

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**“VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS RESERVAS DE CARBONO
DEL HUMEDAL PAMPA SHONQUIL, DISTRITO Y PROVINCIA DE
CARHUAZ-ÁNCASH, 2021”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

Tesista:

Br. FIGUEROA NORABUENA, ALEX JAIME

Asesor:

Dr. HIDALGO CAMARENA, PRUDENCIO CELSO

Huaraz - Áncash - Perú

Noviembre, 2022





"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS

Los miembros del Jurado Evaluador de Tesis, en pleno que suscriben, reunidos a un día de diciembre del dos mil veintidós, en el Auditorium de la Facultad de Ciencias del Ambiente (FCAM) de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), de conformidad a la normatividad vigente condujeron el acto académico público de sustentación y defensa de la tesis "**VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS RESERVAS DE CARBONO DEL HUMEDAL PAMPA SHONQUIL, DISTRITO Y PROVINCIA DE CARHUAZ-ÁNCASH, 2021**" que presentó **FIGUEROA NORABUENA ALEX JAIME** para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental**.

Después de haber atendido la sustentación y defensa oral, y haber escuchado las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

..... **APROBADO**

Con el calificativo de: **DIECISEIS** (**16**)

En consecuencia, **FIGUEROA NORABUENA ALEX JAIME**, queda expedito para que el Consejo de Facultad de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" apruebe el otorgamiento de su **Título Profesional de Ingeniero Ambiental** de conformidad al Art. 113 numeral 113.9 del Reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° y 4ta. disposición complementaria del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 761-2017-UNASAM), el Art. 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 232-2017-UNASAM).

Huaraz, 01 de diciembre 2022

Dr. ELADIO GUILLERMO TUYA CASTILLO
Presidente
Jurado de sustentación

Dr. MAXIMILIANO LOARTE RUBINA
Primer miembro
Jurado de sustentación

MSc. RICARDO R. VILLANUEVA RAMIREZ
Segundo miembro
Jurado de sustentación

Dr. P. CELSO HIDALGO CAMARENA
Asesor de tesista

DEDICATORIA

A mis padres, Rufina Justina Norabuena Cochachin
y Luis Pepe Figueroa Gómez, por ser los pilares
más importantes en mi vida, quienes
me han brindado todo su apoyo para poder
lograr mis anhelos y seguir alentándome
cada día con sus consejos.

A mi hermano, Elmer Luis Figueroa Norabuena,
por ser mi consejero y guía en diversos
momentos de la vida.

Alex Jaime Figueroa Norabuena

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, en donde me formé como profesional en Ingeniería Ambiental con conocimientos y valores.

A mi asesor, Dr. Hidalgo Camarena Prudencio Celso, por su paciencia y apoyo incondicional con sus conocimientos, durante el desarrollo de la presente investigación.

A mis primos y amigos, por su apoyo durante los días de muestreo y trabajo en laboratorio.

Al Ing. Martín Salvador Poma y a la Ing. Lidiana Gonzales Huamán, por su apoyo en la identificación de las especies vegetales.

Al Laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, por brindarme su apoyo en la obtención de datos.

A los miembros del jurado, quienes con sus sugerencias y recomendaciones lograron fortalecer la presente investigación.

Al Ing. Alberto Castañeda Barreto e Ing. Edson Palacios Robles, quienes me brindaron su apoyo con sus conocimientos.

RESUMEN

Los humedales altoandinos son reconocidos por su alta capacidad de almacenamiento de carbono, sin embargo, pocos estudios se han dedicado a determinar el valor monetario de este servicio ecosistémico. En ese sentido, el objetivo de la presente investigación fue estimar el valor económico de las reservas de carbono almacenadas en el humedal Pampa Shonquil (Carhuaz, Áncash). Inicialmente, se evaluó la diversidad florística a través de los índices de Shannon y riqueza específica, que posteriormente fueron relacionados con el contenido de carbono total. Para estimar las reservas de carbono se empleó el *Manual para la determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú*. Se establecieron cinco parcelas (4 m x 25 m), en cuyas esquinas contrapuestas se ubicaron cuadrantes de 1 m² para la colecta de muestras de biomasa herbácea, dentro de los mismos se situaron cuadrantes de 0.5 m x 0.5 m para la colecta de hojarasca y raíces. Para el suelo se tomaron muestras a profundidades de 0 a 0.25 m y 0.25 a 0.50 m en calicatas hechas en los mismos puntos donde se tomaron las muestras de la hojarasca y raíces. El contenido de carbono fue estimado siguiendo protocolos de laboratorio descritos en el manual mencionado. Como última etapa, se estimó el valor económico empleando la metodología de precios de mercado. Los resultados muestran una composición florística de 20 especies vegetales distribuidas en 9 familias y 17 géneros; en donde las especies más comunes fueron *Juncus ebracteatus* E. Mey, *Plantago tubulosa* y *Lachemilla orbiculata*. En cuanto a las reservas de carbono se estimó que el humedal Pampa Shonquil presenta 11.562 tC/ha en la biomasa vegetal y 352.056 tC/ha en el suelo, haciendo un total de 363.618 tC/ha. Asimismo, se evidenció una correlación inversa significativa ($p > 0,05$) entre los índices de diversidad y el contenido de carbono total. Finalmente, el valor económico estimado del servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono fue de \$ 15,222.57; este valor monetario representa la oportunidad para promocionar a los humedales altoandinos dentro de los mercados de carbono y la necesidad de aplicar políticas y lineamientos para su adecuado aprovechamiento y conservación.

Palabras clave: humedal, valor económico, reservas de carbono, pampa Shonquil.

ABSTRACT

High Andean wetlands are recognized for their high carbon storage capacity; however, few studies have been dedicated to determining the monetary value of this ecosystem service. In this sense, the objective of this research was to estimate the economic value of the carbon reserves stored in the Pampa Shonquil wetland (Carhuaz, Áncash). Initially, the floristic diversity was evaluated through the Shannon indices and specific richness, which were later related to the total carbon content. To estimate carbon stocks, the Manual for the determination of total carbon stocks in the different land use systems in Peru was used. Five plots (4 m x 25 m) were established, in whose opposite corners 1 m² quadrants were located for the collection of herbaceous biomass samples, within them quadrants of 0.5 m x 0.5 m were placed for the collection of litter and roots. For soil, samples were taken at depths from 0 to 0.25 m and from 0.25 to 0.50 m in wells made at the same points where litter and root samples were taken. Carbon content was estimated following laboratory protocols described in the aforementioned manual. As a last stage, the economic value was estimated using the market price methodology. The results show a floristic composition of 20 plant species distributed in 9 families and 17 genera; where the most common species were *Juncus ebracteatus* E. Mey, *Plantago tubulosa* and *Lachemilla orbiculata*. Regarding carbon reserves, it was estimated that the Pampa Shonquil wetland presents 11,562 tC/ha in plant biomass and 352,056 tC/ha in the soil, making a total of 363,618 tC/ha. Likewise, a significant inverse correlation ($p > 0.05$) between the diversity indices and the total carbon content was evidenced. Finally, the estimated economic value of the carbon storage ecosystem service was \$15,222.57; This monetary value represents the opportunity to promote the high Andean wetlands within the carbon markets and the need to apply policies and guidelines for their proper use and conservation.

Keywords: Wetland, economic value, carbon stock, Pampa Shonquil.

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
AUTORIZACIÓN AL REPOSITORIO	ii
ACTA DE SUSTENTACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE TABLAS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xiv
LISTA DE ACRÓNIMOS	xvi
SÍMBOLOS USADOS	xvii
ABREVIATURAS	xix
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo general.....	3
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
1.2. Hipótesis	4
1.3. Variables	4
1.3.1. Variable independiente	4
1.3.2. Variable dependiente.....	4
CAPITULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes	5
2.1.1. A nivel local	5

2.1.2.	A nivel nacional.....	6
2.1.3.	A nivel internacional.....	7
2.2.	Bases teóricas.....	8
2.2.1.	Humedales	8
2.2.2.	Bofedal o humedal altoandino	10
2.2.3.	Servicios ecosistémicos de los humedales altoandinos	11
2.2.4.	Servicio ambiental de fijación y almacenamiento de carbono	11
2.2.5.	Carbono almacenado	12
2.2.6.	Captación o secuestro de carbono	12
2.2.7.	Sumidero de carbono	13
2.2.8.	Ciclo de carbono.....	13
2.2.9.	Ciclo de carbono en los humedales.....	14
2.2.10.	Captura y almacenamiento de carbono en los humedales.....	15
2.2.11.	Flujos de carbono en los humedales	16
2.2.12.	Secuestro de carbono orgánico en los suelos	17
2.2.13.	Dinámica del carbono orgánico en los suelos	18
2.2.14.	Acumulación de carbono en los suelos de humedales.....	19
2.2.15.	Efecto del cambio de uso de suelo en el servicio ambiental de secuestro de carbono.....	19
2.2.16.	Valoración económica ambiental.....	20
2.3.	Definición de términos básicos.....	26
CAPITULO III.....		29
MARCO METODOLÓGICO		29
3.1.	Tipo de Investigación	29
3.1.1.	Según su naturaleza, profundidad y/o alcance.....	29
3.1.2.	Según su propósito o aplicación.....	29
3.2.	Diseño de Investigación	29

3.3. Población y muestra.....	30
3.3.1. Población.....	30
3.3.2. Muestra.....	30
3.4. Métodos o técnicas	31
3.4.1. Descripción del área de estudio y definición de parcelas de muestreo.....	31
3.4.2. Composición e índices de diversidad florística	42
3.4.3. Determinación del volumen de carbono orgánico almacenado en la biomasa vegetal, suelo y total del humedal.....	44
3.4.4. Relación de los índices de diversidad florística con el volumen de carbono almacenado.....	46
3.4.5. Determinación del valor económico de las reservas de carbono.....	46
3.5. Instrumentos validados de recolección de datos.....	47
3.5.1. Caracterización de la composición florística.....	47
3.5.2. Determinación del contenido de las reservas de carbono	47
3.6. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información.....	48
3.6.1. Procesamiento de datos	48
3.6.2. Análisis estadístico de los datos	51
CAPITULO IV.....	52
RESULTADOS.....	52
4.1. Descripción de la composición y los índices de diversidad florística del humedal Pampa Shonquil.....	52
4.1.1. Composición florística del humedal	52
4.1.2. Índices de diversidad y riqueza.....	54
4.2. Carbono orgánico almacenado en la biomasa vegetal, suelo y total del humedal.....	54
4.2.1. Carbono orgánico almacenado en la biomasa vegetal	54
4.2.2. Carbono orgánico almacenado en el suelo	57

4.2.3. Carbono total almacenado en el humedal	59
4.3. Relación de los índices de diversidad florística con el volumen del carbono almacenado	61
4.4. Determinación del valor económico del servicio ambiental de captura de carbono del humedal Pampa Shonquil	63
CAPITULO V	64
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	64
5.1. Descripción de la composición y los índices de diversidad florística del humedal Pampa Shonquil.....	64
5.1.1. Composición florística del humedal	64
5.1.2. Índices de diversidad y riqueza.....	64
5.2. Determinación del volumen de carbono orgánico almacenado en la biomasa vegetal, suelo y total del humedal	65
5.2.1. Carbono almacenado en la biomasa vegetal total.....	65
5.2.2. Carbono almacenado en el suelo	66
5.2.3. Carbono total almacenado en el humedal de Pampa Shonquil	67
5.3. Relación de los índices de diversidad florística con el volumen del carbono almacenado	69
5.4. Determinación del valor económico de las reservas de carbono	69
CAPITULO VI	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
6.1. Conclusiones.....	71
6.2. Recomendaciones.....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS	89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Servicios ambientales provistos por los bofedales.....	11
Tabla 2 Métodos de valoración económica ambiental	21
Tabla 3 América Latina en el mercado de carbono (a noviembre 2007).....	25
Tabla 4 Ecuaciones de cálculo de los Índices Normalizados.....	33
Tabla 5 Coordenadas de las parcelas de muestreo (4x25m).....	40
Tabla 6 Especies identificadas.....	52
Tabla 7 Índice de Shannon y riqueza específica.....	54
Tabla 8 Densidad aparente en g/cc y % de carbono	58
Tabla 9 Peso del volumen del suelo y carbono orgánico almacenado por parcela	59
Tabla 10 Comparación del valor económico de las reservas de carbono en humedales.....	70
Tabla 11 Biomasa arbustiva/herbácea.....	99
Tabla 12 Carbono orgánico almacenado en la biomasa arbustiva/herbácea	99
Tabla 13 Biomasa de la vegetación de hojarasca.....	100
Tabla 14 Carbono orgánico almacenado en la hojarasca.....	100
Tabla 15 Biomasa de la vegetación subterránea	101
Tabla 16 Carbono orgánico almacenado en la biomasa subterránea.....	101
Tabla 17 Biomasa vegetal total seca	102
Tabla 18 Carbono orgánico de la biomasa vegetal total seca.....	102
Tabla 19 Carbono total almacenado en el ecosistema del humedal.....	103
Tabla 20 Carbono orgánico total según el tipo de reserva de carbono.....	103
Tabla 21 Índices de diversidad de los cuadrantes	132
Tabla 22 Correlación de los índices de diversidad y carbono total	134

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo del carbono.....	14
Figura 2 Ciclo del carbono en humedales	15
Figura 3 Flujo del carbono en humedales	17
Figura 4 Diagrama de flujo de la investigación	30
Figura 5 Mapa de ubicación del área de estudio	32
Figura 6 Mapa de puntos de campo e índice de vegetación de diferencia normalizada (ndvi).....	35
Figura 7 Mapa de puntos de campo e índice de humedad de diferencia normalizada (ndmi)	36
Figura 8 Mapa de ubicación de los transectos seleccionados	37
Figura 9 Mapa de ubicación de las parcelas de muestreo (4x25)	39
Figura 10 Mapa de ubicación de los puntos de muestreo	41
Figura 11 Diseño del cuadrante.....	42
Figura 12 Abundancia relativa total de las especies vegetales	53
Figura 13 Biomasa herbácea y carbono orgánico almacenado por parcelas	55
Figura 14 Biomasa de hojarasca y carbono orgánico almacenado por parcelas.....	55
Figura 15 Biomasa subterránea y carbono orgánico almacenado por parcelas..	56
Figura 16 Carbono orgánico de la biomasa vegetal total por parcelas	57
Figura 17 Carbono orgánico total del humedal por parcelas	60
Figura 18 Carbono orgánico total del humedal según el tipo de reserva.....	60
Figura 19 Carbono orgánico almacenado en la biomasa vegetal total y suelo....	61
Figura 20 Diagrama de dispersión entre el Índice de Shannon y carbono orgánico total	62
Figura 21 Diagrama de dispersión entre la riqueza específica y carbono orgánico total	62
Figura 22 Área de estudio	111
Figura 23 Estudio de la vegetación mediante el método del cuadrante	111
Figura 24 Delimitación de las parcelas de muestreo	112
Figura 25 Instalación y corte de la vegetación herbácea.....	112
Figura 26 Recolección de la muestra de vegetación herbácea	113

Figura 27 Peso fresco de la muestra herbácea	113
Figura 28 Instalación del cuadrante para el muestreo de la vegetación (hojarasca y radicular).....	114
Figura 29 Peso fresco de la muestra de la hojarasca.....	114
Figura 30 Proceso de extracción del suelo para la recolección radicular	115
Figura 31 Peso fresco de la muestra subterránea (raíces).....	115
Figura 32 Muestreo de suelo utilizando el cilindro Ulhand	116
Figura 33 Apertura de calicata (0 - 0.25 m) para muestreo de suelo.....	116
Figura 34 Apertura de calicata (0.25 - 0.50 m) para muestreo de suelo.....	117
Figura 35 Pesado de las submuestras (herbácea, hojarasca y radicular)	117
Figura 36 Secado de las submuestras de vegetación en la estufa eléctrica a 75°C	118
Figura 37 Muestras de suelo rotuladas de las cinco parcelas	118
Figura 38 Secado de las muestras de suelo en la estufa eléctrica a 105°C	119
Figura 39 Entrega de muestras de suelo en la Universidad Agraria la Molina ..	119

LISTA DE ACRÓNIMOS

SIGLA	DENOMINACIÓN
ANA	Autoridad Nacional del Agua
CERs	Certificados de Emisiones Reducidas
COD	Carbono Orgánico Disuelto
COVDM	Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano
CH4	Metano
ESRI	Instituto de Investigación de Sistemas Ambientales
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GEOCATMIN	Sistema de Información Geológico y Catastral Minero
ICRAF	Centro Internacional de Investigación Agroforestal
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MINAM	Ministerio del Ambiente
MOS	Materia Orgánica del Suelo
NDMI	Índice de Humedad de Diferencia Normalizada
NDVI	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PNB	Producción Neta de la Biosfera
PgC	Petagramos de Carbono
PAST	Software de Estadísticas Paleontológicas
UNALM	Universidad Nacional Agraria La Molina
UNFCCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

SÍMBOLOS USADOS

BA/H	Biomasa arbustiva/herbácea
Bh	Biomasa de la hojarasca
Bs	Biomasa subterránea
BVT	Biomasa vegetal total
C	Carbono
CBV	Carbono de la biomasa vegetal
cc	Centímetro cúbico
CO	Carbono orgánico
CO ₂	Dióxido de carbono
CO-BA/H	Carbono orgánico de la biomasa arbustiva/herbácea
CO-Bh	Carbono orgánico de la biomasa de hojarasca
CO-Bs	Carbono orgánico de la biomasa subterránea
CO-BVT	Carbono orgánico de la biomasa vegetal total
COS	Carbono orgánico del suelo
COT	Carbono orgánico total
CS	Carbono del suelo
CSC	Costo social del carbono
CT	Carbono total
DA	Densidad aparente
F de C	Factor de conversión
g/cc	Gramos por centímetro cúbico
m ²	Metro cuadrado
NIR	Banda del infrarrojo cercano
PFM	Peso fresco de la muestra
PFT	Peso fresco total
Ps	Espesor del horizonte del suelo
PSM	Peso seco de la muestra
PSN	Peso seco del suelo dentro del cilindro
PVs	Peso del volumen de suelo
RED	Banda roja
ST-SUT	Superficie total del sistema de uso de la tierra

SÍMBOLOS USADOS

CG	Carbono gestionable
CSC	Costo social del carbono
SWIR	Banda del Infrarrojo de onda corta
tC/ha	Tonelada de carbono por hectárea
VCH	Volumen del cilindro
VETSA CO ₂	Valor económico total de captura de carbono
%	Porcentaje
%C _{LAB}	Carbono encontrado en laboratorio (%)
\$	Dólar

ABREVIATURAS

AAUs	Asignación de unidades equivalentes.
°C	Unidad de calor en grados centígrados.
cm	Centímetros
SD	Desviación Estándar
g	Gramo
ha	Hectárea
km	Kilómetro
m	Metro
mm	Milímetro
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
Máx	Máximo
Mín	Mínimo
PgC	Petagramos de carbono
t	Tonelada
UTM	Sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator
WGS84	Sistema Geodésico Mundial 1984

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los problemas más severos que enfrenta la humanidad. Este se produce como resultado del exceso de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) siendo el CO₂ uno de los gases principales. La necesidad de reducir las emisiones de dichos gases se ha vuelto una preocupación a nivel mundial, por lo que, se ha dado lugar a la creación de políticas internacionales dirigida a comprender los procesos de generación y absorción de ellos. Los ecosistemas vegetales cumplen un papel importante en la mitigación del calentamiento global, ya que secuestran cantidades significativas de carbono de la atmósfera por medio de la fotosíntesis y los incorporan dentro de las estructuras vegetales y suelo durante un periodo prolongado. Dentro de estos ecosistemas, los humedales naturales son considerados grandes sumideros, pues almacenan alrededor de un 35% del total de carbono de la biosfera (Bolin y Sukumar, 2000). Por tanto, la conservación de humedales es una forma viable de mantener los depósitos de carbono existentes y evitar emisiones de CO₂, y otros gases (Bergkamp y Orlando, 1999).

Los humedales son hábitats naturales húmedos, con agua permanente, alimentados de diferentes fuentes como manantiales, agua de deshielo, ríos y lluvia (Alzérreca et al., 2001) presentando una gran diversidad biológica respecto del entorno, con un mayor número de especies vegetales y de fauna, propias de estos ecosistemas (Espinoza et al., 2011). Además de ser un almacén importante de

carbono, también cumplen muchas funciones relacionadas con los recursos hídricos, como ser fuentes naturales de agua, reguladores del ciclo hidrológico y el clima, zonas de descarga y recarga de acuíferos, barreras naturales contra las inundaciones y filtros de contaminantes del agua (Cochi et al., 2014; Lleellish, 2012); asimismo, la vegetación de estos ecosistemas son utilizados como forraje para los animales y habitat de especies endémicas (Cochi et al., 2014).

En el Perú, el cambio climático está poniendo en riesgo los humedales altoandinos (Flores et al., 2014), esto debido a que estos ecosistemas son muy frágiles y altamente vulnerables a cambios de temperatura y disminución de agua producto del retroceso glaciar y la posible reducción de la cantidad de precipitación, el que puede tener efectos en las áreas de los humedales y/o convertirlos en más secos (Cochi et al., 2014). Asimismo, el sobrepastoreo, las malas prácticas de manejo, la extracción de turba y la implementación de infraestructura de riego, tiene impactos negativos sobre sus funciones de regulación (MINAM, 2015). Teniendo en cuenta las amenazas que enfrentan estos ecosistemas y la necesidad de mantener sus servicios ambientales como el secuestro de carbono, resulta necesario conocer el valor económico, lo que permitirá establecer políticas, planes y/o programas para su adecuado aprovechamiento teniendo en cuenta los costos ambientales derivados de su inadecuada gestión y los efectos del cambio climático.

La presente investigación se enfocó en la valoración económica de las reservas de carbono del humedal Shonquil, el cual se encuentra ubicado en la provincia de Carhuaz-Ancash. Este se ve afectado por la ganadería extensiva y continua (ganado vacuno y equino), donde la principal fuente de alimento para los animales, son las plantas herbáceas, gramínoideas y otras especies misceláneas, que en muchos casos se consumen en etapas tempranas de su crecimiento, afectando directamente su población y diversidad; reduciendo el área de cobertura vegetal. Por otro lado, en este ecosistema, se han construido gran cantidad de zanjas que pueden estar afectando el flujo normal de agua provenientes de la cabecera de cuenca. Esta investigación es importante debido que todavía es escasa la información sobre el valor económico del servicio de captura de carbono en este tipo de ecosistemas en la región Ancash. Por tanto, la información generada servirá como herramienta sustentadora para el gobierno nacional, regional y locales

en la implementación de políticas, planes y proyectos enfocados a la conservación, manejo y recuperación de humedales, como medidas destinadas a mitigar el cambio climático. Por tanto, los resultados de la presente pueden ser usados para concientizar a los pobladores del centro poblado de Hualcán y Comité de Usuarios de Pastos de Shonquil y así reducir la degradación del este ecosistema.

La presente tesis de investigación se esquematiza de la siguiente forma: en el capítulo I se muestran los objetivos, hipótesis y variables; en el capítulo II el marco teórico, en el capítulo III se describe la metodología requerida para lograr cada objetivo, el capítulo IV muestra los resultados, en el capítulo V se realizó la discusión de resultados con otros estudios de investigación, finalmente el capítulo VI están las conclusiones y recomendaciones.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Determinar el valor económico de las reservas de carbono almacenadas en el humedal Pampa Shonquil, distrito y provincia de Carhuaz.

1.1.2. Objetivos específicos

- a. Describir la composición y los índices de diversidad florística del humedal Pampa Shonquil.
- b. Determinar el volumen del carbono orgánico almacenado en la biomasa vegetal, suelo y total del humedal Pampa Shonquil.
- c. Relacionar los índices de diversidad florística con el volumen de carbono almacenado en el humedal Pampa Shonquil.
- d. Determinar el valor económico de las reservas de carbono del humedal Pampa Shonquil.

1.2. Hipótesis

El valor económico de las reservas de carbono del humedal Pampa Shonquil está directamente relacionado al volumen de carbono almacenado en la biomasa vegetal y en el suelo.

1.3. Variables

1.3.1. Variable independiente: Reservas de carbono del humedal Pampa Shonquil.

1.3.2. Variable dependiente: Valor económico de las reservas de carbono.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel local

Hidalgo et al. (2012), determinaron las reservas de carbono del humedal de Yanayacu (Cátac, Áncash); asimismo, estimaron el valor económico de las mismas. Para ello, emplearon la metodología ICRAF para establecer las parcelas de muestreo y cuantificar el carbono almacenado en la biomasa arbustiva/herbácea, hojarasca, subterránea y suelo. Los resultados revelaron la existencia de 27.67 tC/ha en la biomasa vegetal y 680.80 tC/ha en el suelo, de esta manera el carbono orgánico total almacenado en el humedal Yanayacu fue 708.47 tC/ha. Finalmente, reportaron el secuestro de 3,139.41 tC gestionable (equivalente a 11,479.46 toneladas de CO₂), con una valoración económica equivalente a \$ 41,189.02/año por el servicio ambiental de captura de carbono.

Huaman (2016), en su tesis titulada “Cuantificación de las Reservas totales de carbono en un ecosistema de Pastizales Altoandinos en Pachacoto, Comunidad Campesina de Cátac – Provincia de Recuay – Áncash, 2015”, cuantificó las reservas totales de carbono en la biomasa vegetal y suelo,

asimismo estimó el valor económico del servicio ambiental de captura de carbono. Para la cuantificación del volumen de la reserva de carbono utilizó la metodología ICRAF y para estimar el valor económico, empleó el valor promedio encontrado por Chambi (2001). Los resultados revelaron un total de 196.0476 tC/ha de carbono orgánico almacenado en el ecosistema de pastizales, lo cual representaba un valor económico equivalente a \$ 11,147.722 como servicio ambiental de captura de carbono.

2.1.2. A nivel nacional

Medina et al. (2020), en el trabajo de investigación “Valoración económica del secuestro y almacenamiento de carbono en la puna seca del suroeste del Perú” determinaron el valor económico de la captura y secuestro de carbono de cinco formaciones vegetales (pajonal, tolar, bofedal, yaretal y queñual). Para ello, estimaron el carbono almacenado y capturado (CO₂) en la biomasa vegetal total (aérea y radicular), posteriormente para la valoración económica utilizaron el método de precio de mercado. Como resultado, evidenciaron que el bofedal es la formación vegetal donde se concentró la mayor cantidad de carbono almacenado en la biomasa (174.697 tC/ha), con una valoración económica de \$ 45,291,274.34.

Medrano et al. (2012), en el trabajo de investigación “Almacenamiento de carbono en especies predominantes de flora en el lago Chinchaycocha” evaluaron la cantidad de carbono que almacenan las especies de flora predominantes en tres ecosistemas (totoral, pajonal y bofedal) del lago Chinchaycocha. Para ello, tomaron muestras de la biomasa aérea, radicular y suelo, hallándose el contenido de carbono de cada uno. Los resultados revelaron que *Schoenoplectus californicus* Var. *Tatora* almacena 30.65 tC/ha y *Juncus articus* Var. *Andicola* 8.70 tC/ha, siendo las especies que almacenan mayor carbono en los totorales. Mientras que, *Deyeuxia recta* Kunth almacena 15.43 tC/ha, siendo la predominante en el pajonal. Por su parte, las especies del bofedal suman un total de 6.46 tC/ha. El almacenamiento de carbono en suelos se estimó en 774.76 tC/ha (pajonales) y 684.58 tC/ha (bofedales).

Palomino y Cabrera (2007), efectuaron el trabajo de investigación “Estimación del servicio ambiental de captura del CO₂ en la flora de los humedales de Puerto Viejo”. Este estudio consistió en estimar el servicio ambiental de captura del CO₂ en diferentes especies de flora predominante en los humedales de Puerto Viejo. Para ello, utilizaron la metodología desarrollada por el ICRAF para cuantificar el carbono almacenado. Los resultados indican que la concentración de carbono orgánico en la biomasa vegetal total de las especies predominantes y el valor artesanal es como sigue: la “tatora” *Schoenoplectus californicus* realiza la mayor captación con 28.9 tC/ha, seguido por el “junco” *Scirpus americanus* con 18.6 tC/ha, la “grama salada” *Paspalum vaginatum* con 17.00 tC/ha y la menor captación se dio en la “salicornia” *Salicornia fruticosa* con 6.10 tC/ha, haciendo un total de 70.60 tC/ha.

Alvis et al. (2021), en el trabajo de investigación “Cálculo y valoración del almacenamiento de carbono del humedal altoandino de Chalhuanca, Arequipa (Perú)” estimaron el contenido de carbono almacenado en el humedal altoandino de Chalhuanca; asimismo calcularon el valor económico de este servicio. Para esto, tomaron 30 muestras al azar, estableciendo tres reservorios de carbono: biomasa aérea, radicular y suelo orgánico. Finalmente, obtuvieron 4.8 tC/ha en la biomasa aérea, 19.7 tC/ha en la radicular y 218.3 tC/ha en el suelo, efectuando un total de 242.8 tC/ha de biomasa total del ecosistema, con una valoración económica de \$ 5,703,132.34.

2.1.3. A nivel internacional

Castro (2011), tuvo como objetivo valorar los servicios ambientales de agua y almacenamiento de carbono en los bofedales de dos sitios piloto del páramo ecuatoriano. Para determinar las reservas de carbono recolectó muestras y para estimar el valor económico utilizó el método de costo del daño evitado. En sus resultados reportó que en el primer sitio piloto Oña-Nabón-Saraguro se obtuvo un valor económico del servicio ambiental de

almacenamiento de carbono en el suelo de \$ 2,908,256 y en el segundo sitio piloto Frente Suroccidental de Tungurahua fue \$ 15,348,684.

Villares (2012), valoró económicamente el almacenamiento de agua y carbono en los bofedales de Mechahuasca y Paylacocho en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. Para realizar el cálculo porcentual del carbono orgánico recolectó muestras de suelo que fueron enviadas al laboratorio y la valoración económica fue determinado en base al costo social del carbono, la cual fue 17 \$/ton CO₂. Los resultados revelaron que el valor económico de almacenamiento de carbono en el bofedal de Mechahuasca es de 151,813 \$/C anual y 179,243.14 \$/C anual en Paylacocho, de esta manera el valor económico de los bofedales de la comunidad de Yacupartina fue 331,056.14 \$/C anuales.

Hribljan et al. (2015), cuantificaron las reservas de carbono en la biomasa del suelo de los bofedales de Manasaya y Tuni, las cuales se ubican dentro de la ecorregión de puna del noroeste de Bolivia. A una profundidad de 5 m en la turbera de Manasaya reportó una reserva de carbono de 1,040 tC/ha y a una profundidad de 5.5 m en la turba de Tuni fue 572 tC/ha.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Humedales

Son una variedad de cuerpos de agua poco profundos, caracterizados por inundaciones permanentes o temporales, los cuales permiten la existencia y desarrollo de la biota acuática (Lewis, 1995). La duración de la inundación debe ser superior al 5% de la temporada de crecimiento para permitir el desarrollo de suelos acuíferos y al menos el mantenimiento regular de la vegetación acuática predominantemente (Environmental Laboratory, 1987; Mitsch y Gosselink, 2000).

Los humedales están constituidos por 3 principales características o componentes (Hernández, 2010):

- Suelos hídricos: Son aquellos que se forman en condiciones de inundación y durante un tiempo suficiente (más del 5% de la temporada de crecimiento). Crean condiciones anaeróbicas en la parte superior y favorecen el crecimiento de las plantas acuáticas.
- Macrófitas o hidrófitas: Son plantas acuáticas adaptadas a vivir en suelos inundados. El término incluye a especies herbáceas y leñosas. Las plantas proporcionan hábitats estructurales importantes para taxones como las bacterias epífitas, perifiton, peces y macroinvertebrados.
- Agua: La hidrología es muy diversa y dinámica. El gradiente de salinidad se dirige desde el agua salina a agua dulce y pueden o no estar influenciados por las mareas. Los humedales, por lo general, están conectados con un cuerpo de fuente superficial, como lagos, estanques, ríos y océanos. Sin embargo, también hay humedales que están aislados de aguas superficiales y tienen conexión con aguas subterráneas.

A nivel mundial los humedales cuentan con el 50% del carbono almacenado en el suelo (Mitsch y Gossilink, 2000), presentándose como sumideros de carbono (Galicia et al., 2016) y, por lo tanto, son partícipes en la mitigación de los efectos del cambio climático (Lolu et al., 2020). Además, su importancia de proveer otros servicios ecosistémicos, como el balance hídrico, el mantenimiento de la biodiversidad, la producción de alimentos, ciclo de nutrientes y otros (Hernández, 2010).

En el Perú, de acuerdo a la Estrategia Nacional de Humedales (MINAM, 2013), se cuenta con una gran variedad de estos ecosistemas, que se clasifican en:

- a. **Humedales costeros:** manglares, lagunas, estuarios, albuferas, deltas, oasis y pantanos.
- b. **Humedales andinos:** bofedales, puquios, lagunas, lagos, turberas y humedales de páramos.

c. Humedales amazónicos: pantanos (aguajales, renacerles, pungales, mixtos de palmeras, herbáceos y arbustivos), lagos, lagunas, bosques de tahuampa y sabanas inundables de palmeras.

2.2.2. Bofedal o humedal altoandino

Son conocidos como “oconales”, “turberas”, “humedales”, “vegas andinas” y otros. Se caracterizan por tener un tipo de pradera nativa con vegetación siempre verde, humedad permanente y alto potencial productivo (Alzérreca, 1988); generalmente se encuentran en las zonas altoandinas de los Andes tropicales y subtropicales ubicados de 3,800 a 5,000 m.s.n.m. (Estenssoro, 2015). Entre las características de estos ecosistemas destacan los suelos ricos en materia orgánica vegetal, parcialmente descompuesta y por estar saturados de humedad (Osaki y Tsuji, 2015).

Se alimentan del agua proveniente de los manantiales, arroyos, deshielo y precipitaciones, siendo unas más importantes que otras, dependiendo de las características del bofedal (Salvador y Cano, 2002). Estos tipos de ambientes con saturación de agua casi permanente, sumado a otros factores, condicionan la presencia de una diversidad única (Maldonado-Fonkén, 2014). La flora de los bofedales está adaptada a las condiciones ambientales extremas de la Puna Altoandina. Se caracterizan por presentar un microrelieve fuertemente ondulado con una compleja red de canales o cursos de agua. Este microrelieve está relacionado con la dominancia de las especies herbáceas en “cojines” compactas sobre las especies rizomatosas que forman los céspedes planos o regulares de los tipos vegetacionales de vegas. Además, están asociados a cursos de agua de flujo permanente, con alto concentración de oxígeno y baja salinidad. No obstante, lo anterior, es posible encontrar bofedales en laderas de montañas o conos volcánicos, donde existen vertientes o nacen ríos superficiales o subsuperficiales (Alegría y Lillo, 2003).

La composición y diversidad botánica de los bofedales varían de acuerdo a la ubicación, altitud, topografía, humedad, exposición, latitud e influencia de ganado (Ruthsatz, 2012).

2.2.3. Servicios ecosistémicos de los humedales altoandinos

Los bofedales brindan servicios ecosistémicos que constituyen patrimonio de la nación y pueden dividirse en servicios de provisión, regulación, apoyo y cultural (Havstad et al., 2007), pero aquellos referidos al abastecimiento de agua, forraje y carbono vienen cobrando importancia en el contexto del cambio climático. La lista de los servicios ambientales proporcionados por los bofedales se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Servicios ambientales provistos por los bofedales

Tipología	Servicios ecosistémicos del bofedal
Provisión	Agua dulce
	Forraje
Regulación	Captura de carbono
	Control de la erosión del suelo
	Regulación de inundaciones
	Cantidad y calidad de agua
	Purificación de agua
	Sedimentación y carga de nutrientes
	Almacenamiento de agua
	Regulación del clima local
Apoyo	Refugio de fauna silvestre
	Cobertura y hábitat para reproducción
	Migración de animales silvestres
	Funcionamiento del ciclo hidrológico
	Mantenimiento de los ciclos de vida
Culturales	Belleza escénica y paisajística
	Patrimonio cultural
	Recreación y turismo

Fuente: Sotil y Flores (2014)

2.2.4. Servicio ambiental de fijación y almacenamiento de carbono

La fijación y almacenamiento de carbono, es un servicio ambiental que se genera en el proceso de la fotosíntesis. En este proceso las plantas

transforman el carbono atmosférico (CO₂) a carbono orgánico, para luego almacenarlo en los sistemas vegetales aéreo y radicular (Cuéllar et al., 1999).

Para mitigar los efectos del cambio climático, se busca retener o acumular el CO₂ en la biomasa vegetal, aumentar la fijación de carbono, almacenarlo el mayor tiempo posible en la biomasa y suelo; asimismo, reducir la tasa de liberación de carbono en los sumideros existentes. En ese sentido, los bosques tropicales, las plantaciones forestales y las prácticas agroforestales, y en general, aquellas actividades que lleven a la expansión de una cobertura vegetal permanente, pueden cumplir la función de sumideros de carbono (Cuellar y Salazar, 2016). La fijación y almacenamiento de carbono beneficia a la comunidad local, nacional e internacional; pero es generalmente aceptado que los países desarrollados son los que más se benefician de ese servicio, al compensar la concentración de carbono en la atmósfera, producto de las emisiones de GEI (Ávila, 2000).

2.2.5. Carbono almacenado

Es la cantidad de carbono contenido en un ecosistema vegetal. Tiene en cuenta criterios como tipo de bosque o vegetación, densidad de la madera, factores de ajuste que son datos de biomasa basados en volúmenes por hectárea de inventarios forestales (Segura, 1997). Por lo general, el carbono se encuentra almacenado en cuatro almacenes: biomasa viva por encima del suelo (vegetación), hojarasca, raíces y carbono orgánico del suelo (Snowdon et al., 2002). El carbono almacenado se expresa en toneladas de carbono por hectárea (tC/ha) o unidades equivalentes de Mg ha⁻¹ (Dávalos et al., 2008).

2.2.6. Captación o secuestro de carbono

Es la incorporación de sustancias que contienen carbono, en particular, dióxido de carbono (CO₂), a un reservorio o depósito. Desde un enfoque ecológico, consiste en la remoción directa de CO₂ de la atmósfera mediante el cambio de uso del suelo, la forestación, reforestación, renovación de la vegetación, almacenamiento de carbono en vertederos, y otras prácticas que aumentan el contenido de carbono (IPCC, 2014).

A escala mundial se considera que la biosfera terrestre fija cerca de 2,000,000 toneladas/año (UNESA, 2005). Este valor es el resultante de la pequeña diferencia entre la absorción fotosintética de CO₂ y las pérdidas por respiración, descomposición de la materia orgánica y perturbaciones de diferente naturaleza. A este valor se le denomina producción neta de la biosfera (PNB), y es la cantidad que a largo plazo queda almacenada en el sumidero (Castaño et al., 2012). El dióxido de carbono absorbido por las plantas es el resultado de la diferencia entre el CO₂ atmosférico secuestrado por la fotosíntesis y el CO₂ liberado durante la respiración. Esta diferencia es convertida en biomasa y suele oscilar entre el 45% y 50% del peso seco de la planta (Castaño et al., 2012).

2.2.7. Sumidero de carbono

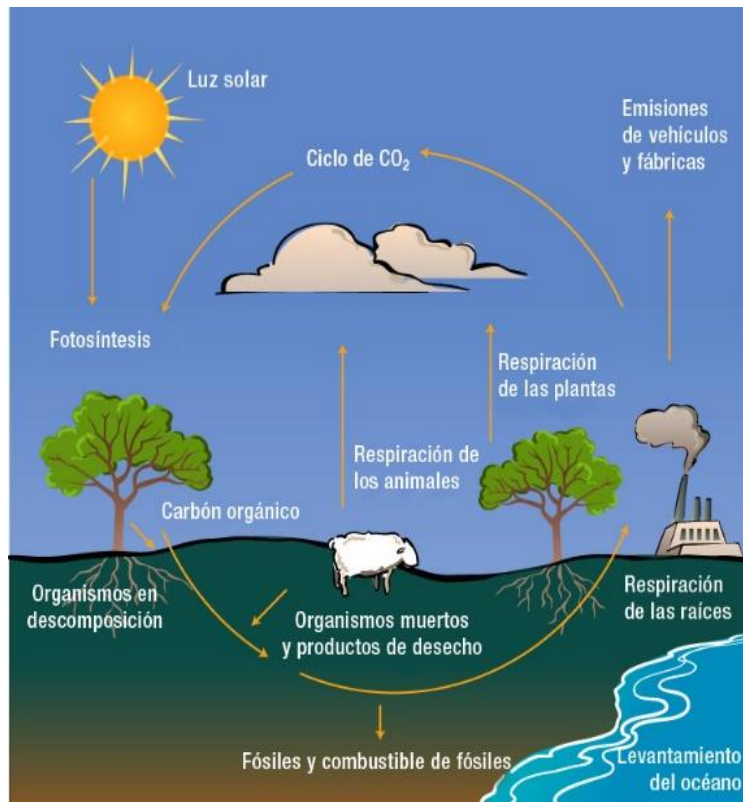
Es todo sistema o proceso que extrae y almacena uno o más gases de la atmósfera. Las especies vegetales actúan como sumideros de carbono por su función vital principal, la fotosíntesis. A través de esta función, las plantas secuestran el dióxido de carbono que compensa tanto las pérdidas de este gas que se producen por la respiración como las emisiones de otros procesos naturales, como la descomposición de la materia orgánica (Carvajal et al., 2010).

2.2.8. Ciclo de carbono

Es un conjunto de cuatro depósitos interconectados: la atmósfera, la biosfera terrestre (incluyendo los sistemas de agua dulce), los océanos y los sedimentos (incluso los combustibles fósiles; Ciesla, 1996). El ciclo empieza con la fijación del dióxido de carbono atmosférico a través del proceso de la fotosíntesis y ciertos microorganismos. En este proceso, el dióxido de carbono y el agua reaccionan para formar carbohidratos, de esta manera liberan oxígeno que ingresa a la atmósfera. Algunos de los carbohidratos se consumen directamente para proporcionar energía a la planta, y el dióxido de carbono resultante se libera a través de sus hojas o raíces. Otros carbohidratos son consumidos por los animales, que también liberan CO₂ en sus procesos metabólicos. Finalmente, las plantas y los animales muertos son

descompuestos por microorganismos del suelo, lo que da como resultado que el carbono de sus tejidos se oxide a CO_2 y se devuelva a la atmósfera (Orellana et al., 2012). El proceso se esquematiza en la Figura 1.

Figura 1
Ciclo del carbono



Fuente: Orellana et al. (2012)

2.2.9. Ciclo de carbono en los humedales

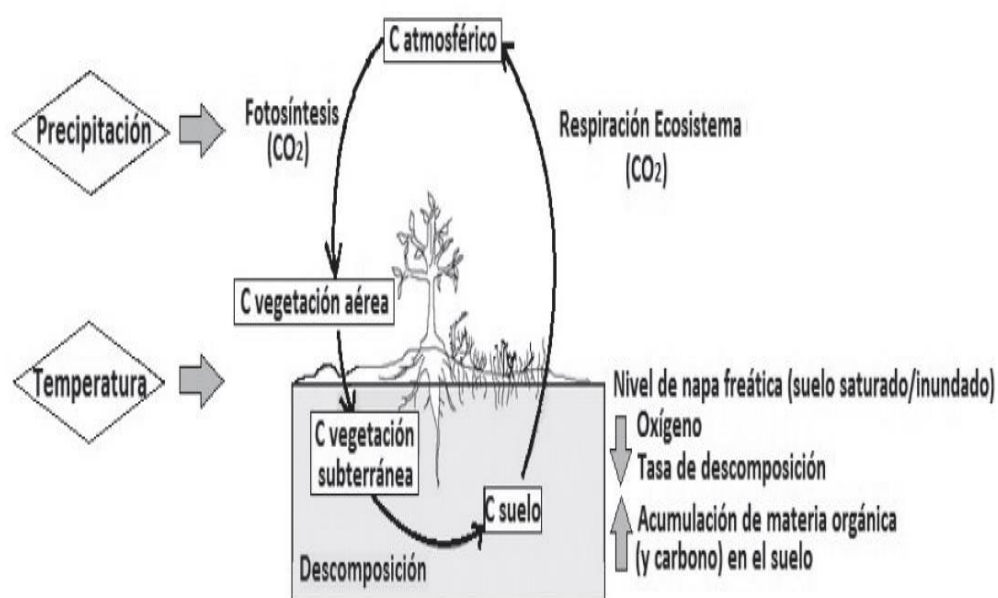
Una función importante de los humedales es la regulación en el ciclo del carbono. A pesar que representan el 3% de toda la superficie terrestre, guardan el 40% del carbono generado en el planeta, evitando así la emisión de millones de toneladas de CO_2 a la atmósfera. Estos ecosistemas capturan 12 veces más dióxido de carbono que las selvas (Flores, 2016).

En los humedales, las plantas a través de la fotosíntesis, extraen el carbono de la atmósfera (en forma de CO_2) y lo transforman en biomasa viva (aérea, subterránea y suelo). La biomasa al descomponerse pasa a formar parte del suelo (humus) o en dióxido de carbono a través de la respiración de

los microorganismos que procesan la biomasa (Morales, 2010; Carvajal et al., 2010). La precipitación y la temperatura son dos parámetros externos que tienen efecto sobre el ciclo del carbono (Enriquez y Cremona, 2017). La Figura 2, muestra el ciclo del carbono en los humedales.

Figura 2

Ciclo del carbono en humedales



Fuente: Enriquez y Cremona (2017)

2.2.10. Captura y almacenamiento de carbono en los humedales

En términos de producción de biomasa, los humedales altoandinos se encuentran entre los ecosistemas más productivos de la tierra, almacenando mayor cantidad de carbono por unidad de área (Lolu et al., 2020). Estos ecosistemas presentan un alto potencial de secuestro y reciclaje de CO₂, porque las plantas capturan el carbono de la atmósfera y lo transforman en biomasa, uniéndose al ciclo de carbono, creando una relación entre los distintos factores bióticos, abióticos y antropogénicos (Galicia et al., 2016; Marín et al., 2011).

La acumulación neta de carbono en los humedales es el resultado de la productividad primaria y la acumulación de sustancias orgánicas alóctonas, menos la descomposición de materia orgánica en el suelo. Este balance,

indica si los humedales actúan como fuentes de gases de efecto invernadero o como trampas de carbono. La acumulación de carbono en los humedales se realiza en dos componentes principales, la biomasa vegetal y el suelo (Hernández, 2010).

Las estimaciones de stocks, captura y emisión de carbono de los humedales son muy variables ya que dependen de una serie de factores como la topografía, la hidrología, temperatura, humedad del suelo, el microclima, salinidad, pH y el tipo de especie dominante (que regula la productividad y la composición química de la materia orgánica que ingresa al sistema (Arellano et al., 2013).

2.2.11. Flujos de carbono en los humedales

En los humedales existen tres grandes almacenes de carbono: la biomasa aérea de árboles o vegetación herbácea (hojas, tallos, troncos y ramas), la biomasa subterránea (raíces) y el carbono de la materia orgánica almacenada en el suelo (Hernández, 2010).

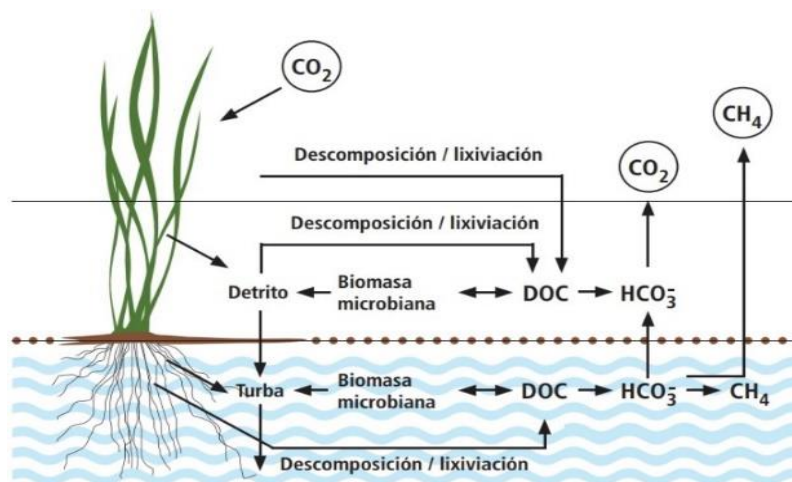
En la descomposición del carbono orgánico en los humedales se originan procesos aeróbicos y anaeróbicos. En condiciones anaerobias, la oxidación de la materia orgánica es lenta, lo que origina la acumulación de materia orgánica en los sedimentos, que a su vez depende del balance entre las entradas (materia orgánica autóctona producida más la materia orgánica alóctona producida *ex situ*) menos las salidas de materia orgánica. Las salidas se deben a la descomposición de compuestos solubles y suspendidos en condiciones de inundación y erosión (Hernández, 2010).

Las diversas reacciones bioquímicas que usan carbono se llevan a cabo en los humedales debido a la abundancia de materia orgánica, lo que facilita la actividad microbiana. Los procesos microbianos de conversión de carbono son la respiración en la zona aerobia, mientras que la metanogénesis, la fermentación, la reducción de nitrato, hierro y sulfato se origina en la zona anaerobia (Hernández, 2010). Estos procesos microbianos determinan los flujos de carbono en el agua y a la atmósfera (CO_2 y CH_4) (Hernández y

Barceló, 2018). La Figura 3, muestra el proceso de flujo del carbono en los humedales.

Figura 3

Flujo del carbono en humedales



Fuente: Arellano et al. (2013)

2.2.12. Secuestro de carbono orgánico en los suelos

Es el proceso mediante el cual las especies vegetales o los residuos orgánicos fijan el carbono de la atmósfera y lo almacenan en el suelo. En el caso del dióxido de carbono, el secuestro del carbono orgánico del suelo consta de tres etapas: 1) la remoción del CO_2 de la atmósfera a través de la fotosíntesis de las plantas; 2) la transferencia de carbono del CO_2 a la biomasa vegetal; y 3) la transferencia de carbono de la biomasa vegetal al suelo donde se almacena en forma de COS en la reserva más lábil. Dentro de esta reserva existe una mayor tasa de rotación (días - pocos años), engloba los residuos vegetales recientemente incorporados y se puede descomponer por la fauna del suelo, provocando generalmente emisiones de CO_2 (Kane, 2015).

El carbono recién agregado puede estabilizarse en el suelo mediante una serie de mecanismos (Six et al., 2002; Six et al., 2006; Jastrow et al., 2007; Kane, 2015). Químicamente, el carbono se puede adsorber fuertemente a las arcillas, a través de enlaces químicos, evitando que los organismos consuman carbono. Físicamente, el carbono puede estabilizarse a través de

su aislamiento dentro de micro y macro agregados del suelo donde es inaccesible para los organismos del suelo. Bioquímicamente, el carbono puede ser resintetizado en estructuras moleculares complejas que evitan la descomposición. Estos tres mecanismos dependen de factores bióticos, abióticos y de gestión que determinan la eficacia de estabilización del carbono en el suelo (Six et al., 2006; Kane, 2015).

Beare et al. (2014) determinaron que, a mayor profundidad, los suelos tienen una mayor capacidad de almacenar carbono adicional en comparación con las capas superiores, debido a una mayor diferencia entre el contenido de COS existente y el valor de saturación de COS. La acumulación de carbono estabilizado con largos tiempos de residencia en horizontes profundos del suelo puede deberse al transporte continuo, a la fijación temporal y al procesamiento microbiano del carbono orgánico disuelto dentro del perfil del suelo (Kaiser y Kalbitz, 2012) o a la estabilización de la materia orgánica derivada de la raíz en la matriz del suelo (Rasse et al., 2005).

2.2.13. Dinámica del carbono orgánico en los suelos

La cantidad de carbono orgánico (CO) en el suelo es tres veces mayor que la almacenada en la vegetación (Eswaran et al., 1993). Se estima que la reserva de COS posee alrededor de 1,500 Petagramos de carbono (PgC) en el primer metro del suelo, lo cual supone más carbono que el contenido en la atmósfera (aproximadamente 800 PgC) y la vegetación terrestre (500 PgC) combinados (FAO y ITPS, 2015).

El CO₂ atmosférico es sintetizado en material orgánico, por los organismos autótrofos (principalmente plantas), microbios fotoautótrofos y quimioautótrofos. Dicho material muerto es incorporado al suelo, lo que conlleva la entrada de carbono en el suelo por parte de microorganismos heterótrofos. Este proceso de transformación de la materia orgánica da como resultado una mezcla biogeoquímica compleja de residuos vegetales y productos de degradación microbiana (Lützow et al., 2006; Paul, 2014) que pueden asociarse con minerales del suelo y ocluirse dentro de agregados, permitiendo la persistencia del COS en el suelo durante décadas, siglos o

incluso milenios (Schmidt et al., 2011). Cuando la materia orgánica del suelo (MOS) se descompone, el CO₂ se libera a la atmósfera. Finalmente, el carbono se exporta parcialmente de los suelos a los ríos y océanos en forma de carbono orgánico disuelto (COD; Keiluweit et al., 2015).

La cantidad de COS almacenada depende del equilibrio entre la cantidad de carbono que entra y sale del suelo como gases de respiración basados en carbono, procedentes de la mineralización microbiana y, en menor medida, de la lixiviación del suelo como COD (FAO, 2017).

2.2.14. Acumulación de carbono en los suelos de humedales

El contenido de carbono en los suelos de diferentes ecosistemas es el resultado del balance entre la productividad primaria (fijación de carbono mediante el proceso de fotosíntesis) y la actividad de los microorganismos del suelo (descomposición). La ecuación es simple: cuando el ingreso de carbono es mayor que el egreso, éste puede acumularse en el suelo. En los humedales, la productividad suele ser muy elevada, siendo comparable a veces con los bosques tropicales. Además, el suelo de los humedales se inunda disminuyendo la temperatura y la concentración de oxígeno, lo que afecta a la actividad de los microorganismos descomponedores. De esta manera, el carbono se acumula en el suelo de un humedal que típicamente se caracteriza por ser profundo y muy rico en materia orgánica (Enriquez y Cremona, 2017).

2.2.15. Efecto del cambio de uso de suelo en el servicio ambiental de secuestro de carbono

Los principales gases que aportan al efecto invernadero son el CO₂, CH₄ y NO₂ (Arévalo et al., 2003). Entre ellos, un tercio de las emisiones de CO₂ en los últimos dos siglos provienen del cambio de uso del suelo, principalmente la deforestación. Contribuye a las emisiones de dos formas: al eliminar la cubierta vegetal que secuestra carbono y expone el suelo a la descomposición, y también cuando se quema la vegetación talada. Esta eliminación de vegetación reduce el albedo (Pilkey y Pilkey, 2011).

El cambio de uso de suelo altera la cubierta vegetal, lo que provoca modificaciones en las propiedades físicas, químicas y microbianas del suelo. Los aportes de materia orgánica, en forma de mantillo, reducen la densidad aparente y erosión, incrementan la fertilidad, la tasa de infiltración y la retención de agua (Huang et al., 2016). Igualmente, conduce a una pérdida de carbono en el suelo, resultado de diversos grados de perturbación humana (Smith et al., 2016).

En humedales herbáceos y arbóreos potrerizados, una alta carga ganadera modifica el funcionamiento del ecosistema y degrada los servicios ecosistémicos. Provoca cambios en la composición florística y funcionamiento del suelo. Las bajas cargas ganaderas, de una o dos cabezas por hectárea cuando no se cambia el flujo de agua ni se introducen especies vegetales exóticas, resultan actividades productivas sustentables (Moreno, 2016).

2.2.16. Valoración económica ambiental

Es una tentativa de fijar un valor cuantitativo y monetario a los bienes y servicios proporcionados por los recursos o sistemas ambientales, ya sea que se cuente o no con precios de mercado (Lambert, 2003). En una economía existe gran cantidad de bienes y servicios ambientales que no necesariamente operan en un mercado en la cual se generan y descubren los precios respectivos, pero que necesitan valoración (Yomary y Alvarez, 2013).

El propósito de la valoración es recopilar información y facilitar la toma de decisiones en áreas como manejo y regulación ambiental. Los resultados son de utilidad en el diseño y aplicación de la política pública, como los casos de política tributaria, subsidios, políticas de conservación o restricciones normativas ambientales (Tomassini, 2000).

a. Métodos de valoración económica

Son los distintos métodos que el análisis económico proporciona para tratar de descubrir el valor de los servicios de la biósfera y que importancia concede la persona a las funciones que éste desempeña. El problema estriba en que estos bienes y servicios carecen de mercado, debido a ello, la persona

no revela explícitamente lo que para ella significa el acceso a sus servicios. Ha de buscarse, por tanto, algún camino que descubra este valor (Azqueta, 2007).

La elección del método depende generalmente del objetivo de la valoración, la información disponible, el bien o servicio ecosistémico, el tipo de valor económico, los recursos financieros, el tiempo, entre otros (MINAM, 2016). En la Tabla 2 se presentan los métodos de valoración económica de servicios ecosistémicos, las cuales se agrupan en cuatro categorías principales:

Tabla 2

Métodos de valoración económica ambiental

Metodos de Valoración (Categorías)	Tipo de Método
Valores de mercado: Proporcionan información sobre los servicios ecosistémicos en base a la información del mercado disponible.	MPM (Método de precios de mercado), es el más conocido y permite la estimación de valores de uso directo.
Preferencias reveladas: Permite estudiar como las personas revelan el valor que le dan a un bien o servicio ecosistémico, mediante el análisis de su comportamiento en los mercados reales de bienes en relación a ellos.	MCP (Método de cambios de la productividad).
	MCV (Método de costo de viaje).
	MPH (Método de precios hedónicos).
Preferencias declaradas: Se utilizan cuando no se dispone de los precios de mercado. La información se obtiene directamente de los individuos a través de cuestionarios, entrevistas o encuestas, en un mercado hipotético.	MCE (Método de costos evitados)
	MVC (Método de valoración contingente).
Transferencia de beneficios: Permite inferir valores o funciones estimadas a partir de otros estudios en base a determinados métodos de valoración económica.	MEE (Método de experimentos de elección).
	TB (Transferencia de beneficios).

Fuente: (MINAM, 2016)

b. Método de precios de mercado

Es el método más fácil de asignar valor a los bienes y servicios que brindan los ecosistemas, para ello, utiliza los precios existentes en el mercado nacional o internacional (MINAM, 2016). Los precios están determinados por la oferta y la demanda entre productores y consumidores (Figueroa, 2010). El valor de uso de los bienes y servicios comercializados en el mercado es una estimación del excedente del consumidor y productor utilizando datos de cantidad y precios de mercado. Para valorar adecuadamente este tipo de bienes debe elegirse el mercado adecuado, que funcione de manera eficiente; es decir, un mercado competitivo que no presente distorsiones aparentes (MINAM, 2016).

c. Valoración económica de la captura de carbono

Para establecer la valoración del servicio de sumidero de carbono se han utilizado diversos precios de referencia. Por ejemplo, el Gobierno de Costa Rica, en una negociación con el Gobierno de Noruega concertó un precio de \$ 10.00 por tonelada de carbono para las opciones de carbono almacenado, retenido y secuestro de carbono (Ortiz et al., 1998).

Los precios del Gobierno de Costa Rica estaban muy por debajo de los encontrados por Segura (1999), los cuales varían para la región de Corinto entre \$ 18.30 y 43.50 por tonelada de carbono; mientras que para Tirimbina el precio mínimo reportado fue de \$ 20.00 y el máximo de \$ 22.60 por tonelada de carbono. Es importante indicar que esta valoración fue hecha en terrenos de aptitud de conservación, los cuales son exclusivos para este uso, por lo que no existe verdaderamente un costo de oportunidad.

Reducir una tonelada de CO₂ en un país industrializado cuesta entre \$ 80.00 y 120.00 (Chambi, 2001), mientras que para un país en vía de desarrollo es generalmente bajo (Castro, 2005). De un análisis de ocho proyectos forestales de secuestro de carbono, en países en desarrollo, el costo de una tonelada de carbono fue de US\$ 12.00, y fluctuaba entre \$ 3.00 y 35.00 (Ridley, 1997, citado por Baldoceca, 2001). Swisner y Masters (1992, citado

por Baldoceda, 2001) presentaron valores parecidos que fluctúan entre \$ 3.00 y \$ 25.00. MINAM (2020), refiere que en Perú el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) ha valorizado el carbono en 7.17 \$/tCO₂. Por otro lado, Baldoceda (2001) encontró que el costo del secuestro de carbono en la Zona de Neshuya-Curimana (Pucallpa), en Perú, es de \$ 13.60 por tonelada secuestrado anualmente. El valor económico que posee el servicio de almacenamiento de carbono es una forma de transmitir a la sociedad la urgente necesidad de promover la conservación de los ecosistemas de manera que se puedan mitigar los efectos de cambio climático (Bañolas et al., 2020).

d. El mercado del carbono

Es el conjunto de los distintos sistemas de comercio que las personas, empresas y gobiernos hacen uso para comprar y vender productos que representan toneladas mitigadas y/o capturadas de dióxido de carbono u otros gases de efecto invernadero (Mendiola et al., 2008). El mercado de carbono se originó en el año 1992, cuando se firmó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC), que tiene como objetivo principal que los países deben tomar medidas para anticipar, prevenir o minimizar las causas del cambio climático (Peña y Bent, 2007). Reuniones posteriores dieron lugar, en 1997, al Protocolo de Kyoto el cual define la arquitectura del mercado de carbono, estableciendo objetivos de reducción de emisiones para los países desarrollados, así como los mecanismos de mercado diseñados para aminorar el costo de su implementación (Peña y Bent, 2007). En el Protocolo existen tres mecanismos que los países suscriptores pueden utilizar para cumplir con sus compromisos declarados (Mendiola et al., 2008):

- **Comercio Internacional de Emisiones:** Permite negociar las reducciones de carbono entre países desarrollados a partir de compras de derechos de emisión a países que están por debajo de sus cuotas. Las unidades que se comercializan mediante este mecanismo se denominan Assigned Amount Units (AAU's).

- **Implementación Conjunta:** Consiste en la inversión de países desarrollados en proyectos que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero. Los países que efectúen inversiones en otros obtendrán un costo menor al de su ámbito nacional. Por lo tanto, el país receptor se beneficiará de la inversión y la tecnología incluidas en el proyecto. De esta forma, el país o empresa que realizó la inversión recibe un certificado de reducción de emisiones. Las unidades que se transfieren bajo este mecanismo se denominan Emission Reduction Units (ERU's).
- **Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL):** Este es el único mecanismo que involucra la participación de países en vías de desarrollo, permite que proyectos de inversión hechos en países en desarrollo puedan recibir ingresos económicos adicionales a través de la venta de créditos de carbono conocidos como “Certificados de Emisiones Reducidas” (CERs), al disminuir la emisión de los gases de efecto invernadero a la atmósfera o secuestrando dióxido de carbono (CO₂). El objetivo del MDL es apoyar a los países en desarrollo a lograr un desarrollo sostenible, así como ayudar a los países con metas de reducción a cumplir con sus compromisos cuantificados (Eguren, 2004).

El mercado global de carbono ha surgido debido a la percepción de que en el futuro las restricciones a la emisión de GEI serán mayores. Estas restricciones se reflejan en el Protocolo de Kyoto que a su vez motiva que entidades internacionales, países y corporaciones tomen medidas proactivas sobre el asunto (Eguren, 2004). En este contexto, América Latina se ha convertido en la región de países en desarrollo más activa en este mercado con alrededor de \$ 210,600,000 de créditos de carbono negociados mediante el Mecanismo de Desarrollo Limpio, y ha mostrado un optimismo de que este mercado puede ser una herramienta útil para el desarrollo sostenible de la región (Eguren, 2004). Según la Junta Ejecutiva MDL de la ONU, de los 844 proyectos MDL registrados el 35.6% (300) provienen de países anfitriones ubicados en América Latina y el Caribe, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3*América Latina en el mercado de carbono (a noviembre 2007)*

Región	N° de proyectos MDL	Participación (%)
África	23	2.7
América Latina y el Caribe	300	35.6
Asia Pacífico	515	61.0
Otros	6	0,7
Total	844	100

Fuente: Mendiola et al. (2008)

La participación de 61% de la región Asia Pacífico, se explica porque China e India tienen industrias de mayor envergadura. África, en este aspecto, se ha retrasado y sus incipientes economías no resultan atractivas para los grandes inversionistas. En América Latina y el Caribe, destacan Brasil y México que aportan el 70% de los proyectos. Esto se debe a que ambos países tienen las economías más grandes de la región. De los 300 proyectos que se muestran, no todos han recibido el CER, pues muchos están en proceso de maduración. Sin embargo, hasta el 8 de noviembre del 2007, Brasil había recibido cerca de \$ 14,500,000 de dichos certificados, que representan el 73.2% de los que América Latina y el Caribe recibieron (Mendiola et al., 2008).

Costa Rica fue el primer país del mundo en diseñar un mecanismo para lograr un pago por la reducción de GEI a través del manejo forestal. De esta forma, en febrero de 1997, el gobierno costarricense vendió a Noruega los primeros certificados por reducciones de CO₂, denominados Certified Tradable Offsets (CTO), por un total de 2 mil millones de dólares (Mendiola et al., 2008). Según la revista internacional Point Carbon de febrero del 2007, el Perú ocupa el noveno puesto en el ranking mundial de los países más atractivos para el desarrollo de proyectos MDL. Esta lista es liderada por China, India y Chile (Mendiola et al., 2008). El Perú ha contribuido exitosamente en los mercados internacionales de carbono regulados y voluntarios, con más de 60 proyectos en el MDL (MINAM, 2020).

2.3. Definición de términos básicos

- **Absorción**

Aspirar el dióxido de carbono contenido en la atmósfera y retenerlos en las células del árbol en sus diferentes componentes (fuste, raíces, follaje y ramas) y la vegetación aérea (Segura, 1997).

- **Aeróbico**

Proceso bioquímico que necesita de oxígeno libre. Se aplica a los microorganismos que requieren oxígeno para vivir o desarrollarse (Fraume, 2007).

- **Albedo**

Porción de radiación solar reflejada por un objeto o superficie (IPCC, 2001).

- **Anaerobio**

Proceso bioquímico que no necesita de oxígeno libre. Por extensión, se refiere al organismo que vive solo en ausencia de oxígeno (Fraume, 2007).

- **Almacenamiento**

Es la capacidad que tienen los ecosistemas para almacenar o guardar el carbono en la biomasa (Segura, 1997).

- **Biomasa**

Masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dados; se suele considerar biomasa muerta el material vegetal muerto recientemente (IPCC, 2001).

- **Biosfera**

Espacio de aire, tierra y agua que está habitada por los seres vivos, que abarca desde aproximadamente 10 kilómetros de altitud en la atmósfera hasta el más profundo de los fondos oceánicos (Fraume, 2007).

- **Cambio climático**

Fenómeno natural terrestre, por medio del cual y periódicamente se presentan cambios en la totalidad del clima terrestre (Fraume, 2007).

- **Composición florística**

Se define como el conjunto de plantas de diferentes especies que conforman un tipo de formación vegetal natural o plantada (Aguirre, 2013).

- **Dióxido de carbono**

Es el principal causante del efecto invernadero, compuesto por un átomo de carbono y dos de oxígeno. Se encuentra en la atmósfera en pequeñas porciones, asimismo es la única fuente de carbono para las plantas (Fraume, 2007).

- **Forraje**

Material vegetal que, cortándolo, se utiliza como alimento para los animales domésticos (Fraume, 2007).

- **Gases de efecto invernadero**

Son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto antropogénicos como naturales, que se encargan de absorber y emitir radiación infrarroja. Entre los principales encontramos dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano (COVDM) (Fraume, 2007).

- **Hojasasca**

Comprende toda la biomasa no viva con un tamaño superior que el límite establecido para la materia orgánica del suelo (sugerido 2 mm) y menor que el diámetro mínimo seleccionado para la madera muerta (p. ej. 10 cm), que yace muerta, en diversos estados de descomposición por encima o dentro del suelo mineral u orgánico (Rojas y Bahamondez, 2021).

- **Precio**

Es la cantidad de dinero que un comprador entrega al vendedor a cambio de un bien o un servicio. (MINAM, 2016).

- **Servicios ambientales**

Beneficios difusos que brinda a la sociedad una determinada área natural, en virtud de su existencia como tal, los que son generalmente difíciles de expresar en valor económico (Fraume, 2007).

- **Sumidero de carbono**

Son todos aquellos ecosistemas que retiran el dióxido de carbono de la atmósfera, mediante los cuales la fotosíntesis acumula mediante compuestos orgánicos al carbono, y que pasan a formar parte de la biomasa y también de la materia orgánica del suelo, generando formas de disminución del efecto invernadero (Martino, 2000).

- **Reserva de carbono**

Es la cantidad de carbono existente en un “depósito”, o sea una reserva o sistema capaz de almacenar o liberar el carbono (FAO, 2004).

- **Valor económico**

Es un valor relativo e instrumental, establecido en unidades monetarias basada en las preferencias individuales de las personas. En este sentido, es el bienestar que se genera a partir de la interacción del sujeto (individuo o sociedad) y el objeto (bien o servicio) en el contexto donde se realiza esta interrelación (MINAM, 2016).

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de Investigación

3.1.1. Según su naturaleza, profundidad y/o alcance

El trabajo de investigación es descriptivo, dado que se describen las características florísticas y las reservas de carbono almacenado en el humedal Pampa Shonquil.

3.1.2. Según su propósito o aplicación

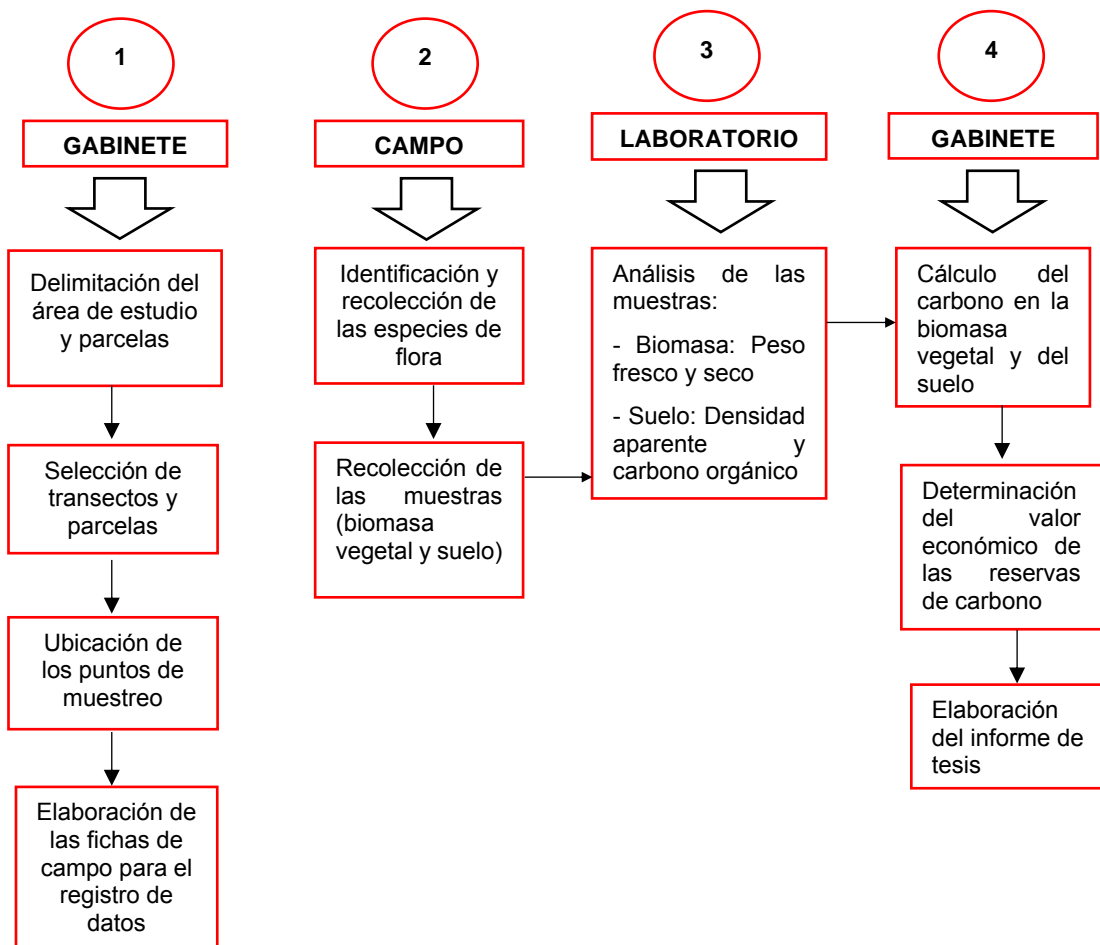
La presente investigación es de tipo básica, pues permite comprender de mejor manera la distribución del carbono almacenado en la biomasa aérea, radicular y en el suelo del humedal Shonquil, su relación con la diversidad florística y el valor económico asociado.

3.2. Diseño de Investigación

La investigación fue no experimental, pues no se manipularon variables, por el contrario, se observó y analizó el fenómeno tal y como ocurre en su contexto natural. Para el desarrollo de trabajo de investigación se empleó el siguiente diagrama de flujo:

Figura 4

Diagrama de flujo de la investigación



3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población del presente estudio corresponde al área total del humedal Pampa Shonquil, cuya superficie alcanza 50.08 hectáreas.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por cinco parcelas de 0.01 hectáreas.

3.4. Métodos o técnicas

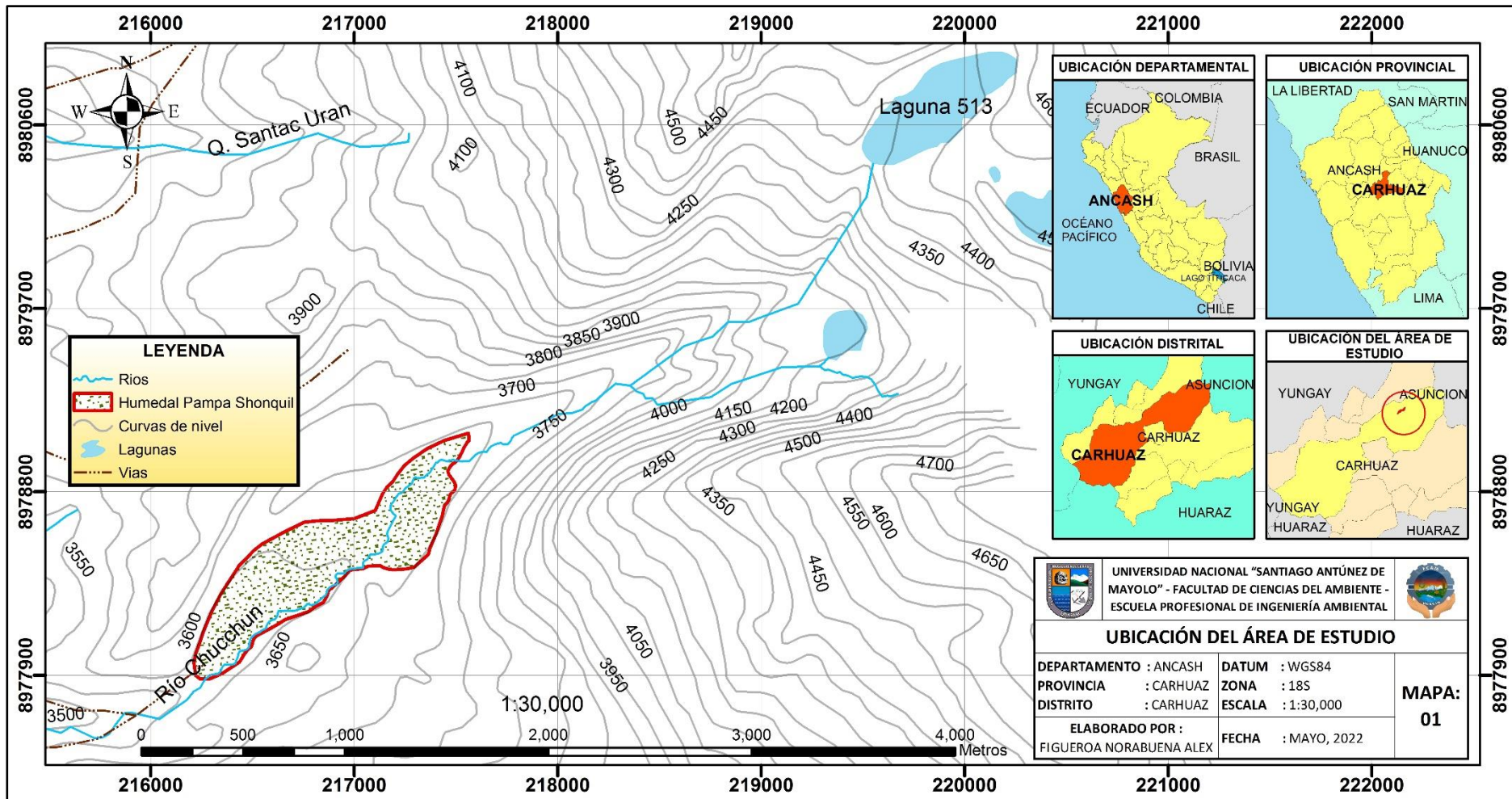
3.4.1. Descripción del área de estudio y definición de parcelas de muestreo

a. Área de estudio

El humedal Pampa Shonquil tiene una extensión de 50.08 ha y se encuentra en la cabecera de la microcuenca del río Chucchun, tributario del Santa, a una altitud de 3,618 m.s.n.m. Su geología corresponde a depósitos glaciofluviales con presencia de gravas, arenas en matriz limoarenosas y materiales residuales no consolidados, mientras que su geomorfología se caracteriza por tener una vertiente glaciofluvial con relieve ondulado compuesto por acumulaciones de sedimento del cuaternario (GEOCATMIN, 2022). Presenta una alta permeabilidad que disminuye la escorrentía superficial y actúa como almacén de agua para la temporada seca. Políticamente, pertenece al distrito y provincia de Carhuaz (Áncash, Perú). Para acceder a este humedal se sigue la vía asfaltada Huaraz – Carhuaz (35 km), de ahí se continúa por la trocha Carhuaz – Shonquil (15 km), pasando por el centro poblado de Hualcan; recorriendo en total 50 km de distancia en aproximadamente 1.5 horas. El mapa de ubicación correspondiente se presenta en la Figura 5.

Figura 5

Mapa de ubicación del área de estudio



b. Delimitación del área de estudio y parcelas de muestreo

Delimitación del humedal

El área del humedal fue delimitada con la georreferenciación de puntos (GPS) obtenidos en campo (ver anexo 7). Para tener una idea de los límites del humedal en campo, se empleó como ayuda visual el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada o NDVI (Rouse et al., 1973) y el Índice de Humedad de Diferencia Normalizada o NDMI (Jin y Sader, 2005). Los dos índices espectrales se generaron a través del procesamiento de una imagen satelital Sentinel-2 de 10 metros de resolución espacial (27 de julio de 2021), la cual se descargó de la plataforma USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov>), con la herramienta *Raster Calculator* del software ArcGis10.4.1 (ESRI, 2022). Para facilitar el procesamiento de la imagen, estas fueron descargadas en el mes de julio (época de estiaje), donde existe escasa nubosidad. Previamente al cálculo de los índices de la imagen satelital fueron corregidas atmosféricamente a través del *Software Sen2Cor v2.10* (<https://step.esa.int/main/snap-supported-plugins/sen2cor/sen2cor-v2-10/>). Para determinar los índices normalizados se aplicaron las ecuaciones que se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4

Ecuaciones de cálculo de los Índices Normalizados

Denominación del Índice	Ecuación matemática	Referencia
Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada	$NDVI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$	Defries y Townshend (1994)
Índice de Humedad de Diferencia Normalizada	$NDMI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	Wang et al. (2003)

Nota: NIR = Banda del infrarrojo cercano, SWIR= Banda del Infrarrojo de onda corta y RED = Banda roja

Se empleó el NDVI (Figura 6), debido a que permitió identificar de manera visual la existencia de zonas donde la vegetación es más saludable o vigorosa (verde intenso), y la existencia de zonas donde la vegetación puede estar sujeta a algún tipo de estrés (verde claro a amarillo). Por otro lado, el NDMI (Figura 7), identificó zonas con alta presencia de humedad.

El uso del NDVI y NDMI, zonifican áreas de bofedales a comparación de otros índices, y han sido utilizados en varios estudios (García y Willems, 2015; Díaz et al., 2021).

Figura 6

Mapa de puntos de campo e índice de vegetación de diferencia normalizada (ndvi)

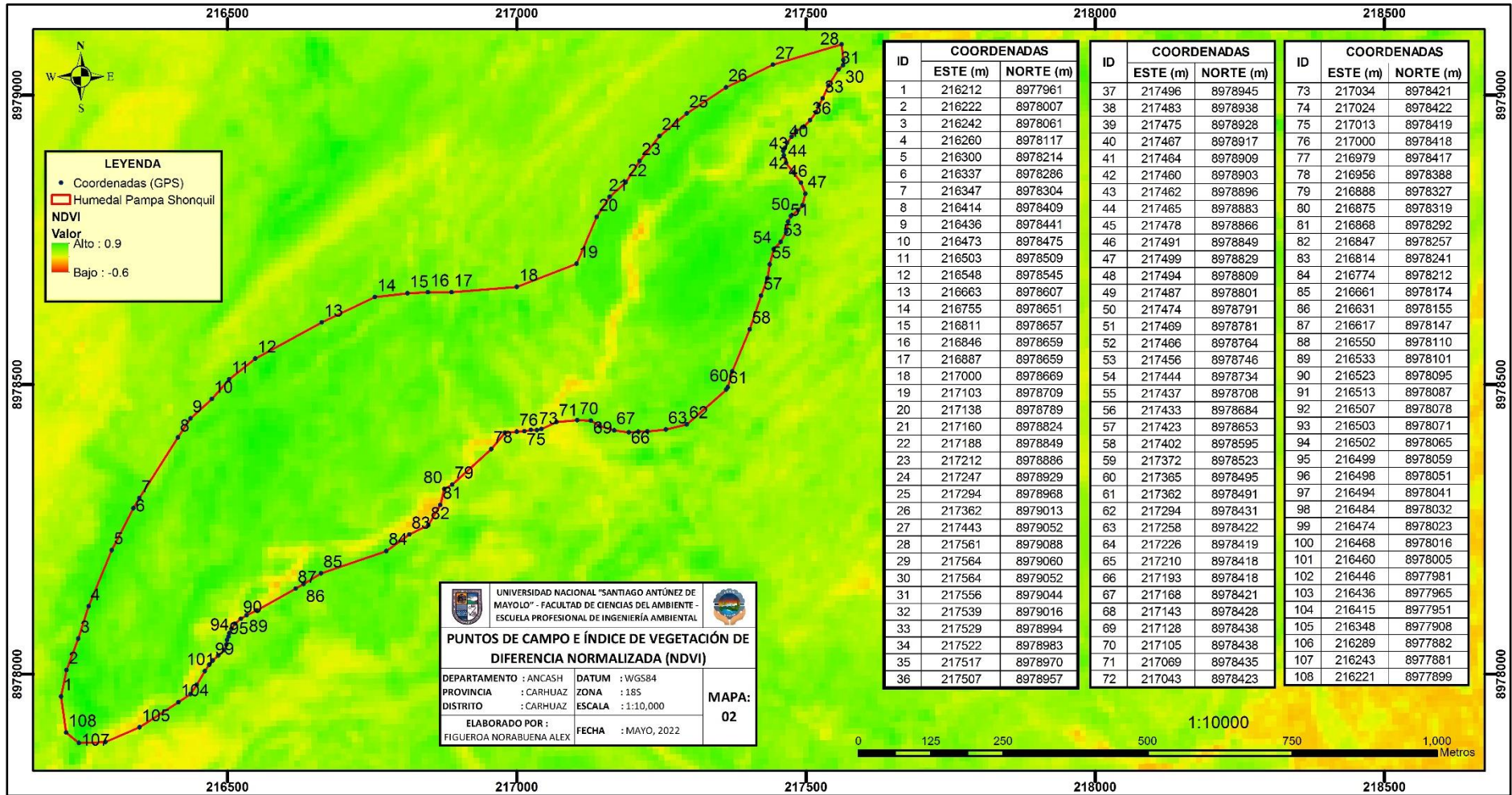
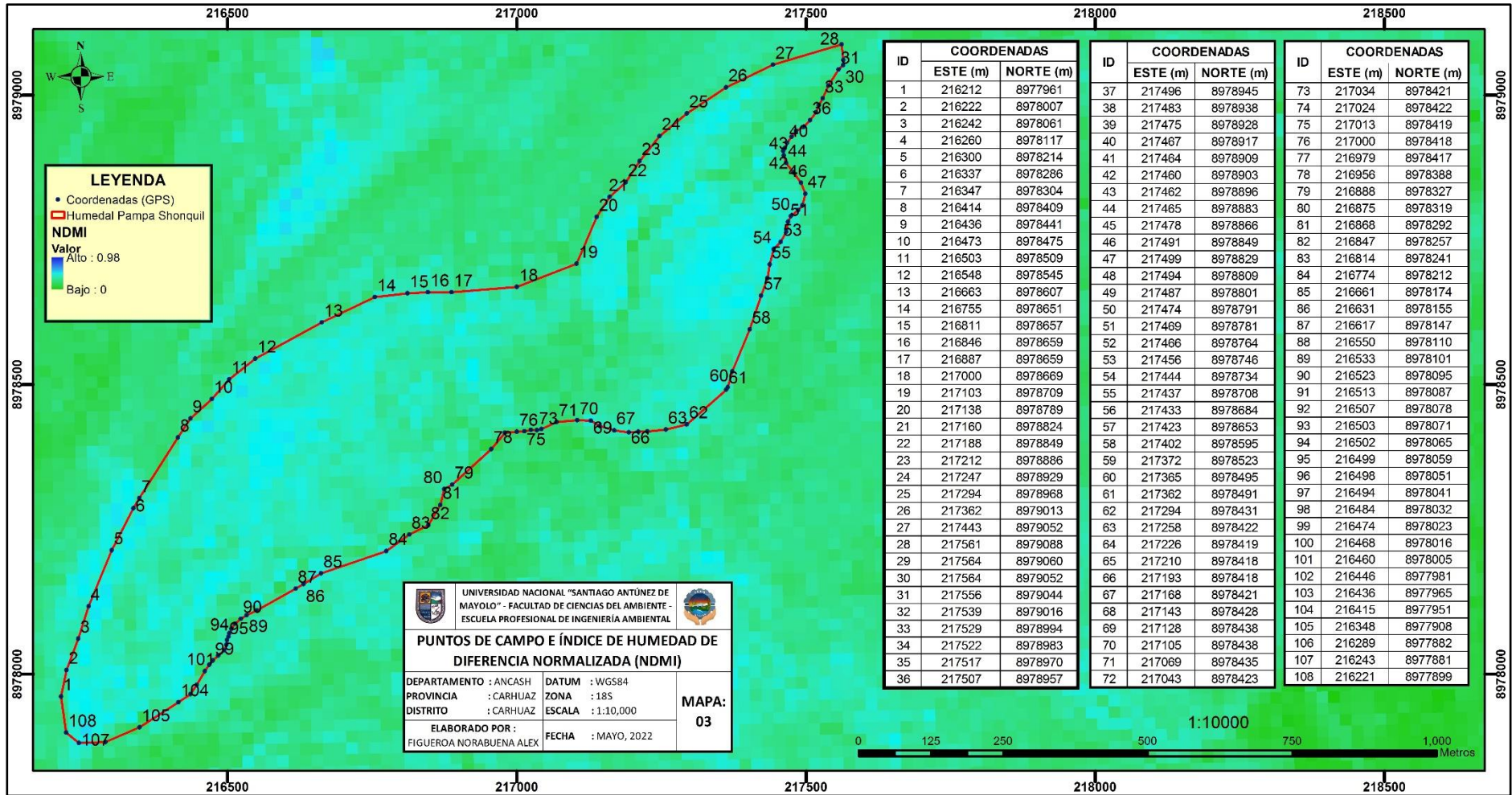


Figura 7

Mapa de puntos de campo e índice de humedad de diferencia normalizada (ndmi)

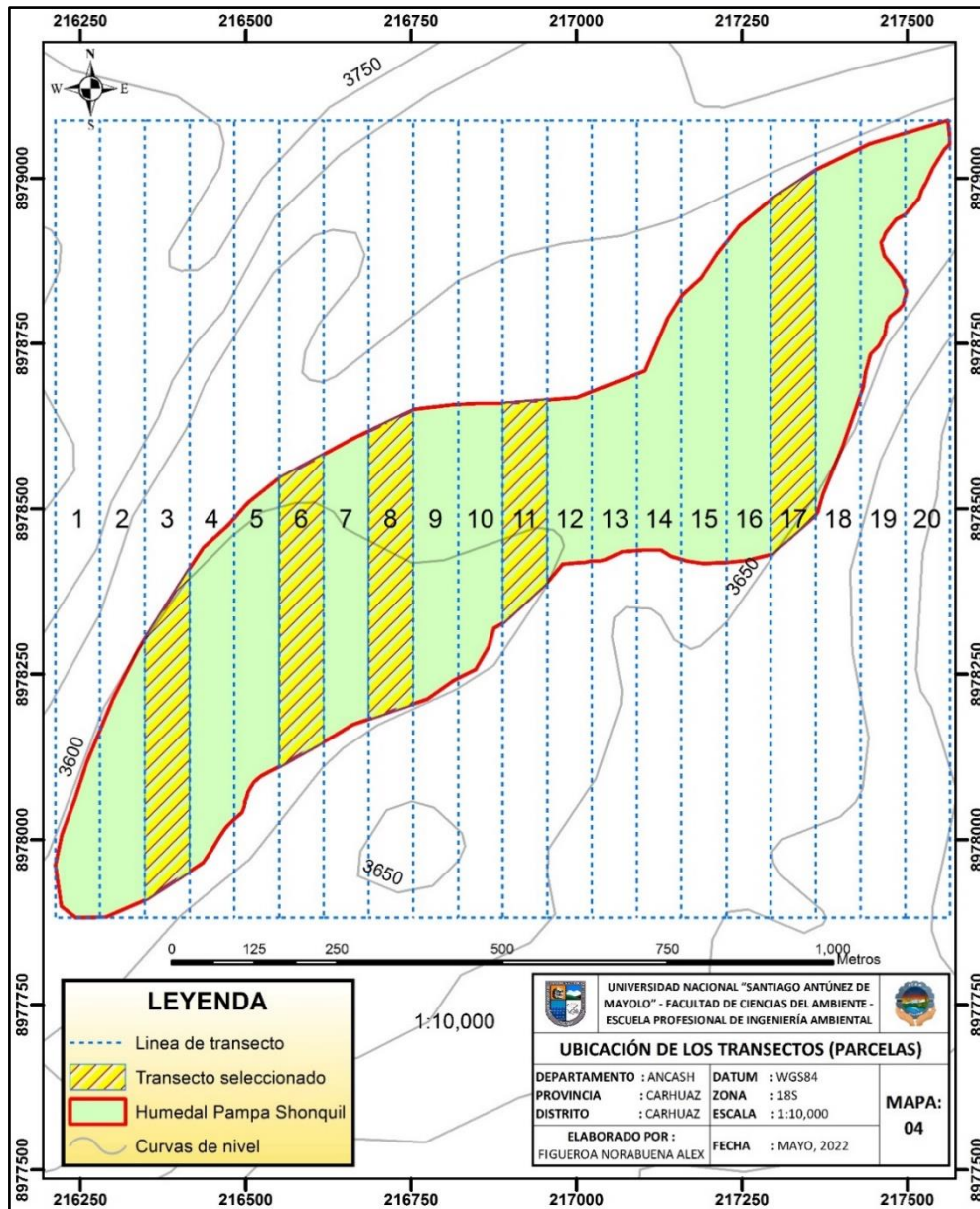


Elaboración y selección de transectos

Dentro del área del humedal se delimitaron 20 transectos mediante la herramienta *Create Fishnet* del software ArcGis10.4.1, de las cuales se eligieron aleatoriamente 5 transectos (Figura 8). El humedal se dividió en transectos de acuerdo a la metodología del ICRAF. Se eligió delimitar 20 transectos debido a la extensión del humedal, considerando que cada uno de ellos tenga el mismo ancho.

Figura 8

Mapa de ubicación de los transectos seleccionados



Ubicación y diseño de las parcelas

Dentro de los transectos seleccionados se ubicaron parcelas de muestreo, que fueron elegidas aleatoriamente empleando la herramienta *Create random points* del *Data management tools* del software ArcGis10.4.1; considerando 5 parcelas de muestreo. La elección del número de parcelas, se determinó de acuerdo a la disponibilidad de recursos económicos y acuerdos tomados con el comité de usuarios de pastos de Shonquil. Para el tamaño de las parcelas se tuvo como referencia la metodología de Arévalo et al. (2003). En la Figura 9, se muestra el mapa de ubicación del diseño de las parcelas, cuyas dimensiones fueron de 4 metros de ancho y 25 metros de largo; en cada una de ellas se colocaron dos cuadrantes de 1 m², en las dos esquinas contrapuestas. En total se establecieron 5 parcelas de muestreo de acuerdo a los puntos determinados aleatoriamente. Las coordenadas UTM-WGS84 (18S) de cada vértice de las parcelas se pueden observar en la Tabla 5.

Figura 9

Mapa de ubicación de las parcelas de muestreo (4x25)

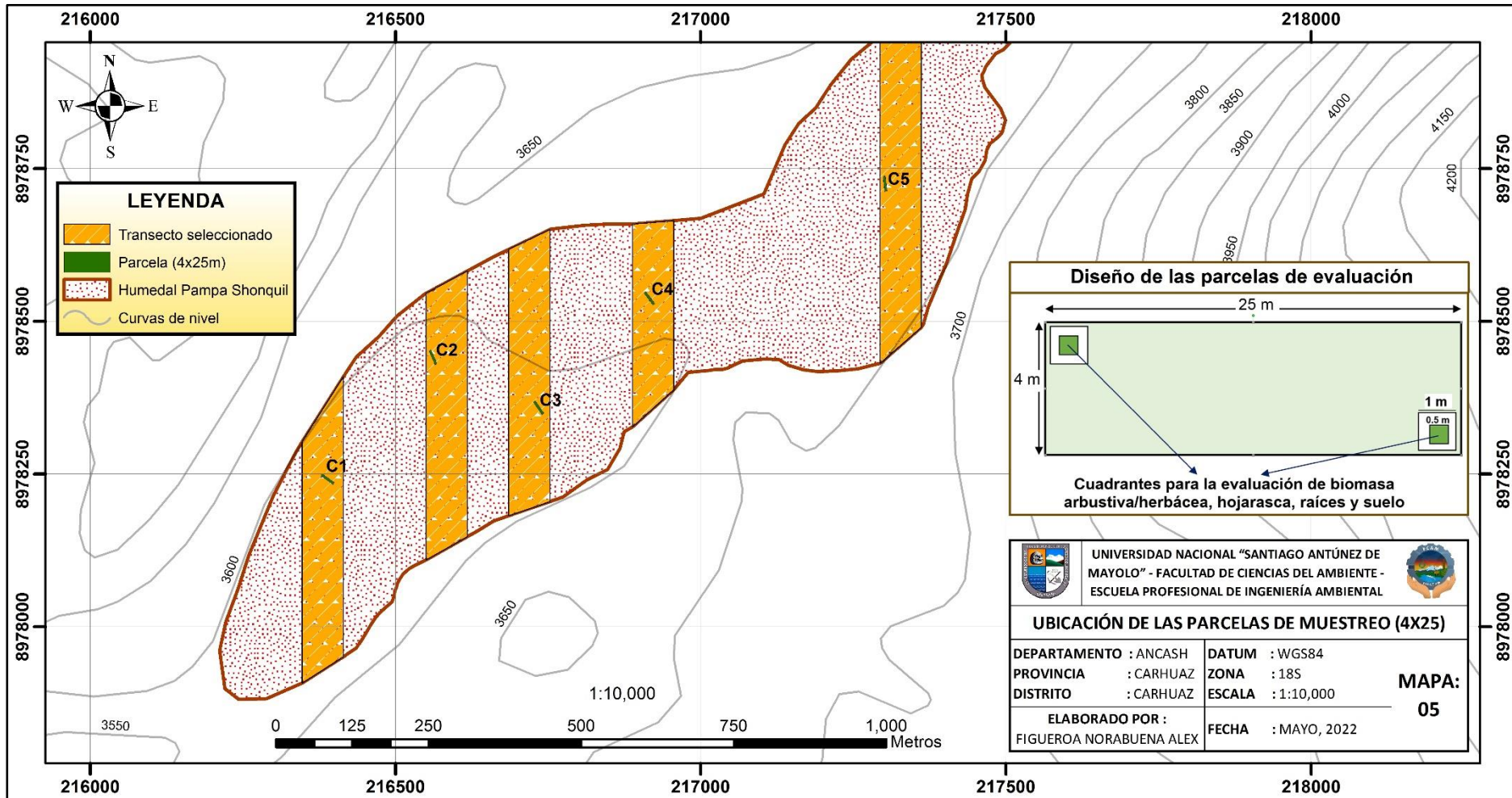


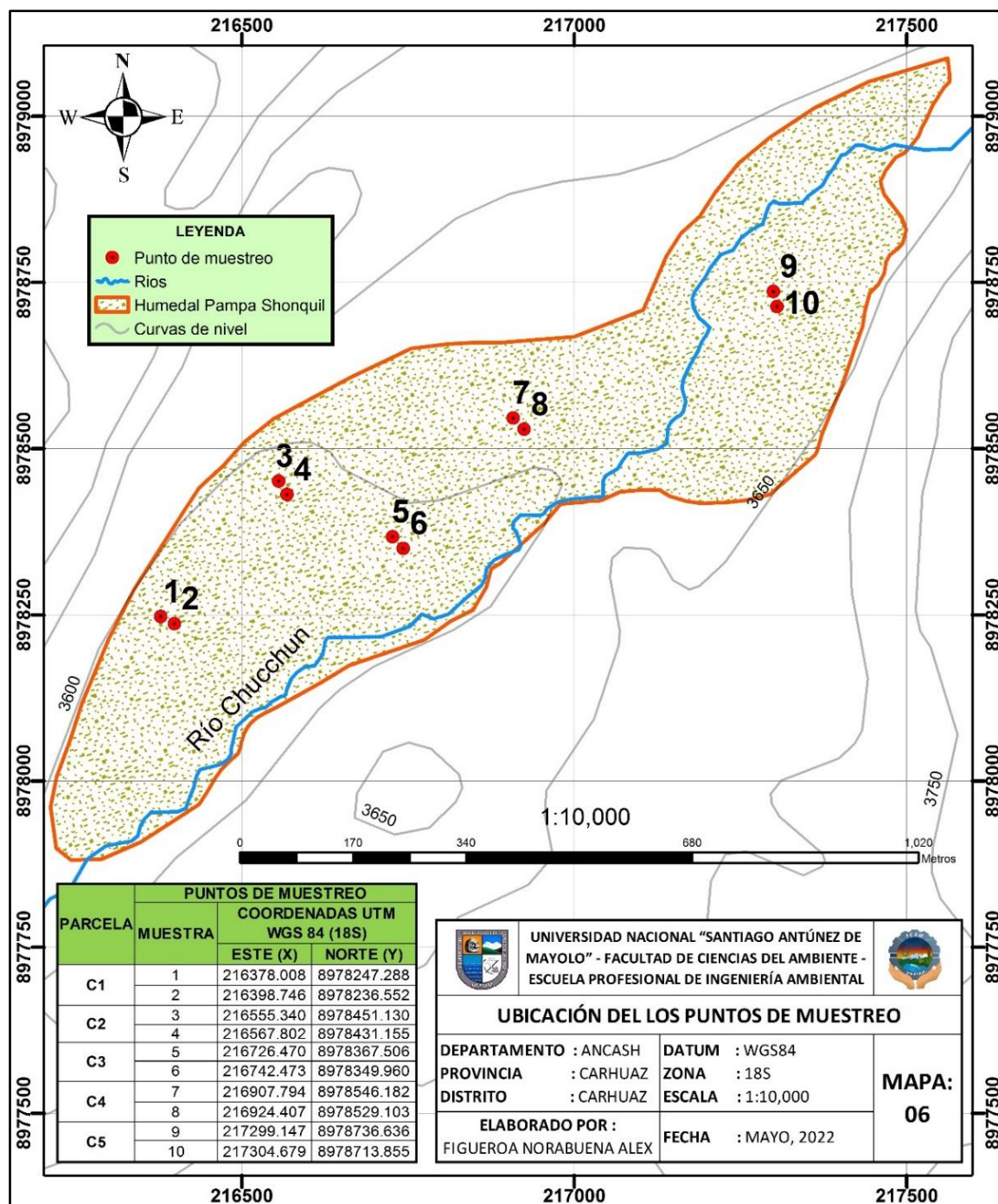
Tabla 5*Coordenadas de las parcelas de muestreo (4x25m)*

PARCELA C1		
Vértice	Este (m)	Norte (m)
1	216377.479	8978247.067
2	216379.004	8978250.998
3	216399.471	8978236.643
4	216397.898	8978232.755
PARCELA C2		
Vértice	Este (m)	Norte (m)
1	216554.806	8978451.152
2	216557.839	8978453.714
3	216568.251	8978430.982
4	216565.126	8978428.449
PARCELA C3		
Vértice	Este (m)	Norte (m)
1	216725.834	8978367.507
2	216728.682	8978370.351
3	216743.028	8978349.869
4	216739.986	8978346.884
PARCELA C4		
Vértice	Este (m)	Norte (m)
1	216907.157	8978546.166
2	216909.998	8978548.997
3	216924.993	8978528.993
4	216921.954	8978526.247
PARCELA C5		
Vértice	Este (m)	Norte (m)
1	217298.507	8978737.003
2	217302.327	8978738.221
3	217305.153	8978713.359
4	217301.273	8978712.340

Se georreferenciaron las coordenadas en el centroide de cada cuadrante de 1 m², de esta manera se obtuvieron 10 puntos de muestreo (2 puntos por cada parcela; Figura 10), en las cuales se realizaron la caracterización de la composición florística, muestreo de la biomasa vegetal total y suelo.

Figura 10

Mapa de ubicación de los puntos de muestreo



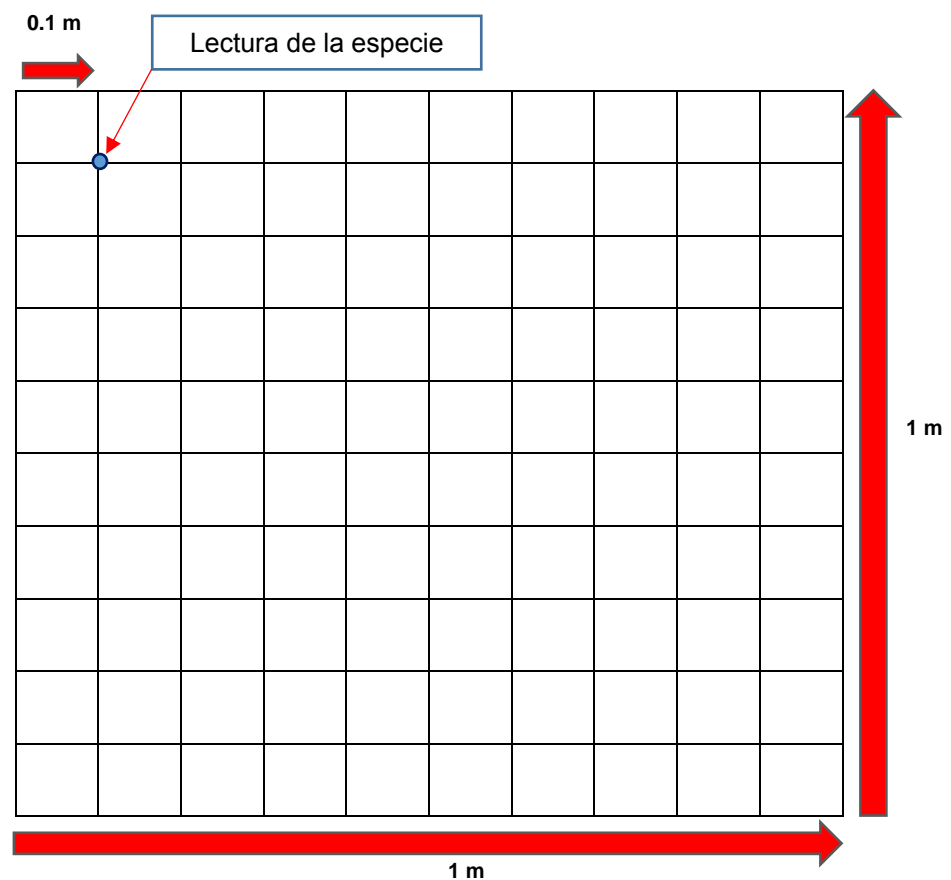
3.4.2. Composición e índices de diversidad florística

a. Caracterización de la composición florística

Por las características de vegetación densa y porte bajo que presenta el humedal altoandino, la metodología empleada fue el método del cuadrante, la cual consistió en colocar un cuadrado sobre la vegetación (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Para ello, se utilizó un cuadrante de madera con dimensiones de 1 m x 1 m, estos cuadrantes se colocaron en los 10 puntos de muestreo. Cada uno de los cuadrantes fueron subdivididos en 100 sub-cuadrantes de 100 cm² (Meneses et al., 2014). Dentro de la intersección de cada sub-cuadrante se identificó la especie vegetal encontrada, tal como muestra en la Figura 11.

Figura 11

Diseño del cuadrante



La identificación taxonómica de las especies vegetales colectadas fue realizada por los especialistas Ing. Lidiana Gonzáles Huamán e Ing. Martín Salvador Poma.

b. Determinación de los índices de diversidad

Para determinar la diversidad (Shannon Wiener) y la riqueza específica se empleó el software PAST 2.7 (Hammer et al., 2001).

Índice de Shannon Wiener (H')

Es uno de los índices frecuentemente utilizado para determinar la diversidad de plantas de un hábitat (Matteucci et al., 1999). La ecuación para su cálculo es (Magurran, 1988):

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Dónde:

H' : Índice de la diversidad de la especie

p_i : Proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie n_i/N)

n_i : Número de individuos de la especie

N : Número de todos los individuos de todas las especies

ln : Logaritmo natural

Índice de la riqueza específica (S)

Permite medir la biodiversidad, basándose únicamente en el número de especies presentes. La manera ideal de estimar la riqueza es tener un inventario completo que permita conocer el número total de especies (S) presentes en un censo de la comunidad. Esto es posible únicamente para ciertas especies bien conocidas y de manera precisa, en espacio y tiempo (Moreno, 2001).

3.4.3. Determinación del volumen de carbono orgánico almacenado en la biomasa vegetal, suelo y total del humedal

Para cuantificar el carbono almacenado en el humedal Pampa Shonquil se utilizó la metodología estandarizada desarrollada por el Centro Regional para la Investigación en Agroforestería – ICRAF; adaptada al *Manual de Determinación de las Reservas Totales de Carbono en los Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en Perú* (Arévalo et al., 2003). Las muestras fueron colectadas el 27 de noviembre del 2021. A continuación, se describe el procedimiento seguido:

a. Biomasa arbustiva y herbácea (BA/H)

1. Las parcelas de 4 metros de ancho y 25 metros de largo se delimitaron con estacas de madera y rafia (pita de plástico).
2. En cada parcela delimitada se colocaron dos cuadrantes de madera de 1m x 1m, en esquinas contrapuestas.
3. En cada cuadrante se podó toda la vegetación, a nivel del suelo, y fue colocada en bolsas de papel asignándole una codificación según la ubicación de la parcela.
4. Utilizando una balanza digital se registró el peso fresco total por metro cuadrado de cada una de las muestras colectadas.
5. De cada muestra se extrajo una submuestra y se registró su peso fresco.
6. Las submuestras fueron llevadas al laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNASAM, en donde fueron secadas a 75 °C durante 24 horas.
7. Se realizaron los cálculos pertinentes para obtener la cantidad de carbono en esta biomasa.

b. Biomasa de la hojarasca (Bh)

1. En los mismos cuadrantes de 1 m x 1 m, delimitados anteriormente, se colocaron cuadrantes de madera de 0.5 m x 0.5 m para la colecta de la hojarasca en bolsas de papel, asignándole una codificación según la ubicación de la parcela y el cuadrante. Cabe precisar que solo se encontró la hojarasca (mantillo) en las parcelas C2, C3 y C5.
2. Utilizando la balanza digital se registró el peso fresco total por 0.25 m² de cada una de las muestras colectadas.
3. De cada muestra se extrajo una submuestra, se registró el peso fresco y fue secada a 75°C por 24 horas.
4. Se realizaron los cálculos pertinentes para obtener la cantidad de carbono en esta biomasa.

c. Biomasa subterránea o de las raíces (Bs)

1. El área resultante luego de la poda (0.5 m x 0.5 m) fue empleado para coleccionar raíces. Se cavó el suelo, se coleccionaron y lavaron las raíces con abundante agua hasta eliminar las partículas de tierra, se secaron a temperatura ambiente y se registró el peso fresco de cada muestra.
2. De cada muestra se extrajo una submuestra, se registró el peso fresco y se secó en una estufa a 75°C durante 24 horas.
3. Se realizaron los cálculos pertinentes para obtener la cantidad de carbono en esta biomasa.

d. Medición de la densidad aparente del suelo

1. En los cuadrantes indicados para el muestreo de la biomasa radicular, se abrieron calicatas y se extrajeron muestras de suelo a profundidades de 0.25 y 0.50 m empleando cilindros Uhland.
2. Las muestras se guardaron en recipientes de papel codificados, que luego fueron transportados al laboratorio de la Facultad de Ciencias

Agrarias – UNASAM, en donde fueron secadas a 105 °C durante 24 horas.

3. Se realizaron los cálculos para determinar la densidad aparente del suelo, que viene a ser el peso seco de un volumen determinado de suelo expresado en gramos por centímetro cúbico (g/cc).

e. Muestreo del carbono orgánico del suelo

1. Se recolectaron muestras de suelo para cada capa (0-0.25 m y 0.25-0.50 m), utilizando el barreno.
2. Por cada horizonte se tomó una muestra de suelo de 600 g en promedio. Las muestras codificadas fueron enviadas al laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) para la determinación del contenido del carbono orgánico por el método de Walkley Black (ver Anexo 3).

3.4.4. Relación de los índices de diversidad florística con el volumen de carbono almacenado

Se aplicó la prueba estadística de correlación Pearson en el software IBM SPSS Statistics 25, con un nivel de significancia del 5%, a fin de determinar la correlación de los índices de diversidad y cuantificación de carbono total por cada cuadrante.

3.4.5. Determinación del valor económico de las reservas de carbono

Para determinar el valor económico de las reservas de carbono almacenadas en el humedal Pampa Shonquil, se usó el método de precios de mercado. Para ello se procedió a multiplicar el carbono orgánico de la biomasa vegetal total en toneladas por hectárea (carbono gestionable) con el área total del humedal; dicho producto fue multiplicado por el valor social en el mercado. Se empleó la siguiente ecuación:

$$\text{VETSA CO}_2 = \text{ST-SUT} \times \text{CG} \times \text{CSC}$$

Donde:

VETSA CO₂ : Valor económico total del servicio ambiental (SA) de captura de carbono expresado en US dólares (\$)

ST-SUT : Superficie total extrapolada al sistema de uso de tierra expresada en hectáreas (ha)

CG : Carbono gestionable (toneladas de CO₂/ha).

CSC : Costo social del carbono (\$/tonelada de CO₂) *.

* El costo social para la tonelada de carbono en Perú es de \$ 7.17 (Ministerio de Economía y Finanzas, 2017)

Cálculo de las reservas de dióxido de carbono almacenado (t/CO₂)

$$\text{CO}_2 = \text{C} \times \text{Kr}$$

Donde:

CO₂ : Dióxido de carbono atmosférico absorbido.

C : Contenido de carbono

Kr : 44/12 (constante).

3.5. Instrumentos validados de recolección de datos

3.5.1. Caracterización de la composición florística

Como instrumento de recolección de datos de la composición florística se utilizó una ficha de campo para el registro de las especies de flora en cada cuadrante (Ver Anexo 5).

3.5.2. Determinación del contenido de las reservas de carbono

Para el registro de los pesos de la biomasa de la parte aérea y radicular se empleó una ficha de registro (ver Anexo 6).

3.6. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información

3.6.1. Procesamiento de datos

a. Cálculo de la biomasa vegetal total

La biomasa vegetal total en un humedal es equivalente a la sumatoria de la biomasa arbustiva/herbácea, hojarasca y la biomasa subterránea (raíces). Para el cálculo de la biomasa vegetal total se utilizó la ecuación propuesta por Mac Dicken (1997, citado por Hidalgo et al., 2012):

$$\text{BVT (t/ha)} = (\text{BA/H} + \text{Bh} + \text{Bs})$$

Donde:

BVT : Biomasa vegetal total

BA/H : Biomasa arbustiva y herbácea

Bh : Biomasa de la hojarasca

Bs : Biomasa subterránea

b. Cálculo de la biomasa arbustiva/herbácea

La biomasa arbustiva/herbácea se calculó a través de la ecuación propuesta por Arévalo et al. (2003):

$$\text{BA/H (t/ha)} = ((\text{PSM}/\text{PFM}) \times \text{PFT}) \times 0.01$$

Donde :

BA/H : Biomasa arbustiva/herbácea, materia seca

PSM : Peso seco de la submuestra colectada

PFM : Peso fresco de la submuestra colectada

PFT : Peso fresco total por metro cuadrado

0.01 : Factor de conversión

c. Cálculo de la biomasa de la hojarasca

La biomasa de la hojarasca se calculó a través de la ecuación propuesta por Arévalo et al. (2003):

$$\text{Bh (t/ha)} = ((\text{PSM}/\text{PFM}) \times \text{PFT}) \times 0.04$$

Donde:

Bh : Biomasa de la hojarasca, materia seca

PSM : Peso seco de la submuestra colectada

PFM : Peso fresco de la submuestra

PFT : Peso fresco total por 0.25 m²

0.04 : Factor de conversión

d. Cálculo de la biomasa de las raíces

La biomasa subterránea o de las raíces se calculó a través de la ecuación propuesta por Arévalo et al. (2003):

$$Bs \text{ (t/ha)} = ((PSM/PFM) \times PFT) \times 0.04$$

Donde:

Bs : Biomasa subterránea, materia seca

PSM : Peso seco de la submuestra colectada

PFM : Peso fresco de la submuestra

PFT : Peso fresco total por 0.25 m²

0.04 : Factor de conversión

e. Cálculo del carbono en la biomasa vegetal total

El carbono de la biomasa vegetal total se calculó a través de la ecuación propuesta por Arévalo et al. (2003):

$$CBV \text{ (t/ha)} = BVT * 0.45$$

Donde:

CBV : Carbono en la biomasa vegetal

BVT : Biomasa vegetal total

0.45 : Constante

f. Cálculo del carbono en el suelo

El carbono del suelo se calculó a través de la ecuación propuesta por Arévalo et al. (2003):

$$CS \text{ (t/ha)} = (PVs * \%C_{LAB})/100$$

Donde:

CS : Carbono en el suelo

PVs : Peso del volumen de suelo

%C_{LAB} : Carbono encontrado en laboratorio (%)

100 : Factor de conversión

g. Cálculo del peso del volumen de suelo por horizonte de muestreo

Para calcular el peso del volumen del suelo por hectárea, previamente fue necesario evaluar la densidad aparente del suelo por cada uno de los horizontes evaluados mediante la ecuación propuesta por Ricse et al. (2001) y Arévalo et al. (2003):

$$PVs \text{ (t/ha)} = DA * Ps * 10,000$$

Donde:

PVs : Peso del volumen de suelo

DA : Densidad aparente

Ps : Espesor del horizonte del suelo

10,000 : Constante

h. Cálculo de la densidad aparente del suelo

La densidad aparente del suelo se calculó a través de la ecuación propuesta por Arévalo et al. (2003):

$$DA \text{ (g/cc)} = PSN/VCH$$

Donde:

DA : Densidad aparente, en g/cc

PSN : Peso seco del suelo dentro del cilindro

VCH : Volumen del cilindro (constante)

i. Cálculo del carbono total del humedal

El carbono total del humedal se determinó mediante la sumatoria del carbono almacenado en la biomasa vegetal total y en el suelo a través de la ecuación propuesta por Arévalo et al. (2003):

$$CT \text{ (t/ha)} = CBV + CS$$

Donde:

CT : Carbono total del humedal

CBV : Carbono en la biomasa vegetal total

CS : Carbono en el suelo

3.6.2. Análisis estadístico de los datos

Para los datos de reservas de carbono se empleó Excel 2016, en el cual se tabularon y consolidaron tablas estadísticas descriptivas y gráficos. Asimismo, para los datos de los índices de diversidad florística se utilizó el software PAST (Hammer et al., 2001). Por último, para determinar la correlación entre los índices de diversidad florística con el volumen de carbono almacenado, se utilizó el software IBM SPSS Statistics 25 (IBM Corp, 2017).

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Descripción de la composición y los índices de diversidad florística del humedal Pampa Shonquil

4.1.1. Composición florística del humedal

La composición florística del humedal reveló la presencia de 20 especies vegetales distribuidos en 17 géneros y 9 familias (Tabla 6).

Tabla 6

Especies identificadas

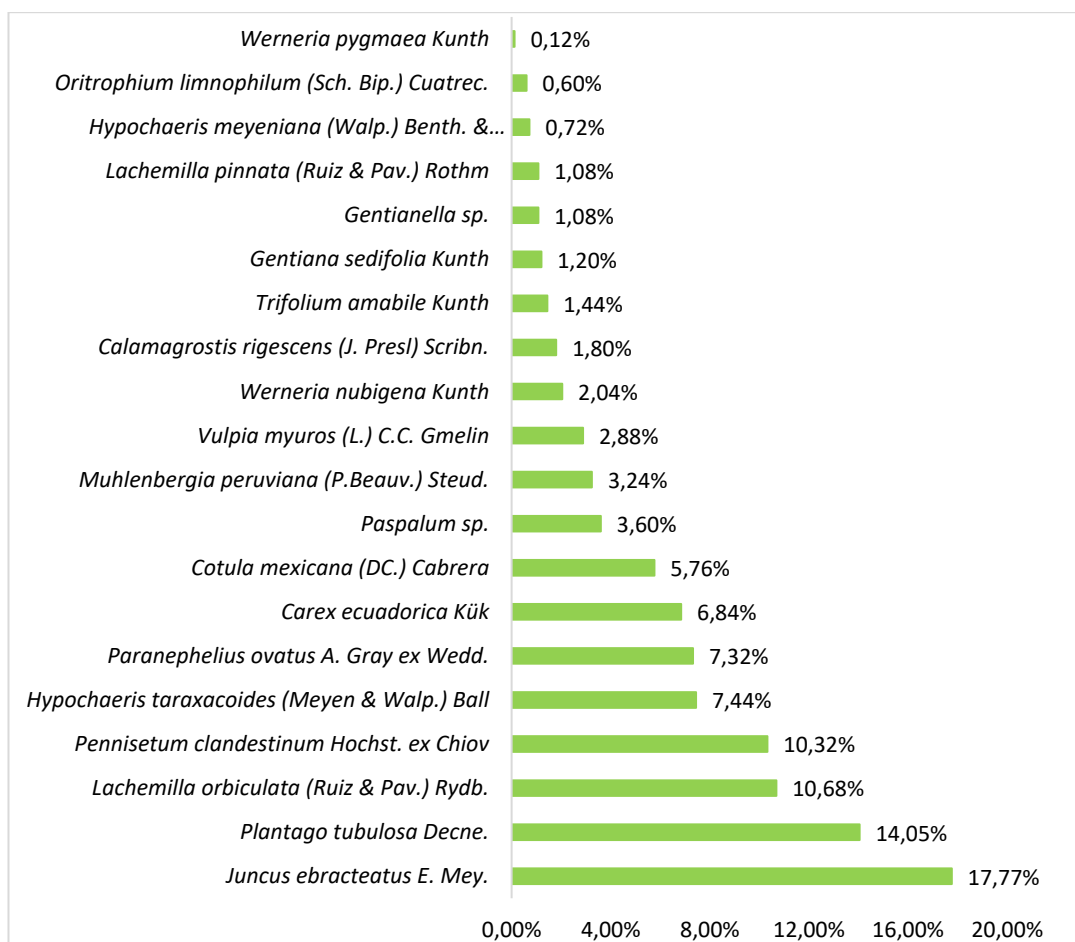
FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	
Asteraceae	Cotula	<i>Cotula mexicana</i> (DC.) Cabrera	"Champa"	
	Hypochaeris	<i>Hypochaeris taraxacoides</i> (Meyen & Walp.) Ball	"Anu q'ausilla"	
		<i>Hypochaeris meyeniana</i> (Walp.) Benth. & Hook.f. ex Griseb	"Waca s'iki", "Condor s'iki"	
	Oritrophium	<i>Oritrophium limnophilum</i> (Sch. Bip.) Cuatrec.	"Lengua"	
	Paranephelius	<i>Paranephelius ovatus</i> A. Gray ex Wedd.	"Inti Salvia" "Anu Jinchu"	
	Werneria	<i>Werneria pygmaea</i> Gillies ex Hook. & Arn	"Chicoria de agua"	
		<i>Werneria nubigena</i> Kunth	"Lleqqllish qora"	
	Cyperáceas	Carex	<i>Carex ecuadorica</i> Kük	"Qoran qoran"
	Fabaceae	Trifolium	<i>Trifolium amabile</i> Kunth	"Layo"
		Gentiana	<i>Gentiana sedifolia</i> Kunth	"Pinjachi"
Gentianaceae	Gentianella	<i>Gentianella</i> sp.		

FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Gramineae	Paspalum	<i>Paspalum</i> sp.	
Juncaceae	Juncus	<i>Juncus ebracteatus</i> E. Mey.	"Pokko"
Plantaginaceae	Plantago	<i>Plantago tubulosa</i> Decne.	"Wiru wiru"
Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis rigescens</i> (J. Presl) Scribn.	"Chucro pasto"
	Muhlenbergia	<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P.Beauv.) Steud.	"Llapa"
	Pennisetum	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov	"Kikuyo"
Rosaceae	Lachemilla	<i>Vulpia</i>	"Pasto delgado"
		<i>Vulpia Myuros</i> (L.) C.C. Gmelin	
		<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pav.) Rydb.	"Oreja de ratón"
		<i>Lachemilla pinnata</i> (Ruiz & Pav.) Rothm.	"Sillu Sillu"

La abundancia relativa de las especies (Figura 12) presentó a *Juncus ebracteatus* E. Mey. como la especie más común en el humedal (17.77%), seguida de *Plantago tubulosa* Decne. (14.05%) y *Lachemilla orbiculata* (Ruiz & Pav.) Rydb. (10.68%).

Figura 12

Abundancia relativa total de las especies vegetales



4.1.2. Índices de diversidad y riqueza

En la Tabla 7 se muestra una baja diversidad de especies en todos los cuadrantes estudiados. En los cuadrantes C2-1, C3-1 y C4-1 la riqueza específica fue mayor y en el cuadrante C1-1 fue menor. Asimismo, se muestra que el índice de riqueza específica presentó mayor variabilidad que el índice de Shannon.

Tabla 7

Índice de Shannon y riqueza específica

ÍNDICES DE DIVERSIDAD	C1		C2		C3		C4		C5		Máx.	Mín.	D.S.
	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2			
Shannon	0.62	1.13	1.78	1.8	2.01	1.69	1.64	1.2	1.65	1.74	2.01	0.62	0.42
Riqueza Específica	3	4	9	8	9	6	9	6	6	6	9	3	2.12

Nota: C= Parcela, MÁX.= Máximo, Mín.= Mínimo y D.S.= Desviación Estándar

4.2. Carbono orgánico almacenado en la biomasa vegetal, suelo y total del humedal

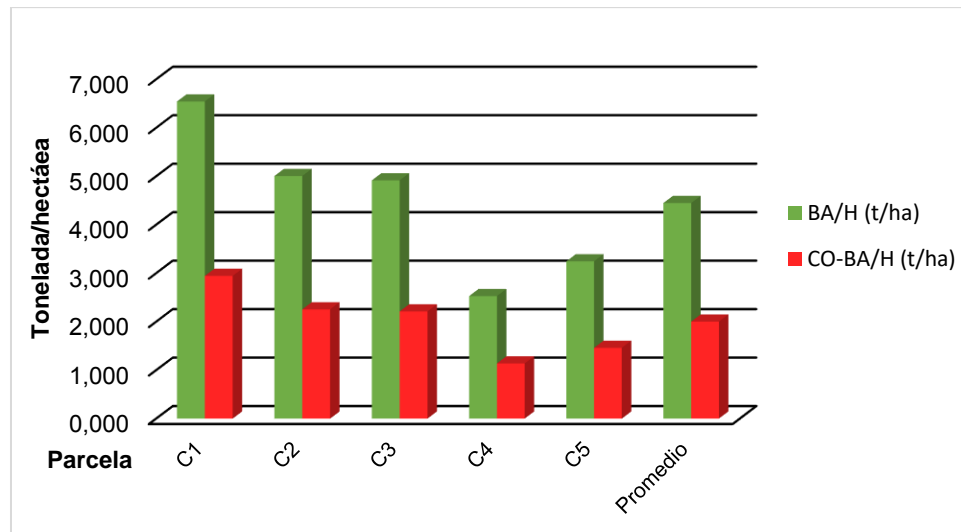
4.2.1. Carbono orgánico almacenado en la biomasa vegetal

a. Biomasa arbustiva/herbácea y carbono orgánico almacenado

En la Figura 13, se observa que la parcela C1 es la que presentó la mayor cantidad de biomasa arbustiva/herbácea (6.543 t/ha) y por ende la que mayor carbono captura (2.944 t/ha), seguido de la parcelas C2 con una biomasa de 5.005 t/ha y una captura de carbono de 2.252 t/ha, la parcela C3 presenta una biomasa de 4.915 t/ha y una captura de carbono de 2.212 t/ha, la parcela C5 presenta una biomasa de 3.245 t/ha y una captura de carbono de 1.460 t/ha y la parcela C4 presenta una biomasa de 2.528 t/ha y una captura de carbono de 1.138 t/ha.

Figura 13

Biomasa herbácea y carbono orgánico almacenado por parcelas

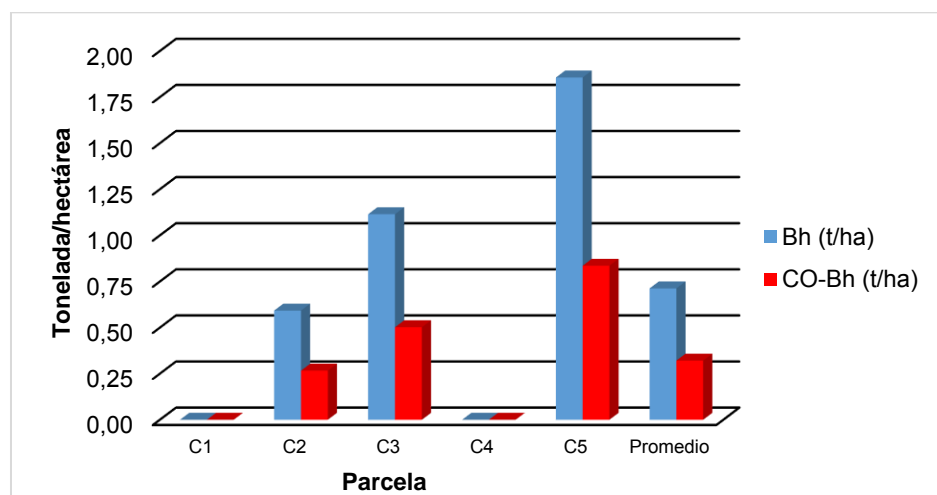


b. Biomasa de la hojarasca y carbono orgánico almacenado

En la Figura 14, se observa que la parcela C5 es la que mayor cantidad de biomasa de hojarasca presentó (1.856 t/ha) y por ende la que mayor carbono captura (0.835 t/ha), seguido de las parcelas C3 con una biomasa de 1.115 t/ha y una captura de carbono de 0.502 t/ha y la parcela C2 con una biomasa de 0.592 t/ha y una captura de carbono de 0.266 t/ha.

Figura 14

Biomasa de hojarasca y carbono orgánico almacenado por parcelas

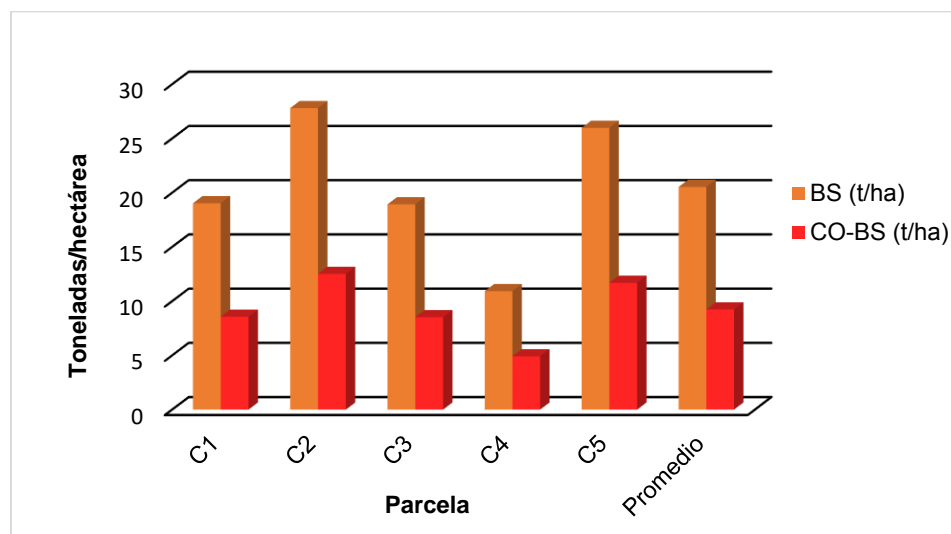


c. Biomasa de la vegetación subterránea y carbono orgánico almacenado

En la Figura 15, se observa que la parcela C2 es la que mayor cantidad de biomasa subterránea o de raíces presentó (27.805 t/ha) y por ende la que mayor carbono captura (12.512 t/ha), seguido de las parcelas C5 con una biomasa de 25.981 t/ha y una captura de carbono de 11.691 t/ha, la parcela C1 con una biomasa de 19.033 t/ha y una captura de carbono de 8.565 t/ha, la parcela C3 con una biomasa de 18.928 t/ha y una captura de carbono de 8.518 t/ha; y la parcela C4 con una biomasa de 10.921 t/ha y una captura de carbono de 4.914 t/ha.

Figura 15

Biomasa subterránea y carbono orgánico almacenado por parcelas



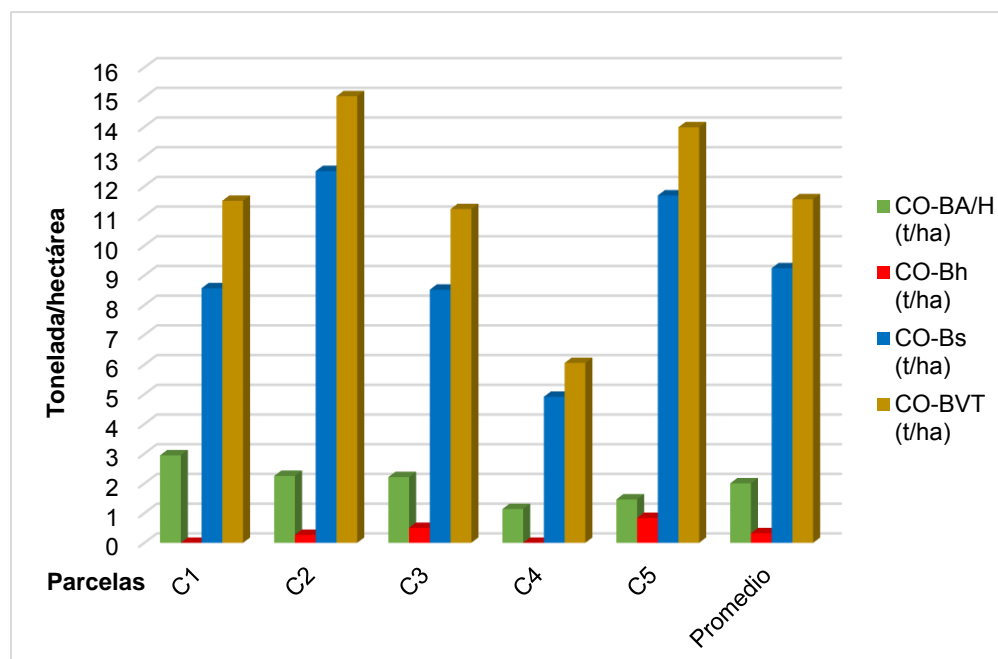
d. Biomasa vegetal total y carbono orgánico almacenado

En la Figura 16, los resultados muestran que la mayor cantidad de carbono en la biomasa vegetal total se presentó en la parcela C2 con 15.030 t/ha, seguido de las parcelas C5 (13.987 t/ha), C1 (11.509 t/ha), C3 (11.232 t/ha) y C4 (6.052 t/ha). También se observa que la mayor cantidad de carbono orgánico se registró en la biomasa subterránea con un promedio de 9.240 t/ha, seguido de la biomasa arbustiva/herbácea (2.001 t/ha) y la biomasa de la

hojarasca (0.321 t/ha). Por último, la cantidad de carbono orgánico almacenado en la biomasa vegetal total es de 11.562 t/ha.

Figura 16

Carbono orgánico de la biomasa vegetal total por parcelas



4.2.2. Carbono orgánico almacenado en el suelo

En la Tabla 8 se muestra que en el estrato (25-50 cm) del cuadrante C3-1 se encontró una mayor densidad aparente (1.264 g/cc) y menor porcentaje de carbono (0.73%). Lo contrario se da en el estrato (0-25 cm) del cuadrante C1-1, ya que se presenta una menor densidad aparente (0.348 g/cc) y un mayor porcentaje de carbono (23.23%). Asimismo, la densidad promedio es de 0.900 g/cc y el porcentaje promedio de carbono es 5.30%.

Tabla 8*Densidad aparente en g/cc y % de carbono*

Código de la muestra	Profundidad del horizonte (cm)	Peso seco de la muestra	Volumen del cilindro (cc)	Densidad aparente (g/cc)	C %
C1-1	0 - 25	147.295	423.437	0.348	23.23
	25 - 50	156.567	423.437	0.370	21.54
C1-2	0 - 25	248.334	423.437	0.586	9.04
	25 - 50	350.308	423.437	0.827	5.57
C2-1	0 - 25	420.985	423.437	0.994	4.17
	25 - 50	471.285	423.437	1.113	3.40
C2-2	0 - 25	371.087	423.437	0.876	4.41
	25 - 50	463.141	423.437	1.094	2.94
C3-1	0 - 25	379.039	423.437	0.895	4.48
	25 - 50	535.132	423.437	1.264	0.73
C3-2	0 - 25	366.108	423.437	0.865	4.95
	25 - 50	399.515	423.437	0.944	2.47
C4-1	0 - 25	372.512	423.437	0.880	2.32
	25 - 50	516.661	423.437	1.220	0.77
C4-2	0 - 25	306.446	423.437	0.724	4.21
	25 - 50	418.501	423.437	0.988	1.51
C5-1	0 - 25	412.559	423.437	0.974	3.05
	25 - 50	387.015	423.437	0.914	1.82
C5-2	0 - 25	434.356	423.437	1.026	3.52
	25 - 50	464.443	423.437	1.097	1.93
PROMEDIO		381.064	423.437	0.900	5.30

En la Tabla 9 se observa que en la parcela C1 se encontró una mayor cantidad de carbono orgánico en el suelo (648.942 t/ha) y en la parcela C4 la menor cantidad (188.401 t/ha). La cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo es de 352.056 t/ha.

Tabla 9

Peso del volumen del suelo y carbono orgánico almacenado por parcela

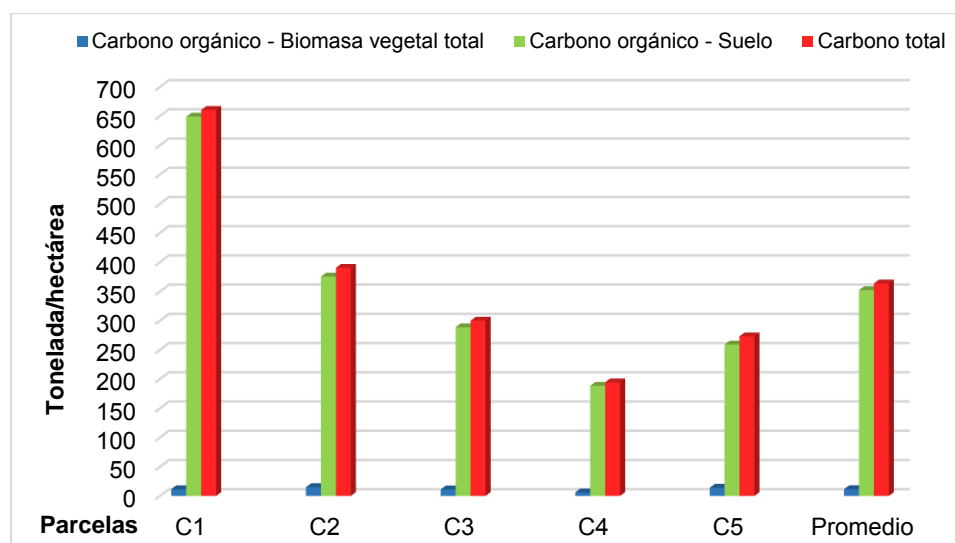
N° de Parcelas	Código de la muestra	Prof. de muestra obtenida (cm)	DA (g/cc)	Peso de suelo seco (1.0 m prof.) (t/ha)	CO (%) Lab.	COS (t/ha)	
						1.00 m Prof.	Prom.
C1	C1-1	0 - 25	0.348	3480	23.23	808.404	648.942
		25 - 50	0.370	3700	21.54	796.980	
	C1-2	0 - 25	0.586	5860	9.04	529.744	
		25 - 50	0.827	8270	5.57	460.639	
C2	C2-1	0 - 25	0.994	9940	4.17	414.498	375.218
		25 - 50	1.113	11130	3.40	378.420	
	C2-2	0 - 25	0.876	8760	4.41	386.316	
		25 - 50	1.094	10940	2.94	321.636	
C3	C3-1	0 - 25	0.895	8950	4.48	400.960	288.644
		25 - 50	1.264	12640	0.73	92.272	
	C3-2	0 - 25	0.865	8650	4.95	428.175	
		25 - 50	0.944	9440	2.47	233.168	
C4	C4-1	0 - 25	0.880	8800	2.32	204.160	188.401
		25 - 50	1.220	12200	0.77	93.940	
	C4-2	0 - 25	0.724	7240	4.21	304.804	
		25 - 50	0.988	9980	1.51	150.698	
C5	C5-1	0 - 25	0.974	9740	3.05	297.070	259.073
		25 - 50	0.914	9140	1.82	166.348	
	C5-2	0 - 25	1.026	10260	3.52	361.152	
		25 - 50	1.097	10970	1.93	211.721	
PROMEDIO			0.900	9004	5.30	352.056	352.056

4.2.3. Carbono total almacenado en el humedal

En la Figura 17 se observa que la mayor cantidad de carbono orgánico total se presentó en la parcela C1 (660.451 t/ha), seguido de las parcelas C2 (390.249 t/ha), C3 (299.875 t/ha), C5 (273.06 t/ha) y C4 (194.453 t/ha). Siendo el suelo en donde se presentó mayor cantidad de carbono orgánico almacenado (352.056 t/ha) a diferencia de la biomasa vegetal total (11.562 t/ha).

Figura 17

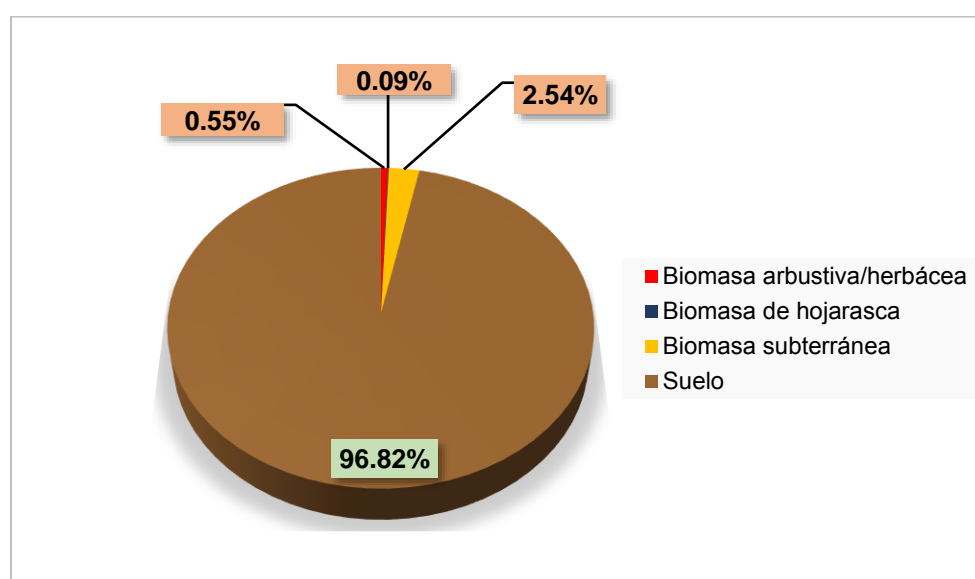
Carbono orgánico total del humedal por parcelas



En la Figura 18 se muestran los resultados en porcentaje almacenado en el humedal Pampa Shonquil, según el tipo de reserva de carbono, siendo mayor el carbono orgánico en el suelo con un 96.82%, seguido de la biomasa subterránea (2.54 %), biomasa arbustiva/herbácea (0.55 %) y la hojarasca (0.09 %).

Figura 18

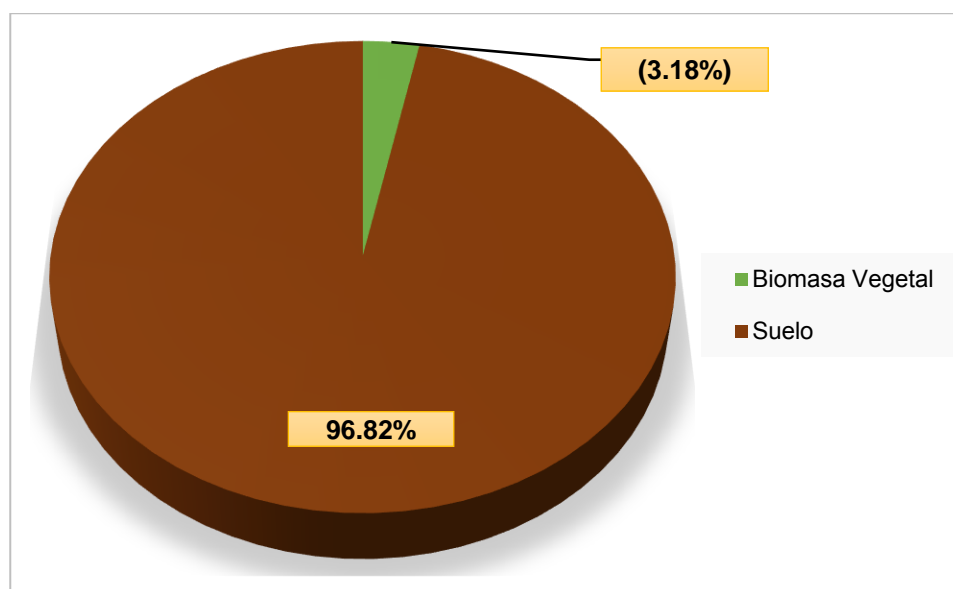
Carbono orgánico total del humedal según el tipo de reserva



En la Figura 19, los resultados muestran en resumen los valores obtenidos producto del cálculo del carbono capturado por el ecosistema del humedal, siendo mayor el carbono orgánico en el suelo (352.056 t/ha) con un 96.82% a diferencia del carbono orgánico en la biomasa vegetal total (11.562 t/ha) con un 3.18 % menor que la del suelo.

Figura 19

Carbono orgánico almacenado en la biomasa vegetal total y suelo

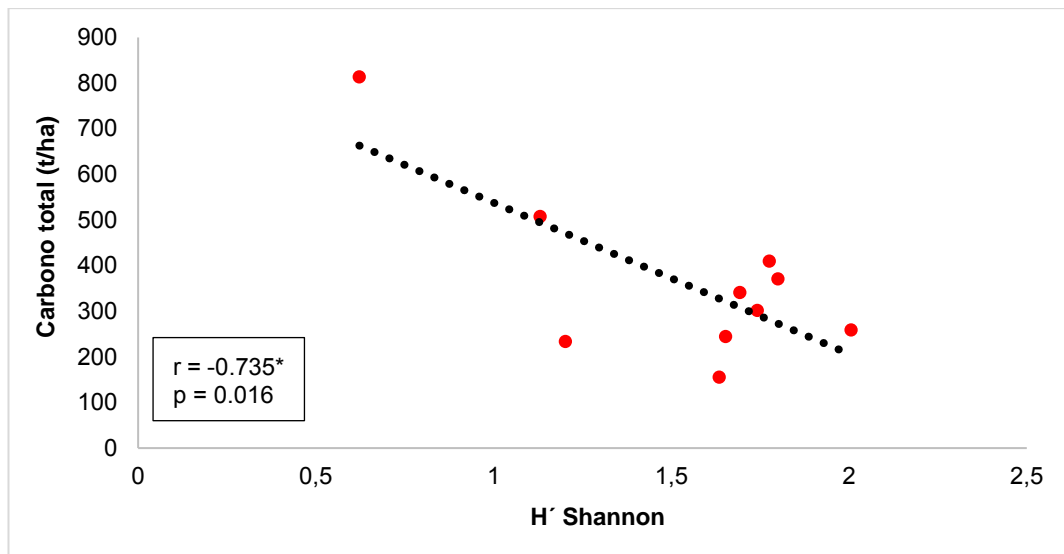


4.3. Relación de los índices de diversidad florística con el volumen del carbono almacenado

En la Figura 20, se muestra la relación que existe entre los valores del índice de Shannon en H' con el contenido del carbono total de los cuadrantes de muestreo. Se observa que existe una correlación inversa significativa entre el índice de Shannon y el contenido de carbono total ($p > 0.05$). A mayores valores del índice de Shannon se encontró un menor contenido de carbono total.

Figura 20

Diagrama de dispersión entre el Índice de Shannon y carbono orgánico total

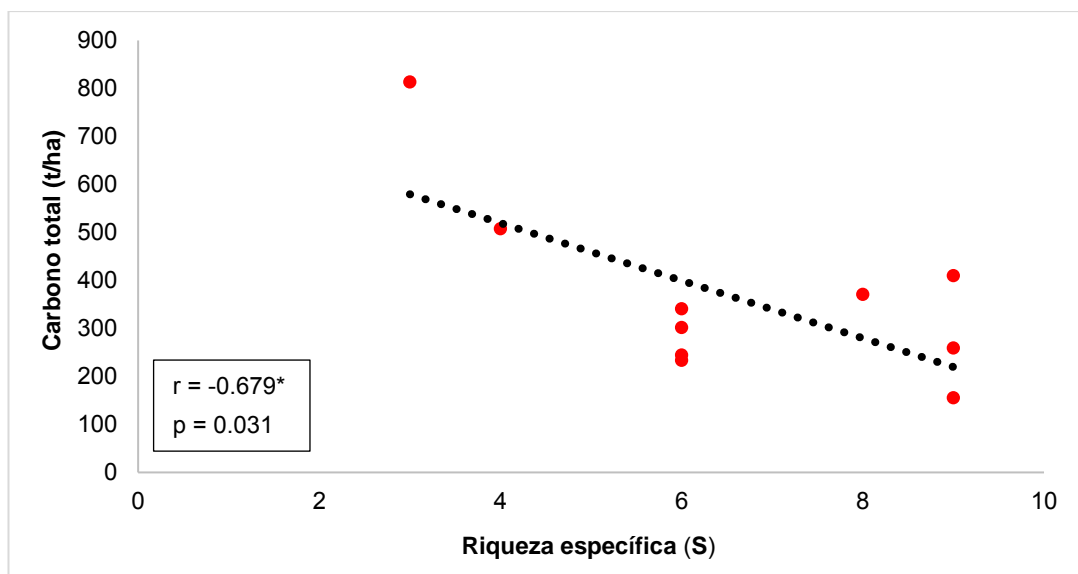


*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

En la Figura 21, se muestra la relación entre los valores de la riqueza específica con el contenido del carbono total de los cuadrantes de muestreo. Se observa que existe una correlación inversa significativa entre el índice de riqueza específica y el contenido de carbono total ($p > 0.05$). A mayores valores de riqueza se encontró un menor contenido de carbono total.

Figura 21

Diagrama de dispersión entre la riqueza específica y carbono orgánico total



*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

4.4. Determinación del valor económico del servicio ambiental de captura de carbono del humedal Pampa Shonquil

Usando el método de precios de mercado y la fórmula:

$$\text{VETSA CO}_2 = \text{ST-SUT} \times \text{CG} \times \text{CSC}$$

ST-SUT: 50.08 ha

CG: 11.562 tC/ha (42.394 tCO₂/ha)

CSC: 7.17 \$/tCO₂

Aplicando:

$$\text{VETSA CO}_2 = 50.08 \text{ ha} \times 42.394 \text{ tCO}_2/\text{ha} \times 7.17 \text{ \$/tCO}_2$$

$$\text{VETSA CO}_2 = \$ 15,222.57$$

Se obtuvo un monto de \$ 15,222.57, el cual es la valoración económica del contenido de carbono del humedal Pampa Shonquil.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Descripción de la composición y los índices de diversidad florística del humedal Pampa Shonquil

5.1.1. Composición florística del humedal

Las especies vegetales identificadas en este estudio son similares a las de Apaza (2006), quien resalta la frecuencia de *Juncus ebracteatus* (20.2%) y *Plantago tubulosa* (12.2%), mientras Mendoza (2019) indica con la misma relevancia a *Juncus ebracteatus* (42.88%).

5.1.2. Índices de diversidad y riqueza

Los valores de Shannon en los todos los cuadrantes estudiados fueron bajos. Este resultado es similar al trabajo de investigación realizado por Mendoza (2020) sobre un humedal altoandino, en la cual muestra valores bajos, menores a 2, que son considerados ecosistemas con baja diversidad. Los humedales altoandinos (bofedales) son considerados como ecosistemas con menor diversidad específica a comparación de otros ecosistemas, como por ejemplo los bosques tropicales (Silva et al., 2014).

En cuanto a la riqueza específica se determinó que los cuadrantes C2-1, C3-1 y C4-1, obtuvieron una mayor riqueza de flora a comparación con los demás cuadrantes. Los menores valores de riqueza se deben a que en

algunos cuadrantes están dominados por una especie vegetal en particular. Por ejemplo, en los cuadrantes de la Parcela C1, se encontró una mayor dominancia de especies vegetales, por lo tanto, hay menor riqueza. Por otro lado, la disminución en los valores de riqueza y diversidad de especies está relacionada con el tipo de vegetación presente a lo largo del área del humedal.

5.2. Determinación del volumen de carbono orgánico almacenado en la biomasa vegetal, suelo y total del humedal

5.2.1. Carbono almacenado en la biomasa vegetal total

El carbono almacenado en la biomasa vegetal total del humedal Pampa Shonquil es de 11.562 tC/ha, lo cual equivale al 3.18% del carbono total. Este valor es menor a lo reportado por Medina et al. (2020), Palomino y Cabrera (2007) e Hidalgo et al. (2012) para los bofedales de La Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca (174.697 tC/ha), Puerto viejo (70.60 tC/ha) y Yanayacu (27.67 tC/ha), respectivamente; mientras que fue mayor con lo reportado por Medrano et al. (2012) para el bofedal del lago Chinchaycocha (6.46 tC/ha). Estas diferencias se explicarían por la composición de especies de cada bofedal, puesto que, por ejemplo, en Pampa Shonquil predomina el *Juncus ebracteatus* E. Mey (17.77%), la cual es una hierba perenne de 5 a 65 cm de altura, con rizomas estoloníferos (Meneses et al., 2015), estas características hacen que aporte mayor cantidad de carbono orgánico a la biomasa radicular (9.240 t/ha), mientras que en Chinchaycocha predominan *Plantago tubulosa*, *Eleocharis albibracteata* y *Limosella australis*, caracterizadas por ser especies de tallos y raíces cortas.

El sobrepastoreo en el humedal Pampa Shonquil podría generar una disminución en la cantidad de biomasa vegetal y carbono almacenado, debido a que los ganados (vacuno y equino) se alimentan de pastos suaves, de crecimiento bajo, ocasionando que se afecte a la integridad biótica del humedal (Salvador, 1996). El pastoreo degrada la estructura de la cobertura vegetal, reduce la altura y densidad de las especies, dejando a las especies invasoras (Zarria, 2015). En la época de lluvias se podría presentar mayor cantidad de biomasa vegetal, mientras que en la época de sequía podría

existir menor cantidad de biomasa. Estas diferencias pueden estar influenciadas por las mayores precipitaciones en la época de lluvia, donde las especies vegetales tienden a desarrollarse más respecto a la época seca donde se presenta menores precipitaciones (Quispe, 2013). Por ejemplo, este estudio se realizó en la época de lluvia, por lo que se podría esperar que exista una mayor cantidad de biomasa y por ende mayor cantidad de carbono almacenado.

5.2.2. Carbono almacenado en el suelo

El carbono almacenado en el suelo del humedal Pampa Shonquil es de 352.056 tC/ha. Este valor es menor a lo reportado para los bofedales de Manasaya (1,040 tC/ha) y Tuni (572 tC/ha; Hribljan et al., 2015), Chinchaycocha (684.58 tC/ha; Medrano et al., 2012) y Yanayacu (680.80 tC/ha; Hidalgo et al., 2012); mientras que fue mayor con lo reportado por Alvis et al. (2021) para el bofedal de Chalhuanca (218.3 tC/ha).

El alto contenido de carbono orgánico en el suelo del humedal altoandino de Shonquil, se debe a su altitud, ya que esta variable influye en la formación de climas fríos, épocas de estiaje con presencia de heladas, limitada presencia de microorganismos degradadores de la biomasa, etc., que no permiten que la biomasa se desintegre completamente en el corto y mediano plazo para cerrar los ciclos de la materia y de nutrientes. Más por el contrario, favorecidos por dichas condiciones, la biomasa se va acumulando permanentemente sobre y dentro del suelo formando un depósito de material orgánico conocido como turba (Hidalgo et al., 2012).

La acumulación de carbono orgánico en los suelos de humedales es un resultado del balance de dos procesos: fijación de carbono a través de la fotosíntesis y la actividad de los microorganismos. Cuando la entrada de carbono es mayor que la salida, éste se acumula en el suelo. En los humedales ocurre que la productividad primaria es muy alta (Enriquez y Cremona, 2017), debido al exceso de humedad que propicia condiciones anaerobias que contribuyen a que el potencial de almacenamiento de carbono sea alto (Jaramillo et al., 2015). El suelo inundado hace que la temperatura y

concentración de oxígeno disminuyan alterando la actividad de los microorganismos descomponedores. De esta forma, el carbono se acumula en el suelo del humedal que típicamente se caracteriza por ser profundo y rico en materia orgánica (Enriquez y Cremona, 2017).

Por otro lado, el carbono del suelo del humedal Pampa Shonquil equivale al 96.82% del carbono total. Este resultado se aproxima a los valores porcentuales reportado por Medrano et al. (2012), Hidalgo et al. (2012) y Alvis et al. (2021) para los suelos de los bofedales de Chinchaycocha (99.07%), Yanayacu (96.09%) y Chalhuanca (90%), respectivamente; los cuales muestran que la proporción de carbono almacenado en los suelos oscila en un rango de 89% a 99.90% (Ávila, 2000 ; Freitas et al., 2006); lo que permite sostener que, en general los suelos son grandes sumideros de carbono, cuyos almacenes dependen de la interacción entre diversos factores bióticos, abióticos y antrópicos (Galicia et al., 2016). Cabe mencionar que La actividad ganadera (sobrepastoreo) en el humedal de Pampa Shonquil podría disminuir las entradas de carbono al suelo, debido a que se estaría reduciendo el área foliar de las plantas, aumentando el deterioro de los suelos por erosión, ocasionado una disminución del potencial de secuestro de carbono en el suelo.

Finalmente, se evidenció que el carbono orgánico cuantificado en el humedal estudiado es mayor en la primera capa del suelo y menor en la segunda capa; esto se corrobora por Gardi et al. (2014), donde menciona que el contenido de carbono orgánico es mayor en las primeras capas del suelo y va disminuyendo de acuerdo a la profundidad, debido a que la acumulación de restos orgánicos y la actividad de los microorganismos se da en los primeros centímetros del suelo (Schargel y Aymard, 2009).

5.2.3. Carbono total almacenado en el humedal de Pampa Shonquil

La cantidad de carbono orgánico del humedal Pampa Shonquil constituido por la suma del carbono orgánico de la biomasa vegetal y del suelo es de 363.618 tC/ha. Este valor es menor a lo reportado por Medrano et al. (2012) e Hidalgo et al. (2012) para los bofedales de Chinchaycocha

(691.04 tC/ha) y Yanayacu (708.47 tC/ha), respectivamente; mientras que fue mayor con lo reportado por Alvis et al. (2021) para el bofedal de Chalhuanca (242.8 tC/ha).

Los resultados de concentración del carbono total nos indican que los humedales tienen un gran potencial como reservas de carbono y pueden desempeñar un papel importante en la regulación de la concentración de CO₂ atmosférico (Zhong y Qiguo, 2001). Sin embargo, la degradación y perturbación en el entorno anaeróbico del humedal Pampa Shonquil a causa de las actividades antrópicas como el sobrepastoreo y la construcción de zanjas, sin ningún estudio previo, pueden ocasionar una mayor tasa de descomposición de carbono almacenado y, por lo tanto, liberan gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera. Por lo tanto, proteger los humedales es una forma práctica de retener las reservas de carbono existentes y así evitar la emisión de dióxido de carbono y GEI (Adhikari et al., 2009).

El contenido de carbono total en el humedal Pampa Shonquil depende de una serie de factores como, por ejemplo, el permanente ingreso de agua que constituye una fuente importante para el crecimiento de la vegetación, el suelo frío y anóxico que limitan la descomposición de la materia orgánica, la topografía del humedal de la que discurre el agua, bajas temperaturas, el agua acumulada durante la época húmeda, cantidad y tiempo de la precipitación, microclima local y el tipo de vegetación dominante (que condicionan la productividad y la composición química de la materia orgánica que entra al sistema).

La información generada del contenido del carbono total en el Humedal Pampa Shonquil servirá como una herramienta de información para la toma de decisiones relacionadas con la gestión del territorio por parte de las autoridades y las comunidades campesinas; esto se reflejará en una gestión sostenible de los humedales.

5.3. Relación de los índices de diversidad florística con el volumen del carbono almacenado

A mayores valores de Shannon y riqueza específica de las especies estudiadas se encontraron menor contenido de carbono total. Este resultado es similar al trabajo de investigación realizado por Doherty y Zedler (2014) sobre un humedal experimental, en la cual mostraron que a mayores valores de riqueza y diversidad hay menor contenido de biomasa. Craft et al. (2007) y Frieswyk et al. (2007), infirieron que este efecto se debía a que existe una fuerte dominancia de especies productivas que aumentan la productividad, lo cual origina que disminuya la riqueza y la diversidad de especies.

Por otro lado, Zhu et al. (2010); Engelhardt y Ritchie (2002); Schultz (2010) han reportado que el aumento de la diversidad trae consigo un aumento de la biomasa. Este aumento se debe al efecto de complementariedad, es decir, diferentes especies de plantas pueden ser capaces de aprovechar mejor los recursos disponibles (Tilman et al., 2001; Loreau, 1998; Fornara y Tilman, 2008), y el efecto de selección, es decir, las comunidades más diversas tienen una mayor probabilidad de contener una especie muy productiva (Aarssen, 1997; Huston, 1997).

5.4. Determinación del valor económico de las reservas de carbono

El valor económico del carbono capturado del humedal altoandino Pampa Shonquil es de \$ 15,222.57. Esta cifra es menor a lo reportado por Medina et al. (2020), Alvis et al. (2021) e Hidalgo et al. (2012) para los bofedales de La Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca (\$ 45,291,274.34), Chalhuanca (\$ 5,703,132.34) y Yanayacu (\$ 41,189.02). Las variaciones se deben a la extensión del área de estudio, carbono almacenado y a los diferentes valores de precio de mercado considerado (Tabla 10).

Tabla 10*Comparación del valor económico de las reservas de carbono en humedales*

Humedal	Valor económico total (\$)	Valor económico unitario (\$/ha)	Carbono	Precio de mercado	Área (Ha)	Referencia
Yanayacu	41,189.02	363.05	27.6716 (tC/ha)	13.12 \$/tC	113.45	Hidalgo et al. (2012)
Chalhuanca	5,703,132.34	6,462.18	901.28 (tCO ₂ /ha)	7.17 \$/tCO ₂	882.54	Alvis et al. (2021)
RNSAB	45,291,274.34	4,085.70	639.39 (tCO ₂ /ha)	6.39 \$/tCO ₂	11,085.31	Medina et al. (2020)
Pampa Shonquil	15,222.57	303.96	42.394 (tCO ₂ /ha)	7.17 \$/tCO ₂	50.08	Presente estudio

Nota: RNSAB = Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca

La información generada sobre el valor económico en el humedal Pampa Shonquil, será de utilidad para los tomadores de decisiones a fin de que propongan políticas y lineamientos relacionados a la comercialización de bonos de carbono en los humedales. De lograrse ello, los estudios de captura de carbono en los humedales de la región Áncash podrían ser inscritos como proyectos en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio, o como estrategia de mitigación ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. Asimismo, permitirá darle un valor económico añadido en beneficio de las comunidades, ya que las empresas interesadas pagarían servicios de conservación del humedal Pampa Shonquil a las comunidades para que ellos puedan preservarlos a cambio de un beneficio monetario.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

1. Se identificaron un total de 20 especies en el humedal Pampa Shonquil, distribuidos en 9 familias y 17 géneros, en donde las especies más comunes fueron *Juncus ebracteatus* E. Mey, *Plantago tubulosa* y *Lachemilla orbiculata*. Se obtuvo una baja diversidad (H'') en todos los cuadrantes de las parcelas estudiadas C1-1(0.62), C1-2(1.13), C2-1(1.78), C2-2(1.8), C3-1(2.01), C3-2(1.69), C4-1(1.64), C4-2(1.2), C5-1(1.65) y C5-2 (1.74). Asimismo, la riqueza específica (S) fue mayor en los cuadrantes C2-1(9), C3-1(9) y C4-1(9) y menor en el cuadrante C1-1(3).
2. El carbono total almacenado en el humedal Pampa Shonquil fue de 363.618 tC/ha, de los que 11.562 toneladas corresponden al carbono almacenado en la biomasa vegetal total y 352.056 corresponde al carbono almacenado en el suelo.
3. Existe una correlación inversa entre los índices de diversidad florística con el contenido de carbono orgánico total, lo que indica que a mayores valores de Shannon y riqueza específica se presenta un menor contenido de carbono total.

4. Se determinó que el humedal Pampa Shonquil tiene un valor económico de \$ 15,222.57 en el almacenamiento de las reservas de carbono, el cual es beneficioso para la contribución al ambiente, mitigación al cambio climático y la sociedad.

6.2. Recomendaciones

- Implementar un programa de monitoreo a largo plazo, con la finalidad de evaluar las fluctuaciones del almacenamiento de las reservas de carbono en el humedal Pampa Shonquil.
- Realizar investigaciones en el humedal Pampa Shonquil durante las épocas de estiaje y avenida, lo cual permitirá generar información fehaciente del almacenamiento de carbono.
- Realizar estudios de captación de carbono por unidad de tiempo, en otras especies y a mayor profundidad de suelo.
- Desarrollar investigaciones considerando mayor número de puntos de muestreo dentro del humedal Pampa Shonquil, la cual permitirá estimar mejor un promedio de la concentración de carbono almacenada en las parcelas estudiadas.
- Seguir desarrollando investigaciones en los cambios de uso y cobertura del suelo cada año, para poder determinar si el humedal Pampa Shonquil se está recuperando o degradando.
- Promover actividades de conservación del humedal, tales como: rotación de ganados (vacuna y equino), cercado de pastizales, a fin de permitir que se recupere la cobertura vegetal del humedal en un determinado plazo establecido.
- Realizar charlas y sensibilización al comité de usuarios de pastos de Shonquil, a fin de que tomen conciencia sobre los beneficios que brinda este humedal, y puedan tomar decisiones antes de establecer obras como la apertura de zanjas y otras dentro de este humedal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aarssen, L. W. (1997). High productivity in grassland ecosystems: effected by species diversity or productive species? *Oikos*, 80(1), 183–184.
- Adhikari, S., Bajracharaya, R. M., & Sitaula, B. K. (2009). A Review of Carbon Dynamics and Sequestration in Wetlands. *Journal of Wetlands Ecology*, 2, 42–46. <https://doi.org/10.3126/jowe.v2i1.1855>
- Aguilar, Z., Ulloa, C., & Hidalgo, P. (2009). *Guía de Plantas Útiles de los Páramos de Zuleta, Ecuador*. Proyecto de Manejo y Aprovechamiento Sustentable de Alpacas en los Páramos de Zuleta. PPA-EcoCiencia. Quito.
- Aguirre, Z. (2013). *Guía de Métodos para medir la Biodiversidad*. Universidad Nacional de Loja. Ecuador.
- Akhter, M. J., Jensen, P. K., Mathiassen, S. K., Melander, B., & Kudsk, P. (2020). Biology and management of vulpia myuros - an emerging weed problem in no-till cropping systems in europe. *Plants*, 9(6), 1–14. <https://doi.org/10.3390/plants9060715>
- Alegría, M. A., & Lillo, A. (2003). *Protección legal de los humedales altoandinos (vegas y bofedales) en Chile*. Ponencia presentada en “Conferencia Internacional Usos Múltiples del Agua: Para la Vida y el Desarrollo Sostenible”. Universidad del Valle; Instituto CINARA, Cartagena de Indias. pp.89-96.
- Alvis, T., Villasante, J. F., Pauca, G. A., Quispe, J. del P., & Luque, C. R. (2021). Cálculo y valoración del almacenamiento de carbono del humedal altoandino de Chalhuanca, Arequipa (Perú). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(3), 139–148. <https://doi.org/10.18271/ria.2021.314>
- Alzérreca, H. (1988). *Diagnóstico y prioridades de investigación en praderas y pasturas del Altiplano y Altoandino de Bolivia*. Primera Reunión Nacional en Praderas Nativas de Bolivia. Programa de Autodesarrollo Campesino, Corporación Desarrollo de Oruro (PAC, CORDEOR). Oruro, Bolivia. pp.214-264.
- Alzérreca, H., Luna, D., Prieto, G., Cardozo, A., & Céspedes, J. (2001). *Estudio de la capacidad de carga de bofedales para la cría de alpacas en el sistema*

- TDPS-Bolivia. Informe final de consultoría. Asociación Integral de Ganaderos en Camélidos de los Altos Andes. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Autoridad. p. 278. La Paz, Bolivia.*
- Apaza, C. R. (2006). *Efecto del estercolado, frecuencias y alturas de corte en el rendimiento de forraje en el bofedal de Islapampa de la Subcuenca Alta del Río Keka*. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 136p.
- Arellano, E., Meza, F., Miranda, M., & Camaño, A. (2013). El cuidado de los humedales y su rol en el secuestro de carbono. *Agronomía y Forestal*, (47), 22–27.
- Arévalo, L. A., Alegre, J. C., & Palm, C. (2003). *Manual Determinación de las Reservas Totales de Carbono en los Diferentes Sistemas de uso de la tierra en Perú*. Lima. Perú.
- Ávila, G. (2000). *Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas de café bajo sombra, café a pleno sol, sistemas silvopastoriles y pasturas a pleno sol*. Tesis Mag. Sc. Turrialba. CATIE, Costa Rica. 116 p.
- Azqueta, D. (2007). *Introducción a la economía ambiental*. Mc Graw Hill. Madrid.
- Baldoceda, R. (2001). Valoración Económica del Servicio Ambiental de Captura de Carbono en la Zona de Neshuya Curimaná (Pucallpa). En *Valoración económica de la diversidad biológica y servicios ambientales en el Perú*. Proyecto INRENA-BIOFOR.
- Bañolas, G., Fernández, S., Espino, F., Haroun, R., & Tuya, F. (2020). Evaluation of carbon sinks by the seagrass *Cymodocea nodosa* at an oceanic island: Spatial variation and economic valuation. *Ocean and Coastal Management*, 187. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105112>
- Bazán, R. A. (2017). *Propuestas para la recuperación de áreas y vegetación de bofedales degradados, y alternativas de manejo ganadero en la cabecera de la microcuenca San Luis - San Nicolás, Ancash*. Proyecto: “Asegurando el Agua y los Medios de Vida en la Montaña”. Instituto de Montaña, Ancash. 78p.
- Beare, M. H., McNeill, S. J., Curtin, D., Parfitt, R. L., Jones, H. S., Dodd, M. B., &

- Sharp, J. (2014). Estimating the organic carbon stabilisation capacity and saturation deficit of soils: A New Zealand case study. *Biogeochemistry*, 120, 71–87. <https://doi.org/10.1007/s10533-014-9982-1>
- Bergkamp, G., & Orlando, B. (1999). *Los humedales y el cambio climático: Examen de la colaboración entre la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán 1971) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. 35p.
- Bolin, B., & Sukumar, R. (2000). *Global perspective in: Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Watson R.T., Noble I.R., Bolin B., Ravindranath N.H., Verardo D.J. and Dokken D.J. (eds.). A Special Report of the IPCC. Cambridge University Press. Cambridge. UK, pp. 23-51.
- Calisto, L. (2018). *Guía de Plantas Alto Pita*. FONAG. 248p.
- Carvajal, M., Alcaraz-López, M. I., Martínez-Ballesta, & Mota, C. (2010). *Investigación sobre la absorción de CO2 por los cultivos más representativos*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 41 pp.
- Castaño, A., Chica, H., Obando, D., & Riaño, M. (2012). Intercambio Gaseoso en *Cordia alliodora*, *Alnus acuminata* y *Pachira quinata* en Colombia. *Cenicafé*, 63(1), 93–110.
- Castro, G. (2005). *Stand dynamic and regeneration of tropical dry forests in Nicaragua*. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Silviculture Umea. 31p.
- Castro, M. (2011). *Una valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en los bofedales de los páramos ecuatorianos: La experiencia en Oña-Nabón - Saraguro - Yacuambi y el Frente Suroccidental de Tungurahua*. Proyecto “Creación de capacidades para la valoración socioeconómica de los Humedales Altoandinos”. EcoCiencia / Wetlands International / UTPL / MAE. Quito.
- Chambi, P. (2001). Valoración económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicado a la zona boscosa del Rio Inambari y Madre de Dios. En *Valoración económica de la diversidad biológica y servicios ambientales en el Perú*. Proyecto INRENA-BIOFOR.

- Ciesla, W. M. (1996). *Cambios climático, bosques y ordenación forestal: Una visión de Conjunto*. FAO, Roma-Italia. 146 p.
- Cochi, N., Prieto, G., Dangles, O., Rojas, A., Ayala, C., Condori, B., & Casazola, J. L. (2014). Metodología para evaluar el potencial productivo y la dinámica socioecológica de la ganadería en bofedales altoandinos. *Ecología En Bolivia*, 49(3), 120–131.
- Condori, E., & Choquehuanca, D. (2001). *Evaluación de las características y distribución de los bofedales en el ámbito peruano del sistema TDPS*. Proyecto Conservación de la Biodiversidad en la Cuenca del Lago Titicaca – Desaguadero – Poopo - Salar de Coipasa. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. 140 p.
- Cortés, C. C. (2014). *Caracterización de la composición florística registrada en el humedal chorrillos (Bogota D.C)*. Especialización en Planeación Ambiental y manejo integral de los recursos naturales. Universidad Militar Nueva Granada. 20p.
- Craft, C., Krull, K., & Graham, S. (2007). Ecological indicators of nutrient enrichment, freshwater wetlands, Midwestern United States (U.S.). *Ecological Indicators*, 7(4), 733–750. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.08.004>
- Cuellar, J., & Salazar, E. (2016). *Dinámica del carbono almacenado en los diferentes sistemas de uso de la tierra en el Perú*. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Lima- Perú. 217 p.
- Cuéllar, N., Rosa, H., & Gonzáles, M. (1999). Los servicios ambientales del agro: El caso del café de sombra en El Salvador. *Prisma*, (34), 1–16.
- Dávalos, R., Morato, M. I. R., & Pinillos-Cueto, E. M. (2008). Almacenamiento de carbono. *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz*, 223-233 pp.
- Defries, R. S., & Townshend, J. R. (1994). Ndvi-Derived Land Cover Classifications At a Global Scale. *International Journal of Remote Sensing*, 15(17), 3567–3586. <https://doi.org/10.1080/01431169408954345>
- Díaz, A., Sáenz-Zúñiga, L., & Zutta, B. (2021). Formación de un humedal en la costa norte del Perú: estabilidad biofísica y diversidad biológica. *Revista Peruana de*

- Biología*, 28(3), 61–70. <https://doi.org/10.15381/RPB.V28I3.21132>
- Doherty, J. M., & Zedler, J. B. (2014). Dominant graminoids support restoration of productivity but not diversity in urban wetlands. *Ecological Engineering*, 65, 101–111. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.056>
- Eguren, L. (2004). *El Mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas*. CEPAL. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. Santiago de Chile. 85p.
- Engelhardt, K. A., & Ritchie, M. E. (2002). The Effect of Aquatic Plant Species Richness on Wetland Ecosystem Processes. *Ecology*, 83(10), 2911–2924. Retrieved from <http://www04.sub.su.se:2079/stable/pdfplus/3072026.pdf>
- Enriquez, A., & Cremona, M. (2017). Humedales Patagónicos como reservorios de carbono: una función poco reconocida en un mundo cambiante. *Serie de Divulgación*, 3, 10–14.
- Environmental Laboratory. (1987). *Corps of Engineers Wetlands Delineation Manual*. Technical Report Y-87-1, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station. Vicksburg, MS.
- Espinoza, M., Orellana, L., Alegría, D., & Ortiz, G. (2011). *Análisis multitemporal de cambios ocurridos en humedales utilizando imágenes satelitales. Periodo 1984-2011*.
- ESRI. (2022). ArcMap Resources for ArcGIS Desktop. Recuperado el 7 de abril de 2022, de <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-desktop/resources>
- Estenssoro, S. (2015). Los bofedales de la cuenca alta del valle de La Paz. In *Historia Natural de un Valle en Los Andes: La Paz*. Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 109-121 pp.
- Eswaran, H., Van Den Berg, E., & Reich, P. (1993). Organic Carbon in Soils of the World. *Soil Science Society of America Journal*, 57, 192–194.
- FAO. (2004). *Actualización de la evaluación de los recursos forestales mundiales a 2005*. Roma.
- FAO. (2017). *Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Roma, Italia.

- FAO y ITPS. (2015). *Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy.
- Figueroa, E. (2010). *Valoración económica detallada de las áreas protegidas de Chile*. Proyecto GEF-MMA-PNUD “Creación de un Sistema Nacional Integral de Áreas Protegidas para Chile: Estructura Financiera y Operacional”. Santiago de Chile.
- Flores, E., Tácuna, A., & Calvo, V. (2014). *Marco conceptual y metodológico para estimar el estado de salud de los bofedales* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1016/j.jgo.2013.09.111>
- Flores, Eduardo. (2016). Sin Humedales no hay Vida. *Revista Cultural Lotería*, 85-91 pp.
- Fornara, D. A., & Tilman, D. (2008). Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. *Journal of Ecology*, 96(2), 314–322. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2007.01345.x>
- Fraume, N. J. (2007). *Diccionario ambiental*. Bogotá: Ecoe Ediciones. 478p.
- Freitas, L., Otárola, E., del Castillo, D., Linares, C., Martínez, P., & Malca, G. (2006). *Servicios ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema aguajal en la Reserva Nacional Pacaya Samiria, Loreto - Perú*. Documento Técnico N° 29 – IIAP. Iquitos - Perú.
- Frieswyk, C. B., Johnston, C. A., & Zedler, J. B. (2007). Identifying and characterizing dominant plants as an indicator of community condition. *Journal of Great Lakes Research*, 33, 125–135. [https://doi.org/10.3394/0380-1330\(2007\)33\[125:IACDPA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3394/0380-1330(2007)33[125:IACDPA]2.0.CO;2)
- Galarza, P. V., & Jorge, J. B. (2020). *Evaluación del estado de conservación del bofedal sector Moya en el Santuario Histórico de Chacamarca, Junín*. Trabajo de investigación para optar el grado académico de Bachiller en Ciencias Ambientales. Facultad de Ingeniería Agraria. Universidad Católica Sedes Sapientiae. Tarma, Perú. 70p.
- Galicia, L., María, A., Cáceres, G., Cram, S., Vergara, B. C., Ramírez, V. P., &

- Saynes, V. (2016). Almacén y dinámica del carbono orgánico del suelo en bosques templados de México. *Terra Latinoamericana*, 34, 1–29. https://doi.org/http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000100001
- García, J. ., & Willems, B. L. (2015). Metodología para el Estudio de Bofedales en Cabeceras de Cuenca Usando Datos Imágenes de los Sensores TM, OLI a bordo de los Satélites Landsat - Caso Estudio: Bofedal Chunal, Cuenca Alta del río Chillón: Avances. *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, (1), 5562–5569.
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M.L., Montanarella, L., Muniz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M.I., Vargas, R. (Ed.). (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*. Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. Luxembourg, 176 pp.
- GEOCATMIN. (2022). Sistema de información geológico y catastral minero. Recuperado el 5 de abril de 2022, de <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- González, P. (2015). Diversidad de asteráceas en los humedales altoandinos del Perú. *Científica*, 12(2), 99–114.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1–9. https://doi.org/https://paleo.carleton.ca/2001_1/past/past.pdf
- Havstad, K. M., Peters, D. P. C., Skaggs, R., Brown, J., Bestelmeyer, B., Fredrickson, E., Herrick, Wright, J. (2007). Ecological services to and from rangelands of the United States. *Ecological Economics*, 64(2), 261–268. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.08.005>
- Hernández, M. E. (2010). Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuente de metano. *Terra Latinoamericana*, 28(2), 139–147. https://doi.org/http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792010000200005
- Hernández, M. E., & Barceló, P. M. C. (2018). Almacenes y flujos de carbono en

- humedales de agua dulce en México. *Madera y Bosques*, 24, 1–12. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401881>
- Hidalgo, P., Espinoza, P., & Tuya, E. (2012). Cuantificación de las reservas de carbono del humedal de Yanayacu - Cátac. *Revista Aporte Santiaguino*, 5(2), 33–40.
- Hribljan, J. A., Cooper, D. J., Sueltenfuss, J., Wolf, E. C., Heckman, K. A., Lilleskov, E. A., & Chimner, R. A. (2015). Carbon storage and long-term rate of accumulation in high-altitude Andean peatlands of Bolivia. *Mires and Peat*, 15(12), 1–14. <https://doi.org/http://www.mires-and-peat.net>
- Huaman, N. L. (2016). *Cuantificación de las reservas totales de carbono en un ecosistema de pastizales altoandinos en Pachacoto, comunidad campesina de Cátac - provincia de Recuay - Ancash, 2015*. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Ambiental. Facultad de Ciencias del Ambiente. Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”. Huaraz, Ancash, Perú. 136p.
- Huang, Z. L., Chen, L. D., Fu, B.-J., & Lu, Y. H. (2016). The relative efficiency of four representative cropland conversions in reducing water erosion: evidence from long-term plots in the loess Hilly Area, China. *Land Degradation & Development*, 17, 615–627.
- Huston, M. A. (1997). Hidden treatments in ecological experiments: Re-evaluating the ecosystem function of biodiversity. *Oecologia*, 110(4), 449–460. <https://doi.org/10.1007/s004420050180>
- IBM Corp. (2017). *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0*. Armonk, NY: IBM Corp.
- IPCC. (2001). *Cambio climático 2001: informe de síntesis*. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al tercer informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra. 200p.
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis*. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza. 157 p.

- Jaramillo, U., Cortés-Duque, J., & Flórez, C. (2015). *Colombia Anfibia*. Un país de humedales. Volumen 1. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 140 pp.
- Jastrow, J. D., Amonette, J. E., & Bailey, V. L. (2007). Mechanisms controlling soil carbon turnover and their potential application for enhancing carbon sequestration. *Climatic Change*, *80*, 5–23. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9178-3>
- Jin, S., & Sader, S. A. (2005). Comparison of time series tasseled cap wetness and the normalized difference moisture index in detecting forest disturbances. *Remote Sensing of Environment*, *94*(3), 364–372. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.10.012>
- Kaiser, K., & Kalbitz, K. (2012). Cycling downwards: dissolved organic matter in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, *52*, 29–32. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.04.002>
- Kane, D. (2015). *Carbon Sequestration Potential on Agricultural Lands: A Review of Current Science and Available Practices*. National Sustainable Agriculture Coalition Breakthrough Strategies and Solutions, LLC. 36p.
- Keiluweit, M., Bougoure, J. J., Nico, P. S., Pett-Ridge, J., Weber, P. K., & Kleber, M. (2015). Mineral protection of soil carbon counteracted by root exudates. *Nature Climate Change*, *5*(6), 588–595.
- Lambert, A. (2003). Valoración económica de los humedales: un componente importante de las estrategias de gestión de los humedales a nivel de las cuencas fluviales. *Convención de Humedales Ramsar*, 1–11.
- Lewis, W. (1995). *Wetlands characteristics and boundaries*. National Academy Press. Washington. 307 p.
- Llellish, G. E. (2012). Caso práctico Cartografiado de bofedales usando imágenes de satélite Landsat en una cuenca altoandina del Perú. *Asociación Española de Teledetección*, *38*, 92–108.
- Lolu, A., Ahluwalia, A. S., Sidhu, M. C., Reshi, Z. A., & K., M. S. (2020). Carbon Sequestration and Storage by Wetlands: Implications in the Climate Change

- Scenario. *Restoration of Wetland Ecosystem: A Trajectory Towards a Sustainable Environment*, 45-58 p. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-7665-8>
- Loreau, M. (1998). Separating Sampling and Other Effects in Biodiversity Experiments. *Oikos*, 82(3), 600. <https://doi.org/10.2307/3546381>
- Lützow, M. V., Kögel-Knabner, I., Ekschmitt, K., Matzner, E., Guggenberger, G., Marschner, B., & Flessa, H. (2006). Stabilization of organic matter in temperate soils: Mechanisms and their relevance under different soil conditions - A review. *European Journal of Soil Science*, 57(4), 426–445. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2006.00809.x>
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. New Jersey. 179 pp.
- Maldonado-Fonkén, S. (2014). Introducción a los Bofedales de la Región Altoandina Peruana. *Grupo Internacional de Conservación de Turbales*, 15(5), 1–13.
- Maldonado, M., Alegría, J., Valencia, N., & Montenegro, A. (2018). Plantas comunes de los Bofedales de Carampoma. *Corbidi*, 1-3 pp., Huarochirí, Lima-Perú.
- Mamani, G., Garcia, A., & Durand, F. (2013). *Manejo y utilización de praderas naturales en la zona altoandina*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Estación Experimental Agraria Canaán - Ayacucho. 103p.
- Marín, J., Hernández, M., & Patricia, C. (2011). Secuestro de carbono en suelos de humedales costeros de Agua Dulce en Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13, 365–372.
- Martínez, M., González, Y., & Alfonso, A. (1986). Paspalum spp. *Pastos y Forrajes*, 8(2), 495–503. https://doi.org/10.1007/978-3-642-73520-2_27
- Martino, D. (2000). *Los Sumideros de Carbono en el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto*. 9 pp.
- Matteucci, S. D., Colma, A., & Pla, L. (1999). Biodiversidad vegetal en el árido falconiano (Venezuela). *Interciencia*, 24(5), 300–307.
- Medina, C. E., Medina, Y. K., & Bocardo, E. F. (2020). Valoración económica del secuestro y almacenamiento de carbono en la puna seca del suroeste del Perú. *Bosque*, 41(2), 165–172. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002020000200165>

- Medrano Yanqui, R. L., Chupan Minaya, L., & Vila Balbín, M. (2012). Almacenamiento de carbono en especies predominantes de flora en el lago Chinchaycocha. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 2(2), 110–117. <https://doi.org/https://journals.continental.edu.pe/index.php/apuntes/article/download/52/51/>
- Mendiola, A., Fuentes, C., Arroyo, W., Auqui, M., Huamán, R., & Martínez, J. (2008). *Desarrollo del mercado de carbono en el Perú*. Esan Ediciones. Lima-Perú.
- Mendoza, A. M. (2020). *Planta acuáticas en ambientes lénticos del Bofedal Minas Corral, distrito Vinchos, provincia de Huamanga, Ayacucho 2017 - 2018*. Tesis para optar al título profesional de Bióloga en la Especialidad de Ecología y Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. 91p.
- Mendoza, G. A. (2019). *Evaluación de las causas de degradación y alternativas de recuperación de los pastizales de Acocancha - comunidad campesina cordillera blanca; distrito y provincia de Recuay, 2017*. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Ambiental. Facultad de Ciencias del Ambiente. Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”. Huaraz, Ancash, Perú. 135p.
- Meneses, R. I., Beck, S., & Anthelme, F. (2015). *La Cordillera Real y sus plantas*. IRD & Herbario Nacional de Bolivia. La Paz, Bolivia. 364 p.
- Meneses, R., Loza Herrera, S., Lliully, A., Palabral, A., & Anthelme, F. (2014). Métodos para cuantificar diversidad y productividad vegetal de los bofedales frente al cambio climático. *Ecología En Bolivia*, 49(3), 42–55.
- MINAM. (2013). *Estrategia Nacional de Humedales*. Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales. Dirección General de Diversidad Biológica. Lima.
- MINAM. (2015). *Mapa nacional de cobertura vegetal: Memoria descriptiva*. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima.
- MINAM. (2016). *Guía de Valoración Económica del Patrimonio Natural*. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural.

Lima.

- MINAM. (2020). *El precio al carbono como instrumento de descarbonización en el contexto nacional*. Proyecto para la implementación de las metas climáticas del Perú. Dirección General de Cambio Climático y Desertificación.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2017). *Resolución Directoral N° 002-2017-EF/63.01*. Directiva para la Formulación y Evaluación en el Marco del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones. Diario Oficial "El Peruano."
- Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2000). The value of wetlands: Importance of scale and landscape setting. *Ecological Economics*, 35(1), 25–33. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(00\)00165-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00165-8)
- Morales, S. (2010). *Humedales Costeros de la Península de Yucatán*. CINVESTAV. pp. 1-9.
- Moreno-Casasola, P. (2016). *Servicios ecosistémicos de las selvas y bosques Costeros de Veracruz*. INECOL - ITTO - CONAFOR - INECC. México, 360 p.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA. Zaragoza, 84 pp.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. *Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)*, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 87 p.
- Orellana, G., Sandoval, M. L., Linares, G., García, N. E., & Tamariz, J. V. (2012). Descripción de la dinámica de carbono en suelos forestales mediante un modelo de reservorios. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 3(1), 123–135.
- Ortiz, N. (2016). *Diversidad y biomasa de la flora silvestre en el bofedal la Moya – Ayaviri*. Tesis para optar al título profesional de Licenciada en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 60p.
- Ortiz, R., Ramirez, O., & Finegan, B. (1998). CO2 Mitigation Service of Costa Rica Secondary Forests as Economic Alternative for joint Implementation Initiatives. *Ecology and Management of Tropical Secondary Forest: Science, People and*

- Policy*, CATIE. Costa Rica. pp. 213-227.
- Osaki, M., & Tsuji, N. (2015). *Tropical Peatland Ecosystems*. Springer, Tokyo. 663p.
- Palomino, D., & Cabrera, C. (2007). Estimación del servicio ambiental de captura del CO₂ en la flora de Los Humedales de Puerto Viejo. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, 10(20), 49–59.
- Palomino, E., Soto, H. C., & Najarro, P. (2019). *Plantas comunes de los Pastizales de la Hacienda Ventilla*. Huacullani-Puno. 1-5 pp.
- Paul, E. (2014). *Soil microbiology, ecology and biochemistry*. Academic press. 598p.
- Peña, E., & Bent, L. (2007). El mercado de carbono. *Revista Perspectiva*, 3(15), 1–81.
- Pilkey, O. H., & Pilkey, K. C. (2011). *Global climate change*. A primer. Duke University Press. Durham.
- Quispe, C. M. (2013). *Efecto de la frecuencia de corte en la estimación de biomasa en pastizales alto andinos*. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ciencias de Ingeniería. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú. 70p.
- Rasse, D. P., Rumpel, C., & Dignac, M. F. (2005). Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilisation. *Plant and Soil*, 269, 341–356.
- Ricse, A., Alegre, J., Arévalo, L., Barbarán, J., & Palma, C. (2001). *Reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en la amazonía peruana*. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de Ucayali (CODESU). Boletín informativo. Ucayali.
- Rojas, Y., & Bahamondez, C. (2021). *Protocolo stock de carbono de los ecosistemas forestales nativos*. FAO y MINAGRI. Santiago, Chile.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *Earth Resources Technology Satellite*, 24(1), 309–317. <https://doi.org/10.1021/jf60203a024>

- Ruthsatz, B. (2012). Vegetación y ecología de los bofedales altoandinos de Bolivia. *Phytocoenologia*, 42(3–4), 133–179. <https://doi.org/10.1127/0340-269X/2012/0042-0535>
- Salvador, F. de M., & Cano, A. (2002). Lagunas y oconales : los humedales del trópico andino. *Cuadernos de Biodiversidad*, 11, 4–9. <https://doi.org/10.14198/cdbio.2002.11.01>
- Salvador, P. M. (1996). *Evaluación del sobrepastoreo en la subcuenca del río Yanayacu*. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Ambiental. Facultad de Ciencias del Ambiente. Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”. Huaraz, Ancash, Perú.
- Schargel, R., & Aymard, G. (2009). *Estudio de los suelos y la vegetación (estructura, composición florística y diversidad) en bosques macrotérmicos no-inundables, Estado Amazonas, Venezuela*. Biosis Scientific.
- Schmidt, M. W. I., Torn, M. S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I. A. M., Kleber, M., Kögel-Knabner, I., Lehmann, J., Manning, D., P., Rasse, D., Weiner, S., Trumbore, S. E. (2011). Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, 478, 49–56.
- Schultz, R. E. (2010). *Plant Diversity and Community Composition Effects on Carbon Cycling and Nitrogen Partitioning in Freshwater Wetlands*.
- Segura, M. (1997). *Almacenamiento y fijación de carbono en Quercus costaricensis, en un bosque de altura en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica*. Tesis Licenciatura en Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 127 p.
- Segura, M. (1999). *Valoración del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en bosques privados en el Area de Conservación Cordillera Volcánica Central, Costa Rica*. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba. Costa Rica. 120 p.
- Silva, S. C. A., Cervi, A. C., Bona, C., & Padial, A. A. (2014). Aquatic macrophyte community varies in urban reservoirs with different degrees of eutrophication. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 26(2), 129–142. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X2014000200004>

- Six, J., Conant, R., Paul, E., & Paustian, K. (2002). Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil* 241, 155–175. <https://doi.org/10.1023/A>
- Six, J., Frey, S. D., Thiet, R. K., & Batten, K. M. (2006). Bacterial and Fungal Contributions to Carbon Sequestration in Agroecosystems. *Soil Science Society of America*, 70(2), 555–569. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.0347>
- Smith, P., House, J. I., Bustamante, M., Sobocká, J., Harper, R., Pan, G., ... Pugh, T. A. M. (2016). Global change pressures on soils from land use and management. *Global Change Biology*, 22(3), 1008–1028. <https://doi.org/10.1111/gcb.13068>
- Snowdon, P., Raison, J., Keith, H., Ritson, P., Grierson, P., Adams, M., ... Bi, H. (2002). Protocol for sampling tree and stand biomass. *National Carbon Accounting System Technical Report No. 31. Australian Greenhouse Office, Canberra*. 76p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2825.8967>
- Sotil, J., & Flores, E. R. (2014). *Lineamientos para el desarrollo de proyectos de inversión pública en recuperación de bofedales*. Informe Técnico del Proyecto de Recuperación de Bofedales. Convenio Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales y Ministerio del Ambiente.
- Tilman, D., Reich, P. B., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T., & Lehman, C. (2001). Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science*, 294(5543), 843–845. <https://doi.org/10.1126/science.1060391>
- Tomassini, D. (2000). *Valoración Económica del Ambiente*. Departamento de Economía, Desarrollo y Planeamiento. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- UNESA. (2005). *Metodologías para la Implementación de los Mecanismos flexibles de Kioto - Mecanismo de Desarrollo Limpio en Latinoamérica-Programa Synergy*. Asociación Española de la Industria Eléctrica. SEMARNAT.
- Villares, R. E. (2012). *Valoración económica de agua y carbono almacenado en los bofedales de Mechahuasca y Paylacocho en la Reserva Chimborazo*. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Forestal. Facultad de Recursos Naturales. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

136p.

- Wang, Z., Liu, C., & Huete, A. (2003). From AVHRR-NDVI to MODIS-EVI: Advances in vegetation index research. *Acta Ecologica Sinica*, 23, 979–987. <https://doi.org/10.1080/00220973.1955.11010524>
- Yomary, L., & Alvarez, P. (2013). Valoración económica de una mejora en la calidad del aire en la ciudad de Rancagua, Chile. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, 9(2), 108–119.
- Zarria, M. (2015). *Inventario y estrategias de mejora de los pastizales de los sistemas de producción de alpacas en la Sierra central*. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Producción Animal. Escuela de Posgrado Maestría en Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Zhong, L., & Qiguo, Z. (2001). Organic carbon content and distribution in soils under different land uses in tropical and subtropical China. *Plant and Soil*, 231(2), 175–185. <https://doi.org/10.1023/A:1010350020951>
- Zhu, S. X., Ge, H. L., Ge, Y., Cao, H. Q., Liu, D., Chang, J., Zhang, C.B., GU, B.J, Chang, S. X. (2010). Effects of plant diversity on biomass production and substrate nitrogen in a subsurface vertical flow constructed wetland. *Ecological Engineering*, 36(10), 1307–1313. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.06.007>

ANEXOS



ANEXO 1

**DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES VEGETALES
DEL HUMEDAL PAMPA SHONQUIL**



FAMILIA ASTERACEAE

Del género COTULA:

***Cotula mexicana* (DC.) Cabrera**

Es una hierba pigmea, con tallos rastreros, enraizantes en los nudos. Las hojas están amontonadas en los nudos formando rosetitas de 3-4 hojas pecioladas pinnadas. Habitan en los bofedales, borde de arroyos y sobre barro muy húmedo; a una altitud de 2,500 hasta los 5,000 m s.n.m. (Meneses et al., 2015).



Bazán (2017)

Del género HYPOCHAERIS:

***Hypochaeris taraxacoides* (Meyen & Walp.) Ball**

Posee hojas lanceoladas a lineales, dentadas, casi enteras hasta profundamente pinnadas, glabras. Las flores son blancas en la cara superior y lilas en la inferior (Meneses et al., 2015). Se les encuentra en los humedales altoandinos, principalmente en aquellos bofedales donde predomina *Plantago tubulosa* (González, 2015).



Maldonado et al. (2018)

***Hypochaeris meyeniana* (Walp.) Benth. & Hook.f. ex Griseb.**

Se caracteriza por sus capítulos sésiles, filarias glabras y numerosas flores amarillas. Posee hojas lobuladas y dentadas. Habitan entre los 2,500 hasta los 5,000 m s.n.m., en planicies y pajonales de chilliwa (Meneses et al., 2015).



Galarza y Jorge (2020)

Del género ORITROPHIUM:

***Oritrophium limnophilum* (Sch. Bip.) Cuatrec.**

Es una hierba perenne de 3-10 cm de alto, con hojas coriáceas, ovado-elípticas u ovado espatuladas, de color verde en el haz. La inflorescencia es solitaria sobre un pedúnculo rojizo. Tienen flores blancas. Se desarrollan entre los 4,000 hasta los 5,000 m s.n.m., en la vegetación altoandina de bofedales y pequeños arroyos (Meneses et al., 2015).



Bazán (2017)

Del género PARANEPHELIUS:

***Paranephelius ovatus* A. Gray ex Wedd.**

Especie común en los humedales altoandinos, especialmente en aquellos bofedales donde predomina *Plantago tubulosa*. Es muy fácil de reconocer por sus hojas discoloras (haz de color verde y envés blanco) (González, 2015).



Del género WERNERIA:

Werneria pygmaea

Es una hierba perenne, pigmea, con tallo subterráneo oblicuo u horizontal, grueso, ramoso. Las hojas son arrosetadas, lineales, obtusas en el ápice. Los pétalos son blancos y el centro es amarillo. Se desarrollan en los bofedales y sitios húmedos a una altitud de 3,000 hasta los 5,000 m s.n.m. (Meneses et al., 2015; Calisto, 2018).



Maldonado et al. (2018)

***Werneria nubigena* Kunth**

Es una hierba perenne, arrosetada, con tallo subterráneo casi vertical. Tiene raíces numerosas y gruesas. Las hojas son lineares, con flores blancas o un poco púrpuras. Crece en sitios húmedos a una altitud de 2,500 hasta los 4,500 m s.n.m. (Calisto, 2018).



Maldonado et al. (2018)

FAMILIA CYPERÁCEAS

Del género CAREX:

Carex ecuadorica

Es una planta perenne, rizomatosa, de 5 a 15 cm de alto, de tallo triangular, hojas lineales algo rígidas, inflorescencia con espiguillas aglomeradas en cabezuelas compactas (espigas) aovadas apicales, flores (espiguillas) pequeñas. Se desarrolla desde los 3,500 hasta los 4,300 m s.n.m., en suelos algo húmedos y pajonales y césped de puna (Mamani et al., 2013).



Bazán (2017)

FAMILIA FABÁCEAS

Del género TRIFOLIUM:

Trifolium amabile

Es una planta perenne de raíz pivotante, engrosada y muy desarrollada hasta 25 cm de largo. El tallo es poco elevado y las hojas son trifoliadas. Habitan entre los 3,800 hasta los 4,300 m s.n.m., en suelos con buena humedad y en vegetación tipo pajonal (Mamani et al., 2013).



Ortiz (2016)

FAMILIA GENTIANACEAE

Del género GENTIANA:

***Gentiana sedifolia* Kunth in H.B.K.**

Es una hierba de 3 cm de alto. Tiene flores de color azul claro con pétalos medio fusionados y con el centro amarillo, redondeado de blanco. Se desarrolla en pastizales de puna a 4,200 hasta los 4,500 m.s.n.m. (Condori y Choquehuanca, 2001).



Maldonado et al. (2018)

FAMILIA GRAMINEAE:

Del género PASPALUM:

Paspalum sp.

Son plantas perennes, anuales y vivaces; poseen panícula ramosa, con racimos espiciformes a lo largo del eje (Sauget, 1946; Harvard-Duclos, 1967, citado por Martínez et al., 1986).



FAMILIA JUNCACEAE:

Del género JUNCUS:

***Juncus ebracteatus* E. Mey.**

Es una hierba perenne de 5 a 65 cm de altura, cubierto por escamas de color café. Las hojas son foliares. Crece sobre los 3,000 hasta los 4,600 m.s.n.m., en pozas y suelos anegados (Meneses et al., 2015).



Palomino et al. (2019)

FAMILIA PLANTAGINACEAE:

Del género PLANTAGO:

***Plantago tubulosa* Decne**

Hierba cespitosa y arrosetada. Las hojas son coriáceas, envainadoras, lineares y lanceoladas. Se desarrollan en suelos húmedos, vegas y bofedales; entre los 3,000 hasta los 5,000 m.s.n.m. (Meneses et al., 2015).



Bazán (2017)

FAMILIA POACEAE:

Del género CALAMAGROSTIS:

Calamagrostis rigescens

Planta con cañas duras y engrosadas. Las hojas son involutas o planas. Se desarrolla desde los 3,800 hasta los 4,600 m.s.n.m. Crece en suelos muy húmedos, es frecuente encontrarlo en bofedales y zonas con agua permanente (Mamani et al., 2013).



Maldonado et al. (2018)

Del género MUHLENBERGIA:

Muhlenbergia peruviana

Es una planta anual delicada, crece de 3 a 15 cm de largo. Tiene rizomas delgados con tallos en forma de cañas filiformes. Las hojas son de 1 a 3 cm de largo, comúnmente planas y suaves. Habitan en suelos semihúmedos y profundos. Se reportan en los bofedales de América (Condori y Choquehuanca, 2001).



Maldonado et al. (2018)

Del género PENNISETUM:

Pennisetum clandestinum

Es una especie perenne y rizomatosa. Sus tallos son ramificados con nudos glabros. Las hojas son pelosas. Es una comunidad muy dominante para los humedales. Puede formar pastizales inundables que compiten con los Juncuales y otras especies nativas (Cortés, 2014).



Del género VULPIA:

Vulpia Myuros

La longitud del tallo varía de 5 a 75 cm. Los rodales densos tienen una apariencia copetuda con hojas delgadas, erectas y finamente puntiagudas. Crecen en inviernos fríos y húmedos, germinan rápidamente en diversas condiciones ambientales, incluso en capas más profundas del suelo (Akhter et al., 2014).



FAMILIA ROSACEAE:

Del género LACHEMILLA:

***Lachemilla orbiculata* (Ruiz & Pav.) Rydb.**

Son hierbas rastreras que forman alfombras al nivel del suelo. Las hojas están dispuestas en una roseta en la base, tienen forma redonda y arriñonada. Presentan una pubescencia blanquecina (Aguilar et al., 2009). Son abundantes en lugares donde hubo pastoreo y se desarrollan desde los 2,000 hasta los 5,000 m.s.n.m. (Calisto, 2018).



Lachemilla *pinnata* (Ruiz & Pav.) Rothm.

El crecimiento de esta especie es rastrero, pero puede alcanzar una altura de 10 cm. La raíz es pivotante, engrosada y muy desarrollada hasta 25 cm. Las hojas son algo plateadas, vellosas, pinnadas. Tiene flores solitarias, pequeñas y amarillentas. Se desarrolla comúnmente desde los 3,800 hasta los 4,300 m.s.n.m. Crece en suelos húmedos y de vegetación tipo césped de puna (Mamani et al., 2013).



Galarza y Jorge (2020)

ANEXO 2

REGISTRO Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE CAMPO



HOJA DE TRABAJO N° 1

Tabla 11

Biomasa arbustiva/herbácea

N° de Parcela (*) y Sub muestras	Biomasa arbustiva/herbácea peso fresco PFT (g/m ²)	Peso		(**) Biomasa arbustiva/herbácea peso seco (t/ha)	
		fresco de la sub muestra PFM (g)	Peso seco de la sub muestra PSM (g)		
C1	C 1-1	2210	137.125	48.565	6.543
	C 1-2	1420	131.984	48.872	
C2	C 2-1	892	116.237	60.985	5.005
	C 2-2	1010	124.513	65.717	
C3	C 3-1	535	76.715	63.817	4.915
	C 3-2	711	78.270	59.209	
C4	C 4-1	1067	126.856	30.760	2.528
	C 4-2	837	137.113	40.447	
C5	C 5-1	398	81.270	64.622	3.245
	C 5-2	423	74.005	58.194	
PROMEDIO					4.447

* En el presente estudio, parcela equivale a cuadrante (C=cuadrante)

** Biomasa arbustiva/herbácea, materia seca (t/ha) = ((PSM/PFM) x PFT) x 0.01

Tabla 12

Carbono orgánico almacenado en la biomasa arbustiva/herbácea

Parcela	BA/H (t/ha)	F de C	CO-BA/H (t/ha)
C1	6.543	0.45	2.944
C2	5.005	0.45	2.252
C3	4.915	0.45	2.212
C4	2.528	0.45	1.138
C5	3.245	0.45	1.460
Promedio	4.447	0.45	2.001

HOJA DE TRABAJO N° 2

Tabla 13

Biomasa de la vegetación de hojarasca

N° de Parcela (*) y Sub muestras		Biomasa de hojarasca peso fresco PFT (g/m ²)	Peso fresco de la sub muestra PFM (g)	Peso seco de la sub muestra PSM (g)	(**) Biomasa de hojarasca peso seco (t/ha)	
(***) C1	C 1-1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	C 1-2	0.000	0.000	0.000	0.000	
C2	C 2-1	16	8.404	6.892	0.525	0.592
	C 2-2	20	9.375	7.718	0.659	
C3	C 3-1	31	17.819	16.290	1.134	1.115
	C 3-2	30	14.637	13.368	1.096	
(***) C4	C 4-1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	C 4-2	0.000	0.000	0.000	0.000	
C5	C 5-1	42	16.479	15.171	1.547	1.856
	C 5-2	58	15.385	14.359	2.165	
PROMEDIO					0.713	

* En el presente estudio, parcela equivale a cuadrante (C=cuadrante)

** Biomasa de la hojarasca, materia seca (t/ha) = ((PSM/PFM) x PFT) x 0.04

*** No se encontró hojarasca

Tabla 14

Carbono orgánico almacenado en la hojarasca

Parcela	Bh (t/ha)	F de C	CO-Bh (t/ha)
C1	0.000	0.45	0.000
C2	0.592	0.45	0.266
C3	1.115	0.45	0.502
C4	0.000	0.45	0.000
C5	1.856	0.45	0.835
Promedio	0.713	0.45	0.3206

HOJA DE TRABAJO N° 3

Tabla 15

Biomasa de la vegetación subterránea

N° de Parcela (*) y Sub muestras	Biomasa subterránea o de raíces peso fresco (g/m ²)	Peso fresco de la sub muestra (g)	Peso seco de la sub muestra (g)	(**) Biomasa subterránea o de raíces peso seco (t/ha)	
C1	C 1-1	2320	157.534	26.719	15.740
	C 1-2	2907	164.448	31.574	22.326
C2	C 2-1	692	86.524	75.761	24.237
	C 2-2	977	82.098	65.907	31.373
C3	C 3-1	637	77.941	66.713	21.809
	C 3-2	456	72.540	63.818	16.047
C4	C 4-1	357	75.146	60.353	11.469
	C 4-2	312	74.754	62.133	10.373
C5	C 5-1	688	79.415	68.653	23.791
	C 5-2	827	81.779	69.643	28.171
PROMEDIO				20.533	

* En el presente estudio, parcela equivale a cuadrante (C=cuadrante)

** Biomasa subterránea, materia seca (t/ha) = ((PSM/PFM) x PFT) x 0.04

Tabla 16

Carbono orgánico almacenado en la biomasa subterránea

Parcela	Bs (t/ha)	F de C	CO-Bs (t/ha)
C1	19.033	0.45	8.565
C2	27.805	0.45	12.512
C3	18.928	0.45	8.518
C4	10.921	0.45	4.914
C5	25.981	0.45	11.691
Promedio	20.533	0.45	9.240

HOJA DE TRABAJO N° 4

Tabla 17

Biomasa vegetal total seca

PARCELA	BA/H (t/ha)	Bh (t/ha)	Bs (t/ha)	BVT (t/ha)
C1	6.543	0.000	19.033	25.576
C2	5.005	0.592	27.805	33.402
C3	4.915	1.115	18.928	24.958
C4	2.528	0.000	10.921	13.449
C5	3.245	1.856	25.981	31.082
Promedio	4.437	0.713	20.534	25.693

Tabla 18

Carbono orgánico de la biomasa vegetal total seca

PARCELA	CO-BA/H (t/ha)	CO-Bh (t/ha)	CO-Bs (t/ha)	CO-BVT (t/ha)
C1	2.944	0.000	8.565	11.509
C2	2.252	0.266	12.512	15.031
C3	2.212	0.502	8.518	11.231
C4	1.138	0.000	4.914	6.052
C5	1.460	0.835	11.691	13.987
Promedio	2.001	0.321	9.240	11.562

HOJA DE TRABAJO N° 5

Tabla 19

Carbono total almacenado en el ecosistema del humedal

PARCELA	CO-BVT (t/ha)	COS (t/ha)	CT (t/ha)
C1	11.509	648.942	660.451
C2	15.031	375.218	390.249
C3	11.231	288.644	299.875
C4	6.052	188.401	194.453
C5	13.987	259.073	273.06
Promedio	11.562	352.056	363.618

Tabla 20

Carbono orgánico total según el tipo de reserva de carbono

FUENTE MEDIDA	CARBONO TOTAL ALMACENADO (t/ha)
Biomasa Vegetal Total	11.562 (3.18%)
Biomasa arbustiva/herbácea	2.001
Biomasa hojarasca	0.321
Biomasa subterránea	9.240
Suelo	352.056 (96.82%)
Total	363.618

ANEXO 3

RESULTADOS DE LABORATORIO



ANÁLISIS DEL PESO FRESCO Y SECO DE LAS SUBMUESTRAS DE LA BIOMASA HERBÁCEA



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL PESO FRESCO Y SECO DE LAS SUBMUESTRAS DE LA BIOMASA HERBÁCEA

SOLICITA : FIGUEROA NORABUENA, Alex Jaime – Tesista

PROYECTO : “VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS RESERVAS DE CARBONO DEL HUMEDAL PAMPA SHONQUIL, DISTRITO Y PROVINCIA DE CARHUAZ-ANCASH, 2020”

UBICACIÓN: Shonquillpampa – Carhuaz – Carhuaz - Áncash

CÓDIGO DE LA MUESTRA	PESO FRESCO SUB MUESTRA (GRAMOS)	PESO SECO A ESTUFA A 75 °C x 24 Hrs. SUB MUESTRA (GRAMOS)
C1-1	137.125	48.565
C1-2	131.984	48.872
C2-1	116.237	60.985
C2-2	124.513	65.717
C3-1	76.715	63.817
C3-2	78.270	59.209
C4-1	126.856	30.760
C4-2	137.113	40.447
C5-1	81.270	64.622
C5-2	74.005	58.194

Huaraz, 16 de diciembre de 2021


M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS
F.C.A.
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - HUARAZ - DISTRITO DE HUARAZ

ANÁLISIS DEL PESO FRESCO Y SECO DE LAS SUBMUESTRAS DE LA BIOMASA DE HOJARASCA



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL PESO FRESCO Y SECO DE LAS SUBMUESTRAS DE LA BIOMASA DE HOJARASCA

SOLICITA : FIGUEROA NORABUENA, Alex Jaime – Tesista

PROYECTO: “VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS RESERVAS DE CARBONO DEL HUMEDAL PAMPA SHONQUIL, DISTRITO Y PROVINCIA DE CARHUAZ-ANCASH, 2020”

UBICACIÓN: Shonquillpampa – Carhuaz – Carhuaz - Áncash

CÓDIGO DE LA MUESTRA	PESO FRESCO SUB MUESTRA (GRAMOS)	PESO SECO A ESTUFA A 75 °C x 24 Hrs. SUB MUESTRA (GRAMOS)
C2-1	8.404	6.892
C2-2	9.375	7.718
C3-1	17.819	16.290
C3-2	14.637	13.368
C5-1	16.479	15.171
C5-2	15.385	14.359

Huaraz, 16 de diciembre de 2021


Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS
F.C.A.
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ANCASH "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
CIUDAD UNIVERSITARIA - HUARAZ - JUNIO 2009

ANÁLISIS DEL PESO FRESCO Y SECO DE LAS SUBMUESTRAS DE LA BIOMASA DE LAS RAÍCES



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL PESO FRESCO Y SECO DE LAS SUBMUESTRAS DE LA BIOMASA DE LAS RAÍCES

SOLICITA : FIGUEROA NORABUENA, Alex Jaime – Tesista

PROYECTO : “VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS RESERVAS DE CARBONO DEL HUMEDAL PAMPA SHONQUIL, DISTRITO Y PROVINCIA DE CARHUAZ-ANCASH, 2020”

UBICACIÓN: Shonquilpampa – Carhuaz – Carhuaz - Áncash

CÓDIGO DE LA MUESTRA	PESO FRESCO SUB MUESTRA (GRAMOS)	PESO SECO A ESTUFA A 75 °C x 24 Hrs. SUB MUESTRA (GRAMOS)
C1-1	157.534	26.719
C1-2	164.448	31.574
C2-1	86.524	75.761
C2-2	82.098	65.907
C3-1	77.941	66.713
C3-2	72.540	63.818
C4-1	75.146	60.353
C4-2	74.754	62.133
C5-1	79.415	68.653
C5-2	81.779	69.643

Huaraz, 16 de diciembre de 2021


Guisela Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS
F.C.A.
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ANCASH "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
HUARAZ - ANCASH

ANÁLISIS DE DENSIDAD APARENTE



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
 Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASSH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE DENSIDAD APARENTE

SOLICITANTE : FIGUEROA NORABUENA, Alex Jaime - Tesista
PROYECTO : “VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS RESERVAS DE CARBONO DEL HUMEDAL PAMPA SHONQUIL, DISTRITO Y PROVINCIA DE CARHUAZ-ANCASH, 2020”
UBICACIÓN : Shonquilpampa/Carhuaz/Carhuaz/Áncash

CÓDIGO DE LA MUESTRA	PROFUNDIDAD DEL HORIZONTE	PESO SECO DE LA MUESTRA	VOLUMEN DEL CILINDRO	DENSIDAD APARENTE
	(cm)	(g)	(cc)	(g/cc)
C1-1	0 - 25	147.295	423.437	0.348
	25 - 50	156.587	423.437	0.370
C1-2	0 - 25	248.334	423.437	0.586
	25 - 50	350.308	423.437	0.827
C2-1	0 - 25	420.985	423.437	0.994
	25 - 50	471.285	423.437	1.113
C2-2	0 - 25	371.087	423.437	0.876
	25 - 50	463.141	423.437	1.094
C3-1	0 - 25	379.039	423.437	0.895
	25 - 50	535.132	423.437	1.264
C3-2	0 - 25	366.108	423.437	0.865
	25 - 50	399.515	423.437	0.944
C4-1	0 - 25	372.512	423.437	0.880
	25 - 50	516.861	423.437	1.220
C4-2	0 - 25	306.446	423.437	0.724
	25 - 50	418.501	423.437	0.988
C5-1	0 - 25	412.559	423.437	0.974
	25 - 50	387.015	423.437	0.914
C5-2	0 - 25	434.356	423.437	1.026
	25 - 50	464.443	423.437	1.097

Tratamiento: Pesado y secado en estufa a 105°C por 24 horas

Huaraz, 22 de diciembre de 2021.



ANÁLISIS DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : ALEX JAIME FIGUEROA NORABUENA
PROCEDENCIA : ANCASH/ CARHUAZ/ CARHUAZ/ SECTOR SHONQUILPAMPA
REFERENCIA : H.R. 76034
BOLETA : 4968
FECHA : 25/01/2022

Lab	Número Muestra	C %
	Claves	
4797	C1-1, 0-25	23.23
4798	C1-1, 25-50	21.54
4799	C1-2, 0-25	9.04
4800	C1-2, 25-50	5.57
4801	C2-1, 0-25	4.17
4802	C2-1, 25-50	3.40
4803	C2-2, 0-25	4.41
4804	C2-2, 25-50	2.94
4805	C3-1, 0-25	4.48
4806	C3-1, 25-50	0.73
4807	C3-2, 0-25	4.95
4808	C3-2, 25-50	2.47
4809	C4-1, 0-25	2.32
4810	C4-1, 25-50	0.77
4811	C4-2, 0-25	4.21
4812	C4-2, 25-50	1.51
4813	C5-1, 0-25	3.05
4814	C5-1, 25-50	1.82
4815	C5-2, 0-25	3.52
4816	C5-2, 25-50	1.93



Constantino Calderón Mendoza
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

ANEXO 4

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 22

Área de estudio



Figura 23

Estudio de la vegetación mediante el método del cuadrante



Figura 24

Delimitación de las parcelas de muestreo



Figura 25

Instalación y corte de la vegetación herbácea



Figura 26

Recolección de la muestra de vegetación herbácea



Figura 27

Peso fresco de la muestra herbácea



Figura 28

Instalación del cuadrante para el muestreo de la vegetación (hojarasca y radicular)



Figura 29

Peso fresco de la muestra de la hojarasca



Figura 30

Proceso de extracción del suelo para la recolección radicular



Figura 31

Peso fresco de la muestra subterránea (raíces)



Figura 32

Muestreo de suelo utilizando el cilindro Ulhand



Figura 33

Apertura de calicata (0 - 0.25 m) para muestreo de suelo



Figura 34

Apertura de calicata (0.25 - 0.50 m) para muestreo de suelo



Figura 35

Pesado de las submuestras (herbácea, hojarasca y radicular)



Figura 36

Secado de las submuestras de vegetación en la estufa eléctrica a 75°C



Figura 37

Muestras de suelo rotuladas de las cinco parcelas



Figura 38

Secado de las muestras de suelo en la estufa eléctrica a 105°C



Figura 39

Entrega de muestras de suelo en la Universidad Agraria la Molina



ANEXO 5

FICHA DE CAMPO PARA EL REGISTRO DE LAS ESPECIES DE FLORA



Fecha y hora de la colecta:		Nombre del colector :		
Especie vegetal dominante:		Lugar del muestreo:		
Coordenadas UTM WGS 84 (18S)		Este (m)	Norte (m)	Altitud (m s.n.m.)
Parcela:	Cuadrante:	Código del punto de evaluación:		
1	2	3	4	5
A1	A2	A3	A4	A5
6	7	8	9	10
A6	A7	A8	A9	A10
11	12	13	14	15
B1	B2	B3	B4	B5
16	17	18	19	20
B6	B7	B8	B9	B10
21	22	23	24	25
C1	C2	C3	C4	C5
26	27	28	29	30
C6	C7	C8	C9	C10
31	32	33	34	35
D1	D2	D3	D4	D5
36	37	38	39	40
D6	D7	D8	D9	D10
41	42	43	44	45
E1	E2	E3	E4	E5
46	47	48	49	50
E6	E7	E8	E9	E10
51	52	53	54	55
F1	F2	F3	F4	F5

56	57	58	59	60
F6	F7	F8	F9	F10
61	62	63	64	65
G1	G2	G3	G4	G5
66	67	68	69	70
G6	G7	G8	G9	G10
71	72	73	74	75
H1	H2	H3	H4	H5
76	77	78	79	80
H6	H7	H8	H9	H10
81	82	83	84	85
I1	I2	I3	I4	I5
86	87	88	89	90
I6	I7	I8	I9	I10
91	92	93	94	95
J1	J2	J3	J4	J5
96	97	98	99	100
J6	J7	J8	J9	J10

ANEXO 6

FICHA DE CAMPO PARA EL REGISTRO DE LOS PESOS DE LA BIOMASA



FORMATO PARA LA BIOMASA DE LA VEGETACIÓN ARBUSTIVA/HERBÁCEA

N° de Parcela* y Sub muestra		Biomasa arbustiva/herbácea peso fresco (g/m ²)	Peso fresco sub muestra (g)	Peso seco sub muestra (g)	Biomasa arbustiva/herbácea peso seco (t/ha)	
C1	C1-1					
	C1-2					
C2	C2-1					
	C2-2					
C3	C3-1					
	C3-2					
C4	C4-1					
	C4-2					
C5	C5-1					
	C5-2					

FORMATO PARA LA BIOMASA DE LA VEGETACIÓN DE HOJARASCA

N° de Parcela* y Sub muestra		Biomasa hojarasca peso fresco (g/m ²)	Peso fresco sub muestra (g)	Peso seco sub muestra (g)	Biomasa hojarasca peso seco (t/ha)	
C1	C1-1					
	C1-2					
C2	C2-1					
	C2-2					
C3	C3-1					
	C3-2					
C4	C4-1					
	C4-2					
C5	C5-1					
	C5-2					

FORMATO PARA LA BIOMASA DE LA VEGETACIÓN SUBTERRÁNEA O DE LAS RAÍCES

N° de Parcela* y Sub muestra		Biomasa subterránea o de raíces peso fresco (g/m ²)	Peso fresco sub muestra (g)	Peso seco sub muestra (g)	Biomasa subterránea o de raíces peso seco (t/ha)	
C1	C1-1					
	C1-2					
C2	C2-1					
	C2-2					
C3	C3-1					
	C3-2					
C4	C4-1					
	C4-2					
C5	C5-1					
	C5-2					

ANEXO 7

COORDENADAS UTM WGS 84(18S) DE LA DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



PUNTOS GEORREFERENCIADOS EN CAMPO

ID	COORDENADAS	
	ESTE (m)	NORTE (m)
1	216212	8977961
2	216222	8978007
3	216242	8978061
4	216260	8978117
5	216300	8978214
6	216337	8978286
7	216347	8978304
8	216414	8978409
9	216436	8978441
10	216473	8978475
11	216503	8978509
12	216548	8978545
13	216663	8978607
14	216755	8978651
15	216811	8978657
16	216846	8978659
17	216887	8978659
18	217000	8978669
19	217103	8978709
20	217138	8978789
21	217160	8978824
22	217188	8978849
23	217212	8978886
24	217247	8978929
25	217294	8978968
26	217362	8979013
27	217443	8979052
28	217561	8979088
29	217564	8979060
30	217564	8979052
31	217556	8979044
32	217539	8979016
33	217529	8978994
34	217522	8978983
35	217517	8978970
36	217507	8978957
37	217496	8978945
38	217483	8978938
39	217475	8978928
40	217467	8978917

ID	COORDENADAS	
	ESTE (m)	NORTE (m)
41	217464	8978909
42	217460	8978903
43	217462	8978896
44	217465	8978883
45	217478	8978866
46	217491	8978849
47	217499	8978829
48	217494	8978809
49	217487	8978801
50	217474	8978791
51	217469	8978781
52	217466	8978764
53	217456	8978746
54	217444	8978734
55	217437	8978708
56	217433	8978684
57	217423	8978653
58	217402	8978595
59	217372	8978523
60	217365	8978495
61	217362	8978491
62	217294	8978431
63	217258	8978422
64	217226	8978419
65	217210	8978418
66	217193	8978418
67	217168	8978421
68	217143	8978428
69	217128	8978438
70	217105	8978438
71	217069	8978435
72	217043	8978423
73	217034	8978421
74	217024	8978422
75	217013	8978419
76	217000	8978418
77	216979	8978417
78	216956	8978388
79	216888	8978327
80	216875	8978319

ID	COORDENADAS	
	ESTE (m)	NORTE (m)
81	216868	8978292
82	216847	8978257
83	216814	8978241
84	216774	8978212
85	216661	8978174
86	216631	8978155
87	216617	8978147
88	216550	8978110
89	216533	8978101
90	216523	8978095
91	216513	8978087
92	216507	8978078
93	216503	8978071
94	216502	8978065
95	216499	8978059
96	216498	8978051
97	216494	8978041
98	216484	8978032
99	216474	8978023
100	216468	8978016
101	216460	8978005
102	216446	8977981
103	216436	8977965
104	216415	8977951
105	216348	8977908
106	216289	8977882
107	216243	8977881
108	216221	8977899

ANEXO 8

RESULTADOS DE LOS ÍNDICE DE DIVERSIDAD



Tabla 21

Índices de diversidad de los cuadrantes

PARCELAS	C1		C2		C3		C4		C5	
INDICES DE DIVERSIDAD / CUADRANTES	C1-1	C1-2	C2-1	C2-2	C3-1	C3-2	C4-1	C4-2	C5-1	C5-2
Taxa_S	3.00	4.00	9.00	8.00	9.00	6.00	9.00	6.00	6.00	6.00
Individuals	78.00	83.00	93.00	96.00	70.00	72.00	90.00	88.00	87.00	76.00
Dominance_D	0.67	0.35	0.21	0.22	0.16	0.20	0.26	0.39	0.21	0.18
Simpson_1-D	0.33	0.65	0.79	0.78	0.84	0.80	0.74	0.61	0.79	0.82
Shannon_H	0.62	1.13	1.78	1.80	2.01	1.69	1.64	1.20	1.65	1.74
Evenness_e^H/S	0.62	0.77	0.66	0.76	0.83	0.91	0.57	0.55	0.87	0.95
Brillouin	0.57	1.06	1.63	1.66	1.81	1.56	1.49	1.11	1.54	1.61
Menhinick	0.34	0.44	0.93	0.82	1.08	0.71	0.95	0.64	0.64	0.69
Margalef	0.46	0.68	1.77	1.53	1.88	1.17	1.78	1.12	1.12	1.16
Equitability_J	0.57	0.82	0.81	0.87	0.91	0.95	0.74	0.67	0.92	0.97
Fisher_alpha	0.62	0.88	2.46	2.08	2.75	1.56	2.49	1.46	1.46	1.53
Berger-Parker	0.81	0.47	0.34	0.42	0.29	0.29	0.36	0.53	0.25	0.24
Chao-1	3.00	4.00	9.50	8.00	9.00	6.00	9.50	6.00	6.00	6.00

ANEXO 9

RESULTADOS DE CORRELACIÓN DE VARIABLES



Tabla 22*Correlación de los índices de diversidad y carbono total*

CORRELACIONES				
		COT	Shannon	Riqueza Específica
COT	Correlación de Pearson	1	-,735*	-,679*
	Sig. (bilateral)		,016	,031
	N	10	10	10
Shannon	Correlación de Pearson	-,735*	1	,830**
	Sig. (bilateral)	,016		,003
	N	10	10	10
Riqueza Específica	Correlación de Pearson	-,679*	,830**	1
	Sig. (bilateral)	,031	,003	
	N	10	10	10

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**.. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).