miranda y Camaño, en su artículo de investigación titulado: “El cuidado de los humedales y su rol en el secuestro de carbono”, plantearon como objetivo: evaluar la capacidad de secuestro de carbono del humedal Ciénaga del Name ubicado al interior de Chile Central. Para la determinación del depósito de carbono, se analizó el componente suelo del humedal en profundidades de 0 m a 0.20 m y 0.20 m a 0.40 m en los meses de abril y octubre, meses en los que comprenden las épocas de invierno y verano; para la toma de muestras consideraron una muestra de cada una de las comunidades vegetales importantes en el secuestro de carbono siendo estas: totoral, junquillar, espinal y sauce; las muestras se

analizaron en el laboratorio mediante el método de combustión. El estudio determinó que, para el primer periodo (abril), las comunidades vegetales de espinal y totoral obtuvieron mayor contenido de carbono en la profundidad de 0 m a 0.20 m con valores de 67.82 kgC/ha y 42.93 kgC/ha respectivamente y en la profundidad de 0.20 m a 0.40 m la comunidad totoral y junquillar respectivamente con valores de 15.98 kgC/ha y 14.84 kgC/ha; para el segundo periodo (octubre) en la profundidad de 0 m a 0.20 m las comunidades vegetales de totoral y sauce obtuvieron 72.36 kgC/ha y 63.26 kgC/ha respectivamente y para la profundidad de 0.20 m a 0.40 m el totoral y junquillar obtuvieron 27.92 kgC/ha y 21.14 kgC/ha respectivamente. El estudio concluye que se debe realizar observaciones de largo plazo para determinar si el humedal actúa como fuente o almacenamiento de carbono, ya que existen fluctuaciones del nivel de agua en las estaciones de otoño y primavera, los cuales tienen estrecha relación con la captura o emisión de CO<sub>2</sub> (25).

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

Maldonado y Aparicio en su investigación titulada: “Estimación del almacenamiento de carbono en la biomasa de macrófitas en la bahía interior de Puno, Lago Titicaca”, plantearon como objetivo: estimar la capacidad de almacenamiento de carbono en las macrófitas; para lo cual, determinaron cuatro especies dominantes de macrófitas: *Schoenoplectus tatora*, *Elodea potamogeton*, *Myriophyllum elatinoides* y *Potamogeton strictus*. En dicha investigación se seleccionó cinco puntos de muestreo y la toma de muestras se realizó por duplicado de especies durante los meses de agosto a noviembre de 2011, mediante un muestreo directo en cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> los depósitos evaluados fueron los tallos y hojas; las muestras fueron secadas a 75 °C y se estableció el contenido carbono mediante el método de calcinación. Teniendo como resultado que, la especie *Schoenoplectus tatora* tiene mayor contenido de carbono almacenado en su biomasa con 6.29 tnC/ha, y las especies *E. Potamogeton*, *M. elatinoides* y *P. strictus* obtuvieron 1.1 tnC/ha, 0.45 tnC/ha y 0.35 tnC/ha respectivamente. Según el análisis estadístico existe diferencia significativa entre el carbono almacenado en la especie *Schoenoplectus tatora* y las demás especies, esta variación podría ser por que se da una mejor fijación de CO<sub>2</sub> en las plantas acuáticas de tallos emergentes que en las sumergidas ya que su desarrollo se ve afectado por factores como la transparencia (interrupción del paso de la luz), pH, temperatura, entre otras (26).

Ampuero en su investigación titulada: “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 (LIMA-PERÚ)”, donde plantea como objetivo: estimar la cantidad de carbono almacenado en la comunidad del junco (*Schoenoplectus americanus*) en dos escenarios de crecimiento en el humedal costero RVSPV. La metodología utilizada para la toma de muestras fue mediante transectos lineales de 20 m para cada escenario (zona de crecimiento natural y zona afectada por incendio), en la cual se ubicó aleatoriamente 5 parcelas de 1 m<sup>2</sup> en cada uno, la evaluación de captura de carbono se realizó en los depósitos de biomasa herbácea, hojarasca/ necromasa, raíces/ rizomas y suelo (siendo los dos últimos evaluados cada 10 cm de profundidad hasta los 30 cm); se determinaron el porcentaje de carbono mediante el método de Dumas con un analizador elemental. La investigación concluye que, la zona de crecimiento natural tiene mayor contenido de carbono en comparación con la zona afectada con valores de 305.37 tC/ha y 155.52 tC/ha respectivamente. Los resultados por depósito en la zona con mayor almacenamiento fue 3.31 tC/ha para la biomasa herbácea y 49.91 tC/ha para la biomasa de hojarasca/necromasa, en el depósito de biomasa de raíces/rizomas 68.44 tC/ha y el depósito suelo 183.68 tC/ha (27).

Corvacho en su investigación de pregrado titulada: “Estimación del carbono almacenado en los totorales y gramadales del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa, LIMA, PERÚ” plantea como objetivo: comparar las reservas de carbono en dos especies (totorales y gramadales) del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa. Dicha investigación trabajó con las siguientes formaciones vegetales: gramadal, gramadal mixto, totoral y totoral mixto, determinando la reserva de carbono en sus depósitos biomasa aérea viva, biomasa aérea muerta y suelo hasta una profundidad de 20 cm. Para la toma de muestras de vegetación se delimitó 11 transectos de 10 m en las cuales se ubicaron de manera aleatoria estratificada 4 parcelas de 0.5 m \* 0.5 m, medida recomendada en la metodología de *The Blue Carbon*; de cada parcela se extrajo muestras de suelo a dos profundidades diferentes de 0 m a 0.10 m y de 0.10 m a 0.20 m para ello utilizó el barreno y en caso no ser posible su extracción procedió a extraer bloques de suelo de 0.20 m de largo \* 0.20 m de ancho \* 0.20 m de profundidad y con un cilindro de muestreo extrajo las muestras para cada profundidad; posteriormente envió las muestras al laboratorio para la determinación del porcentaje de carbono empleando el método de Walkley & Black. El estudio concluye que, el total de CO<sub>2</sub> secuestrado en los gramadales (gramadal + gramadal mixto) equivale a 26 619.12 tCO<sub>2</sub> y en los totorales (totoral + totoral mixto) equivale a 31 696.80 tCO<sub>2</sub>; siendo en ambas comunidades vegetales la parte vegetal quien captura mayor carbono que el suelo (28).

Sequeiros en su investigación de pregrado titulada: “Evaluación del servicio ambiental de captura de carbono de los bofedales del Centro Poblado Alto Perú, Tacna”, planteó como objetivo: estimar el carbono capturado como parte del servicio ambiental de regulación en los bofedales del Centro Poblado Alto Perú. La investigación abarcó dos zonas de estudio, en la cual se consideró el estado de conservación de la vegetación (zona húmeda y zona seca); se evaluó los depósitos de cobertura vegetal (biomasa aérea y raíz a 10 cm de profundidad), necromasa y suelo a 30 cm de profundidad. Para la toma de muestras se determinó 15 puntos de muestreo, 8 para la zona seca y 7 para la zona húmeda, los cuáles estuvieron separados por 100 m como mínimo; se procedió a coleccionar la muestra de cobertura vegetal mediante un radio muestreador de 10 cm de diámetro y para los depósitos necromasa y suelo aplicó la metodología propuesta por el ICRAF; posteriormente las muestras fueron analizadas mediante el método de Walkley y Black. Los resultados obtenidos en promedio de las dos zonas respecto al carbono orgánico total almacenado en la cobertura vegetal es de 15.33 tC/ha, en la necromasa de 26.2 tC/ha y finalmente en el suelo orgánico de 115.65 tC/ha, este último depósito tiene mayor carbono almacenado en los bofedales de Alto Perú; así mismo, se evidenció diferencias de carbono almacenado en las zona de estudios, la zona húmeda almacena 149.05 tC/ha y la zona seca 165.31 tC/ha siendo mayor en esta última (29).

Barra en su investigación de pregrado titulada: “Captura de carbono por la vegetación en el bofedal de la Moya, en el distrito de Melgar - Ayaviri, 2019”, tiene como objetivo: capturar el carbono en la vegetación del bofedal de la Moya, para lo cual delimitó 5 zonas para la toma de muestras de plantas utilizando cuadrantes de 1 m<sup>2</sup>, la recolección se realizó en los meses de enero y marzo con una frecuencia de 15 días tomando una muestra por cada mes y realizando 5 repeticiones en cada zona de estudio; para determinar el porcentaje de carbono se aplicó el método Walkley–Black modificado. El investigador concluye que, la vegetación del bofedal captura 6 141.12 tnC/ha siendo las especies *Trifolium repens*, *Hydrocotyle sp*, *Scirpus sp* y *Schoenoplectus sp* quienes tienen mayor aporte en la capacidad de captura, el total de captura de carbono en las 54 ha es de 331 620.5 tnC, y la estimación por la venta de bonos de carbono varía entre \$ 6’300 789.5 en un año a €6’632 410 en un año (30).

Mita en su investigación de pregrado titulada: “Evaluación de la captura de carbono en los bofedales de la laguna de Conococha en base a la especie de flora predominante del área de estudio - provincia de Recuay - departamento de Ancash - 2018”; tiene como objetivo: evaluar la capacidad de captura de carbono en dos

bofedales de la laguna de Conococha en base a la especie de flora predominante. La investigación determinó la captura de carbono en los depósitos: biomasa aérea, biomasa radicular y suelo a 0.5 m de profundidad, así mismo, trabajó en dos bofedales de la laguna clasificados de acuerdo a la especie de flora predominante; para ello determinó 10 puntos por bofedal y utilizó el método de los cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> y realizó el inventario de las especies de manera visual con la ayuda de fotografías y lista de especies, siendo las especies dominantes la especie *Distichia filamentosa* B. en el primer bofedal y la especie *Festuca rigescens* L. en el segundo. En cada bofedal se delimitó 20 transectos y aleatoriamente se eligió 5, dentro de cada transecto se delimitó parcelas de 25 m \* 4 m y dentro de cada parcela se ubicó 2 cuadrantes de muestreo de 1 m<sup>2</sup> ubicados en esquinas opuestas para las muestras arbustivas, a su vez, en cada cuadrante se colocó un cuadrante de 0.5 m<sup>2</sup> para la muestra radicular y para las muestras de suelo se tomó muestras con el cilindro de Uhland en los horizontes de 0 m a 0.25 m y de 0.25 m a 0.50 m de profundidad, las muestras fueron enviadas al laboratorio para la determinación del peso seco y determinar la biomasa en cada unidad de muestreo, así mismo para la conversión utilizó el factor de carbono 0.45 propuesto por Arellano en 2003. El investigador concluyó que, la especie *Distichia filamentosa* B. captura 394.01 tC/ha, y la especie *Festuca rigescens* L. 388.44 tC/ha; en ambas especies el depósito de suelo capturó mayor carbono en comparación con la vegetación y entre las especies la vegetación de la especie *Festuca rigescens* L. capturó mayor carbono que la especie *Distichia filamentosa* B. (31).

### **2.1.3. Antecedentes regionales y locales**

Chang y Mandarachi en su investigación de pregrado titulada: “Estimación de la captura de carbono en las especies predominantes del humedal Tragadero - Junín 2021”, plantea como objetivo: evaluar la capacidad de captura de carbono de las especies predominantes en el humedal Tragadero. La investigación determinó la captura de carbono en los depósitos siguientes: biomasa aérea, biomasa subterránea y suelo a una profundidad de 30 cm. Para la toma de muestras los puntos de muestreo se determinaron mediante un muestreo probabilístico, ubicándose 12 cuadrantes aleatorios (3 para la zona totoral y 9 para la zona herbazal) de los que se tomó muestras de la biomasa aérea y raíces y para el suelo se tomó 4 muestras en la zona herbácea considerando una profundidad de 30 cm analizadas cada 10 cm; para la toma de muestras se aplicó la metodología propuesta por el ICRAF y para la determinación de carbono se realizó en el laboratorio mediante el método de Walkley - Black (1934). Los resultados muestran que las especies que predominan

en el humedal Tragadero son: trébol, *Trifolium repens*; grama, *Cenchrus clandestinus*; totora, *Schoenoplectus californicus* y nyush, *Hydrocotyle sp.* La cantidad de carbono almacenada en las especies vegetales difieren entre sí, siendo el trébol quien obtuvo la mayor captación de carbono y nyush el menor con valores de 36.88 tC/ha y 16.76 tC/ha respectivamente y el suelo almacena en promedio 193.60 tC/ha cuyo valor es mayor en comparación con lo capturado por las especies vegetales predominantes estudiadas (32).

Ceras y Suarez en su investigación de pregrado titulada: “Estimación del servicio ambiental de la captura de  $\text{CO}_2$  en totorales del humedal Pucush Uclo, Chupaca - Junín, 2021”, plantearon como objetivo: estimar el servicio ambiental de la captura de  $\text{CO}_2$  en la especie *Schoenoplectus deltarum* en el humedal Pucush Uclo, dicha investigación determinó la captura de  $\text{CO}_2$  en los depósitos de biomasa aérea y suelo a 10 cm de profundidad, la toma de muestras se realizó mediante el muestreo aleatorio cuadrado el cual consiste en dividir uniformemente los puntos a muestrear y también se consideró la accesibilidad al humedal; se determinó 4 cuadrantes de muestreo de 1 m<sup>2</sup> para la biomasa aérea y dentro de ese cuadrante se tomó muestras de suelo con un cilindro de volumen conocido, las muestras se analizaron en laboratorio mediante la metodología de Walkley y Black y mediante el factor de conversión se determinó el contenido de  $\text{CO}_2$ . Los resultados muestran que, la especie en estudio almacena en su biomasa aérea 6.09 tC/ha y en el depósito suelo 46 tC/ha, siendo mayor la captura de  $\text{CO}_2$  en el depósito suelo en comparación con la biomasa aérea; en ambos depósitos la totora (*Schoenoplectus deltarum*) captura 126.01 tCO<sub>2</sub>/ha, por ende el humedal captura 1 995.693 tnCO<sub>2</sub> en el humedal (14).

Segama en su investigación de pregrado titulada: “Estimación de la captura de carbono del *Schoenoplectus californicus* (C.A. Mey.) Sojak. bajo dos niveles en su estructura vegetal en el humedal Pucush Uclo, Chupaca - Junín”, tiene como objetivo: estimar el carbono total almacenado bajo dos niveles en la estructura vegetal de la especie *Schoenoplectus californicus* (C. A.Mey) Sojak; la investigación trabajó con los depósitos de parte herbácea, necromasa, raíz y suelo hasta una profundidad de 0.30 m, para la recolección de muestras se utilizó la guía propuesta por el ICRAF (33) y el MINAM (34), en el área de estudio se ubicó aleatoriamente 6 parcelas de 1 m<sup>2</sup> para la parte herbácea, dentro del mismo cuadrante se tomó muestras de necromasa en cuadrantes de 0.5 m \* 0.5 m y la parte raíz en cuadrantes de 0.25 m \* 0.25 m; así mismo, de las esquinas del cuadrante se tomó muestras del suelo (en profundidades de 0 cm a 10 cm, 10 cm a 20 cm y de 20 cm a 30 cm); las muestras fueron llevadas a laboratorio para la determinación de carbono mediante la

metodología de Walkley y Black. Como resultado se obtuvo que el carbono almacenado en la especie *Schoenoplectus californicus* (C.A. Mey.) Sojak en la estructura de la parte aérea es de 15.926 tC/ha y en la parte subterránea 80.630 tC/ha haciendo un total de 96.556 tC/ha, así mismo, en cada uno de sus depósitos obtuvo valores de 6.746 tC/ha en la biomasa herbácea, 9.181 tC/ha en la necromasa, 3.280 tC/ha en raíces y 77.35 tC/ha en el suelo a una profundidad de 30 cm, cabe resaltar que el estrato de suelo de 0 cm a 10 cm obtuvo un mayor almacenamiento de carbono en comparación a los demás estratos (15).

Pesantes en su investigación de pregrado titulada: “Capacidad de almacenamiento de carbono de las Praderas Altoandinas bajo tres sistemas de uso de la tierra en la Subcuenca Shullcas, Junín”, tiene como objetivo: determinar el carbono almacenado en las Praderas Altoandinas de las Subcuenca del Shullcas bajo tres sistemas de uso de la tierra; la investigación presenta un diseño cuasi experimental con enfoque cuantitativo de corte transversal, donde plantea el almacenamiento de carbono como variable dependiente y los sistemas de uso de la tierra como variable independiente. La investigación determina el carbono almacenado en pastizales degradado, silvopastoril y conservado; para lo cual, realiza la toma de muestras de biomasa aérea y hojarasca; se delimitó un área de 1 m<sup>2</sup> en el cual se cortó la vegetación a ras del suelo para registrar el peso total y sacar una submuestra de 200 g y 300 g los cuales fueron enviados a laboratorio; así mismo, para la toma de muestra de suelo establecieron 4 puntos en la cual ejecutaron calicatas de 30 cm de largo \*30 cm de ancho\*50 cm de profundidad del cual se tomó 1 kg de submuestra a profundidades de 0 cm a 10 cm, 10 cm a 30 cm y 30 cm a 50 cm para posteriormente ser enviadas al laboratorio. Finalmente, la investigación concluye que los pastizales conservados contienen mayor carbono total almacenado de 110.05 tC/ha a diferencia del pastizal silvopastoril que almacena 84.18 tC/ ha y pastizal degradado con 65.18 tC/ ha (35).

Quispe en su investigación titulada: “Almacenamiento de carbono en pastizales naturales con y sin práctica de restauración del paraje Lomo Largo- Junín”, tiene como objetivo: evaluar la producción primaria, condición vegetal, secuestro y almacenamiento de carbono orgánico de los pastizales naturales del lugar en estudio. La investigación fue desarrollada en un área de 356.6 ha, para ello se conformó 10 áreas de estudio de acuerdo a la formación vegetal de los pastizales (4 en césped de puna, 4 en pajonal de *Stipa* y 2 en pajonal de *Festuca*) ubicadas en áreas restauradas y no restauradas; en cada área se delimitó un transecto lineal de 100 m de los que se obtuvo 5 muestras de cada uno, el carbono secuestrado fue evaluado en los depósitos de biomasa aérea, radicular y suelo en cuadrantes de 0.20 m \* 0.25 m y para el suelo

se tomó muestras a 0.15 m de profundidad mediante el tubo Auger de 7 cm de diámetro; se separó la 1ra, 3ra y 5ta muestra de cada transecto obteniéndose 90 muestras para analizar, el análisis en laboratorio fue mediante la metodología Walkley y Black. Los resultados obtenidos muestran que el carbono secuestrado en los tres depósitos es de 15.61 tC/ha en el césped de puna, 17.45 tC/ha en el pajonal *Festuca* y 16.01 tC/ha en el pajonal *Stipa*; en el césped de puna y el pajonal *Festuca* el depósito de biomasa radicular tiene mayor capacidad de almacenamiento de carbono y en cuanto al pajonal *Stipa* la biomasa aérea tiene mayor almacenamiento. Respecto a las épocas se determinó que el conjunto de formaciones vegetales acumuló en promedio 14.75 tC/ha en la época de lluvia y 14.35 tC/ha en la época de estiaje, en cuánto a las áreas restauradas y no restauradas no existen diferencias significativas (36).

Medrano, Chupan y Vila en su investigación titulada: “Almacenamiento de carbono en especies predominantes de flora en el lago Chinchaycocha”, plantearon como objetivo: evaluar la cantidad de carbono que almacenan las especies predominantes de flora de los ecosistemas bofedal, pajonal y totoral del lago Chinchaycocha. La investigación se desarrolló en 3 ecosistemas, considerándose 3 especies de flora para los ecosistemas de bofedal, 1 para el pajonal y 2 para el totoral, evaluándose los depósitos de biomasa aérea, biomasa radicular y suelo a una profundidad de 20 cm, este último solo en los ecosistemas de bofedal y pajonal; para la toma de muestras se distribuyó las parcelas mediante el método Cluster determinándose 20 parcelas para pajonales, 15 parcelas para bofedales, mientras que para el ecosistema totoral se trabajó con el muestreo dirigido evaluándose 31 parcelas, se recolectaron las muestras y se enviaron a laboratorio para el análisis químico con el método de Walkley y Black. Los resultados muestran que el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea del ecosistema totoral es mayor en comparación con los otros ecosistemas acumulando 39.35 tC/ha, así mismo en los ecosistemas bofedal y pajonal la biomasa radicular almacena mayor carbono en comparación con la biomasa aérea, en relación al depósito suelo, el pajonal tiene mayor concentración de carbono almacenado con 774.76 tC/ha (37).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Cambio climático**

Según la CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático) en su primer artículo, el cambio climático es el “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (38).

En el sexto informe del IPCC, el WGI (Grupo de Trabajo I) se señala que, el cambio climático es un fenómeno global que se manifiesta en diferentes formas en cada parte del mundo siendo el hombre el principal responsable de estos cambios extremos, los cuáles se experimentan a escala local, nacional y regional, escalas en las que normalmente se toman decisiones para la mitigación y adaptación (6).

Por lo tanto, estos cambios afectan a los ecosistemas y a la humanidad en el planeta. En muchas regiones los sistemas hidrológicos han sido alterados; las especies han modificado sus áreas de distribución geográfica, sus pautas migratorias, su abundancia; los océanos se han acidificado y aumentado su nivel por el deshielo de los polos, los fenómenos meteorológicos son más extremos y la seguridad alimentaria se ve afectada por el rendimiento de los cultivos frente a estos cambios (39).

### **2.2.2. Calentamiento global**

El 26° informe de la Conferencia de las Partes en Glasgow, menciona que el calentamiento global hasta la fecha es de 1.1°C, el cual es causado por las actividades humanas y las consecuencias de ello ya se sienten en cada región; por ello, se debe limitar el calentamiento global a 1.5 °C para el 2030, mediante la reducción rápida y sostenida de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, principalmente reduciendo en un 45 % las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> hasta llegar a cero emisiones al 2050 (40).

Por estas razones y mediante el Acuerdo de París se propone disminuir rápidamente la emisión de los gases de efecto invernadero específicamente el CO<sub>2</sub> (16), ya que los niveles de calentamiento están estrechamente relacionados con las emisiones acumulativas del CO<sub>2</sub>, lo que implica que las emisiones continuas de CO<sub>2</sub> provocarán un mayor calentamiento y los cambios asociados en los componentes del sistema climático (39).

### **2.2.3. Gases de efecto invernadero**

Según el cuarto informe el IPCC, estos son gases presentes en la atmósfera de origen natural o producidos por actividades humanas, los cuales absorben y emiten radiación en ciertas longitudes de onda del espectro infrarrojo térmico emitido por la superficie de la Tierra, atmósfera y nubes, esta propiedad da lugar al efecto invernadero (5).

Según el décimo octavo boletín de la OMM (Organización Meteorológica Mundial), en las observaciones realizadas en 2021 sobre los gases de efecto invernadero; menciona que la contribución de estos gases de larga vida al forzamiento radiativo mundial desde la era preindustrial al 2020 es del 66 % de CO<sub>2</sub> (Dióxido de carbono), 16 % de CH<sub>4</sub> (Metano), 8 % CFC (Clorofluorocarbonos), 7 % de N<sub>2</sub>O (Óxido nitroso), 2 % de HCFC (Hidroclorofluorocarburos) y 1 % de HFC (Difluorocarbonos) (41), siendo el dióxido de carbono el que contribuye en mayor proporción al cambio climático. El nivel de este gas en la era preindustrial era de 278 ppm y ello representaba un equilibrio entre los sistemas climáticos, se señaló un umbral simbólico de 400 ppm para mantener un equilibrio, pero dicha concentración en la superficie terrestre se rebasó por primera vez en el 2015 y para el 2021 se registró una concentración de  $415.7 \pm 0.2$  ppm, ello indica que las concentraciones de dióxido de carbono han alcanzado niveles sin precedentes (41).

### **2.2.4. Métodos para la medición de biomasa**

Según Moreno y Warner (42), existe una diversidad de métodos como los métodos destructivos basados en la cosecha de la biomasa en una determinada área y métodos no destructivos basado en regresiones para estimar la biomasa; este último, es usado principalmente en la vegetación de árboles, siendo poco aplicado en la vegetación herbácea.

#### **a. El método de cosechas o destructivo**

Consta en extraer la vegetación mediante cosechas de cuadrantes con un área determinada, siendo para vegetación herbácea 0.20 m \* 0.20 m, 0.30 m \* 0.30 m, 0.50m \* 0.50 m o de hasta 1 m \* 1 m de acuerdo con su abundancia (20), para arbustos 2 m \* 2 m o 5 m \* 5 m y para árboles 10 m \* 10 m. Los cuadrantes serán de un material rígido (madera, tubos de PVC o metal), los cuáles pueden ser ensamblados mediante acopladores en el área de estudio, así mismo se recomienda que al colocar el cuadrante a una cierta profundidad, este sea estable,

en caso se muestreen hidrófitas el cuadrante debería ser flotante o delgados para especies diminutas (42).

Una vez recolectada la biomasa (parte aérea y/o subterránea), se procede a pesarlo para obtener el peso en húmedo del área de muestreo; se colecta una submuestra con un peso conocido la cual será enviada a laboratorio para que se extraiga el contenido de agua de la submuestra mediante el uso del horno a 60 °C a 80 °C durante 24 horas o hasta alcanzar un peso constante, posteriormente se obtiene el peso seco de la submuestra y con dichos datos se determinará el porcentaje de materia seca de la misma (43).

**Ecuación 1:** *Cálculo del porcentaje de materia seca*

$$\%MS = \frac{\text{Cantidad (kg) de Materia Seca (MS)}}{\text{Cantidad (kg) de Materia Fresca (MV)}} * 100$$

Finalmente, se calcula la biomasa seca existente en un área de muestreo determinada, la cuál es el producto del peso fresco de la muestra inicial con el porcentaje de materia seca (17).

#### **b. Método no destructivo**

Este método estima la biomasa a través de mediciones dasométricas (altura, diámetro a la altura del pecho, área basal, densidad, entre otras variables); las cuáles permiten elaborar modelos alométricos con los que se determinará la biomasa presente; es aplicado principalmente para la medición de biomasa arbórea de una forma no destructiva.

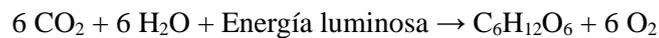
#### **2.2.5. Captura y almacenamiento de dióxido de carbono en plantas**

El informe Cambio Climático 2014 presentado por el IPCC, lo define como el proceso de remoción de CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono) de la atmósfera, procedente de las diferentes fuentes de emisión de carbono, el cual se almacena durante un largo periodo de tiempo en reservorios terrestres y marinos.

Según la guía para la determinación de carbono presentado por el ICRAF, la captura de dióxido de carbono es el proceso químico denominado fotosíntesis que realizan las plantas, proceso que consiste en la producción de oxígeno e hidratos de carbono a partir de la absorción de energía solar y CO<sub>2</sub> de la atmósfera, por medio del cual el carbono se fija en la biomasa de las plantas.

### a. Fotosíntesis

Proceso complejo primordial para los productores primarios que se lleva a cabo mediante una fase luminosa y una fase oscura. En la fase luminosa se capta la energía de la radiación solar y transforma en energía química (ATP y NADPH); la cual permite que los compuestos inorgánicos (agua, CO<sub>2</sub> y nitratos) que las plantas absorben, reaccionen sintetizando compuestos orgánicos que forman la estructura viva de la planta y se libere O<sub>2</sub> (Oxígeno) a la atmósfera como subproducto (44). Por medio de la fotosíntesis, las plantas capturan el CO<sub>2</sub> de la atmósfera, fijan el carbono en su biomasa y liberan O<sub>2</sub>.



La fase oscura se desarrolla cuando no se puede obtener energía a través de la radiación solar, es por ello que para obtener la energía necesaria para los procesos vitales se oxida lo fotosintetizado (glucosa), consumiendo O<sub>2</sub> y desprendiendo CO<sub>2</sub> y agua; a este proceso se le denomina respiración celular (44).



### b. Producción primaria

A la cantidad de energía que ingresa a un sistema y se transforma en biomasa por medio de la fotosíntesis se le denomina productividad primaria y su unidad de medida se expresa en biomasa por unidad de tiempo y área (kg/ha/año). Existen dos tipos de productividad: Pb (Productividad bruta) y Pn (Productividad neta). La productividad primaria bruta es la energía total fijada, mientras que la productividad primaria neta es la diferencia de la Pb y la energía que emplean los productores en la respiración (R), es decir la energía almacenada como biomasa (44).

$$P_n = P_b - R$$

Cabe mencionar que de dicha energía almacenada (biomasa), se podrá determinar cuánto carbono almacena la planta en su estructura y según la relación de los pesos moleculares del dióxido de carbono y carbono, se podrá determinar el dióxido de carbono fijado:

$$1 \text{ tnC} = 3.67 \text{ tnCO}_2$$

### **2.2.6. Flujo anual de dióxido de carbono**

El carbono total presente en las especies permite determinar el grado de captura de un sistema, pero no explica la dinámica de este proceso (45). El flujo es un promedio de la captura anual durante el tiempo de vida del sistema, ello porque el crecimiento de la población vegetal no se realiza uniformemente en el tiempo.

Según el trabajo de investigación de Pérez y otros (45), para determinar el flujo anual de captura de dióxido de carbono en una determinada área se considera solo la parte aérea de la vegetación ya que esta se regenera anualmente, ello principalmente en especies de humedales cuyo flujo de agua es constante y permite el desarrollo uniforme de las especies presentes en el tiempo.

### **2.2.7. Métodos para determinar el porcentaje de carbono orgánico presente en la biomasa**

La cantidad de carbono orgánico presente en la biomasa se expresa en porcentaje (% C), es conocido también como el factor de conversión de carbono y puede determinarse mediante el análisis de las muestras en laboratorio con el método de combustión seca o húmeda; si en caso no fuese posible se podrá considerar las concentraciones de carbono publicadas en literaturas.

Según el IPCC citado por Pinedo y otros, el factor de carbono en la biomasa puede variar de 43 % a 58 % (45); Rognitz y otros señalan que el IPCC considera que el 50 % de la biomasa es carbono orgánico en la vegetación no arbórea (33) y para la vegetación conformada por pastos, Fang y otros en 1996 citado por Howard señala que es el 45 % (19). Sin embargo, Aldave y Aponte señalan que los valores mencionados pueden variar en relación a las diferentes formas de vida de las especies e inclusive por el desarrollo de su estructura (46). Por otro lado Alvis menciona como factores influyentes la intensidad del viento que conlleva a la circulación del aire y se reemplaza el aire pobre de CO<sub>2</sub>, así como también la exposición a la luz solar que es fundamental en el crecimiento de la vegetación (47); por ello es necesario ajustar estos porcentajes al lugar de estudio porque el cambio puede llevar a variaciones.

## a. Método de combustión seca

### • Método de calcinación, ignición o LOI (Loss On Ignition)

Este método permite estimar el contenido de MO (Materia Orgánica), por medio de la pérdida de peso de la muestra después de ser sometida a elevadas temperaturas (48), Combs & Nathan citados por Eyherabide y otros (49) señalan que existen múltiples trabajos en los cuales se utilizan temperaturas que van desde los 250 °C hasta los 600 °C y periodos de tiempo, desde 2 h hasta 24 h; sin embargo para evitar que el carbono inorgánico se oxide la temperatura ideal es de 450 °C durante 4 h a 8 h según Heiri y otros 2001 citado por Howard y otros (19).

**Ecuación 2:** *Fórmula para determinar el porcentaje de materia orgánica mediante el método de calcinación.*

$$\%MO = \frac{(Masa\ seca\ antes\ de\ combustión - Masa\ seca\ después\ de\ combustión)}{Masa\ seca\ antes\ de\ combustión} * 100$$

Posteriormente se relaciona el porcentaje de la materia orgánica con el carbono, siendo el porcentaje de materia orgánica el producto del porcentaje de carbono y el factor de 1.724 (factor propuesto por Van Bemmelen quien asume un 58 % de C dentro de la MO) (49).

**Ecuación 3:** *Relación de Materia Orgánica y Carbono*

$$\% MO = \% C * 1.724$$

### • Método con un analizador de elementos

Este método consiste en la utilización de un horno de inducción a altas temperaturas y/o espectroscopía infrarroja o separación de gases por cromatografía de gases y detección de conductividad térmica que permite medir el contenido de carbono y otros elementos de la muestra (19 pág. 58).

## b. Método de combustión húmeda

### • Método de Walkley & Black

Este método propuesto por Walkley & Black en 1934, en el cual se cuantifica la cantidad de materia orgánica mediante la oxidación húmeda con una cantidad conocida de  $K_2Cr_2O_7$  (Dicromato de Potasio) y el calor de reacción que se genera cuando lo mezclamos en  $H_2SO_4$  (Ácido sulfúrico concentrado), la

reacción eleva la temperatura lo suficiente para inducir una oxidación. En este proceso se reduce el dicromato de potasio, el cual es proporcional al carbono orgánico oxidable de la muestra. Posteriormente se puede estimar el carbono orgánico midiendo el dicromato no reducido mediante valoración por retroceso con sulfato ferroso usando difenilamina como indicador (50). El porcentaje de carbono que presenta la muestra se determina mediante la siguiente fórmula:

**Ecuación 4:** *Fórmula para determinar el porcentaje de carbono mediante el método de Walkley & Black*

$$\% C \text{ Orgánico} = \left( \frac{B - T}{g} \right) (N)(0.39)mcf$$

B = Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar el blanco de reactivos (ml).

T = Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar la muestra (ml).

N = Normalidad exacta del sulfato ferroso (valorar por separado al momento de analizar las muestras).

g = Peso de la muestra (g)

mcf = Factor de corrección de humedad

El factor 0.39 resulta de multiplicar  $\frac{12}{4000} * \frac{1}{0.77} * 100 = 0.39$ .

Donde:

- $\frac{12}{4000}$  es el peso miliequivalente del C
- $\frac{1}{0.77}$  es un factor de corrección debido a que se supone que el método solo oxida 77 % del C
- 100 es la conversión a porcentaje

### 2.2.8. Humedales

La Convención Ramsar en 1971, define a los humedales como superficies cubiertas de agua, estancadas o corrientes con una amplia variedad de ecosistemas naturales o artificiales, entre ellos están los pantanos, turberas, lacustres, palustres, manglares, marismas de agua salada, áreas marinas cuya profundidad no supere los 6 metros en marea baja; así mismo, encontramos ecosistemas artificiales tales como presas, embalses, arrozales (51).

Por otro lado el Ministerio del Ambiente del Perú mediante su instrumento de guía *Estrategia Nacional de Conservación de Humedales del Perú*, adaptó y complementó la definición de Ramsar, conceptualizando a los humedales como superficies cubiertas o saturadas de agua de origen natural o artificial, permanente o estacional, dulce, salobre o salada que proveen diferentes servicios ecosistémicos y que albergan comunidades biológicas (52).

Los humedales están compuestos por elementos físicos como: masa de agua y fuentes que lo sostienen y por otro lado el suelo característico; así mismo por elementos biológicos como: vegetación adaptada a suelos saturados y fauna asociada; incluyen también las áreas de humedales degradadas por factores antrópicos o naturales (53).

La Estrategia Nacional de Conservación de Humedales del Perú, considera como humedales a los siguientes ecosistemas (52):

- Humedales costeros: manglares, lagunas, estuarios, albuferas, deltas, oasis y pantanos (52).
- Humedales amazónicos: lagos y lagunas, complejos de orillares, kársticos amazónicos, pantanos amazónicos (aguajales, renacales, pungales, pantanos mixtos de palmeras, pantanos herbáceos, pantanos arbustivos), tahuampa, sabanas inundables de palmeras, varillales húmedos” (52).
- Humedales andinos: lagos, lagunas, bofedales, manantiales, puquios, turberas, humedales de páramos, kársticos y andinos (52). Siendo estos ecosistemas reconocidos por la Convención de Ramsar por poseer un alto valor ecológico, social y cultural; así como también son ecosistemas con mayor fragilidad debido al cambio climático y a la presión generada por las actividades humanas. Dentro de ello en la provincia de Chupaca del departamento de Junín se encuentra el humedal andino Pucush Uclo incorporado por el SERFOR a la *Lista Sectorial de Ecosistemas Frágiles* del Perú.

### **2.2.9. Vegetación de humedales**

La vegetación que se encuentra en los humedales son especies adaptadas a las condiciones ambientales particulares de los sitios inundados, es muy variada y depende de la ubicación geográfica. Se conforma principalmente por plantas adaptadas a la vida acuática (hidrófitas, macrófitas o plantas acuáticas) así como por especies unicelulares de algas y cianobacterias. Dicha vegetación suele cambiar debido a las fuerzas alogénicas (adaptadas a las condiciones ambientales del sitio) y

autógenas, siendo esta última producida por la acumulación de material orgánico de la producción primaria formando una superficie no inundada y puede albergar otras especies tolerantes (54).

Las especies tolerantes a las inundaciones (hidrófitas) poseen una variedad de adaptaciones que les permiten tolerar el estrés hídrico o evitarlo. Varias adaptaciones de los hidrófitos les permiten tolerar la anoxia en los suelos de los humedales, estas adaptaciones se pueden agrupar en tres categorías principales: adaptaciones estructurales o morfológicas, adaptaciones fisiológicas y estrategias de toda la planta (54).

#### **2.2.10. Ciclo de carbono en los humedales**

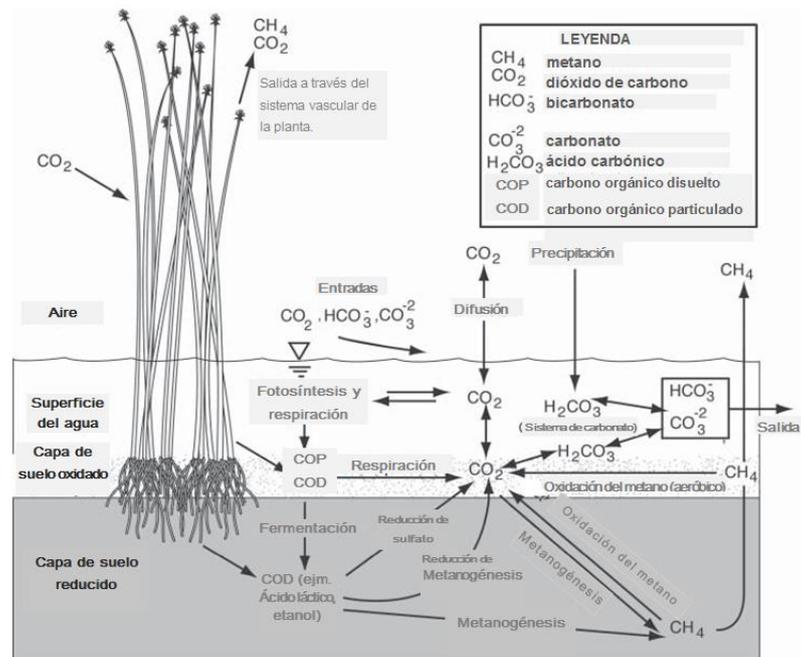
El ciclo del carbono en los humedales, presenta varios procesos de transformación del carbono en condiciones aeróbicas y anaeróbicas. Los procesos que se dan en la zona aeróbica (agua y suelos aéreos y aeróbicos) son la fotosíntesis y la respiración aeróbica, por otro lado, los procesos de fermentación, metanogénesis y la reducción de sulfato, hierro y nitrato se dan en la zona anaeróbica (54).

Por medio de la fotosíntesis, la flora de los humedales capta y fija el dióxido de carbono del aire convirtiéndolo en carbono natural que es almacenado en sus tejidos para luego ser materia orgánica (55). Para la eficiente transferencia de energía se degrada la materia orgánica mediante la respiración aeróbica. No obstante, debido a la naturaleza anóxica de los humedales, los anaeróbicos menos eficientes en términos de transferencia de energía ocurren en la proximidad de los procesos aeróbicos. La materia orgánica es el aceptor terminal de electrones en la respiración anaeróbica de los microorganismos y forma varios ácidos (ácido láctico), alcoholes de bajo peso molecular (etanol) y  $\text{CO}_2$ , dicho proceso es conocido como fermentación y su producto es útil para otros anaerobios como los metanógenos en los sedimentos de los humedales. En el proceso de metanogénesis, los metanógenos usan  $\text{CO}_2$  como aceptor de electrones para la producción de metano gaseoso ( $\text{CH}_4$ ), así como un compuesto orgánico de bajo peso molecular como el ácido acético o metanol; una parte del metano se oxida convirtiéndolo en secuencia en metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), formaldehído ( $\text{HCHO}$ ) y finalmente  $\text{CO}_2$ ; el metano que no ha sido oxidado es liberado a través de la columna de agua por flujo difusivo, flujo ebulitivo o pasan a través del sistema vascular de las plantas emergentes y luego salen a la atmósfera (54).

En algunos humedales se da la interacción de azufre - carbono, las bacterias reductoras de azufre requieren un sustrato orgánico, generalmente de bajo peso

molecular como fuente de energía para convertir el sulfato en sulfuro. Esta vía de fermentación - reducción de azufre es particularmente importante en la oxidación de carbono orgánico a dióxido de carbono en humedales de agua salada con un exceso de sulfatos (54).

**Gráfico 1:** El ciclo del carbono en los humedales.



**Fuente:** *Wetlands de Mitsch y Gosselink (54 pág. 206)*

### 2.2.11. Hidrología de los humedales

Las condiciones hidrológicas son importantes porque ayudan a mantener la estructura y función de los humedales siendo el principal determinante el balance hidrológico, el cual puede tener variaciones entre estaciones o años, dependiendo principalmente de las entradas y salidas de aguas superficiales y subterráneas, la precipitación y la evapotranspiración (54).

Los efectos de la hidrología en los humedales se dan principalmente en los aspectos químicos y físicos; afectando a factores abióticos, la determinación de la biota en cuanto a su composición y riqueza, la productividad primaria, acumulación orgánica y el ciclo de nutrientes en los humedales (54).

Mitsch y Gosselink explican también la importancia de la hidrología de los humedales basándose en los siguientes principios (54):

- a.** La hidrología determina la composición vegetal, limitando o aumentando la riqueza de especies. Muchos humedales inundados por largos periodos tienen una menor riqueza de especies en vegetación, en comparación con las áreas inundadas en una menor frecuencia debido al flujo de agua continuo que transporta agua y sedimentos creando heterogeneidad y abriendo nichos ecológicos adicionales; sin embargo, el agua que fluye también puede crear una superficie relativamente uniforme que puede permitir que grupos de determinadas especies como *Typha*, *Phragmites* o *Spartina* dominen el humedal.
- b.** La productividad primaria se ve influenciada por las condiciones de flujo de agua e inundación, algunos estudios han encontrado que los humedales con aguas estancadas sin flujo tienen bajas productividades, caso contrario con humedales de flujo lento las cuales tienen productividades altas. Así mismo la intensidad de las inundaciones aumentan la humedad y nutrientes disponibles, pero las que tienen una mayor duración incrementa el estrés causado por la zona de raíces anaeróbicas lo que puede disminuir la temporada de crecimiento.
- c.** La hidrología controla la acumulación de material orgánico por su influencia en la producción primaria, la descomposición de la hojarasca y la exportación de carbono orgánico disuelto en la escorrentía.
- d.** Las condiciones hidrológicas determinan el ciclo y la disponibilidad de nutrientes, si el humedal cuenta con flujos de agua continuos, la productividad y las tasas de descomposición son altas en comparación con humedales aislados en las que los procesos de productividad y descomposición son lentos. Así mismo tiene un efecto significativo en la transformación, disponibilidad y pérdida de nutrientes como el caso de los humedales con suelos anegados que afecta la disponibilidad y pérdida de nitrógeno, de igual manera el pH de los suelos ácidos y alcalinos tiende a converger en un pH de 7 cuando se inundan y el potencial redox indica el estado de oxidación y por tanto la disponibilidad de varios nutrientes.

### **2.2.12. Humedal Pucush Uclo**

La municipalidad provincial de Chupaca categoriza el humedal Pucush Uclo como *Área Conservación Ambiental Municipal* mediante Ordenanza Municipal N° 010–2013–MPCH, con la finalidad de conservar la biodiversidad del ecosistema (4). Asimismo, el SERFOR lo incorpora a la *Lista Sectorial de Ecosistemas Frágiles* del departamento de Junín ya que la capacidad de resiliencia ante las actividades antropogénicas es baja, lo cual no le permite retornar a sus condiciones originales (4).

El humedal Pucush Uclo está ubicado en el centro poblado Huascán Pampa perteneciente a la Comunidad Campesina Jurpac del distrito de San Juan de Iscos en la provincia de Chupaca del departamento de Junín. Su formación data alrededor de 30 a 40 años y su hidrología se alimenta por escorrentía y filtraciones de agua (56). Las aguas superficiales del humedal provienen de un canal no revestido perteneciente al canal de riego Sector Hidráulico Menor Cunas Clase A, así mismo desemboca sus aguas en el canal de riego que beneficia a los agricultores de los distritos de Chongos Bajo, Huamancaca y Tres de Diciembre.

El humedal es considerado un ecosistema de humedal andino por encontrarse a una altitud de 3234 msnm, tiene un clima típico de puna con una temperatura máxima anual de 20.7 °C y una mínima anual promedio de 4 °C con lluvias en verano y estiaje en invierno (3).

El humedal comprende un área de 15.29 ha conformado por una cobertura herbácea de 9.75 ha y una masa de agua de 5.54 ha. El área se encuentra rodeada de cultivos agrícolas y terrenos lotizados en venta. Dentro del humedal se pueden apreciar diferentes especies de fauna (aves y mamíferos) y especies de plantas herbáceas, siendo la totora una de las especies con mayor predominancia (3).

### **2.2.13. Plantas herbáceas del humedal Pucush Uclo**

El humedal se encuentra conformado por plantas herbáceas presentes en los alrededores del cuerpo de agua, según la ficha técnica elaborada por el SERFOR y el gobierno del departamento de Junín, el ecosistema alberga 18 especies de flora, ver tabla 1.

**Tabla 1:** Lista de especies de vegetación herbácea presente en el humedal Pucush Uclo.

N°	Familia	Especies	Nombre común
1	Araliaceae	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	Redondita de agua o perejil de agua
2	Asteraceae	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	Sillki
3	Asteraceae	<i>Matricaria recutita</i>	Manzanilla
4	Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león o achicoria amarga
5	Brassicaceae	<i>Nasturtium officinale</i>	Berros
6	Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Rabaniza o rábano silvestre
7	Cyperaceae	<i>Scirpus rigidus</i>	Totorilla o cuchipelo
8	Cyperaceae	<i>Schoenoplectus californicus</i>	Totora
9	Fabaceae	<i>Melilotus officinalis</i>	Trébol dulce o trébol de color amarillo
10	Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	Trébol
11	Gentianaceae	<i>Gentiana sedifolia</i>	Chamuchui ó pencca pencca
12	Gentianaceae	<i>Gentianella chrysochaera</i>	
13	Onagraceae	<i>Epilobium denticulatum</i>	Urku Shullu
14	Plantaginaceae	<i>Plantago australis</i>	Llantén
15	Plantaginaceae	<i>Veronica persica</i>	Azuleto pérsico
16	Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Gramma o champa
17	Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i>	Lengua de vaca
18	Primulaceae	<i>Anagallis arvensis</i>	Pimpinela escarlata

**Fuente:** Adaptado de la ficha técnica de Estado de Conservación del Humedal Andino Pucush Uclo presentado por SERFOR y gobierno regional de Junín.

Se detallan algunas plantas herbáceas existentes en el humedal Pucush Uclo:

- Grama - *Pennisetum clandestinum*

Es una especie de gramínea nativa de África, naturalizada en zonas tropicales y subtropicales de los cinco continentes (57), aunque en el Perú se ha adaptado a climas fríos y extendido en toda la zona andina entre los 3000 msnm a 4000 msnm (58).

Su clasificación taxonómica es la siguiente:

**Reino:** Plantae

**Phylum o división:** Tracheophyta

**Clase:** Liliopsida

**Orden:** Poales

**Familia:** Gramineae

**Género:** *Pennisetum*

**Especie:** *Pennisetum clandestinum*

**Nombre científico:** *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.

**Nombre común:** Grama

Es una planta perenne rastrera que crece mejor en condiciones húmedas, sin embargo, en tiempos de estiaje tolera la sequía y es susceptible a las heladas, tiene rápido crecimiento y fácil adaptación a los diversos tipos de suelos, así mismo es poco tolerante a la sombra (57). Considerada como especie invasora por su desarrollo y desplazamiento rápido, ya que actúan como limitante e impiden la dispersión, germinación y establecimiento de las especies nativas (59).

Respecto a sus características botánicas, cuenta con tallos erectos o semierectos cuya altura puede alcanzar los 46 cm, presenta entrenudos cilíndricos de color blanco formado por rizomas (tallos subterráneos) y estolones (tallos que crecen apoyados sobre la superficie del suelo) bien desarrollados que pueden llegar a medir hasta un metro de longitud y profundidades de 30 a 40 cm; sus hojas son verdes y están formadas por láminas foliares alargadas conduplicadas glabras o con pelos, cuya inflorescencia es inconspicua oculta en las axilas de las hojas, por ello su nombre *clandestinum*, sus estambres se pueden ver por fuera cuando

florece, sus semillas son elipsoides aplanadas de color café oscuro de 2mm de largo (57) (59) (60).

- Berros - *Nasturtium officinale*

Especie cosmopolita originaria de Europa, naturalizada en regiones templadas del mundo, su forma de vida es perenne, rastrera o flotante (61) (62), taxonómicamente se clasifica de la siguiente manera (63):

**Reino:** Plantae

**Phylum o división:** Tracheophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Brassicales

**Familia:** Cruciferae

**Género:** *Nasturtium*

**Especie:** *Nasturtium officinale*

**Nombre científico:** *Nasturtium officinale* R.Br.

**Nombre común:** Berros

Esta planta habita en ambientes acuáticos dulces con flujo de agua lento entre los 2250 msnm y 3500 msnm de altitud, tolerante al frío incluso a temperaturas de -15 °C y su crecimiento óptimo se da a un pH de 7.2 (61), su reproducción es sexual mediante la producción de semillas y asexual por reproducción vegetativa (62).

En relación a su morfología, la planta tiene una altura de entre 10 a 60 cm, posee tallos carnosos, huecos, ramificados, a veces erectos y tendidos, siendo en este último los que con frecuencia presentan formaciones de raíces en los nudos inferiores. Sus hojas son pinnadas divididas en lóbulos, con flores pequeñas de pétalos blancos agrupadas en forma de racimos en la parte superior de los tallos, su estado de floración se da en gran parte del año específicamente entre los meses de abril y setiembre; sus frutos son silículas alargadas y cuenta con una raíz fibrosa (61) (62) (64).

- Totora - *Schoenoplectus californicus*

Es una planta perenne nativa del sur de Norteamérica desde California hasta Chile que crece en lagos y humedales (57). Taxonómicamente se clasifica de la siguiente manera (63):

**Reino:** Plantae

**Phylum o división:** Tracheophyta

**Clase:** Liliopsida

**Orden:** Poales

**Familia:** Cyperaceae

**Género:** Schoenoplectus

**Especie:** *Schoenoplectus californicus*

**Nombre científico:** *Schoenoplectus californicus* (C.A.Mey.) Soják

**Nombre común:** Totorá

Crece desde el nivel del mar hasta los 3750 msnm en humedales de agua dulce y zonas de estuarios, tiene resistencia al frío y sequías, puede establecerse en aguas de hasta 90cm de profundidad en zonas abiertas, aunque su establecimiento es óptimo en aguas de 30 cm de profundidad. Tiene un ciclo de vida perenne o anual, se reproduce vegetativamente, a través de su sistema rizomatoso y sexualmente por semilla (57).

Respecto a su morfología, la planta cuenta con raíces adventicias que nacen en los rizomas y estolones, sus tallos se desarrollan una parte fuera del agua y la otra sumergida en el agua y el substrato de fondo; su crecimiento llega a alcanzar de 2 a 4 metros cuya estructura es de un cilindro cortical con 3 caras planas o cónicas fuertemente trígonos hacia el ápice, de poco espesor rico en parénquima clorofiliano por ello su color verde; el cilindro central presenta un parénquima atravesado por muchos canales tabicados. Respecto a su inflorescencia es de tipo umbela color naranja - pardo y se encuentran al final del tallo acompañados por una hoja rígida y punzante que parece la continuación del tallo y sus frutos en aquenios (64) (57) (65) (66) (67).

- Totorilla - *Scirpus rigidus*

Es una planta cespitosa cuya distribución en América va desde Ecuador a Bolivia (68). Taxonómicamente se clasifica de la siguiente manera (63):

**Reino:** Plantae

**Phylum o división:** Tracheophyta

**Clase:** Liliopsida

**Orden:** Poales

**Familia:** Cyperaceae

**Género:** *Scirpus*

**Especie:** *Scirpus rigidus*

**Nombre científico:** *Scirpus rigidus* Griseb.

**Nombre común:** Totorilla

Su desarrollo alcanza altitudes desde los 3500 msnm hasta los 4300 msnm, en lugares húmedos no salinos y zonas encharcadas de poca profundidad (69). Tiene un ciclo de vida perenne o anual, se reproduce vegetativamente a través de su sistema rizomatoso y sexualmente por semilla (68).

Respecto a su morfología, la planta cuenta con raíces adventicias que se originan de los rizomas y estolones (70). Sus tallos son muy delgados, lisos, levemente rayados cuya base es de color blanquecina y parte superior verde oscuro, llega a medir entre 1 a 7mm de grosor y su altura va desde los 20 cm hasta los 2 m, es de tipo cespitosa pues se encuentran agrupadas en matas espesas. En relación a su inflorescencia es de tipo umbela, que representa una espiguilla solitaria globosa de color pardo - rojizo la cual suele estar enrollada por una bráctea pajiza a modo de venda y se ubica al final del tallo (68) (69) (70).

## **2.3. Definición de términos básicos**

### **a. Almacenamiento de carbono**

“Reservorio natural o artificial que absorbe y almacena CO<sub>2</sub> mediante mecanismos químicos, biológicos, físicos. Después de largos procesos y bajo ciertas condiciones, estos sumideros han almacenado carbono durante milenios” (71).

### **b. Área de conservación municipal:**

Son áreas naturales o modificadas, terrestres o marinas con biodiversidad y valores naturales importantes que ofrecen servicios ecosistémicos y/o tienen valores culturales. Son reconocidos por las municipalidades a través de un instrumento legal municipal de acuerdo con las políticas ambientales y de desarrollo del país y el sistema de áreas protegidas (72).

### **c. Biomasa**

Cantidad de masa de tejido vivo almacenada en los cuerpos de un grupo de organismos en un determinado momento y superficie, se utiliza para estimar la producción primaria en los ecosistemas. A menudo se divide en biomasa aérea y biomasa raíz - rizoma (42).

### **d. Biomasa aérea**

Biomasa viva que se encuentra sobre el suelo e incluye ramas, semillas, hojas, frutos.

### **e. Biomasa raíz – rizoma**

Biomasa viva que se encuentra en el suelo, se excluye las raíces cuyo diámetro es menor a los 2 mm ya que no pueden distinguirse del sustrato suelo u hojarasca (33).

### **f. Carbono**

Según Ruginitz y otros, el carbono es el pilar químico de toda la existencia en la Tierra que forma parte los componentes básicos para la vida (humanos, animales, plantas, suelo). Todo el carbono que tenemos actualmente en la Tierra es la misma cantidad que siempre hemos tenido. En su ciclo este elemento circula por el suelo, subsuelo, atmósfera y océanos, los mencionados son calificados como sus almacenes (34).

### **g. Captura de dióxido de carbono**

“Procedimiento que consiste en la captación del dióxido de carbono presente en el ambiente derivado de las labores industriales o humanas, que a través de un procedimiento (físico, químico o biológico) es depositado y separado de la atmósfera por un periodo largo” (21).

#### **h. Cobertura vegetal**

“Está conformado por unidades espaciales definidas y clasificadas en base a criterios geográficos, fisonómicos, condición de humedad y excepcionalmente florísticos” es la fracción del terreno cubierta por plantas. Se puede obtener a partir de sensores remotos ópticos debido a que la huella espectral de la vegetación y del suelo difieren (19).

#### **i. Dióxido de carbono**

“Gas que existe espontáneamente y también como subproducto del quemado de combustibles procedentes de depósitos de carbono de origen fósil, como el petróleo, el gas o el carbón, de la quema de biomasa, o de los cambios de uso de la Tierra y procesos industriales” (5). Este gas es el que más afecta el equilibrio radiativo de la Tierra, dado que su potencial de calentamiento es 1 y se le toma como referencia para la medición de otros GEI (1).

#### **j. Ecosistema frágil**

Son los ecosistemas que poseen características o recursos únicos con baja capacidad de recuperación a su estado original, son inestables ante eventos impactantes, ya sean causados por el ser humano o la naturaleza, lo que altera profundamente su estructura y composición (73). Así mismo, el Estado peruano en el artículo 99 inciso 3 de la Ley General del Ambiente “reconoce la importancia de los humedales como hábitat de especies de flora y fauna, en particular de aves migratorias, priorizando su conservación en relación con otros usos” (74).

#### **k. Estructura vegetal**

Son las partes que conforman las plantas: tallo, flores, raíces, rizomas, hojas; las cuáles tienen una función que les permite vivir y desarrollarse. En la investigación se considera dos estructuras vegetativas: biomasa aérea conformada por los tallos, flores, hojas y semillas y la biomasa raíz - rizoma conformada por raíces mayores a 2mm de diámetro.

#### **l. Materia fresca**

Hace referencia al peso de la vegetación con toda el agua que contiene en vivo.

#### **m. Materia seca**

Es la parte que queda de una muestra de materia verde al extraérsele el contenido de agua. En otoño e invierno los contenidos de materia seca oscilan entre 13 % a 16 %, mientras que en primavera de 17 % a 25 % y de 30 % a más en la temporada de primavera tardía e inicios de verano. Su unidad de medida es en porcentaje (%), siendo

el valor el cociente de los pesos de la materia verde y la materia seca de una muestra determinada multiplicada por 100 (43).

**n. Predominante**

Especie o individuo que destaca por su insistente presencia, superioridad numérica o tamaño, indicando una futura dominación sobre el paisaje u otros organismos, etc. (75).

**o. Servicio ambiental de regulación**

Es uno de los cuatro servicios que provee el ambiente producto del buen funcionamiento de los ecosistemas para el beneficio económico, social o ambiental de las personas. Son los beneficios que se obtienen de la regulación de los procesos de los ecosistemas, a simple vista no se ven y no se toman en consideración por muchas personas, sin embargo, cuando se ven perjudicados como por la contaminación del aire, las consecuencias son importantes y resulta difícil reparar en algunos casos. Los servicios de regulación están enfocados en “regulación de la calidad del aire, del clima, del agua, de la erosión, del tratamiento de aguas de desecho, de enfermedades, pestes, riesgos naturales” (2). La regulación de la calidad del aire y el clima se da a través del almacenamiento y captura de dióxido de carbono.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método y alcance de la investigación**

##### **3.1.1. Método general**

El método científico es un medio de estudio sistemático que se realiza por medio de una serie de etapas planificadas para la obtención del conocimiento científico para lo cual se utilizan técnicas e instrumentos fiables (76) (77).

La investigación aplica el método científico en razón de que sigue procedimientos establecidos y ordenados con la finalidad de dar solución al problema planteado, para lo cual, se estudió investigaciones similares y obtuvo información relevante sobre el tema, posteriormente se aplicaron técnicas propuestas para la recolección y análisis de datos, las cuales se validaron mediante pruebas estadísticas y finalmente se obtuvo una respuesta al problema planteado.

##### **3.1.2. Método específico**

El método analítico se fundamenta en la separación de un todo a sus partes para conocerlo de forma más detallada, ello nos permitirá comprender, describir y explicar su naturaleza (78).

El método específico aplicado en la investigación es el método analítico, basado en la observación de todas las plantas herbáceas presentes en el humedal Pucush Uclo de la cual se delimita las especies predominantes y en función a ello se realizará el estudio individual de cada especie para la obtención de los datos de biomasa aérea y biomasa raíz - rizoma con el objetivo de estimar la capacidad de captura de dióxido de carbono.

##### **3.1.3. Tipo de investigación**

La investigación básica se determina por “recoger información de la realidad para enriquecer el conocimiento científico” (77), en nuestra investigación los resultados obtenidos podrán aportar colaborando con el conocimiento humano en relación al servicio ambiental de regulación, relacionado con la captura de dióxido de carbono en este tipo de ecosistemas y optando por la conservación del humedal Pucush Uclo.

Respecto al enfoque, nuestra investigación aplica el enfoque cuantitativo el cual “está orientado a la obtención de datos que pueden ser medidos y cuantificados de forma estadística” (78), en nuestro estudio se estima la capacidad de captura de

dióxido de carbono en las plantas herbáceas predominantes y los resultados se analizarán estadísticamente.

#### **3.1.4. Nivel de investigación**

Según Hernández, los estudios descriptivos se basan en especificar las características y propiedades del fenómeno en estudio sin manipularlo (79).

El estudio es de nivel descriptivo porque las variables de estudio no se manipulan y se describen tal y como se manifiestan en el medio, basado en el análisis de laboratorio que determina la captura de dióxido de carbono en especies de plantas herbáceas predominantes del humedal Pucush Uclo.

### **3.2. Diseño de la investigación**

El diseño de investigación no experimental transeccional descriptivo, se aplica mediante la observación y descripción del comportamiento de un sujeto sin intervenir sobre este y las variables son estudiadas en un momento único (79). La investigación desarrollada concuerda con este diseño debido a que las variables no se manipulan y la recolección de muestras se realiza en un único momento, específicamente en la temporada de estiaje de la Sierra Central (agosto 2023).

**Variable dependiente:** Captura de dióxido de carbono

**Variable independiente:** Plantas herbáceas predominantes

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

La población es el conjunto de elementos finitos o infinitos delimitados por sus características de contenido, lugar y tiempo que serán generalizadas en los resultados de la investigación (76) (79).

En esta investigación, la población está constituida por el total de plantas herbáceas presentes alrededor del cuerpo de agua, el cual representa una superficie de 10.39 ha. del humedal Pucush Uclo, (ver Anexo 1.1).

#### **3.3.2. Muestra**

La muestra es una parte de la población que se caracteriza por ser representativo y poseer sus principales características (77).

En el siguiente trabajo de investigación, la muestra está representada por las plantas herbáceas que ocupan superficies mayores a 0.1 ha de cobertura vegetal, las cuales son consideradas como especies predominantes, identificándose cuatro especies: Totorilla “*Schoenoplectus californicus*”, Totorilla “*Scirpus rigidus*”, Grama “*Pennisetum clandestinum*” y Berros “*Nasturtium officinale*” representando en conjunto 9.62 ha del total de la cobertura de plantas herbáceas del humedal, (Ver Anexo 1.4).

Se prescinde el estudio de 14 especies de plantas herbáceas por presentar una cobertura menor a 0.1 ha. Siendo éstas: *Hydrocotyle bonariensis*, *Hypochaeris taraxacoides*, *Matricaria recutita*, *Taraxacum officinale*, *Nasturtium officinale*, *Raphanus raphanistrum*, *Melilotus officinalis*, *Trifolium repens*, *Gentiana sedifolia*, *Gentianella chrysosphaera*, *Epilobium denticulatum*, *Plantago australis*, *Veronica pèrsica*, *Rumex crispus*, *Anagallis arvensis*.

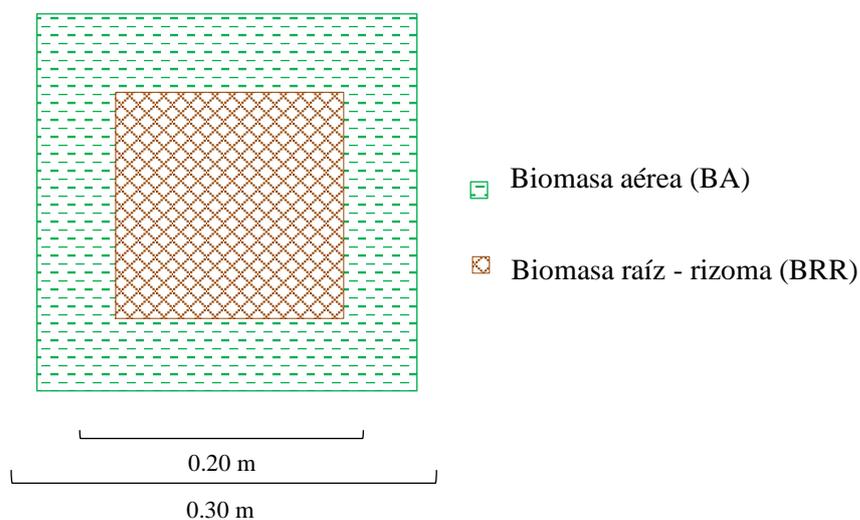
### 3.3.3. Muestreo

El muestreo aleatorio estratificado consiste en la subdivisión de la población mediante características que lo hacen homogéneos entre sí. Posteriormente dentro de cada subdivisión se aplica el muestreo aleatorio simple (80).

La investigación subdivide la población en áreas conformadas por especies predominantes de plantas herbáceas, dentro de las cuáles se aplicó el muestreo aleatorio simple, seleccionándose al azar 4 unidades muestrales por cada especie de planta herbácea.

Las unidades se constituyen por medio de cuadrantes por ser más homogéneos y tener menor impacto en los bordes en comparación con los transectos (80), para lo cual, se utilizó un marco cuadrado de 0.30 m \* 0.30 m; para la biomasa aérea, como lo propone el *Manual para la medición, monitoreo y reporte del carbono y gases de efecto invernadero en manglares en restauración*; para plantas herbáceas halófitas (20) y la *Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales para vegetación no arbórea* (33); posteriormente dentro de éste, un marco cuadrado de 0.20 m \* 0.20 m para biomasa raíz - rizoma con una profundidad de 0.20 m debido a que es dónde se encuentra la mayor concentración de raíces y rizomas (20), según menciona el trabajo de investigación de Palomino (81).

**Gráfico 2:** Delimitación del tamaño de muestras en los diferentes depósitos de carbono.



**Fuente:** *Elaboración propia*

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1. Técnicas e instrumentos

- **Técnicas**

La técnica de investigación es el procedimiento para la obtención de datos o información que permite verificar las hipótesis o responder las interrogantes formuladas (76). La investigación aplica específicamente la técnica de observación científica ya que realiza observaciones con objetivos claros, definidos y precisos (77) .

- **Instrumentos**

Los instrumentos de investigación son recursos o herramientas en los cuales se registran datos e información para comprobar la hipótesis de la investigación (76).

Se aplicaron fichas como instrumentos de recolección de datos las cuales están debidamente elaboradas, ordenadas y contienen información relevante recopilada en campo; así mismo el procesamiento de imágenes satelitales en el programa ArcGis 10.5 (Anexo 1.2), estas son:

- a) Ficha de registro de biomasa aérea y biomasa raíz - rizoma del humedal Pucush Uclo (Anexo 3.1 y 3.2).
- b) Ficha de características de las especies de plantas herbáceas predominantes (Anexo 3.3).
- c) Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales (17).
- d) Manual para la Medición, Monitoreo y Reporte del Carbono y Gases de Efecto Invernadero en Manglares en Restauración (20).
- e) Cadena de custodia (Anexo 4)

### **3.4.2. Materiales**

Los equipos y materiales utilizados en la investigación se describen según etapas:

- Etapa de pre - campo
  - ✓ Imágenes satelitales de Google Earth Pro de fecha 23 de mayo de 2023
  - ✓ Base de datos geoespaciales de ecosistemas frágiles para la obtención preliminar del área del humedal Pucush Uclo.
  - ✓ Impresora Canon serie G3010
  - ✓ Laptop HP core i5
  - ✓ Ordenador Halion
  - ✓ Materiales de escritorio (lapicero, lápiz, hojas bond, resaltador)
  - ✓ Programa ArcGIS versión 10.5
  - ✓ Programa Microsoft Word versión 2010
  - ✓ Programa Microsoft Excel versión 2010
- Etapa de campo
  - ✓ Aplicación GPS Essential en aplicativo móvil
  - ✓ Balanzas de precisión de 2 decimales
  - ✓ Bolsas de papel Kraft
  - ✓ Botas

- ✓ Cámara fotográfica
  - ✓ Cernidor de plástico
  - ✓ Flexómetro de 5 m
  - ✓ Fichas de toma de datos
  - ✓ Hoz
  - ✓ Lapiceros
  - ✓ Mantada de polipropileno
  - ✓ Marco de madera con medidas de 0.30 m \* 0.30 m
  - ✓ Marco de madera con medidas de 0.20 m \* 0.20 m
  - ✓ Pabilo
  - ✓ Pala
  - ✓ Pico
  - ✓ Saco de polipropileno laminado
  - ✓ Tablero porta hojas
  - ✓ Tijeras de podar
  - ✓ Ficha de registro de biomasa aérea y raíz - rizoma del humedal Pucush Uclo
  - ✓ Ficha de características de las especies de plantas herbáceas predominantes
  - ✓ Cadena de custodia
- Etapa de laboratorio
    - ✓ Servicio de análisis de muestra de peso seco y porcentaje de carbono para la biomasa aérea y biomasa raíz - rizoma de las plantas herbáceas predominantes en el laboratorio del INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria) - sede Santa Ana - Huancayo.
- Etapa de gabinete
    - ✓ Calculadora científica
    - ✓ Impresora Canon serie G3010
    - ✓ Laptop HP core i5

- ✓ Ordenador Halion
- ✓ Materiales de escritorio (lapiceros, hojas bond, lápiz)
- ✓ Programa Microsoft Word versión 2010
- ✓ Programa Microsoft Excel versión 2010
- ✓ Programa SPSS versión 27

### 3.4.3. Procedimientos

#### a. Etapa de Pre - campo

- ✓ Recopilación de la información

Se compiló información bibliográfica de libros, revistas, tesis de investigación, artículos, entre otros; referente a la captura de dióxido de carbono en la vegetación de ecosistemas como humedales y bofedales los cuales permitieron darnos alcance sobre las metodologías aplicadas que ayudaron a enfocar la presente investigación.

- ✓ Delimitación del área de estudio

Para delimitar el área de estudio se utilizó la base de datos de áreas de ecosistemas frágiles del SERFOR y se obtuvo el *shapefile* del humedal Pucush Uclo, el cual se procesó en el software ArcGis versión 10.5 conjuntamente con la imagen satelital de Google Earth Pro de fecha 23 de mayo de 2023, determinándose preliminarmente el área comprendida por la cobertura herbácea y masa de agua del humedal Pucush Uclo, (Ver Anexo 1.2).

Posteriormente se realizó la delimitación de las áreas por especie de plantas herbáceas mediante el dibujo a mano de los contornos por interpretación visual como lo indica Howard y otros (19 pág. 166), (Ver Anexo 1.2).

#### b. Etapa de campo

- ✓ Identificación y verificación del área de estudio

Se establecieron 20 puntos de verificación en campo alrededor de todo el humedal (Ver Anexo 1.3 y 3.5), para la identificación *in situ* de las especies presentes en las áreas delimitadas en la etapa de pre - campo, utilizando como material de apoyo la caracterización de la flora silvestre del humedal andino Pucush Uclo el cual presenta la relación de 18 especies de flora (3).

Una vez identificadas las especies se procedió a corroborar las áreas delimitadas anteriormente y se corrigió en el software *ArcGis*, obteniéndose los mapas de ubicación (Ver Anexo 1.1) y de cobertura de plantas herbáceas del humedal (Ver Anexo 1.4).

✓ Ubicación de las unidades muestrales

Las unidades muestrales fueron ubicadas aleatoriamente y de acuerdo a criterios de los investigadores, considerando la accesibilidad y representatividad de acuerdo a las características foliares de las especies en estudio (estado vegetativo, altura, grosor, nivel de inundación) tomadas en campo (Ver Anexo 3.2); cabe resaltar que el total de la cobertura de plantas herbáceas se encuentra expuesta a la radiación solar y no hay presencia de cuerpos (árboles, postes, viviendas) dentro del área comprendida por el humedal que produzca sombra y afecten directamente a las especies en estudio.

Ubicada la zona a muestrear para cada una de las 4 unidades muestrales por especie, se procedió a determinar las coordenadas geográficas con el GPS con el cual se elaboró el mapa de ubicación de unidades muestrales (Ver Anexo 1.5), así mismo, se registra en las fichas los datos obtenidos en campo (Ver Anexo 3.1 y 3.2).

✓ Muestreo de la biomasa aérea

En cada unidad muestral se aplicó el método destructivo, extrayendo la biomasa aérea (tallos, hojas, flores, frutos, semillas) de las especies sumergidas y emergentes que comprende el área del cuadrante de 0.30 m \* 0.30 m, el cual se procedió a llenar en un saco de polipropileno para ser pesado, acto seguido, se registró el peso húmedo de la unidad muestral, luego se vertió todo el contenido en una mantada para homogenizar, posteriormente se procedió a separar y empaquetar una submuestra de 500 gramos en bolsas de papel kraft respectivamente rotulada para el envío a laboratorio. Cabe mencionar que del tercer punto de muestreo de la especie *Nasturtium officinale*, se tomaron muestras por duplicado para el control de calidad del laboratorio de análisis (Ver Anexo 8).

✓ Muestreo de la biomasa raíz - rizoma

En cada unidad muestral de donde previamente se retiró toda la biomasa aérea se procedió a extraer un bloque de la biomasa raíz - rizoma de 0.20 m de ancho, 0.20 m de largo y 0.20 m de profundidad; se lavó el bloque extraído sobre un cernidor para evitar pérdidas y se retiraron las piedras u objetos extraños. Posteriormente la muestra se pesó y registró el peso en húmedo para luego extraer una submuestra de 500 gramos que se empaquetó en bolsas de papel kraft y se rotuló para el envío a laboratorio (Ver Anexo 8).

**c. Etapa de laboratorio**

Las muestras se llevaron al laboratorio de Suelos y Plantas del Instituto Nacional de Innovación Agraria, sede Santa Ana- Huancayo con su respectiva cadena de custodia (Ver Anexo 4), en cada una de las muestras de biomasa aérea y biomasa raíz - rizoma, se determinó el porcentaje de materia seca (%) mediante el secado en horno a una temperatura de 60 °C hasta obtener un peso constante y el porcentaje de materia orgánica mediante el método de combustión húmeda de Walkley y Black. El total de muestras enviadas se detalla en la siguiente tabla, cabe resaltar que se tomó una muestra por duplicado de la especie *Nasturtium officinale* solo en la biomasa aérea para el control de calidad del laboratorio de análisis.

**Tabla 2:** Número de muestras enviadas al laboratorio

<b>ESPECIE (Nombre común)</b>	<b>BIOMASA AÉREA (% materia seca y % de materia orgánica)</b>	<b>BIOMASA RAÍZ - RIZOMA (% materia seca y % de materia orgánica)</b>
Totora	4	4
Totorilla	4	4
Gramma	4	4
Berros	5	4
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>16</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

Según la información proporcionada por el laboratorio, para el control de calidad (Ver Anexo 5.3), se establece como criterio de aceptación una RPD o PDR (Desviación Relativa Porcentual) máxima de 15 % bajo la siguiente premisa:

$$RPD = \frac{(\text{Resultado de la muestra} - \text{Resultado duplicado}) * 100}{(\text{Resultado de la muestra} + \text{Resultado duplicado})/2}$$

d. Etapa de gabinete

✓ Procesamiento de datos

- Estimación de peso seco de biomasa aérea y biomasa raíz - rizoma

El análisis de producción de biomasa seca en cada cuadrante de muestreo de biomasa aérea y biomasa raíz - rizoma se determinará en cada muestra de especie de vegetación predominante. El resultado del peso seco estará en unidades de kg/0.09 m<sup>2</sup> para biomasa aérea y kg/0.04 m<sup>2</sup> para biomasa raíz - rizoma.

**Ecuación 5:** *Cálculo del peso seco de las muestras de biomasa de las especies de plantas herbáceas.*

$$PS_{muestra} = \%MS * PF_{muestra}$$

Donde:

MS<sub>muestra</sub> = Materia Seca de la muestra (kg/0.09 m<sup>2</sup>, kgC/0.04 m<sup>2</sup>)

% MS = Materia Seca (%), determinada en laboratorio

Pf<sub>muestra</sub> = Peso fresco de la muestra recolectada en campo (kg/0.25 m<sup>2</sup>, kgC/0.04 m<sup>2</sup>)

Para convertir la biomasa aérea de kg/0.09m<sup>2</sup> a kg/m<sup>2</sup> se deberá multiplicar por 11.11:

$$\left( \frac{kg}{0.09 m^2} * \frac{11.11}{11.11} = 11.11 \frac{kg}{m^2} \right)$$

Para la conversión de la biomasa raíz- rizoma de kgC/0.04 m<sup>2</sup> a kg/m<sup>2</sup> se deberá multiplicar por 25:

$$\left( \frac{kg}{0.04 m^2} * \frac{25}{25} = 25 \frac{kg}{m^2} \right)$$

- Estimación del carbono capturado en la biomasa aérea y biomasa raíz- rizoma

El carbono capturado resulta del producto del peso seco de cada muestra con el porcentaje de carbono (resultado del producto de la materia orgánica

determinado en laboratorio con el factor de Van Bemmelen). Las unidades estarán en kilogramos de carbono por metro cuadrado (kgC/m<sup>2</sup>).

**Ecuación 6:** *Cálculo de la cantidad de carbono capturado de la biomasa de las especies de plantas herbáceas.*

$$\Delta C_{\text{muestra}} = PS_{\text{muestra}} * \%C$$

Donde:

$\Delta C_{\text{muestra}}$  = Cantidad de carbono en la biomasa de la muestra (kgC/m<sup>2</sup>)

$PS_{\text{muestra}}$  = Peso seco de la muestra (kg/m<sup>2</sup>)

$\%C$  = Fracción de carbono (kgC/kg) determinada en el laboratorio

Para convertir las unidades kgC/m<sup>2</sup> a tnC/ha se deberá multiplicar por 10:

$$\left( \frac{\text{kgC}}{\text{m}^2} * \frac{10000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} * \frac{1 \text{ tn}}{1000 \text{ kg}} = 10 \frac{\text{tnC}}{\text{ha}} \right)$$

- Estimación del dióxido de carbono en la biomasa aérea y biomasa raíz - rizoma

Con los datos obtenidos de carbono en los diferentes depósitos, se procede a convertir mediante la multiplicación con el factor de conversión de carbono a dióxido de carbono.

**Ecuación 7:** *Cálculo de dióxido de carbono de la biomasa de las especies de plantas herbáceas*

$$\Delta CO_{2\text{total}} = \Delta C_{\text{total}} * \frac{44}{12}$$

Donde:

$\Delta CO_{2\text{total}}$  = Cantidad de dióxido de carbono total de la especie (tnCO<sub>2</sub>/ha)

$\Delta C_{\text{total}}$  = Cantidad de carbono total de la especie (tnC/ha)

44/12 = Factor de conversión de carbono a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>/C)

- Estimación del dióxido de carbono total capturado

**Ecuación 8:** *Cálculo del carbono total capturado de las especies de plantas herbáceas.*

$$\Delta CO_{2total} = \Delta CO_{2Biomasa\ Aérea} + \Delta CO_{2Biomasa\ Raíz-rizoma}$$

Donde:

$\Delta C_{total}$  = Cantidad de dióxido de carbono total de la especie (tnCO<sub>2</sub>/ha)

$\Delta CO_2\ Biomasa\ Aérea$  = Cantidad de dióxido de carbono en la biomasa aérea de la especie (tnCO<sub>2</sub>/ha)

$\Delta CO_2\ Biomasa\ Raíz-rizoma$  = Cantidad de dióxido de carbono en la biomasa raíz- rizoma de la especie (tnCO<sub>2</sub>/ha)

- Flujo anual de dióxido de carbono

Para el flujo anual se considera solo el contenido de carbono en la biomasa aérea por ser la que se regenera anualmente, la cual se procede al multiplicar con el factor de conversión de carbono a dióxido de carbono.

**Ecuación 9:** *Cálculo flujo anual de dióxido de carbono de las especies de plantas herbáceas*

$$\Delta CO_{2Flujo\ anual} = \Delta C_{Biomasa\ Aérea} * \frac{44}{12}$$

Donde:

$\Delta CO_2\ Flujo\ anual$  = Cantidad de dióxido de carbono anual de la especie (tnCO<sub>2</sub>/ha/año)

$\Delta C_{Biomasa\ Aérea}$  = Cantidad de carbono total de la especie (tnC/ha/año)

44/12 =Factor de conversión de carbono a dióxido de carbono

- ✓ Procesamiento estadístico

Para desarrollar el procesamiento estadístico se trabajó con el programa SPSS: en primer lugar, se determinó la estadística descriptiva (promedios, varianzas, valores máximos y mínimos, etc.) por compartimiento de cada especie de planta herbácea predominante y en forma general por especie (Ver Anexo 6.1); posteriormente se realizó la prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk y al obtenerse que en las

muestras existe normalidad ( $p > 0.05$ ), se empleó la prueba paramétrica ANOVA de un factor debido a que se realiza la comparación de más de dos grupos mediante el método de Tukey por tener el mismo número de muestras ( $n=4$ ) para cada evaluación (Ver Anexos 6.2 y 6.3).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Presentación de resultados

##### 4.1.1. Identificación de las especies de plantas herbáceas predominantes

Se identificó cuatro especies de plantas herbáceas predominantes: Totora “*Schoenoplectus californicus*”, Totorilla “*Scirpus rigidus*”, Grama “*Pennisetum clandestinum*” y Berros “*Nasturtium officinale*”.

**Gráfico 3:** Fotografías de las especies en estudio del Humedal Pucush Uclo.

	
<p><i>Schoenoplectus californicus</i> Nombre común: Totora</p>	<p><i>Scirpus rigidus</i> Nombre común: Totorilla</p>
	
<p><i>Pennisetum clandestinum</i> Nombre común: Grama</p>	<p><i>Nasturtium officinale</i> Nombre común: Berros</p>

Fuente: *Elaboración propia*

Las especies de plantas herbáceas fueron identificadas en campo con apoyo de la Lista de Flora Silvestre presentada en la *Ficha Técnica de Estado de Conservación del Humedal Andino Pucush Uclo*, así mismo según criterios del autor se consideró como predominantes las especies cuya cobertura es mayor a 0.1 ha (Ver Anexo 3.3 y Anexo 7).

#### 4.1.2. Cobertura de las especies de plantas herbáceas predominantes

Las áreas correspondientes a las especies en estudio se muestran en la siguiente tabla y de manera gráfica (Ver Anexo 1.4).

**Tabla 3:** Cobertura vegetal de las especies en estudio

<b>ESPECIES DE PLANTAS HERBÁCEAS EN ESTUDIO</b>	<b>ÁREA (ha)</b>	<b>COBERTURA DE PLANTAS HERBÁCEAS (%)</b>
<i>Schoenoplectus californicus</i>	8.21	82.52
<i>Scirpus rigidus</i>	0.90	9.94
<i>Pennisetum clandestinum</i>	0.36	2.95
<i>Nasturtium officinale</i>	0.15	1.50
<b>TOTAL</b>	<b>9.62</b>	<b>96.91%</b>

**Fuente:** Elaboración propia

La cobertura de las plantas herbáceas fue delimitada a mano alzada en el programa *ArcGis* en base a la interpretación visual de la imagen satelital tomada por el Google Earth Pro de fecha 23 de mayo de 2023 (Ver Anexo 1.2), posteriormente en campo se identificaron las especies pertenecientes a las áreas y se verificó la extensión registrándose 20 puntos para la corrección de las áreas (Ver Anexo 1.3), obteniéndose finalmente el total de cobertura de plantas herbáceas (Ver Anexo 1.4) dentro de las cuáles se realiza la toma de muestras.

Adicionalmente en el trabajo en campo, se incluyó la descripción de indicadores hidrológicos del humedal donde se observó que el recorrido de las aguas es de noroeste a sureste, el ingreso de agua es por medio de un canal secundario no revestido con caudal de 1.57 L/s y el efluente del humedal es a través de un canal revestido (infraestructura de material noble) cuyo caudal es de 14.4 L/s (Ver Anexo 3).

#### **4.1.3. Dióxido de carbono capturado en especies de plantas herbáceas predominantes**

La determinación de dióxido de carbono capturado se realizó con los datos obtenidos en el trabajo en campo (peso húmedo) y resultados de laboratorio (porcentaje de materia orgánica (% MO) y porcentaje de materia seca (% MS), con dichos datos se realizaron los cálculos con las ecuaciones planteadas en la metodología.

**Tabla 4:** Promedios de peso fresco, peso seco, porcentaje de materia seca, porcentaje de materia orgánica y porcentaje de carbono orgánico obtenidos de las especies de plantas herbáceas predominantes en su estructura vegetal.

Especie de planta herbácea predominante	Estructura vegetal	Promedio peso fresco (kg/0.09 m <sup>2</sup> )	Peso fresco (kg/m <sup>2</sup> )	Materia seca (%) *	Peso seco (kg/m <sup>2</sup> )	Materia orgánica (%) *	Carbono orgánico (% C) **
<b>TOTORA</b> " <i>Schoenoplectus californicus</i> "	Biomasa aérea	1.63	18.14	23.63	4.28	68.03	39.46
	Biomasa raíz - rizoma	1.03	25.69	15.07	3.87	60.65	35.18
<b>TOTORILLA</b> " <i>Scirpus rigidus</i> "	Biomasa aérea	1.46	16.17	32.33	5.19	69.84	40.51
	Biomasa raíz- rizoma	1.09	27.13	15.35	4.2	57.53	33.37
<b>GRAMA</b> " <i>Pennisetum clandestinum</i> "	Biomasa aérea	0.42	4.67	39.19	1.78	59.93	34.76
	Biomasa raíz - rizoma	0.41	10.25	38.13	3.85	38.6	22.39
<b>BERROS</b> " <i>Nasturtium officinale</i> "	Biomasa aérea	1.14	12.7	10.71	1.35	60.2	34.92
	Biomasa raíz - rizoma	0.34	8.56	11.26	0.96	60.85	35.3

\*Valor obtenido en laboratorio

\*\*Valor resultante del producto del Porcentaje de materia orgánica con el factor de Van Bemmelen (1.724).

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 5:** Promedios de carbono almacenado y dióxido de carbono capturado obtenidas de las especies de plantas herbáceas predominantes en su estructura vegetal.

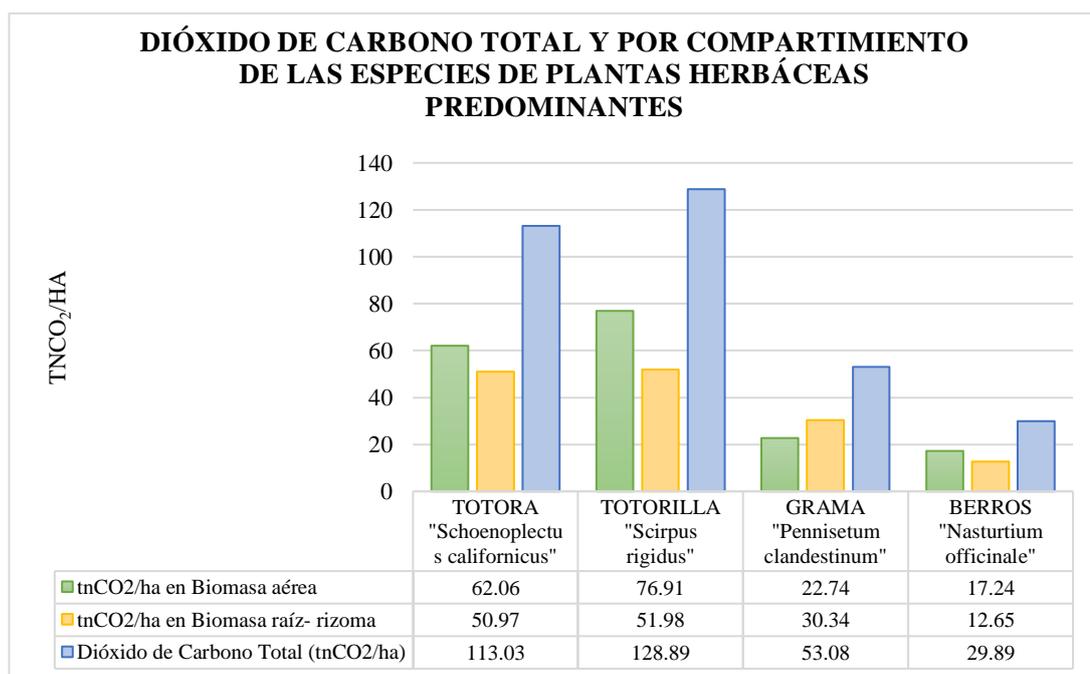
Especie de planta herbácea predominante	Estructura vegetal	Carbono (kgC/m <sup>2</sup> )	Carbono tnC/ha	Dióxido de carbono (tnCO <sub>2</sub> /ha)	Total CO <sub>2</sub> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	Área de plantas herbáceas (ha)	Total de CO <sub>2</sub> capturado por planta herbácea (tnCO <sub>2</sub> )
<b>TOTORA</b> " <i>Schoenoplectus californicus</i> "	Biomasa aérea	1.69	16.93	62.06	113.03	8.21	927.98
	Biomasa raíz - rizoma	1.39	13.9	50.97			
<b>TOTORILLA</b> " <i>Scirpus rigidus</i> "	Biomasa aérea	2.1	20.98	76.91	128.89	0.9	116
	Biomasa raíz - rizoma	1.42	14.18	51.98			
<b>GRAMA</b> " <i>Pennisetum clandestinum</i> "	Biomasa aérea	0.62	6.2	22.74	53.08	0.36	19.11
	Biomasa raíz - rizoma	0.83	8.28	30.34			
<b>BERROS</b> " <i>Nasturtium officinale</i> "	Biomasa aérea	0.47	4.7	17.24	29.89	0.15	4.48
	Biomasa raíz - rizoma	0.35	3.45	12.65			

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4, muestra que los resultados para peso seco fueron obtenidos en base a los resultados de laboratorio respecto al porcentaje de materia seca y su interpolación al metro cuadrado con los datos obtenido en campo, mostrando que la especie *Scirpus rigidus* tiene mayor peso seco tanto en su biomasa aérea como en su biomasa raíz rizoma con valores de 5.19 kg/m<sup>2</sup> y 4.2 kg/m<sup>2</sup> respectivamente y quien obtuvo menor peso seco es la especie *Nasturtium officinale* en ambas estructuras vegetales con valores de 1.35 kg/m<sup>2</sup> y 0.96 kg/m<sup>2</sup>, ello debido a que se desarrolla en el medio acuático y su estructura tiende a tener mayor proporción de agua y por ende menor peso seco; así mismo respecto al porcentaje de carbono en la biomasa aérea es mayor en comparación con la biomasa raíz rizoma a diferencia de la especie *Nasturtium officinale*.

En la Tabla 5, se muestran las diferencias de las reservas de dióxido de carbono en una hectárea en su biomasa aérea y biomasa raíz - rizoma, siendo la especie *Scirpus rigidus* con mayor captura de CO<sub>2</sub> no representando diferencia significativa con la especie *Schoenoplectus californicus*, teniendo valores totales de captura de dióxido de carbono de 128.89 tnCO<sub>2</sub>/ha y 113.03 tnCO<sub>2</sub>/ha respectivamente; respecto a las especies *Pennisetum clandestinum* y *Nasturtium officinale* reflejan una diferencia significativa frente a las especies con mayor captura de dióxido de carbono, sin embargo no existe diferencia entre las mismas.

**Gráfico 4:** Diferencia de reservas de dióxido de carbono de las especies de plantas herbáceas en estudio.



**Fuente:** Elaboración propia

El gráfico 4, muestra que en todas las especies en estudio, la biomasa aérea tiene una mayor capacidad de captura de dióxido de carbono a comparación con la biomasa raíz - rizoma, a excepción de la especie *Pennisetum clandestinum*, esto se debe a que el humedal tiene flujo de agua constante el cual aporta en la productividad primaria de las especies que se encuentran en él (54), como es el caso de las especies *Schoenoplectus californicus*, *Scirpus rigidus* y *Nasturtium officinale* que se encuentran en zonas inundadas en comparación con el *Pennisetum clandestinum* cuyo desarrollo es en zonas sin inundación; así mismo el desarrollo de su biomasa aérea en el humedal Pucush Uclo es en promedio de 5.5 cm de altura y la especie tiene capacidad de crecimiento hasta los 40 cm según bibliografía (57) (59) (60).

#### 4.1.4. Flujo anual de dióxido de carbono en la biomasa aérea de las especies de plantas herbáceas predominantes

El flujo anual de captura de dióxido de carbono de las especies de plantas herbáceas predominantes está representado por la biomasa aérea ya que es la que se regenera anualmente. Las especies consideradas predominantes en la investigación son especies perennes cuya etapa de crecimiento y desarrollo se da en temporada de lluvias de setiembre a mayo, su reproducción por semillas y etapa de senescencia en la época de estiaje entre los meses de junio - agosto. Es importante resaltar que las muestras fueron representativas y tuvieron el mismo grado de exposición considerándose la altura, nivel de inundación y exposición a la radiación solar en cada una de las especies en estudio.

**Tabla 6:** Flujo anual de dióxido de carbono de las especies de plantas herbáceas predominantes del humedal Pucush Uclo.

Especie de planta herbácea predominante	Dióxido de carbono (tnCO <sub>2</sub> /ha)	Área de plantas herbáceas (ha)	Flujo anual de CO <sub>2</sub> capturado (tnCO <sub>2</sub> )
<b>TOTORA</b> " <i>Schoenoplectus californicus</i> "	62.06	8.21	509.51
<b>TOTORILLA</b> " <i>Scirpus rigidus</i> "	76.91	0.9	69.22
<b>GRAMA</b> " <i>Pennisetum clandestinum</i> "	22.74	0.36	8.19
<b>BERROS</b> " <i>Nasturtium officinale</i> "	17.24	0.15	2.59

**Fuente:** Elaboración propia

La tabla 6, muestra que la especie *Scirpus rigidus* tiene mayor capacidad de captura de dióxido de carbono a través de su biomasa aérea, por ende, mayor flujo anual; no obstante respecto a las áreas que conforman en el humedal, la totora tiene mayor flujo anual por ser más abundante, por ende, el total de flujo anual de dióxido de carbono capturado en el humedal Pucush Uclo a través de sus plantas herbáceas predominantes es de 589.51 tnCO<sub>2</sub>/año.

#### 4.1.Prueba de hipótesis

Ha: La captura de dióxido de carbono del humedal Pucush Uclo - Junín está determinada por la capacidad de absorción de las plantas herbáceas predominantes en el área de estudio.

Ho: La captura de dióxido de carbono del humedal Pucush Uclo - Junín no está determinada por la capacidad de absorción de las plantas herbáceas predominantes en el área de estudio.

Para la comprobación de hipótesis se realizó la prueba de normalidad considerando un nivel de significancia del 5 %, debido a que el tamaño de muestra por especie es n=4, los datos fueron analizados con la prueba estadística Shapiro - Wilk.

**Tabla 7: Prueba de normalidad**

	Especies de plantas herbáceas predominantes	Kolmogorov - Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro - Wilk		
		Estadístico	Gl	P (normal)	Estadístico	Gl	P (normal)
tnCO <sub>2</sub> /ha	Totora “ <i>Schoenoplectus californicus</i> ”	0,205	4	.	0,985	4	0,931
	Totorilla “ <i>Scirpus rigidus</i> ”	0,209	4	.	0,951	4	0,725
	Grama “ <i>Pennisetum clandestinum</i> ”	0,209	4	.	0,971	4	0,849
	Berro “ <i>Nasturtium officinale</i> ”	0,176	4	.	0,984	4	0,927

**Fuente:** Elaboración propia

La Tabla 7, refleja que las muestras tienen un valor de ( $p > 0.05$ ), por ende, los datos tienen una distribución normal, demostrando así, eficiencia en los datos obtenidos de capacidad de captura de dióxido de carbono los cuales determinarán la captura de dióxido de carbono en el humedal Pucush Uclo; por ello se acepta la hipótesis alterna.

Para determinar qué especie de planta herbácea tiene mayor capacidad de captura de dióxido de carbono, se trabajó con la prueba estadística paramétrica ANOVA (Análisis de varianza de un factor) ya que se compara las medias de varios grupos independientes.

**Tabla 8:** Prueba de medias - ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	26842,535	3	8947,512	21,904	0,000
Dentro de grupos	4901,793	12	408,483		
Total	31744,328	15			

**Fuente:** Elaboración propia

La Tabla 8, muestra que la significancia del p valor es  $< 0.05$  entonces al menos una de las medias de las especies es diferente, por ello se realizó el procedimiento *post hoc*, aplicando la prueba de medias de Tukey debido a que se realizaron comparaciones de grupos múltiples con grupos del mismo tamaño ( $n=4$ ).

**Tabla 9:** Prueba de Tukey, comparaciones múltiples

Especies de plantas herbáceas predominantes		Diferencia de medias (I-J)	Sig.
Totora "Schoenoplectus californicus"	Totorilla "Scirpus rigidus"	-15,86250	0,691
	Gramma "Pennisetum clandestinum"	59,94500*	0,006
	Berro "Nasturtium officinale"	83,13750*	0,000
Totorilla "Scirpus rigidus"	Gramma "Pennisetum clandestinum"	75,80750*	0,001
	Berro "Nasturtium officinale"	99,00000*	0,000
Gramma "Pennisetum clandestinum"	Berro "Nasturtium officinale"	23,19250	0,403

**Fuente:** Elaboración propia

La tabla 9, muestra la diferencia significativa entre las especies: a diferencia de la especie *Schoenoplectus californicus* y *Scirpus rigidus* ( $p=0.691$ ), de igual manera entre las especies *Pennisetum clandestinum* y *Nasturtium officinale* ( $p=0.403$ ).

## **4.2. Discusión de resultados**

### **4.2.1. Identificación de las especies de plantas herbáceas predominantes**

En la investigación se identificó las 18 especies de plantas herbáceas que menciona la caracterización de biodiversidad de la Ficha Técnica de Estado de Conservación del SERFOR (3), optándose por el estudio de cuatro de ellas: *Schoenoplectus californicus*, *Scirpus rigidus*, *Pennisetum clandestinum* y *Nasturtium officinale*, cuyas superficies se encuentran relativamente uniformes, debido al flujo de agua constante como los menciona Mitsch y Gosselink (54) y cuya exposición a la radiación solar es uniforme en las especies de plantas herbáceas en estudio. Así mismo, se identificaron especies similares en investigaciones realizadas en humedales andinos, tal es el caso de Chang y Mandarachi (32) en el humedal Tragadero - Junín; Medrano y otros (37) en el lago Junín; Flores (82); Maldonado y Aparicio (26) en el lago Titicaca. Cabe resaltar que la especie *Schoenoplectus californicus* tiene una mayor adaptabilidad y su desarrollo es más amplio abarcando también zonas costeras como se muestran en las investigaciones de Corvacho (28) y Ampuero (27) en el Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa; Pérez y otros (45) en los humedales de Villa María; Palomino (81) en los humedales de Puerto Viejo entre otras investigaciones.

### **4.2.2. Cobertura de las especies de plantas herbáceas predominantes**

El humedal cuenta con una cobertura vegetal de 10.39 ha, siendo la especie de planta herbácea *Schoenoplectus californicus* quien ocupa mayor área en el humedal representando el 82.52 % de cobertura vegetativa, seguida del *Scirpus rigidus* con 9.94 % y en menor proporción las especies *Pennisetum clandestinum* 2.95 % y *Nasturtium officinale* 1.5 %. Estudios previos realizados en el humedal Pucush Uclo generalizan la especie *Schoenoplectus* al total de cobertura vegetativa sin excluir el área que ocupan las otras especies (15) (14); por lo que la presente investigación a través de la interpretación visual de imagen satelital y comprobación en campo determinó las áreas correspondientes de cada especie en estudio y evitó generalizar los datos, excluyendo las áreas conformadas por las otras 14 especies de plantas herbáceas presentes y áreas afectadas por presión antrópica (quema y el relleno con material) representando las mencionadas un área de 3.09 %.

### 4.2.3. Dióxido de carbono capturado en la biomasa aérea y biomasa raíz - rizoma de las especies de plantas herbáceas predominantes

#### a. Porcentaje de carbono en la biomasa aérea y biomasa raíz- rizoma de las especies de plantas herbáceas predominantes

El porcentaje de carbono promedio de las especies de plantas herbáceas se dan en un intervalo de 22.39 % a 40.51 %. Dichos valores difieren por los propuestos por el IPCC (43 % a 58 %) citado por Pinedo (45) y Rognitz (33) ya que, según lo menciona Aldave y Aponte los valores pueden diferir por las diferentes formas de vida de las especies o el desarrollo de sus órganos (46). De acuerdo a su estructura, el porcentaje de carbono en la biomasa aérea va desde 34.76 % a 40.51 %, siendo menor en la especie *Pennisetum clandestinum* y mayor en *Scirpus rigidus*; de la biomasa raíz - rizoma el intervalo es de 22.39 % a 35.3 % siendo menor en *Pennisetum clandestinum* y mayor en *Nasturtium officinale*.

Comparando los compartimientos en cada especie inferimos que la biomasa aérea es mayor con un 50 % en todas las especies a excepción del *Pennisetum clandestinum* en la que su biomasa raíz - rizoma supera dicho porcentaje, según Albretch y Kandji citado por Pérez y otros (45), la biomasa raíz - rizoma es la que representa mayor contenido de carbono debido a que es dónde se fija y a su vez posee una menor tasa de descomposición; dicha información difiere del estudio y se puede atribuir a la limitación en el desarrollo de las especies provocada por la contaminación o presión antrópica en los alrededores del área de estudio, donde se desarrolla la especie *Pennisetum clandestinum*. Por otro lado la especie *Schoenoplectus californicus* tiene valores cercanos a la especie *Scirpus rigidus* en ambos compartimientos, siendo 39.46 % en la biomasa aérea y en referencia a otras investigaciones realizadas en el mismo lugar de estudio se reporta valores de 47.61 % en Segama (15) y 37.61 % en Ceras y Suárez (14) siendo este último el valor más cercano a nuestro estudio, así como también al valor reportado por Ampuero (27) en la misma especie desarrollada en zona de crecimiento natural de los humedales del Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa que reporta un valor de 36.36 %; respecto a la biomasa raíz- rizoma en la misma especie se obtiene un 35.18 %; Ampuero reporta un valor de 30.55 % y Pérez y otros reportan un valor de 34.44 %, ambos valores cercano a nuestro resultado en comparación con otras investigaciones cuyo valor asciende al 40 %.

**b. Contenido de carbono en la biomasa aérea y biomasa raíz- rizoma de las especies de plantas herbáceas predominantes**

El contenido de carbono promedio en las especies en estudio es 35.16 tnC/ha en la especie *Scirpus rigidus*, seguido de 30.83 tnC/ha en la especie *Schoenoplectus californicus* después, 14.48 tnC/ha en la especie *Pennisetum clandestinum* y por último 8.15 tnC/ha en la especie *Nasturtium officinale*. Los resultados muestran que la biomasa aérea tiene una mayor captura de dióxido de carbono en comparación con la biomasa raíz - rizoma a excepción de la especie *Pennisetum clandestinum* que, según Céspedes mencionado por Pérez y otros (24), se debería a que las plantas vasculares depositan los residuos en la superficie es decir, en su biomasa sobre el suelo, en comparación con las plantas de pastizales que las incorporan al suelo por medio de la biomasa raíz - rizoma; ello concuerda con las investigaciones en diversas especies donde nos muestran que el mayor contenido de carbono se encuentra en la biomasa aérea, tal es el caso de Segama (15), Flores (82), Palomino (81), Velásquez (83) y Pérez y otros (45) en sus estudios de totorales; así mismo Pérez y otros en su estudio de poáceas, especie *Cenchrus clandestinus*, da como resultado que su biomasa raíz - rizoma es mayor a su biomasa aérea (24). Dichos resultados mencionados respaldan la presente investigación.

En nuestra investigación, en relación al promedio del contenido de carbono total, la especie *Scirpus rigidus* no presenta diferencia significativa con la especie *Schoenoplectus californicus*, sin embargo, es mayor por la mínima; ello se debe a la densidad (Nº de plantas/m<sup>2</sup>), ya que la especie *Scirpus rigidus* se agrupa en matas espesas con tallos delgados con perímetro promedio de 0.28 cm, los cuáles se encuentran expuestos al Sol, siendo en la investigación un promedio de 4 848 plantas/m<sup>2</sup> a diferencia de la especie *Schoenoplectus californicus* la cual tiene una menor densidad con 321 plantas/m<sup>2</sup>, compuesta por tallos cuyo perímetro promedio es de 2.98 cm.

Por otro lado, comparando los resultados de la especie *Schoenoplectus californicus* con promedio de contenido de carbono de 30.83 tnC/ha en el humedal Pucush Uclo no muestra diferencias con los resultados presentados para la misma especie en la investigación de Velásquez, quien obtuvo 29.07 tnC/ha, Palomino 28.94 tnC/ha y Medrano y otros obtuvieron 30.65 tnC/ha; sin embargo este último solo consideró la parte aérea, por lo que comparándolo con el resultado respecto a este compartimiento en nuestro estudio presenta una gran

diferencia, esto es debido a la altura de la especie en los lugares de estudio, teniendo una altura de 1.77 m promedio en el humedal Pucush Uclo, en comparación con la investigación de Medrano y otros en el lago Junín quienes tuvieron alturas de 3 m a 4 m, claramente superior a la nuestra, así mismo, Flores (82) en su estudio de la especie *Schoenoplectus tatora* en la Reserva Nacional del Titicaca - Puno obtuvo en promedio 1.43 m de altura; obteniendo una captura de carbono de 13.55 tnC/ha valor menor a nuestra investigación; he allí la importancia de las características foliares (altura, grosor, densidad) en el resultado del contenido de carbono en las especies.

Por el contrario, Corvacho (28) y Ampuero (27) en el Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa obtuvieron contenidos de carbono total superiores a los nuestros, siendo 63.08 tnC/ha y 60.6 tnC/ha respectivamente; posiblemente la diferencia en los resultados es por el estado de conservación de ambos ecosistemas, siendo el RVSPV un ecosistema destinado a la conservación con la intervención continua del hombre mediante actividades para garantizarlo (84), en comparación con nuestra investigación en la que no se da cumplimiento de los compromisos asumidos por la autoridad local mediante ordenanza (85), siendo el ecosistema de estudio amenazado por las presiones antrópicas (turismo, ganado, quema, residuos sólidos, residuos líquidos).

Así mismo, la especie *Pennisetum clandestinum* obtuvo como resultado 14.48 tnC/ha, resultado similar al obtenido por Pérez y otros (24) en su estudio de la especie *Cenchrus clandestinus*, quien obtuvo 14.8 tnC/ha, cabe resaltar que ambas especies son pertenecientes a la familia de las poáceas.

Es importante mencionar que, la investigación estimó el almacenamiento de carbono en las plantas herbáceas que comprende la biomasa aérea y biomasa raíz - rizoma, pero existe las fuentes de almacenamiento como el componente suelo y componente acuático los cuáles no fueron parte del alcance de la investigación; por lo que sería importante la realización de estudios en dichos componentes para obtener el total de dióxido de carbono que captura el humedal Pucush Uclo en todo su ecosistema.

- c. Captura de dióxido de carbono en la biomasa aérea y biomasa raíz - rizoma de las especies de plantas herbáceas predominantes

La capacidad de captura de dióxido de carbono es mayor en la especie *Scirpus rigidus* con un resultado de 128.89 tnCO<sub>2</sub>/ha, seguida de la especie *Schoenoplectus californicus* con 113.03 tnCO<sub>2</sub>/ha, después la especie *Pennisetum*

*clandestinum* con 53.08 tnCO<sub>2</sub>/ha, por último, la especie *Nasturtium Officinale* con 29.89 tnCO<sub>2</sub>/ha.

El promedio de la captura de dióxido de carbono en las especies de la familia de las ciperáceas son 128.89 tnCO<sub>2</sub>/ha en *Scirpus rigidus* y 113.03 tnCO<sub>2</sub>/ha en *Schoenoplectus californicus*, y muestra similitud con otras investigaciones en esta familia; tal es el caso de la investigación en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla elaborado por Cieza citado por Corvacho (28), en el que se obtuvo 115.61 tnCO<sub>2</sub>/ha; Medrano y otros (37) en el lago Junín obtuvieron como resultados 135.23 tnCO<sub>2</sub>/ha; sin embargo esta última investigación no evaluó el almacenamiento de carbono en raíces por la accesibilidad al lugar de estudio; por otro lado el humedal Tragadero Junín captura 91.04 tnCO<sub>2</sub>/ha en la especie *Schoenoplectus californicus* según el estudio de Chang y Mandarachi (32); Palomino (81) en los humedales de Puerto Viejo obtuvo 106.11 tnCO<sub>2</sub>/ha y por su lado Velasquez (83) en las Albuferas de Medio Mundo - Végueta obtuvo 106.59 tnCO<sub>2</sub>/ha. Los valores obtenidos en la investigación son resultados intermedios en comparación con los resultados de otras investigaciones puesto que se obtuvo resultados mayores en las investigaciones de la RVSPV siendo en Ampuero (27) 222.4 tnCO<sub>2</sub>/ha y en Corvacho (28) 231.28 tnCO<sub>2</sub>/ha y valores menores en las investigaciones del área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla se obtuvo 73.33 tnCO<sub>2</sub>/ha en la investigación de Cuellar y Salazar citado por Corvacho (28), en los humedales de Villa María en la investigación de Pérez y otros (45) obtuvieron 84.04 tnCO<sub>2</sub>/ha, en la Reserva Nacional de Lago Titicaca la investigación de Flores (82) obtuvo 49.68 tnCO<sub>2</sub>/ha y Maldonado y Aparicio (26) obtuvo 23.08 tnCO<sub>2</sub>/ha sin embargo está última solo evaluó la biomasa aérea.

Respecto a la familia de poaceae, nuestra investigación obtuvo 53.08 tnCO<sub>2</sub>/ha a través de la especie *Pennisetum clandestinum* siendo un valor promedio en comparación con otras investigaciones como lo demuestra Pérez y otros (24) en la especie *Cenchrus clandestinus* quienes obtuvieron 30.29 tnCO<sub>2</sub>/ha, Salazar (86) en la especie *Distichlis spicata* (L) obtuvo 59.93 tnCO<sub>2</sub>/ha, Palomino (81) en la especie *Paspalum vaginatum* obtuvo 62.4 tnCO<sub>2</sub>/ha, Chang y Mandarachi (32) en la especie *Cenchrus clandestinus* obtuvieron 130.83 tnCO<sub>2</sub>/ha y Corvacho (28) en la asociación de especies (*Paspalum vaginatum*, *Sporobolus virginicus* y *Distichlis spicata*) obtuvo 176.26 tnCO<sub>2</sub>/ha.

#### 4.2.4. Flujo anual de dióxido de carbono en el humedal Pucush Uclo

El flujo de anual de dióxido de carbono está determinado por la biomasa aérea de las especies en estudio por su regeneración anual, en la investigación quien tiene mayor aporte anual de dióxido de carbono es la especie *Scirpus rigidus* con un resultado de 76.91 tnCO<sub>2</sub>/ha/año, seguida de la especie *Schoenoplectus californicus* con 62.06 tnCO<sub>2</sub>/ha/año, posteriormente, la especie *Pennisetum clandestinum* con 22.74 tnCO<sub>2</sub>/ha/año y por último la especie *Nasturtium Oficinale* con 17.24 tnCO<sub>2</sub>/ha/año.

Las especies pertenecientes a la familia de ciperáceas tienen mayor desarrollo (altura de tallos, grosor y densidad) en la biomasa aérea por ello su aporte anual es mayor en comparación con la especie *Pennisetum clandestinum* la cual se desarrolla al ras de suelo, por otro lado la especie *Nasturtium officinale* al desarrollarse sus raíces no se adhieren al sustrato sino a las de otras especies ello podría influir en su capacidad de captura.

#### 4.2.5. Captura de dióxido de carbono en el humedal Pucush Uclo

Los resultados obtenidos en la investigación muestran la importancia de las plantas herbáceas predominantes presentes en el humedal Pucush Uclo en su aporte en la mitigación del cambio climático, así como el riesgo existente que representaría su conversión en fuente de emisión debido a su degradación.

El humedal Pucush Uclo a través de las plantas herbáceas predominantes presentes en un área de 9.62 ha captura 1 067.57 tnCO<sub>2</sub>, dicho valor es menor a los resultados en la Reserva Nacional del Titicaca - Puno en la investigación de Flores (498 087 tnCO<sub>2</sub>), del Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa en la investigación de Corvacho (58 315.92 tnCO<sub>2</sub>) y Ampuero (35 694.30 tnCO<sub>2</sub>), del humedal Tragadero Junín en la investigación de Chang y Mandarachi (4 095.14 tnCO<sub>2</sub>) y en el mismo lugar de estudio Segama (2 086.87 tnCO<sub>2</sub>), Ceras y Suárez (1 995.693 tnCO<sub>2</sub>).

Las diferencias respecto a las investigaciones en el mismo lugar de estudio se deben a que se consideró la especie *Schoenoplectus* cuyo resultado es alto en comparación con las otras especies y se generalizó los resultados al total de área de vegetación, así mismo, en ambas se consideró la evaluación del depósito suelo. Respecto a las otras investigaciones la diferencia se da por el área que conforman las especies evaluadas en los lugares de estudio, así como también en la evaluación del depósito suelo y necromasa motivo por el cual se redujo la capacidad de captura de dióxido de carbono en nuestra investigación.

Es importante acotar que en caso del Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa y la Reserva Nacional del Titicaca - Puno son áreas Naturales Protegidas por el Estado Peruano destinadas a la conservación con la intervención continua del hombre mediante actividades para garantizarlo, así como el uso sostenible de los recursos bajo planes de manejo aprobados y supervisados (84); en comparación con el humedal Pucush Uclo que, al ser un área de Conservación Ambiental Municipal no cuenta con el mismo nivel de regulación, administración y gestión que las Áreas Naturales Protegidas.

## CONCLUSIONES

- Las especies predominantes identificadas en el humedal Pucush Uclo - Junín, 2023 son: *Schoenoplectus californicus*, *Scirpus rigidus*, *Pennisetum clandestinum* y *Nasturtium officinale*.
- La cobertura de las plantas herbáceas del humedal Pucush Uclo es de 10.39 ha, dentro de las cuales 9.621 ha (96.91 %) se encuentran conformadas por las especies en estudio, siendo la especie *Schoenoplectus californicus* quien ocupa mayor área con 8.21 ha (82.52 %), seguido de la especie *Scirpus rigidus* con un área de 0.90 ha (9.94 %), posteriormente la especie *Pennisetum clandestinum* quien ocupa un área de 0.36 ha (2.95 %) y por último a especie *Nasturtium officinale* con un área de 0.15 ha (1.50 %).
- Se determinó que la captura de dióxido de carbono en las especies estudiadas es mayor en la biomasa aérea en comparación con su biomasa raíz - rizoma a excepción de la especie *Pennisetum clandestinum* en la que su biomasa raíz - rizoma es mayor. Así mismo se determinó que la mayor captura de dióxido de carbono se da a través de la especie *Scirpus rigidus* con 113.03 tnCO<sub>2</sub>/ha (62.06 tnCO<sub>2</sub>/ha en su biomasa aérea y 50.97 tnCO<sub>2</sub>/ha en su biomasa raíz - rizoma) y la menor a través de la especie *Nasturtium officinale* con 29.89 tnCO<sub>2</sub>/ha (17.24 tnCO<sub>2</sub>/ha en su biomasa aérea y 12.65 tnCO<sub>2</sub>/ha en su biomasa raíz - rizoma).
- Para determinar la captura de dióxido de carbono anual se considera la biomasa aérea por su regeneración anual; siendo la especie *Scirpus rigidus* quien presenta un mayor flujo anual con 62.06 tnCO<sub>2</sub>/ha y menor en la especie *Nasturtium officinale* con 17.24 tnCO<sub>2</sub>/ha; el total de flujo anual de dióxido de carbono capturado en el humedal Pucush Uclo a través de sus plantas herbáceas predominantes es de 589.51 tnCO<sub>2</sub>/año.
- La capacidad de captura de dióxido de carbono por las especies de plantas predominantes en un área de 9.62 ha es de 1 067,57 tnCO<sub>2</sub>, por esta razón, se debe conservar para contribuir en la lucha contra el cambio climático.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda el estudio de los depósitos de carbono en el componente suelo y acuático para obtener la información del total de dióxido de carbono capturado que representa el área del humedal Pucush Uclo como contribución en la mitigación del calentamiento global, así mismo se recomienda realizar el estudio de balance de gases de efecto invernadero del humedal Pucush Uclo, ello respecto a la emisión de metano. Así mismo se recomienda realizar estudios periódicos para evaluar si el humedal es un sumidero de carbono o fuente de emisión de dióxido de carbono.
- Se recomienda la conservación de las especies del humedal Pucush Uclo, principalmente de la especie *Scirpus rigidus* pues esta captura mayor dióxido de carbono y al ser una especie que se desarrolla en los bordes en zonas con menor inundación se ve expuesta a las presiones antrópicas, por ello se sugiere concientizar a la población aledaña de manera continua para evitar los incendios forestales de plantas herbáceas, evitar la expansión de la frontera urbana y agrícola en las áreas de cobertura vegetal del humedal, fortalecer el turismo sostenible y responsable, así como la participación activa de la Municipalidad Provincial de Chupaca en temas de residuos sólidos municipales y residuos sólidos de construcción y demolición y fortalecer la incidencia en la gestión de esta Área de Conservación Ambiental Municipal.
- Se recomienda que, para la toma de muestras se realice en cuadrantes menores al metro cuadrado con el objetivo de disminuir errores en los resultados, así como en la depredación de las especies en estudio, porque que en los análisis de laboratorio no se requiere la biomasa total extraída del área de muestreo; así mismo si se trabajase con ello se deberá tener mayor cuidado en la interpolación de los datos al metro cuadrado.
- Finalmente, recomendamos que el análisis de porcentaje de materia seca y porcentaje de carbono se realice en laboratorios acreditados para evitar errores y el trabajo de investigación se desarrolle sin inconvenientes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **IPCC.** RESUMEN PARA RESPONSABLE DE POLITICAS. EN: EL CAMBIO CLIMATICO Y LA TIERRA- . 2019. ISBN: 978-92-9169-354-2.
2. **Secretaría de la Convención de Ramsar.** *Perspectiva mundial sobre los humedales: Estado de los humedales del mundo y de los servicios que prestan a las personas.* Convención de Ramsar sobre los humedales. Gland - Suiza : s.n., 2018.
3. **SERFOR- GOBIERNO REGIONAL DE JUNÍN.** Ficha Técnica de Estado de Conservación. *Humedal Andino- Pucush Uclo.* Huancayo : s.n., 2021. págs. 1-20.
4. **El Peruano.** Diario Oficial del Bicentenario- El Peruano. [En línea] 14 de Julio de 2021. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1972321-1>.
5. **IPCC.** *Cambio Climático 2007 - Informe de Síntesis.* Ginebra : s.n., 2007. pág. 114, Informe de Síntesis. ISBN 92-9169-322-7.
6. **IPCC-GT I.** Technical Summary. In Climate Change 2021. 2020.
7. **IPCC.** RESUMEN PARA RESPONSABLES DE POLITICAS.EN: CALENTAMIENTO GLOBAL DE 1.5°C. 2018. ISBN:978-92-9169-351-1.
8. **FIJACIÓN DE CARBONO EN HUMEDALES ALTOANDINOS DEL ECUADOR. Suárez Duque, David, y otros.** 2, Lima : s.n., Junio- Diciembre de 2016, Ecología Aplicada, Vol. 15, págs. 171-177.
9. **Secretaría de la Convención de Ramsar.** Introducción a la Convención sobre los Humedales. Gland, Suiza : s.n., 2016. pág. 118.
10. **Ministerio del Ambiente.** *Informe nacional sobre el estado del ambiente 2014 - 2019.* Lima. 2021.
11. **Convención de Ramsar.** Perú. [En línea] 2021. <https://www.ramsar.org/es/humedal/peru>.
12. **Gobierno Regional Junín.** Dos de los humedales más importantes del Perú se encuentran en la Región Junín. Huancayo : s.n., 21 de Noviembre de 2020.
13. **RAMSAR.** Resolución VIII.39 - Los Humedales altoandinos como ecosistemas estratégicos. Valecia, España : s.n., 2002.
14. **Ceras Calderón, María Mercedes y Suárez Yaurivilca, Jackelin .** Estimación del servicio ambiental de la captura de CO2 en totorales del humedal Pucush Uclo, Chupaca-Junín2021. Lima : s.n., 2021. págs. 1-89.
15. **Segama Sedano, Alberto.** Estimación de la captura de carbono del *Schoenoplectus californicus* (C.A.Mey.) Sojak. bajo dos niveles en su estructura vegetal en el humedal Pucush Uclo.Chupaca-Junín. Huancayo : s.n., 2020. págs. 1-104.
16. **CMNUCC.** Acuerdo de París. París : s.n., 2015.

17. **Rügnitz Tito, Marcos, Chacón León, Marcos y Porro, Roberto.** Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. 1 Lima, Perú : Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF), 2009.  
[http://www.aecidcf.org.co/Ponencias/2016/septiembre/MI120916-1/Ref.7.Guia\\_Carbono.pdf](http://www.aecidcf.org.co/Ponencias/2016/septiembre/MI120916-1/Ref.7.Guia_Carbono.pdf). 978-92-9059-254-9.
18. **Facultad de Ciencias Agrarias- Universidad Nacional del Nordeste.** *Botánica Morfológica*. Corrientes : s.n., 2019.
19. **Howard, Jennifer, y otros.** Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal. [En línea] 2018.  
<https://www.thebluecarboninitiative.org/manual-espanol>.
20. **Cisneros de la Cruz, Diana J., y otros.** Manual para la Medición, Monitoreo y Reporte del Carbono y Gases de Efecto Invernadero en Manglares en restauración. [En línea] 2021.  
[https://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/Reports/Manual-SWAMP-sp.pdf](https://www.cifor.org/publications/pdf_files/Reports/Manual-SWAMP-sp.pdf). ISBN: 000-000-00000-0-00.
21. **IPCC.** Informe especial del IPCC: La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono. 2005. ISBN 92-9169-319-7.
22. **Freire Mallea, Kerlly Isamar.** Determinación de carbono azul en manglares ubicados junto a la ciudadela Las Garzas Cantón Guayaquil provincia del Guayas. Guayaquil, Ecuador : s.n., Abril de 2022. págs. 1-82.
23. *Biomasa y carbono almacenado en el humedal continental en Cuitzeo, Michoacán, México.* **Paredes García, Sally S., y otros.** 2, marzo-abril de 2021, Tecnología y Ciencias del Agua, Vol. 12.
24. *Reservas de carbono del pasto *Cenchrus clandestinus* (Poaceae) en los sistemas de manejo tradicional y silvopastoril, en diferentes relieves.* **Pérez Atehortúa, Maritza, y otros.** 4, Medellín : s.n., 2019, Revista de Biología Tropical, Vol. 67, págs. 769-783. ISSN 0034-7744.
25. **Lozano Rodríguez, Patricio Xavier.** Valoración económica del carbono capturado en el suelo de los bofedales de la reserva de producción de fauna Chimborazo. Riobamba : s.n., 2017.
26. *El cuidado de los humedales y su rol en el secuestro de carbono.* **Arellano, Eduardo, y otros.** 47, s.l. : Agronomía y Forestal UC, 2013, págs. 22-27.
27. *Estimación del almacenamiento de carbono en la biomasa de macrófitas en la Bahía interior de Puno-Lago Titicaca.* **Maldonado Jiménez, Ingrid y Aparicio Saavedra, Martha Elizabeth.** [ed.] e2848. 2, Puno : s.n., 2021, Ecosistemas y recursos agropecuarios, Vol. 8, págs. 1-10.

28. **Ampuero Reyes, Wendy.** 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 (Lima-Perú). Lima : s.n., 2018. págs. 1-88.
29. **Corvacho Cárdenas, María Fernanda.** Estimación de carbono almacenado en los totorales y gramadales del Refugio de Vida Silvestre los Pantanos de Villa-Lima-Perú. Lima, Perú : s.n., 2020. págs. 1-100.
30. **Sequeiros Abarca, Diego Abel.** Evaluación del servicio ambiental de captura de carbono de los bofedales del centro poblado Alto Perú-Tacna. Tacna, Perú : s.n., 2020. págs. 1-104.
31. **Barra Lima, Midward Rene.** Captura de carbono por la vegetación en el bofedal de La Moya, en el distrito de Melgar-Ayaviri, 2019. 2019. págs. 1-71.
32. **Mita Aquino, Miguel Angel.** Evaluación de la captura de carbono en los bofedales de la alguna de Conococha en base a la especie de flora predominante del área de estudio-provincia de Recuay-departamento de Ancash-2018. Huaraz, Ancash, Perú : s.n., Diciembre de 2019. págs. 1-122.
33. **Chang Ocaña, Claveli y Mandarachi Misari, Liduvina Maria.** Estimación de la captura de carbono en las especies predominantes del humedal Tragadero- Junín. Lima, Perú : s.n., 2021. págs. 1-95.
34. **MINAM.** *SEGUNDA COMUNICACIÓN NACIONAL DEL PERÚ A LA CMNUCC: Identificación de metodologías existentes para determinar stock de carbono en ecosistemas forestales.* Lima : s.n., 2009. <https://docplayer.es/4787195-Segunda-comunicacion-nacional-del-peru-a-la-cmnucc.html>.
35. **Pensantes Pinedo, Rosabel Pia.** Capacidad de almacenamiento de carbono de las praderas altoandinas bajo tres sistemas de uso de la tierra en la subcuenca Shullcas Junín. Huancayo, Junín, Perú : s.n., 2019. págs. 1-84.
36. **Quispe Mayta, Ruben Willeam.** ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN PASTIZALES NATURALES CON Y SIN PRÁCTICA DE RESTAURACIÓN DEL PARAJE LOMO LARGO- JUNÍN. Huancayo : s.n., 2017.
37. *Almacenamiento de carbono en especies predominantes de la flora en el lago Chinchaycocha.* **Medrano Yanqui, Ronald, Chupan Minaya, Liz y Vila Balbín, Miguel.** 2012, Apunte Científico Social.
38. **CMNUCC.** Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Rio de Janeiro, Brasil : s.n., 1992.
39. **IPCC.** *Cambio Climático 2014- Informe de síntesis.* Ginebra : s.n., 2014. pág. 157. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

40. **CMNUCC.** Informe de Conferencia de las Partes sobre su 26° período de sesiones . *Segunda parte Medidas adoptadas por la Conferencia de las Partes en su 26° período de sesiones* . Glasgow : s.n., 2021.
41. **OMM- Organización Meteorológica Mundial.** BOLETÍN DE LA OMM SOBRE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO. Ginebra : s.n., 26 de Octubre de 2022. 18. ISSN 2078-0796.
42. **Moreno Casasola, Patricia y Warner, Barry G.** *Breviario para describir, observar y manejar humedales.* [ed.] Serie Costa Sustentable. Xalapa, Veracruz : s.n., 2009. págs. 145-167. Vol. 1, [http://www1.inecol.edu.mx/inecol/libros/Breviario\\_Humedales.pdf](http://www1.inecol.edu.mx/inecol/libros/Breviario_Humedales.pdf). ISBN 978-607-7579-12-0.
43. *Concepto de materia seca y su uso: guía práctica - Informativo N° 119.* **Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) - Chile.** 2020.
44. **Echarri, Luis.** Ciencias de la tierra y del medio ambiente. *Universidad de Salamanca - Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua.* [En línea] [https://cidta.usal.es/contamin\\_agua/www1/www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/04Ecosis/110ProPri.htm](https://cidta.usal.es/contamin_agua/www1/www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/04Ecosis/110ProPri.htm).
45. *Cuantificación de la captura de CO2 por la flora nativa de totora en un humedal costero de Perú.* **Pérez Pinedo, H, y otros.** s.l. : Energeia, 2015, Vol. 13. ISSN 1668-1622.
46. *Estudio comparativo del porcentaje de carbono entre especies de flora vascular de los Pantanos de Villa (Lima-Perú).* **Aldave, Telassim y Aponte, Héctor.** 2, Trujillo : s.n., mayo-agosto de 2019, Arnaldoa, Vol. 26. ISSN 1815-8242.
47. **Alvis Ccoropuna, Tania.** ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LOS HUMEDALES ALTOANDINOS DEL CENTRO POBLADO CHALHUANCA, CAYLLOMA – AREQUIPA, 2017. Arequipa : s.n., 2018.
48. *Manual para la creación de Proyectos de Carbono en Europa y el Mediterráneo.* **UICN.** s.l. : Otero, M. (Ed), 2021, pág. 144.
49. *Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelos.* **Eyherabide, Mercedes, y otros.** 01, Mar de Plata : Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, 2014, Vol. 32, págs. 13-19.
50. **FAO.** Procedimiento operativo estándar para el análisis de carbono orgánico del suelo Walkley-Black Métodos de titulación y colorimétrico. [En línea] 2021. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/CA7471ES>.
51. **RAMSAR.** Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. [En línea] 2 de Febrero de 1971. [https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current\\_convention\\_s.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_s.pdf).

52. **MINAM.** ANEXO del Decreto Supremo N° 004-2015-MINAM. *Estrategia Nacional de Humedales*. Lima, Perú : s.n., 24 de 01 de 2015. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/01/Anexo-Decreto-Supremo-N%C2%B0-004-2015-MINAM2.pdf>.
53. —. SINIA- DECRETO SUPREMO, N° 006-2021-MINAM. *DECRETO SUPREMO, N° 006-2021-MINAM*. [En línea] 06 de 05 de 2021. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1868133/D.S.%20006-2021-MINAM.pdf.pdf?v=1620324777>.
54. **Mitsch, William J. y Gosselink, James G.** *Wetlands*. Quinta. s.l. : WILEY, 2015. págs. 1-747. ISBN 978-1-118-67682-0.
55. *Suelos de Humedales como Sumideros de Carbono y Fuentes de Metano*. **Hernández, María Elizabeth**. 2, Chapingo : s.n., abril-junio de 2010, TERRA LATINOAMERICANA, Vol. 28, págs. 139-147.
56. **Martínez Castillo, José Antonio y Peña Peinado, Wilder.** Laguna de Pucush Uclo como recurso potencial para el desarrollo del ecoturismo en el Distrito de San Juan de Iscos. San Juan de Iscos, Chupaca, Perú : s.n., 2010. págs. 63-100.
57. **Díaz Espinosa, Adriana M., Díaz Triana, Julián E. y Vargas Ríos, Orlando.** CATÁLOGO DE PLANTAS INVASORAS DE LOS HUMEDALES DE BOGOTÁ. [En línea] 2012. [https://oab.ambientebogota.gov.co/wp-content/uploads/dlm\\_uploads/2018/11/CatlogodeplantasInvasorasdelosHumedalesdebogota.pdf](https://oab.ambientebogota.gov.co/wp-content/uploads/dlm_uploads/2018/11/CatlogodeplantasInvasorasdelosHumedalesdebogota.pdf).
58. **Reynel, Carlos.** GUÍA DE IDENTIFICACIÓN DE LAS PLANTAS COMUNES DEL DERECHO DE VÍA DEL DUCTO DE PERÚ LNG. [En línea] Junio de 2012. [https://doc-0g-4g-prod-00-apps-viewer.googleusercontent.com/viewer2/prod-00/pdf/puh0vduudtlo2knltfqvb2b6rf83v2c6/r0aoq8fcekqq44lsnuoql4m8bsatb0s5/1696372050000/3/112378740560908523526/APznzaZj6dRJx5O6\\_VmJyfhfdD1aM7adG0ufH7caxlhdO-VHc1eYmyTW82ga18eSbDQuEzQ](https://doc-0g-4g-prod-00-apps-viewer.googleusercontent.com/viewer2/prod-00/pdf/puh0vduudtlo2knltfqvb2b6rf83v2c6/r0aoq8fcekqq44lsnuoql4m8bsatb0s5/1696372050000/3/112378740560908523526/APznzaZj6dRJx5O6_VmJyfhfdD1aM7adG0ufH7caxlhdO-VHc1eYmyTW82ga18eSbDQuEzQ).
59. *La especie Pennisetum clandestinum en la restauración ecológica*. **Camacho Ballesteros, Shirley Eliana**. 14, 2018, Amazonía investiga, Vol. VII.
60. **Perdomo Roldán, Francisco, Mondragón Pichardo, Juana y Vibrans, Heike.** Malezas de México, Ficha Pennisetum clandestinum Hochst. ex Chiov. [En línea] 23 de Agosto de 2009. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/pennisetum-clandestinum/fichas/ficha.htm>.
61. **Medellín Muñoz, Miguel Felipe.** CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DEL BERRO (Nasturtium officinale R. Br.) Y RESPUESTA A DIFERENTES SOLUCIONES NUTRITIVAS EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO. Morelos, Cuernavaca, México : s.n., Noviembre de 2021. pág. 132.

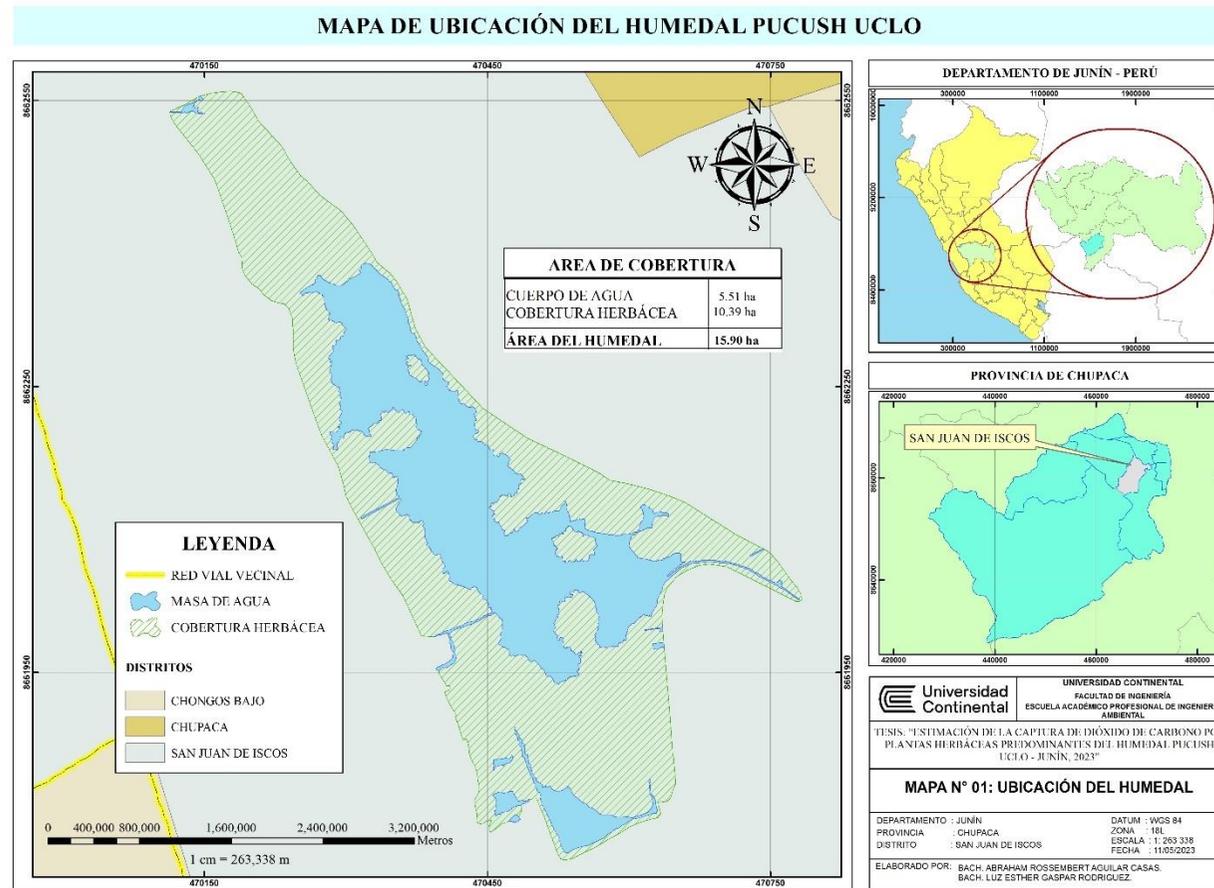
- <http://riaa.uaem.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/2002/MEMMXG00T.pdf?sequence=1>.
62. **Perdomo Roldán, Francisco, y otros.** Malezas de México, Ficha Rorippa nasturtium-aquaticum(L.) Schinz & Thell. [En línea] 16 de Julio de 2009. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/brassicaceae/rorippa-nasturtium-aquaticum/fichas/ficha.htm>.
  63. **Departamento de Botánica, Instituto de Biología (IBUNAM).** Portal de Datos Abiertos UNAM. *Portal de Datos Abiertos UNAM*. [En línea] [Citado el: 21 de 09 de 2023.] <http://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:1175896>.
  64. **Messetta, Maria Laura, y otros.** *Plantas acuáticas de arroyos pampeanos: una guía de campo: revalorizando*. 1°. 2023. ISBN 978-987-45558-3-0.
  65. **Lot, Antonio, y otros.** *Guía ilustrada de campo: plantas indicadoras de humedales*. Primera. 2015. ISBN 978-607-02-0000-0.
  66. **PELT.** Evaluación de la Totora en el Perú- Estudio 21.02. Proyecto Conservación de la Biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca- Desaguadero- Poopo-Salar de Coipasa (TDPS). Puno, Perú : s.n., 2000. pág. 78.
  67. **PELT /ADELSU.** Técnicas de Reimplante de Totora. *Proyecto 21.03*. 2001. pág. 51.
  68. **Cusquillo Quispillo, Nixon Marcelo.** “ELABORACIÓN DE BLOQUES NUTRICIONALES A BASE DE HARINA DE Scirpus rigidus (TOTORILLA) PARA LA ALIMENTACIÓN DE CUYES EN CRECIMIENTO Y ENGORDE”. Riobamba, Ecuador : s.n., 2020.
  69. **INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA - INIA.** *Manejo y utilización de praderas naturales en la zona altoandina*. Primera. Lima : s.n., 2013.
  70. **Ramos De La Riva, Victor.** *Manejo y Mejoramiento de Pasturas Naturales Altoandinas*. Segunda. La Paz : s.n., 2011.
  71. **de Rezende Lopes Frondizi, Isaura Maria.** El Mecanismo de desarrollo limpio: Guía de orientación. [trad.] Carlos Vergara. Rio de Janeiro, Brasil : Imperial Novo Milénio Gráfica e Editora Ltda, 2009.
  72. **Cooperación Técnica Alemana - GTZ. Grupo de Trabajo Biodiversidad.** Áreas de conservación municipal: una oportunidad para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo local. Reflexiones desde América Latina y el Caribe. 2010.
  73. **Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR.** Ley Forestal y de Fauna Silvestre N°29763 y sus reglamentos. Segunda 2015.
  74. **SINIA.** Ley General del Ambiente N° 28611. [En línea] 2009. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-ambiente-0>.
  75. **Sarmiento Rodriguez, Fausto O.** Diccionario de Ecología: Paisajes, Conservación y Desarrollo Sustentable para América Latina. s.l. : Abya Yala, 2003. pág. 514.

76. **G. Arias, Fidias.** El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. 7° Caracas, Venezuela : Ediciones El Pasillo 2011, C.A., 2016. ISBN: 980-07-8529-9.
77. **Oseida Gago, Dulio, y otros.** *Teoría y práctica de la Investigación Científica - Primera Edición.* Primera. Huancayo : Soluciones Gráficas S.A.C., 2019. ISBN: 978-612-48130-1-6.
78. **MARTÍNEZ RUIZ, Héctor.** *Metodología de la investigación.* Mexico, D F : Cengage Learning Editores, S.A. , 2012. ISBN 13: 978-607-481-766-9.
79. **Hernández Sampieri , Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar.** METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. Sexta México D.F., México : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A DE C.V., 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
80. **BOLFOR, Mostacedo, Bonifacio y Fredericksen, Todd.** *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal.* Santa Cruz : El País, 2000.
81. **PALOMINO CONTRERAS, DIANA.** Estimación del servicio ambiental de captura del CO2 en la flora de Los Humedales de Puerto Viejo. Lima : s.n., 2007.
82. **Flores Aroni, Mario.** "Estimación del servicio ambiental de captura de CO2 en totorales de la Reserva Nacional del Titicaca- Puno (Perú)". Rosario, Argentina : s.n., 2016. págs. 1-123.
83. **Velasquez Escobedo, Jorge Victor.** Captura y almacenamiento de carbono relacionado con la totora "Schoenoplectus californicus" del área de Conservación Regional Albuferas de Medio Mundo- Végueta 2017. 2019.
84. **Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado- SINANPE.** Página oficial del Estado Peruano- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. [En línea] 2023. <https://www.gob.pe/institucion/sernanp/campa%C3%B1as/4340-sistema-nacional-de-areas-naturales-protegidas-por-el-estado>.
85. **Carhuamaca Cáceres, Sussy Johanna y Ramos Tovar , Lizbet Keendy.** Regulación Administrativa para la Conservación del Área de Conservación Ambiental Municipal: "Humedal de Pucush Uclo"- Chupaca 2019. Huancayo : s.n., 2020.
86. **Salazar Navarro, Karol.** Captura de carbono azul mediante la grama salada (*Distichlis spicata* (L.) Greene) en el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa. Villa El Salvador : s.n., 2019.

# **ANEXOS**

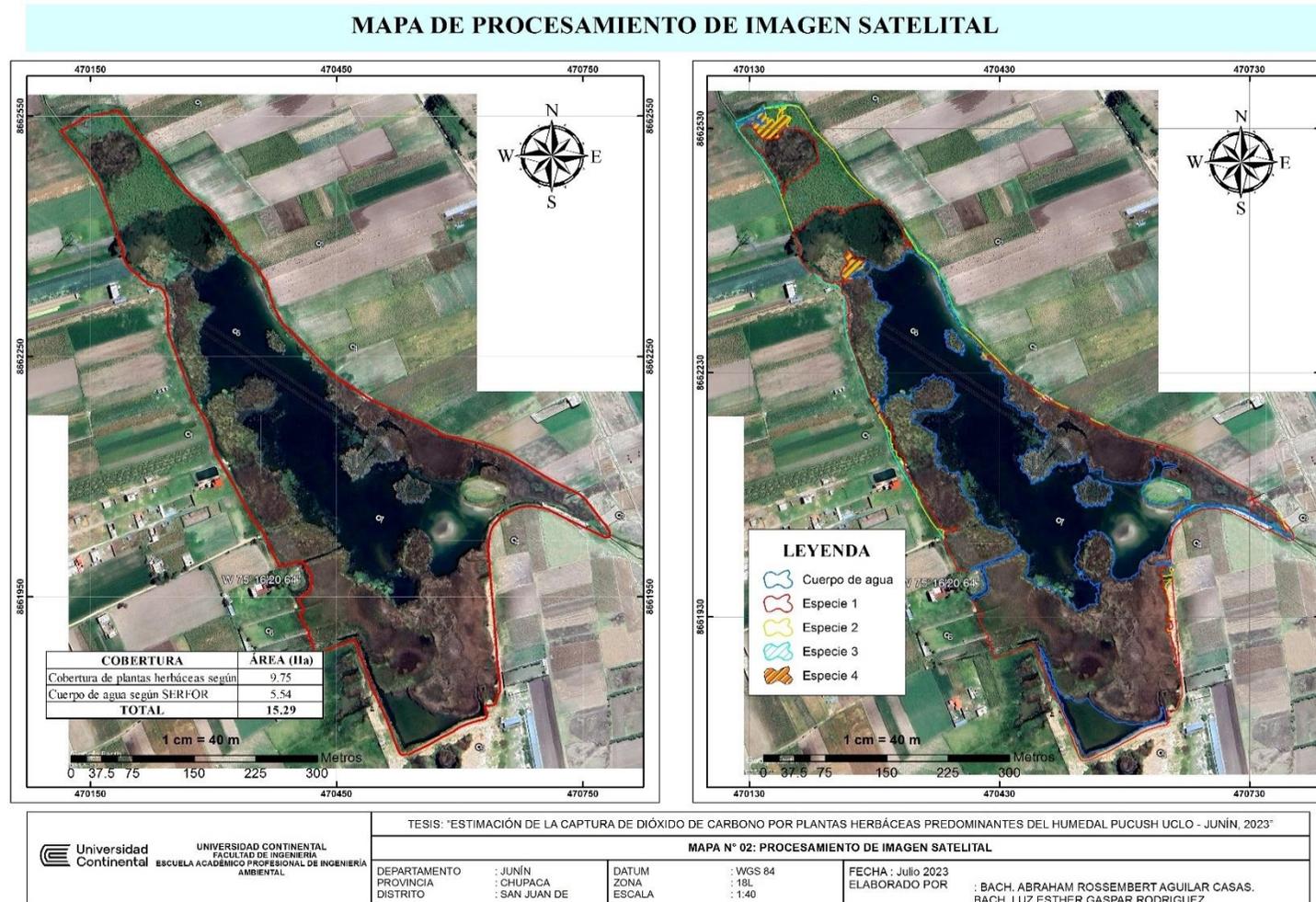
## ANEXO 1: Mapas

### Anexo 1.1. Mapa de ubicación del humedal Pucush Uclo



Fuente: *Elaboración propia*

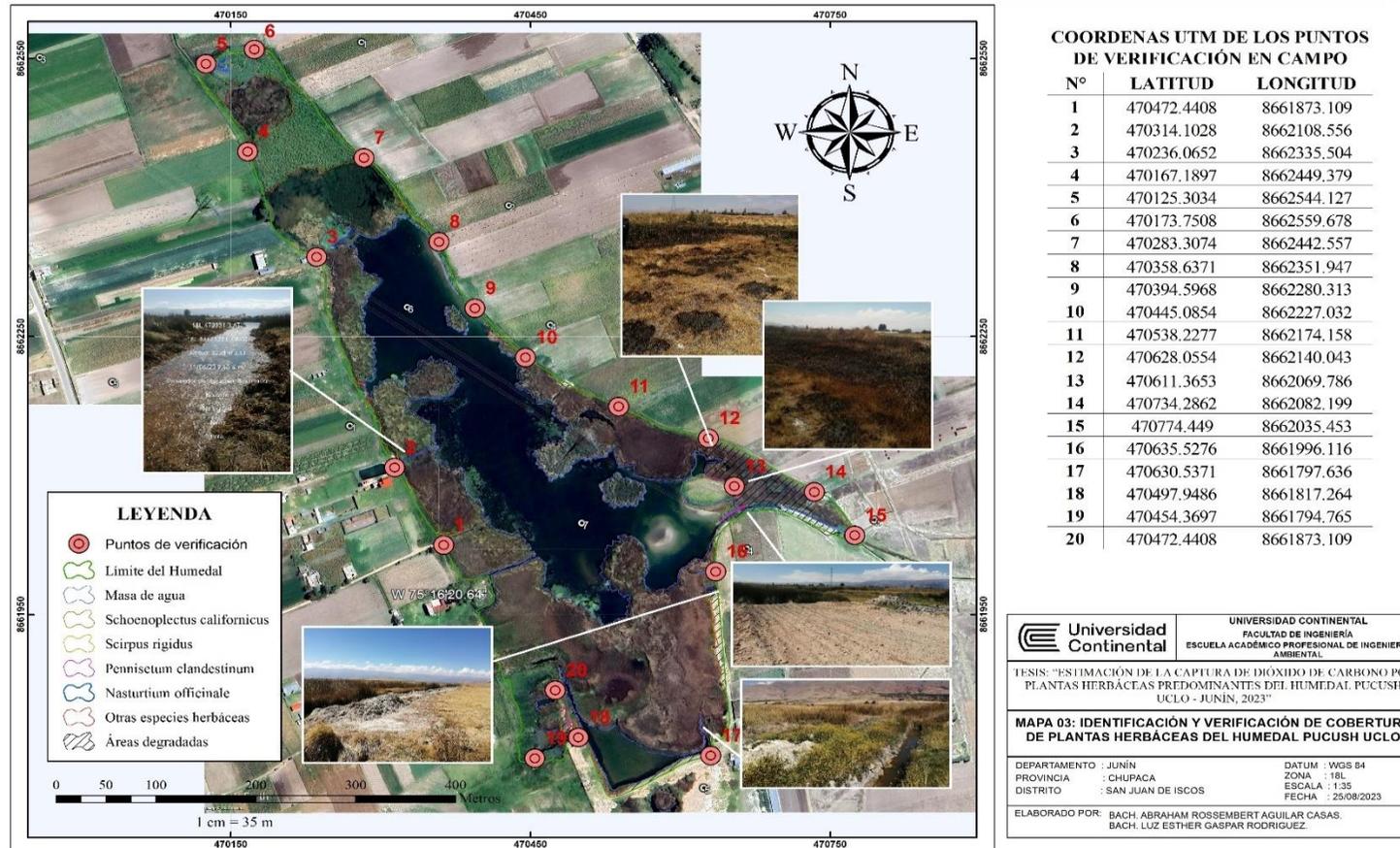
Anexo 1.2. Mapa de procesamiento de imagen satelital- Etapa de pre- campo



Fuente: *Elaboración propia*

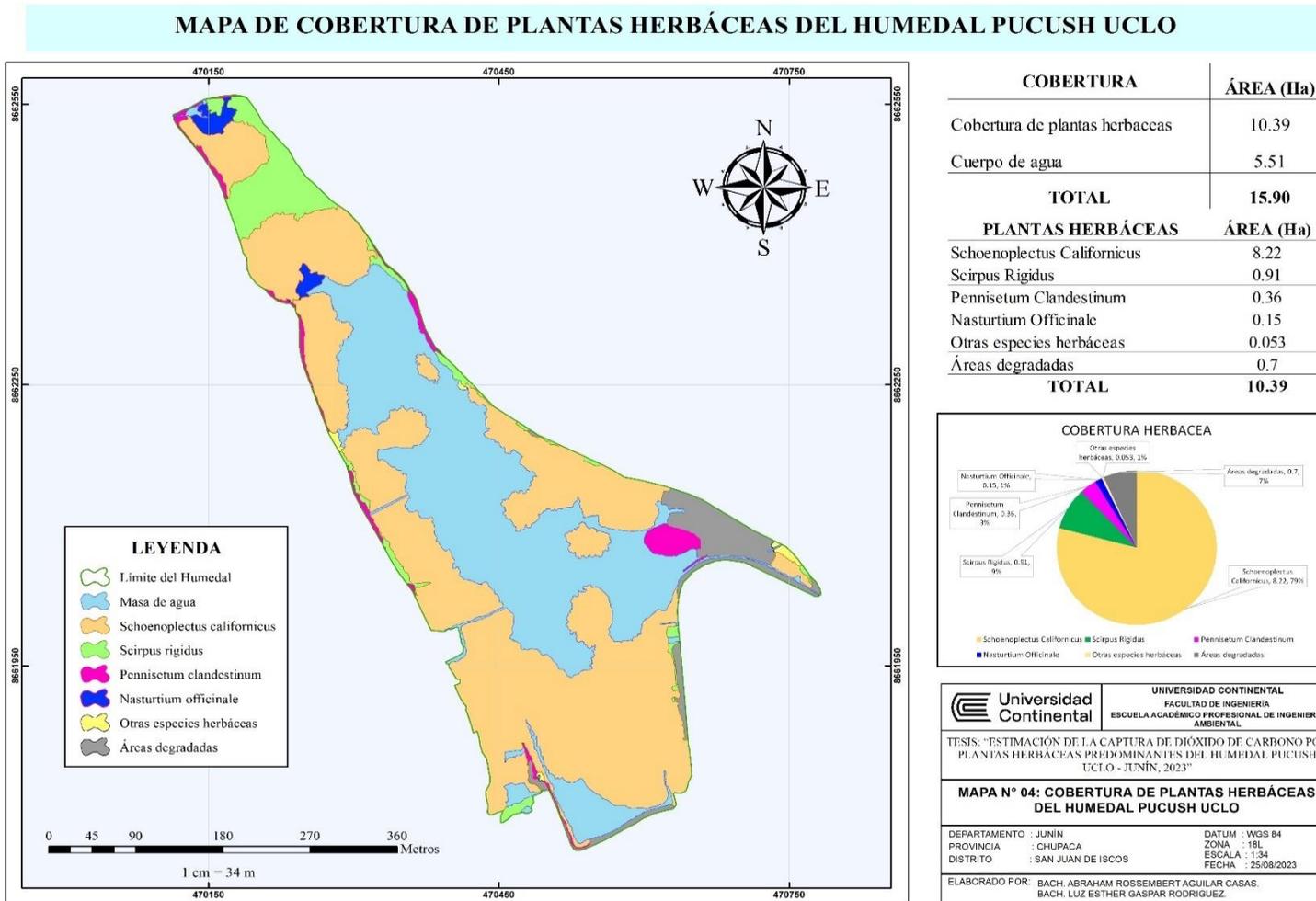
Anexo 1.3. Mapa de identificación y verificación de cobertura de plantas herbáceas del humedal Pucush Uclo

MAPA DE IDENTIFICACIÓN Y VERIFICACIÓN DE COBERTURA DE PLANTAS HERBÁCEAS DEL HUMEDAL PUCUSH UCLO



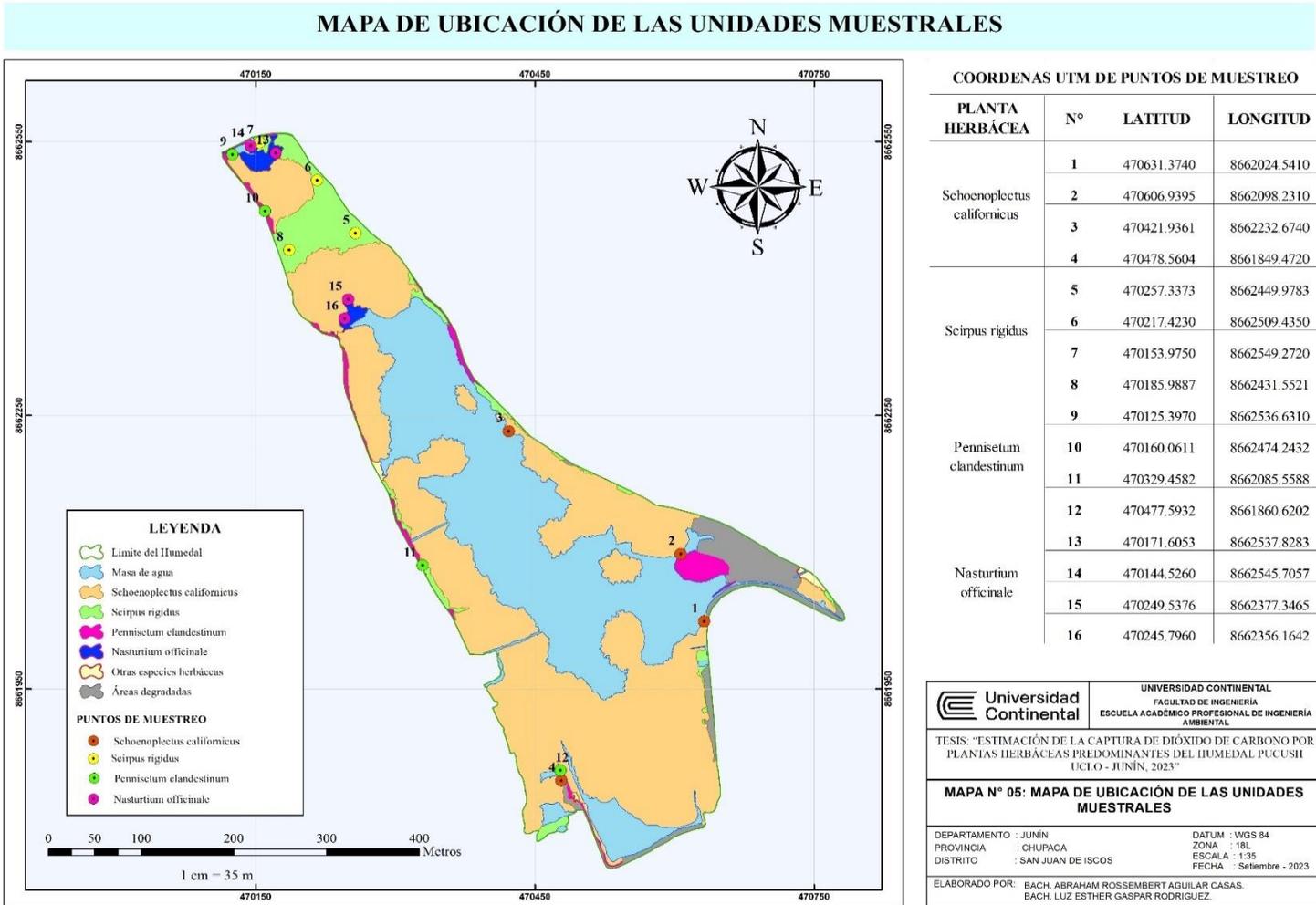
Fuente: *Elaboración propia*

Anexo 1.4. Mapa de cobertura de plantas herbáceas del humedal Pucush Uclo



Fuente: *Elaboración propia*

Anexo 1.5. Mapa de unidades muestrales



Fuente: *Elaboración propia*

**ANEXO 2: Solicitud de permiso presentada para el desarrollo de la investigación**

**SOLICITO:** Acceso al humedal "Pucush Uelo"

Señor:

**Irineo F. Balbín Jiménez.**

CUSTODIO AMBIENTAL DEL HUMEDAL "PUCUSH UCLO"

Yo: **LUZ ESTHER GASPAS RODRIGUEZ**, identificada con DNI 76632651 con domicilio en Psj. Girasoles – El Tambo, estudiante de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Continental.

Yo: **ABRAHAM ROSSEMBERT AGUILAR CASAS**, identificado con DNI 73345883 con domicilio en Jr. Grau S/N - Pilcomayo, estudiante de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Continental.

Es grato dirigimos a Usted, para saludarlo cordialmente y solicitar el acceso a la laguna "Pucush Uelo" en los meses de agosto y setiembre del presente año para la recolección de datos y muestras representativas con la finalidad de cumplir con los objetivos planteados en el proyecto de investigación titulado "ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE DIÓXIDO DE CARBONO POR PLANTAS HERBÁCEAS PREDOMINANTES DEL HUMEDAL PUCUSH UCLO - JUNÍN, 2023" para la obtención del título profesional de Ingeniería Ambiental.

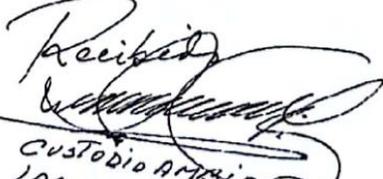
Por lo tanto, Pedimos a Ud. acceda a nuestra solicitud por ser de justicia.

Huancayo, 11 de agosto del 2023

  
Aguilar Casas Abraham Rossembert  
DNI: 73345883

  
Luz Esther Gaspar Rodriguez  
DNI: 76632651

*En la fecha he recibido la solicitud de los estudiantes mencionados del cual autorizo en calidad de custodio ambiental de la laguna Pucush Uelo.*

*Recibido*  
  
CUSTODIO AMBIENTAL  
LAGUNA PUCUSH UCLO  
11.08.2023

**ANEXO 3: Registro de salida a campo**

**Anexo 3.1. Ficha de datos de biomasa aérea de los puntos de muestreo**

FICHA DE DATOS DE BIOMASA AÉREA DE LAS PLANTAS HERBÁCEAS EN ESTUDIO DEL HUMEDAL PUCUSH UCLO				
<b>PROYECTO:</b>		"ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE DIÓXIDO DE CARBONO POR PLANTAS HERBÁCEAS PREDOMINANTES DEL HUMEDAL PUCUSH UCLO - JUNÍN, 2023"		
<b>ÁREA DE ESTUDIO:</b>		HUMEDAL PUCUSH UCLO	<b>PÁGINA:</b>	1 DE 2
<b>DEPARTAMENTO / PROVINCIA / DISTRITO:</b>		JUNÍN/ CHUPACA /SAN JUAN DE ISCOS	<b>FECHA :</b>	30-31 /AGOSTO / 2023
<b>COMPONENTE MUESTREADO:</b>		FOLIAR	<b>ÁREA DE MUESTREO:</b>	0.09 m2 BIOMASA AÉREA
<b>RESPONSABLES DE MUESTREO:</b>		• AGUILAR CASAS ABRAHAM ROSSEMBERT • GASPAR RODRIGUEZ LUZ ESTHER		
N°	CÓDIGO DE MUESTRA	PESO FRESCO (kg/0.09 m <sup>2</sup> )	PESO FRESCO SUBMUESTRA (kg)	OBSERVACIONES
1	TOA1	1.48	0.500	
2	TOA2	1.95	0.500	
3	TOA3	1.32	0.500	
4	TOA4	1.78	0.500	
5	TIA5	1.23	0.500	
6	TIA6	1.65	0.500	
7	TIA7	1.50	0.500	
8	TIA8	1.44	0.500	
9	GRA9	0.46	0.460	
10	GRA10	0.34	0.340	
11	GRA11	0.36	0.360	
12	GRA12	0.52	0.500	
13	BEA13	1.02	0.500	
14	BEA14	1.32	0.500	
15	BEA15	1.14	0.500	
16	BEA16	1.09	0.500	
17	BEA17	—	0.500	DUPLICADO DE MUESTRA BEA 15

Anexo 3.2. Ficha de datos de biomasa raíz rizoma de los puntos de muestreo

FICHA DE DATOS DE BIOMASA RAÍZ- RIZOMA DE LAS PLANTAS HERBÁCEAS EN ESTUDIO DEL HUMEDAL PUCUSH UCLO				
PROYECTO:		"ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE DIÓXIDO DE CARBONO POR PLANTAS HERBÁCEAS PREDOMINANTES DEL HUMEDAL PUCUSH UCLO - JUNÍN, 2023"		
DEPARTAMENTO / PROVINCIA/ DISTRITO:		JUNÍN/ CHUPACA /SAN JUAN DE ISCOS	PÁGINA:	2 DE 2
ÁREA DE ESTUDIO:		HUMEDAL PUCUSH UCLO	FECHA:	20-31 /AGOSTO / 2023
COMPONENTE MUESTREADO:		ÁREA DE MUESTREO:		0,04 m2 BIOMASA RAÍZ-RIZOMA
RESPONSABLES DE MUESTREO:				
RESPONSABLES DE MUESTREO:		<ul style="list-style-type: none"> <li>• AGUILAR CASAS ABRAHAM ROSSEMBERT</li> <li>• GASPAR RODRIGUEZ LUZ ESTHER</li> </ul>		
Nº	CÓDIGO DE MUESTRA	PESO FRESCO (kg/0,04 m2)	PESO FRESCO SUBMUESTRA (kg)	OBSERVACIONES
18	TOR1	1.02	0.500	
19	TOR2	1.16	0.500	
20	TOR3	0.85	0.500	
21	TOR4	1.08	0.500	
22	TIR5	1.20	0.500	
23	TIR6	1.06	0.500	
24	TIR7	1.17	0.500	
25	TIR8	0.91	0.500	
26	GRR9	0.36	0.360	
27	GRR10	0.48	0.480	
28	GRR11	0.28	0.280	
29	GRR12	0.52	0.500	
30	BER13	0.24	0.240	
31	BER14	0.30	0.300	
32	BER15	0.42	0.420	
33	BER16	0.41	0.410	

Anexo 3.3. Ficha de caracterización de los puntos de muestreo

CARACTERIZACION DE LAS MUESTRAS DE PLANTAS HERBÁCEAS PREDOMINANTES DEL HUMEDAL PUCUSH UCLO

DEPARTAMENTO:		JUNÍN		DISTRITO:		SAN JUAN DE ISCOS		FECHA:		30 /AGOSTO / 2023	
ÁREA DE ESTUDIO:		HUMEDAL PUCUSH UCLO						ESPECIE:		"Schoenoplectus californicus"	
RESPONSABLE DE MUESTREO:		• AGUILAR CASAS ABRAHAM ROSSEMBERT • GASPAR RODRIGUEZ LUZ ESTHER						ÁREA DE MUESTREO:		0.09 m <sup>2</sup>	
N°	CÓDIGO DE MUESTRA	COORDENADAS UTM		DENSIDAD (# e plantas / m <sup>2</sup> )	ALTURA DE LA PLANTA		DIÁMETRO DE LA PLANTA		NIVEL DE INUNDACIÓN		
		LATITUD	LONGITUD		ALTURA MÁXIMA (cm)	ALTURA MÍNIMA (cm)	DIÁMETRO MÁXIMO (cm)	DIÁMETRO MÍNIMO (cm)			
1	TOA1/TOR1	470631.3740	8662024.5410	280	230	114	3.5	2	13		
2	TOA2/TOR2	470606.9395	8662098.2310	438	259	120	3.5	1.8	38		
3	TOA3/TOR3	470421.9361	8662232.6740	316	255	80	3.6	1.4	25		
4	TOA4/TOR4	470478.5604	8661849.4120	252	240	115	6	2	26		

DEPARTAMENTO:		JUNÍN		DISTRITO:		SAN JUAN DE ISCOS		FECHA:		30 /AGOSTO / 2023	
ÁREA DE ESTUDIO:		HUMEDAL PUCUSH UCLO						ESPECIE:		"Scirpus rigidus"	
RESPONSABLE DE MUESTREO:		• AGUILAR CASAS ABRAHAM ROSSEMBERT • GASPAR RODRIGUEZ LUZ ESTHER						ÁREA DE MUESTREO:		0.09 m <sup>2</sup>	
N°	CÓDIGO DE MUESTRA	COORDENADAS UTM		DENSIDAD (# e plantas / m <sup>2</sup> )	ALTURA DE LA PLANTA		DIÁMETRO DE LA PLANTA		NIVEL DE INUNDACIÓN		
		LATITUD	LONGITUD		ALTURA MÁXIMA (cm)	ALTURA MÍNIMA (cm)	DIÁMETRO MÁXIMO (cm)	DIÁMETRO MÍNIMO (cm)			
1	TIA5/DIR5	470247.0373	8662449.9783	3492	160	33	0.5	0.2	6		
2	TIA6/DIR6	470217.4230	8662509.4350	5842	140	26	0.4	0.15	6		
3	TIA7/DIR7	470153.9750	8662549.2720	4600	145	35	0.3	0.2	5		
4	TIA8/DIR8	470185.9887	8662437.5521	5458	150	48	0.3	0.2	2		

DEPARTAMENTO:		JUNÍN		DISTRITO:		SAN JUAN DE ISCOS		FECHA:		31 /AGOSTO / 2023	
ÁREA DE ESTUDIO:		HUMEDAL PUCUSH UCLO						ESPECIE:		"Pennisetum clandestinum"	
RESPONSABLE DE MUESTREO:		• AGUILAR CASAS ABRAHAM ROSSEMBERT • GASPAR RODRIGUEZ LUZ ESTHER						ÁREA DE MUESTREO:		0.09 m <sup>2</sup>	
N°	CÓDIGO DE MUESTRA	COORDENADAS UTM		ALTURA DE LA PLANTA		NIVEL DE INUNDACIÓN					
		LATITUD	LONGITUD	ALTURA MÁXIMA (cm)	ALTURA MÍNIMA (cm)						
1	GRA9/GRI9	470125.3970	8662536.6310	8	4	-					
2	GRA10/GRI10	470160.0611	8662474.2432	7	2	-					
3	GRA11/GRI11	470329.4582	8662085.5588	8	5	-					
4	GRA12/GRI12	470477.5932	8661860.6202	8	2	-					

DEPARTAMENTO:		JUNÍN		DISTRITO:		SAN JUAN DE ISCOS		FECHA:		31 /AGOSTO / 2023	
ÁREA DE ESTUDIO:		HUMEDAL PUCUSH UCLO						ESPECIE:		"Nasturtium officinale"	
RESPONSABLE DE MUESTREO:		• AGUILAR CASAS ABRAHAM ROSSEMBERT • GASPAR RODRIGUEZ LUZ ESTHER						ÁREA DE MUESTREO:		0.09 m <sup>2</sup>	
N°	CÓDIGO DE MUESTRA	COORDENADAS UTM		ALTURA DE LA PLANTA		NIVEL DE INUNDACIÓN					
		LATITUD	LONGITUD	ALTURA MÁXIMA (cm)	ALTURA MÍNIMA (cm)						
1	BEA13/BER13	470171.6053	8662537.8283	45	25	12					
2	BEA14/BER14	470144.5260	8662545.7057	60	18	15					
3	BEA15/BER15	470249.5376	8662377.3465	51	20	21					
4	BEA16/BER16	470245.7960	8662356.1642	43	18	28					

Anexo 3.4. Ficha de caracterización del cuerpo de agua

CARACTERIZACION DEL CUERPO DE AGUA									
<b>ESTUDIO:</b>		"ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE DIÓXIDO DE CARBONO POR PLANTAS HERBÁCEAS PREDOMINANTES DEL HUMEDAL PUCUSH UCLO - JUNÍN, 2023"							
<b>NOMBRE DEL CUERPO DE AGUA</b>		HUMEDAL PUCUSH UCLO							
<b>DEPARTAMENTO:</b>		JUNÍN	<b>DISTRITO:</b>		SAN JUAN DE ISCOS	<b>FECHA:</b>		31 /AGOSTO / 2023	
<b>INVESTIGADORES:</b>		• AGUILAR CASAS ABRAHAM ROSSEMBERT • GASPAR RODRIGUEZ LUZ ESTHER				<b>MÉTODO PARA LA MEDICIÓN DE CAUDAL</b>		Método del flotador	
<b>CLASIFICACIÓN DEL CUERPO DE AGUA:</b>		Léntico							
Nº	UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICIÓN	COORDENADAS UTM		VOLUMEN (m³)			TIEMPO (s)	CAUDAL (m³/s)	CAUDAL (L/s)
		LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)			
1	INGRESO DEL HUMEDAL	47 0 117	866 2538	0.20	0.40	1	51	0.00157	1.57
2	SALIDA DEL HUMEDAL	47 0775	866 2024	0.09	0.96	1	6	0.0144	14.40
3									
4									

**Anexo 3.5. Ficha de descripción de puntos de verificación**

<b>N°</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
01	470472.4408	8661873.109	Zona de totoras con bordes de totorilla y un área de grama.
02	470314.1028	8662108.556	Zona de totoras que fue afectada por la apertura de canal de agua.
03	470236.0652	8662335.504	Zona de grama en los bordes seguida de totoras y berros presentes en el cuerpo de agua.
04	470167.1897	8662449.379	Presencia de totorilla en la parte baja y totora en la parte superior con una pequeña franja de grama en el borde externo.
05	470125.3034	8662544.127	Canal de ingreso de agua al humedal, presencia de grama en los bordes.
06	470173.7508	8662559.678	Presencia de grama en los bordes seguida de totorilla y en el medio del cuerpo de agua zona inundada con presencia de berro.
07	470283.3074	8662442.557	Límite entre totorilla y totora.
08	470358.6371	8662351.947	Presencia de una delgada línea de grama que bordea el cuerpo del agua.
09	470394.5968	8662280.313	Presencia de una delgada línea de totorilla que bordea el cuerpo del agua.
10	470445.0854	8662227.032	Presencia de una delgada línea de totorilla que bordea zona de totoras. Encontrándose también una zona degradada por la apertura de zanja para la captación de agua para riego por bombeo.
11	470538.2277	8662174.158	Presencia de una delgada línea de totorilla que bordea zona de totoras.
12	470628.0554	8662140.043	Límite de zona de totoras y zona degradada por quema de totoras.
13	470611.3653	8662069.786	Límite de zona de grama y zona degradada por quema de totoras.
14	470734.2862	8662082.199	Límite de zona degradada por quema de totoras e identificación de diversas especies aglomeradas.
15	470774.449	8662035.453	Canal de salida de agua para el riego de áreas agrícolas, identificación del área de totora que no fue afectada por la quema y una pequeña franja de grama. Así también, es una zona degradada por el relleno con tierra en el borde del cuerpo de agua.
16	470635.5276	8661996.116	Zona de totoras con presencia de bordes delgados de totorillas en la zona externa, así como con bordes degradados por el relleno con tierra y apertura de canal en medio de los totorales para la captación de agua.
17	470630.5371	8661797.636	Zona degradada por el relleno con tierra y apertura de canal en medio de los totorales para la captación de agua.
18	470497.9486	8661817.264	Zona degradada por el relleno con tierra, presencia de diversas especies y en la parte interior un área de grama.
19	470454.3697	8661794.765	Ampliación de plantas en esta zona con presencia de totorillas, una mayor extensión de totoras y en el medio el cuerpo de agua con presencia de animales.
20	470472.4408	8661873.109	Zona con presencia de totoras y en el medio un área pequeña del cuerpo de agua.

**Fuente:** *Elaboración propia*

ANEXO 4: Cadena de custodia de muestras para el análisis en laboratorio

		CADENA DE CUSTODIA										Versión 01								
												Página 01 de 04								
												Fecha 30 /08/2023								
DATOS GENERALES						DATOS DEL MUESTREO														
Cliente/DNI o RUC: 76632651		Dirección del cliente: Paj. Girasoles #215- EL TAMBO				Procedencia de la muestra: Departamento: JUNÍN Provincia: CHUPACA Distrito: SAN JUAN DE ISCOS			Muestreador por: • AGUILAR CASAS ABRAHAM • GASPARD RODRIGUEZ LUZ											
Propietario / Productor: GASPAR RODRIGUEZ LUZ ESTHER		Cotización del Servicio: Cultivo anterior: Cultivo a instalar o manto:				Dirección: Sector/Comunidad/Caserío: Parcela / Lote:			REFERENCIA DEL MUESTREO											
CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE	CÓDIGO DE LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO (AAAA-MM-DD)	HORA DE MUESTREO (24 h)	TIPO DE MATRIZ (*)	N° MUESTRAS (*)										OBSERVACIONES					
					F P	F V	B P	MATERIA SECA	MATERIA ORGÁNICA											
TOA1	FO3R68 - SA-23	2023-08-30	11 : 16	FO				X	X											
TOA2	FO3R69 - SA-23	2023-08-30	12 : 07	FO				X	X											
TOA3	FO3R70 - SA-23	2023-08-30	13 : 15	FO				X	X											
TOA4	FO3R71 - SA-23	2023-08-30	17 : 09	FO				X	X											
TIA5	FO3R72 - SA-23	2023-08-30	14 : 02	FO				X	X											
TIA6	FO3R73 - SA-23	2023-08-30	14 : 38	FO				X	X											
TIA7	FO3R74 - SA-23	2023-08-30	15 : 28	FO				X	X											
TIA8	FO3R75 - SA-23	2023-08-30	16 : 26	FO				X	X											
TOR1	FO3R76 - SA-23	2023-08-30	11 : 23	FO				X	X											
TOR2	FO3R77 - SA-23	2023-08-30	12 : 40	FO				X	X											
TOR3	FO3R78 - SA-23	2023-08-30	13 : 36	FO				X	X											
TOR4	FO3R79 - SA-23	2023-08-30	17 : 28	FO				X	X											

OBSERVACIONES GENERALES - Durante este proceso ha identificado algún riesgo a su imparcialidad ( Marcar "X" ): No ( X ) / SI ( ). En caso de marcar SI, describir :

SECCION PARA SER REGISTRADA POR EL ÁREA DE RECEPCIÓN DEL LABORATORIO			MUESTRAS ENTREGADAS POR:		TIPO DE MATRIZ (*)	
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS (Marca con "X")			CONFORMIDAD DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS		GASPARD RODRIGUEZ LUZ ESTHER	
Envases adecuados y en buen estado:	Conforme ( X )	No conforme ( )	Fecha de recepción:	04-09-2023	DNI/RUC:	
Dentro del plazo de perecibilidad:	Conforme ( X )	No conforme ( )	Hora de recepción:	10:43	76632651	
Preservantes adecuados: ***	Conforme ( )	No conforme ( )	Recibido por:	Luz Esther / Luz E.	FIRMA	
Refrigerada a ***	Conforme ( )	No conforme ( )	Firma/Sello de recepción:	<i>[Firma]</i>	N° MUESTRAS (**)	

\*\*\*Marcar en caso aplique

FP = Frasco de Plástico  
FV = Frasco de Vidrio  
BP = Bolsa de Plástico







## ANEXO 5: Informe de laboratorio

### Anexo 5.1. Informe de laboratorio muestras de biomasa aérea

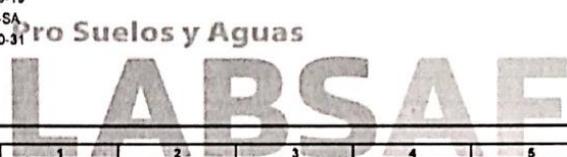
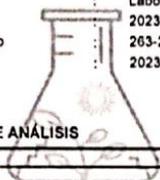


Instituto Nacional de Innovación Agraria

## INFORME DE ENSAYO N° 102229-23/FO/ LABSAF - SANTA ANA

### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Gaspar Rodríguez Luz Esther y Aguilera Casas Abrahan Rossembert  
 Propietario / Productor : Gaspar Rodríguez Luz Esther y Aguilera Casas Abrahan Rossembert  
 Dirección del cliente : El Tambo - Huancayo  
 Solicitado por : Gaspar Rodríguez Luz Esther y Aguilera Casas Abrahan Rossembert  
 Muestreado por : Cliente  
 Número de muestra(s) : 17 muestras  
 Producto declarado : Foliar  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de papel  
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente  
 Procedencia de muestra(s) : San Juan de Isco-Chupaca-Junin  
 Fecha(s) de muestreo : 2023-08-30 (\*)  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-09-04  
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare - LABSAF Santa Ana  
 Fecha(s) de análisis : 2023-09-19  
 Cotización del servicio : 203-23-SA  
 Fecha de emisión : 2023-10-31



### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	FO3868-SA-23	FO3869-SA-23	FO3870-SA-23	FO3871-SA-23	FO3872-SA-23	FO3873-SA-23		
Matriz Analizada	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar		
Fecha de Muestreo	2023-08-30	2023-08-30	2023-08-30	2023-08-30	2023-08-30	2023-08-30		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	11:16:00	12:07:00	13:15:00	17:04:00	14:02:00	14:38:00		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/identificación de la Muestra por el Cliente	TOA1	TOA2	TOA3	TOA4	TIA5	TIA6		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
Materia Seca	%	-	25.74	23.56	22.30	22.90	36.14	31.02
Materia Orgánica	%	-	72.80	66.90	65.00	67.40	70.10	66.60
Nitrogeno	%	-	3.64	3.35	3.25	3.37	3.51	3.33
ITEM	7	8	9	10	11	12		
Código de Laboratorio	FO3874-SA-23	FO3875-SA-23	FO3884-SA-23	FO3885-SA-23	FO3886-SA-23	FO3887-SA-23		
Matriz Analizada	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar		
Fecha de Muestreo	2023-08-30	2023-08-30	2023-08-31	2023-08-31	2023-08-31	2023-08-31		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	15:28:00	16:26:00	11:29:00	12:00:00	15:02:00	15:52:00		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/identificación de la Muestra por el Cliente	TIA7	TIA8	GRA9	GRA10	GRA11	GRA12		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
Materia Seca	%	-	28.44	33.70	41.48	46.00	43.14	26.14
Materia Orgánica	%	-	72.80	69.85	63.50	57.90	62.70	55.60
Nitrogeno	%	-	3.64	3.49	3.18	2.90	3.14	2.78



**Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare**  
 Acreditado con la Norma  
 NTP-ISO/IEC 17025:2017

Dirección: Carretera Baños Grande - Huatahoyo km. 8 Santa Ana, El Tambo - Huancayo - Junin

Página 1 de 3  
 F-48 / Ver.04  
[www.inia.gob.pe](http://www.inia.gob.pe)





Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO  
N° 102229-23/FO/ LABSAF - SANTA ANA

ITEM	13	14	15	16	17	18	
Código de Laboratorio	FO3888-SA-23	FO3889-SA-23	FO3890-SA-23	FO3891-SA-23	FO3892-SA-23	-	
Matriz Analizada	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar	-	
Fecha de Muestreo	2023-08-31	2023-08-31	2023-08-31	2023-08-31	2023-08-31	-	
Hora de Inicio de Muestreo (h)	10:15:00	10:58:00	13:28:00	13:52:00	13:28:00	-	
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	-	
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	BEA13	BEA14	BEA15	BEA16	BEA17	-	
Ensayo	Unidad	LC	Resultados				
Materia Seca	%	-	11.78	9.48	9.54	12.04	8.22
Materia Orgánica	%	-	53.50	56.60	69.50	61.20	64.50
Nitrogeno	%	-	2.68	2.83	3.48	3.06	3.23



# LABSAF



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares  
Acreditado con la Norma  
NTP-ISO/IEC 17025:2017  
Dirección: Carretera Baños Grande - Hualahoyo km. 8 Santa Ana, El Tambo - Huancayo - Junín

Página 2 de 3  
F-46 / Ver.04  
www.inia.gob.pe



Instituto Nacional de Innovación Agraria

## INFORME DE ENSAYO N° 102229-23/FO/ LABSAF - SANTA ANA

### III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Materia Seca	Métodos de Análisis de Compost, Revisión 2005, 2 Sólidos totales y agua, 2.1 Secado a 70±5°C
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.7, AS-07. Determinación de Materia Orgánica (AS-07 Walkley y Black).

### IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- El presente informe reemplaza al informe N° 092090-23/FO/ LABSAF - SANTA ANA emitido el día 25/09/2023.
- (\*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

### V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente informe de ensayo ha sido autorizado por: Ing. Lidiana Alejandro Méndez - Responsable del laboratorio LABSAF Santa Ana.



  
Firma

Ing. Ivana Cortez Juro  
Directora EEA Santa Ana

FIN DE INFORME DE ENSAYO



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares  
Acreditado con la Norma  
NTP-ISO/IEC 17025:2017

Dirección: Carretera Saños Grande - Hualahoy km. 8 Santa Ana, El Tambo - Huancayo - Junín

Página 3 de 3  
F-48 / Ver.04  
www.inia.gob.pe

Anexo 5.2. Informe de laboratorio muestras de biomasa raíz- rizoma



Instituto Nacional de Innovación Agraria

**INFORME DE ENSAYO**  
N° 102230-23/FO/ LABSAF - SANTA ANA

**I. INFORMACIÓN GENERAL**

Cliente : Gaspar Rodriguez Luz Esther y Aguilar Casas Abrahan Rosseibert  
 Propietario / Productor : Gaspar Rodriguez Luz Esther y Aguilar Casas Abrahan Rosseibert  
 Dirección del cliente : El Tambo - Huancayo  
 Solicitado por : Gaspar Rodriguez Luz Esther y Aguilar Casas Abrahan Rosseibert  
 Muestreado por : Cliente  
 Número de muestra(s) : 16 muestras  
 Producto declarado : Foliar  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de papel  
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente  
 Procedencia de muestra(s) : San Juan de Isco-Chupaca-Junín  
 Fecha(s) de muestreo : 2023-08-30 (\*)  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-09-04  
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliar - LABSAF Santa Ana  
 Fecha(s) de análisis : 2023-09-19  
 Cotización del servicio : 263-23-SA  
 Fecha de emisión : 2023-10-31

**II. RESULTADO DE ANÁLISIS**

ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	FO3876-SA-23	FO3877-SA-23	FO3878-SA-23	FO3879-SA-23	FO3880-SA-23	FO3881-SA-23		
Matriz Analizada	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar		
Fecha de Muestreo	2023-08-30	2023-08-30	2023-08-30	2023-08-30	2023-08-30	2023-08-30		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	11:23:00	12:40:00	13:36:00	17:28:00	14:21:00	14:50:00		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	TOR1	TOR2	TOR3	TOR4	TIR5	TIR6		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
Materia Seca	%	-	21.10	14.54	13.22	11.40	18.60	14.74
Materia Orgánica	%	-	70.80	54.40	49.30	68.10	62.30	61.30
Nitrogeno	%	-	3.54	2.72	2.47	3.41	3.12	3.07

ITEM	7	8	9	10	11	12		
Código de Laboratorio	FO3882-SA-23	FO3883-SA-23	FO3893-SA-23	FO3894-SA-23	FO3895-SA-23	FO3896-SA-23		
Matriz Analizada	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar		
Fecha de Muestreo	2023-08-30	2023-08-30	2023-08-31	2023-08-31	2023-08-31	2023-08-31		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	15:40:00	16:42:00	11:48:00	12:15:00	15:15:00	16:18:00		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	TIR7	TIR8	GRR9	GRR10	GRR11	GRR12		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
Materia Seca	%	-	14.18	13.86	41.30	34.22	40.96	36.02
Materia Orgánica	%	-	54.00	52.50	68.10	39.10	35.00	12.20
Nitrogeno	%	-	2.70	2.63	3.41	1.96	1.75	0.61



LABSAF

Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliar  
 Acreditado con la Norma  
 NTP-ISO/IEC 17025:2017  
 Dirección: Carretera Baños Grande - Hualahoyo km. 8 Santa Ana, El Tambo - Huancayo - Junín

Página 1 de 3  
 F-48 / Ver. 04  
 www.inia.gob.pe



Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO  
N° 102230-23/FO/ LABSAF - SANTA ANA

ITEM	13	14	15	16	17	18
Código de Laboratorio	FO3897-SA-23	FO3898-SA-23	FO3899-SA-23	FO3900-SA-23	-	-
Matriz Analizada	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar	-	-
Fecha de Muestreo	2023-08-31	2023-08-31	2023-08-31	2023-08-31	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h)	10:30:00	11:12:00	13:35:00	14:09:00	-	-
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	BER13	BER14	BER15	BER16	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
Materia Seca	%	-	11.52	10.78	10.30	12.42
Materia Orgánica	%	-	57.20	59.60	59.40	67.20
Nitrogeno	%	-	2.86	2.98	2.97	3.36



# LABSAF



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare  
Acreditado con la Norma  
NTP-ISO/IEC 17025:2017  
Direccion: Carretera Baños Grande - Hualahoyo km. 8 Santa Ana, El Tambo - Huancayo - Junin

Página 2 de 3  
P-42 / Ver.04  
www.inia.gob.pe



Instituto Nacional de Innovación Agraria

## INFORME DE ENSAYO N° 102230-23/FO/ LABSAF - SANTA ANA

### III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Materia Seca	Métodos de Análisis de Compost. Revisión 2005, 2 Sólidos totales y agua, 2.1 Secado a 70±5°C
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.7, AS-07. Determinación de Materia Orgánica (AS-07 Walkley y Black).

### IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- El presente informe reemplaza al informe N° 092090-23/FO/ LABSAF - SANTA ANA emitido el día 25/09/2023.
- (\*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

### V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Ing. Lidiana Alejandro Méndez - Responsable del laboratorio LABSAF Santa Ana



*[Firma]*

Firma  
Ing. Ivana Cortez Juro  
Directora EEA Santa Ana

FIN DE INFORME DE ENSAYO



LABSAF

Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares  
Acreditado con la Norma  
NTP-ISO/IEC 17025:2017

Dirección: Carretera Saños Grande - Hualahoyo km. 8 Santa Ana, El Tambo - Huancayo - Junín

Página 3 de 3  
F-48 / Ver.04  
www.inia.gob.pe

### Anexo 5.3. Control de calidad

El control de calidad se da a través de la muestra BEA 15 y su duplicado BEA 17, analizándose la Desviación Relativa Porcentual de estos bajo la siguiente premisa:

$$RPD = \frac{(\text{Resultado de la muestra} - \text{Resultado duplicado}) * 100}{(\text{Resultado de la muestra} + \text{Resultado duplicado})/2}$$

Los resultados son los siguientes:

	<b>BEA 15 (muestra)</b>	<b>BEA 17 (duplicado)</b>	<b>RPD</b>
<b>Materia Seca (%)</b>	9.54	8.22	14.86
<b>Materia orgánica (%)</b>	69.5	64.5	7.46

**Fuente:** *Elaboración propia*

La Desviación Relativa Porcentual en las muestras evaluadas para los dos tipos de ensayo: Materia Seca (%) y Materia Orgánica (%) son menores a los del criterio de aceptación (15 %); por lo tanto, el análisis de las muestras en laboratorio y la toma de muestras es correcta.

ANEXO 6: Análisis estadístico de los resultados

Anexo 6.1. Resumen de estadísticos descriptivos

		Dióxido de carbono en biomasa aérea- <i>Schoenoplectus californicus</i>	Dióxido de carbono en biomasa aérea- <i>Scirpus rigidus</i>	Dióxido de carbono en biomasa aérea- <i>Pennisetum clandestinum</i>	Dióxido de carbono en biomasa aérea- <i>Nasturtium officinale</i>
<b>Media</b>		62.0575	76.9075	22.7350	17.2350
<b>95 % de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	43.2401	70.6510	15.6555	14.4939
	<b>Límite superior</b>	80.8749	83.1640	29.8145	19.9761
<b>Media recortada al 5 %</b>		62.4139	76.8972	22.6739	17.2556
<b>Mediana</b>		65.2650	76.8150	22.1850	17.4200
<b>Varianza</b>		139.848	15.459	19.794	2.968
<b>Desviación estándar</b>		11.82573	3.93186	4.44908	1.72266
<b>Mínimo</b>		45.10	73.33	17.97	15.03
<b>Máximo</b>		72.60	80.67	28.60	19.07
<b>Rango</b>		27.50	7.34	10.63	4.04
<b>Rango intercuartil</b>		20.81	7.06	8.43	3.31
<b>Asimetría</b>		-1.466	0.023	0.685	-0.547
<b>Curtosis</b>		2.738	-5.780	0.991	-0.143

		Dióxido de carbono en biomasa raíz/rizoma- <i>Schoenoplectus californicus</i>	Dióxido de carbono en biomasa raíz/rizoma- <i>Scirpus rigidus</i>	Dióxido de carbono en biomasa raíz/rizoma- <i>Pennisetum clandestinum</i>	Dióxido de carbono en biomasa raíz/rizoma- <i>Nasturtium officinale</i>
<b>Media</b>		50.9650	51.9775	30.3425	12.6500
<b>95 % de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	16.3988	26.1700	1.5217	5.7395
	<b>Límite superior</b>	85.5312	77.7850	59.1633	19.5605
<b>Media recortada al 5 %</b>		50.4967	51.6822	30.0472	12.5689
<b>Mediana</b>		46.7500	49.3200	27.6850	11.9200
<b>Varianza</b>		471.890	263.044	328.058	18.861
<b>Desviación estándar</b>		21.72303	16.21864	18.11237	4.34287
<b>Mínimo</b>		29.33	35.20	12.10	8.43
<b>Máximo</b>		81.03	74.07	53.90	18.33
<b>Rango</b>		51.70	38.87	41.80	9.90
<b>Rango intercuartil</b>		39.79	29.98	34.56	8.25
<b>Asimetría</b>		1.092	0.934	0.708	0.776
<b>Curtosis</b>		2.033	1.810	-0.315	-0.467

		<b>Dióxido de carbono en biomasa aérea+ biomasa raíz-rizoma de <i>Schoenoplectus californicus</i></b>	<b>Dióxido de carbono en biomasa aérea+ biomasa raíz-rizoma de <i>Scirpus rigidus</i></b>	<b>Dióxido de carbono en biomasa aérea+ biomasa raíz-rizoma de <i>Pennisetum clandestinum</i></b>	<b>Dióxido de carbono en biomasa aérea+ biomasa raíz-rizoma de <i>Nasturtium officinale</i></b>
<b>Media</b>		113.0225	128.885	53.0775	29.885
<b>95 % de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	65.2677	106.0909	17.7812	20.3363
	<b>Límite superior</b>	160.7773	151.6791	88.3738	39.4337
<b>Media recortada al 5 %</b>		113.2978	128.6	52.7211	29.8244
<b>Mediana</b>		115.5000	126.32	49.87	29.34
<b>Varianza</b>		900.6840	205.202	492.035	36.01
<b>Desviación estándar</b>		30.0114	14.32488	22.18186	6.00083
<b>Mínimo</b>		74.4300	115.13	30.07	23.46
<b>Máximo</b>		146.6600	147.77	82.5	37.4
<b>Rango</b>		72.2300	32.64	52.43	13.94
<b>Rango intercuartil</b>		57.1100	27.14	42.07	11.56
<b>Asimetría</b>		-0.4660	0.831	0.772	0.441
<b>Curtosis</b>		0.8960	-0.287	0.756	-0.755

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Anexo 6.2. Prueba de normalidad- Shapiro Wilks**

		<b>Dióxido de carbono en biomasa aérea- <i>Schoenoplectus californicus</i> (tnCO<sub>2</sub>/ha)</b>	<b>Dióxido de carbono en biomasa aérea- <i>Scirpus rigidus</i> (tnCO<sub>2</sub>/ha)</b>	<b>Dióxido de carbono en biomasa aérea- <i>Pennisetum clandestinum</i> (tnCO<sub>2</sub>/ha)</b>	<b>Dióxido de carbono en biomasa aérea- <i>Nasturtium officinale</i> (tnCO<sub>2</sub>/ha)</b>
<b>Shapiro - Wilk</b>	Estadístico	0.862	0.797	0.975	0.984
	G1	4	4	4	4
	p (normal)	0.269	0.097	0.874	0.924

		<b>Dióxido de carbono en biomasa raíz/rizoma- <i>Schoenoplectus californicus</i> (tnCO<sub>2</sub>/ha)</b>	<b>Dióxido de carbono en biomasa raíz/rizoma- <i>Scirpus rigidus</i> (tnCO<sub>2</sub>/ha)</b>	<b>Dióxido de carbono en biomasa raíz/rizoma- <i>Pennisetum clandestinum</i> (tnCO<sub>2</sub>/ha)</b>	<b>Dióxido de carbono en biomasa raíz/rizoma- <i>Nasturtium officinale</i> (tnCO<sub>2</sub>/ha)</b>
<b>Shapiro - Wilk</b>	Estadístico	0.926	0.942	0.968	0.956
	G1	4	4	4	4
	p (normal)	0.570	0.666	0.828	0.751

		<b>Dióxido de carbono en biomasa aérea+ biomasa raíz-rizoma de <i>Schoenoplectus californicus</i> (tnCO<sub>2</sub>/ha)</b>	<b>Dióxido de carbono en biomasa aérea+ biomasa raíz-rizoma de <i>Scirpus rigidus</i> (tnCO<sub>2</sub>/ha)</b>	<b>Dióxido de carbono en biomasa aérea+ biomasa raíz-rizoma de <i>Pennisetum clandestinum</i> (tnCO<sub>2</sub>/ha)</b>	<b>Dióxido de carbono en biomasa aérea+ biomasa raíz-rizoma de <i>Nasturtium officinale</i> (tnCO<sub>2</sub>/ha)</b>
<b>Shapiro - Wilk</b>	Estadístico	0.985	0.951	0.971	0.984
	G1	4	4	4	4
	p (normal)	0.931	0.725	0.849	0.927

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Anexo 6.3. Prueba estadística: Anova- Tukey (Post- Hoc)**

<b>ESPECIE DE PLANTA HERBÁCEA - COMPARTIMIENTO AÉREO</b>		<b>Diferencia de medias</b>	<b>Sig.</b>
Dióxido de carbono en biomasa aérea- <i>Schoenoplectus californicus</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	Dióxido de carbono en biomasa aérea - <i>Scirpus rigidus</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	-14.85000	<b>0.703</b>
	Dióxido de carbono en biomasa aérea - <i>Pennisetum clandestinum</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	39,32250*	0.004
	Dióxido de carbono en biomasa aérea - <i>Nasturtium officinale</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	44,82250*	0.001
Dióxido de carbono en biomasa aérea - <i>Scirpus rigidus</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	Dióxido de carbono en biomasa aérea - <i>Pennisetum clandestinum</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	54,17250*	0.000
	Dióxido de carbono en biomasa aérea - <i>Nasturtium officinale</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	59,67250*	0.000
Dióxido de carbono en biomasa aérea - <i>Pennisetum clandestinum</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	Dióxido de carbono en biomasa aérea - <i>Nasturtium officinale</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	5.50000	<b>0.998</b>

**Fuente:** Elaboración propia

<b>ESPECIE DE PLANTA HERBÁCEA - COMPARTIMIENTO RAÍZ-RIZOMA</b>		<b>Diferencia de medias</b>	<b>Sig.</b>
Dióxido de carbono en biomasa raíz/rizoma- <i>Schoenoplectus californicus</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	Dióxido de carbono en biomasa raíz/rizoma - <i>Scirpus rigidus</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	-1.01250	<b>1.000</b>
	Dióxido de carbono en biomasa raíz/rizoma - <i>Pennisetum clandestinum</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	20.62250	<b>0.322</b>
	Carbono en biomasa raíz/rizoma - <i>Nasturtium officinale</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	38,31500*	0.005
Dióxido de carbono en biomasa raíz/rizoma- <i>Scirpus rigidus</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	Carbono en biomasa raíz/rizoma- <i>Pennisetum clandestinum</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	21.63500	<b>0.269</b>
	Dióxido de carbono en biomasa raíz/rizoma- <i>Nasturtium officinale</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	39,32750*	0.004
Dióxido de carbono en biomasa raíz/rizoma- <i>Pennisetum clandestinum</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	Dióxido de carbono en biomasa raíz/rizoma- <i>Nasturtium officinale</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	17.69250	<b>0.506</b>

**Fuente:** Elaboración propia

<b>ESPECIE DE PLANTA HERBÁCEA</b>		<b>Diferencia de medias</b>	<b>Sig.</b>
Dióxido de carbono en <i>Schoenoplectus californicus</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	Dióxido de carbono en <i>Scirpus rigidus</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	-15.86250	<b>0.691</b>
	Dióxido de carbono en <i>Pennisetum clandestinum</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	59,94500*	0.006
	Dióxido de carbono en <i>Nasturtium officinale</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	83,13750*	0.000
Dióxido de carbono en <i>Scirpus rigidus</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	Dióxido de carbono en <i>Pennisetum clandestinum</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	75,80750*	0.001
	Dióxido de carbono en <i>Nasturtium officinale</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	99,00000*	0.000
Dióxido de carbono en <i>Pennisetum clandestinum</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	Dióxido de carbono en <i>Nasturtium officinale</i> (tnCO <sub>2</sub> /ha)	23.19250	<b>0.403</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**ANEXO 7:** Panel fotográfico de las plantas encontradas en el humedal

	
<p><b>FAMILIA:</b> Araliaceae <b>ESPECIE:</b> <i>Hydrocotyle bonariensis</i></p>	<p><b>FAMILIA:</b> Asteraceae <b>ESPECIE:</b> <i>Hypochaeris taraxacoides</i></p>
	
<p><b>FAMILIA:</b> Asteraceae <b>ESPECIE:</b> <i>Matricaria recutita</i></p>	<p><b>FAMILIA:</b> Asteraceae <b>ESPECIE:</b> <i>Taraxacum officinale</i></p>
	
<p><b>FAMILIA:</b> Brassicaceae <b>ESPECIE:</b> <i>Nasturtium officinale</i></p>	<p><b>FAMILIA:</b> Brassicaceae <b>ESPECIE:</b> <i>Raphanus raphanistrum</i></p>



**FAMILIA:** Cyperaceae  
**ESPECIE:** *Scirpus rigidus*

**FAMILIA:** Cyperaceae  
**ESPECIE:** *Schoenoplectus californicus*



**FAMILIA:** Fabaceae  
**ESPECIE:** *Melilotus officinalis*



**FAMILIA:** Fabaceae  
**ESPECIE:** *Trifolium repens*



**FAMILIA:** Gentianaceae  
**ESPECIE:** *Gentiana sedifolia*



**FAMILIA:** Gentianaceae  
**ESPECIE:** *Gentianella chrysosphaera*



**FAMILIA:** Onagraceae  
**ESPECIE:** *Epilobium denticulatum*



**FAMILIA:** Plantaginaceae  
**ESPECIE:** *Plantago australis*



**FAMILIA:** Plantaginaceae  
**ESPECIE:** *Veronica persica*



**FAMILIA:** Poaceae  
**ESPECIE:** *Pennisetum clandestinum*



**FAMILIA:** Polygonaceae  
**ESPECIE:** *Rumex crispus*



**FAMILIA:** Primulaceae  
**ESPECIE:** *Anagallis arvensis*

**Fuente:** *Elaboración propia*

**ANEXO 8: Panel fotográfico de campo**

	
<p><b>Medición de características (altura) de la especie <i>Schoenoplectus californicus</i> de acuerdo al cuadrante de muestreo, muestra TO2.</b></p>	<p><b>Separación de la muestra de la especie <i>Schoenoplectus californicus</i> de acuerdo al cuadrante de muestreo, muestra TO3.</b></p>
	
<p><b>Peso fresco de la biomasa aérea de la especie <i>Schoenoplectus californicus</i> en el cuadrante de muestreo, muestra TO1.</b></p>	<p><b>Extracción de biomasa raíz - rizoma a una profundidad de 0.20 m de la especie <i>Schoenoplectus californicus</i> de acuerdo al cuadrante de muestreo, muestra TO1.</b></p>
	
<p><b>Medición de características (altura) de la especie <i>Scirpus rigidus</i> de acuerdo al cuadrante de muestreo, muestra TI1.</b></p>	<p><b>Separación de la muestra de la especie <i>Scirpus rigidus</i> de acuerdo al cuadrante de muestreo, muestra TI2.</b></p>

	
<p><b>Peso fresco de la biomasa aérea de la especie <i>Scirpus rigidus</i> en el cuadrante de muestreo, muestra TI4.</b></p>	<p><b>Extracción de biomasa raíz - rizoma a una profundidad de 0.20 m de la especie <i>Scirpus rigidus</i> de acuerdo al cuadrante de muestreo, muestra TI3.</b></p>
	
<p><b>Separación de la muestra de la especie <i>Nasturtium officinale</i> de acuerdo al cuadrante de muestreo, muestra BE1.</b></p>	<p><b>Extracción de biomasa aérea de la especie <i>Scirpus rigidus</i> de acuerdo al cuadrante de muestreo, muestra BE2.</b></p>
	
<p><b>Medición de características (altura) de la especie <i>Pennisetum clandestinum</i> de acuerdo al cuadrante de muestreo, muestra GR1.</b></p>	<p><b>Peso fresco de la biomasa aérea de la especie <i>Penisetum clandestinum</i> en el cuadrante de muestreo, muestra GR4.</b></p>



**Pesado de la submuestra para el envío al laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA Filial Santa Ana - Huancayo.**



**Submuestras de biomasa aérea de las especies en estudio empaquetadas para el envío al laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA Filial Santa Ana - Huancayo.**



**Submuestras de biomasa raíz - rizoma de las especies en estudio empaquetadas para el envío al laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA Filial Santa Ana - Huancayo.**



**Entrega de muestras al laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA Filial Santa Ana - Huancayo.**

*Fuente: Elaboración propia*