

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS

**ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LA VEGETACIÓN HIDROFÍTICA
EMERGENTE, NECROMASA Y SUELO DEL HUMEDAL LUCRE
HUACARPAY, QUISPICANCHI – CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. GUISELA PUMA QUEJIA

Br. URIEL ACHAHUI HUILLCA

**PARA OPTAR AL TÍTULO
PROFESIONAL DE BIÓLOGA(O)**

ASESOR:

BLGO. PERCY YANQUE YUCRA

CUSCO – PERU

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: ALMACENAMIENTO
DE CARBONO EN LA VEGETACIÓN HIDROFÍTICA EMERGENTE,
NECROMASA Y SUELO DEL HUMEDAL ZUCRE HUACARPAY,
QUESPECANCHI - CUSCO ?

Presentado por: GISELA PUMA QUEJIA DNI N° 216529012
presentado por: LIRIEL ACHAHUE HUILLCA DNI N°: 46421929
Para optar el título profesional/grado académico de BIÓLOGO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 11 de AGOSTO de 2025

Firma

Post firma

Nro. de DNI 23827387

ORCID del Asesor 0000 - 0003 - 1777 - 2560

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259: 481268135

Uriel Achahui Huillca Guisela Puma Quejía

ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LA VEGETACIÓN HIDROFÍTICA EMERGENTE, NECROMASA Y SUELO DEL HUME...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:481268135

Fecha de entrega

11 ago 2025, 8:16 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

11 ago 2025, 8:45 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS GUISELA ,URIEL 06-08-2025.pdf

Tamaño de archivo

2.7 MB

157 Páginas

31.800 Palabras

186.468 Caracteres

8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
16 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a mi madre, Emiliana Huillca Chilo, quien me dio la vida y ha sido mi única fuente de inspiración. A Yensy Apaza Aedo, mi pareja, le expreso mi gratitud por su apoyo incondicional a lo largo de todo el proceso de desarrollo de la tesis. A mis hermanos, quienes siempre han sido fuente de cariño y respaldo, les tengo presente en cada paso de mi vida. Sus buenos ejemplos han dejado huellas significativas que me fortalecen como persona.

Uriel Achahui Huillca

Dedicado a mis padres, Lorenza Quejia Huillca y Antonio Eliseo Puma Escalante, les expreso mi gratitud por su amor incondicional, apoyo constante y la motivación que me brindaron en cada paso de este trayecto académico. A mis hermanos, quienes compartieron conmigo el peso de los desafíos, y en especial a mi hermano Wilian Puma Quejia, por su apoyo moral durante los desafíos, en particular en las salidas de campo, su compañía y palabras fueron clave en mi perseverancia. A mi hijo, Sebastián Jadhriel Flores Puma, mi mayor inspiración.

Guísela Puma Quejia

AGRADECIMIENTO

- Agradecemos a Dios por otorgarnos la vida, por ser nuestro guía y fuente de esperanza. Le agradecemos por la sabiduría que nos concedió para concluir este trabajo de tesis. Que Su luz siga iluminando nuestro camino y permitiéndonos vivir una vida llena de propósito.
- Extendemos nuestro agradecimiento a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, especialmente a la Facultad de Ciencias Biológicas y a la Escuela Profesional de Biología.
- Reconocemos y agradecemos a nuestros formadores, queridos docentes, quienes con paciencia y sabiduría nos proporcionaron la información necesaria para convertirnos en buenos profesionales.
- A nuestros padres y familia, les expresamos nuestro agradecimiento por su apoyo y motivación constante durante todo el proceso de elaboración de la tesis.
- Especial reconocimiento a nuestro asesor Blgo. Percy Yanque Yucra, por su paciencia y apoyo incondicional a lo largo de este trabajo.
- Agradecemos también a nuestros amigos: Jhon, Lucero, Miguel, José, Sabino, Gaby, Madelin quienes colaboraron en nuestras salidas de campo y en el análisis de datos. Su apoyo fue fundamental y les estamos agradecidos.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
INTRODUCCIÓN.....	ii
PROBLEMA DE ESTUDIO	iv
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	v
JUSTIFICACIÓN	vi
OBJETIVOS.....	vii
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	4
1.2.1. El carbono	4
1.2.1.1. Tipos de carbono.....	6
1.2.1.1.1. Carbono inorgánico.....	6
1.2.1.1.2. Carbono orgánico.....	7
1.2.1.2. Ciclo del carbono.....	7
1.2.1.3. El carbono se puede representar por colores.....	8
1.2.1.4. Captura y almacenamiento de carbono (CAC).....	9
1.2.1.4.1. Proceso de captura y almacenamiento de carbono	9
1.2.2. Carbono en el suelo	10
1.2.2.1. Sumideros de CO ₂	10
1.2.3. Composición Florística de los humedales.....	11
1.2.3.1. Plantas hidrofíticas emergentes.	12
1.2.4. Biomasa.....	15
1.2.4.1. Biomasa natural.	15
1.2.4.2. Biomasa residual.	16
1.2.5. Suelos hidromorfos.....	16
1.2.6. Humedales	16
1.2.6.1. Tipos de humedales.	17
1.2.6.2. Importancia de los humedales.....	18
1.2.6.3. Los Humedales altoandinos.	20
1.2.6.4. Servicios ecosistémicos de los humedales.....	20
1.2.6.5. Los humedales como reguladores hídricos.....	23
1.2.6.6. Captura de carbono en humedales.....	23

1.2.6.7. Amenazas que enfrentan los humedales.....	25
1.2.7. Humedales en el Perú	27
1.2.8. Humedales en el Cusco	27
1.2.8.1. Bofedales de la puna húmeda.	28
1.2.8.2. Pajonales inundados de la puna húmeda.	28
1.2.8.3. Bofedales y pajonales inundados de la puna seca.....	28
1.2.8.4. Totorales altoandinos de la puna húmeda.	29
1.2.8.5. Totorales mesoandinos.....	29
1.2.8.6. Bosques y vegetación ribereña fluvial montaña.....	30
1.2.9. Cambio climático y humedales	30
1.2.10. Marco normativo	32
1.2.10.1. Normas y convenios internacionales.....	32
1.2.10.2. Normas nacionales.....	33
1.2.10.3. Normas referidas a los gobiernos regionales.	35
1.2.10.4. Normas referidas a los gobiernos locales.	35
CAPITULO II: ÁREA DE ESTUDIO	36
2.1. UBICACIÓN	36
2.1.1. Ubicación política.....	36
2.1.2. Ubicación geográfica.....	38
2.1.2.1. Límites.....	38
2.1.3. Accesibilidad	40
2.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	42
2.2.1. Ambiente físico	42
2.2.1.1. Edafología.	42
2.2.1.2. Geología y geomorfología.....	42
2.2.1.3. Hidrología.....	46
2.2.1.4. Ecología.	48
2.2.1.5. Clima.	48
2.2.1.6. Climatodiagrama.....	49
2.2.1.7. Ecosistemas.....	50
2.2.1.8. Flora.	53
2.2.1.9. Fauna.....	53
2.3. Aspectos sociales y económicos	54

2.3.1. Actividad agropecuaria	54
2.3.2. Actividad turística	54
2.3.3. Actividad pesquera	55
2.3.4. Actividad minera	55
2.3.5. En cuanto a los usos del suelo	55
2.3.6. Tenencia de la tierra / régimen de propiedad	56
2.3.6.1. Dentro del sitio Ramsar.	56
2.3.6.2. En la zona circundante.	56
2.3.7. Uso Actual del suelo.....	57
2.3.7.1. Agricultura.....	57
2.3.7.2. Actividad pecuaria.....	58
2.3.7.3. Comercio.	58
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	60
3.1. MATERIALES.....	60
3.1.1. Material biológico	60
3.1.2. Material físico	60
3.1.3. Materiales de Campo	60
3.1.4. Materiales de gabinete o laboratorio	60
3.2. METODOLOGÍA	61
3.2.1. Tipo de investigación	61
3.2.2. Etapas de la investigación	61
3.2.2.1. Etapa preliminar.....	61
3.2.2.2. Etapa de campo.....	62
3.2.2.2.1. Ubicación de los puntos de muestreo.	62
3.2.2.2.2. Muestra.....	66
3.2.2.2.3. Técnica de recolección de muestras.....	67
3.2.2.3. Etapa de laboratorio y gabinete.....	71
3.2.3. Cuantificación de carbono almacenado de la vegetación hidrofítica emergente, necromasa y suelo del humedal Lucre Huacarpay.....	72
3.2.3.1. Determinación de cantidad de carbono almacenado de las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente (biomasa aérea, necromasa y raíz).	72
3.2.3.2. Determinación de cantidad de carbono en suelo con cobertura de dos unidades de vegetación hidrofítica emergente.....	74

3.2.3.3. Determinación de la cantidad de carbono almacenado en <i>Schoenoplectus californicus</i> (totora) y <i>Typha dominguensis</i> (matara) del Humedal Lucre - Huacarpay.....	75
3.2.3.4. Estimación de la cantidad total de carbono almacenado en el área del humedal Lucre Huacarpay	76
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES	77
4.1. Carbono almacenado en los componentes de biomasa aérea, necromasa y raíces de las dos unidades de vegetal hidrofítica emergente del humedal Lucre-Huacarpay.....	77
4.1.1. Cantidad de carbono en la biomasa aérea de las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente del humedal.....	77
4.1.2. Cantidad de Carbono en Necromasa de las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente del humedal.	79
4.1.3. Cantidad de carbono en la raíz de las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente del humedal Lucre –Huacarpay.	81
4.2. Cantidad de carbono en el suelo con cobertura de las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente del humedal.....	83
4.3. Carbono total almacenado por cada especie hidrofítica emergente del Humedal Lucre – Huacarpay	85
4.4. Carbono total almacenado en el área de estudio del humedal Lucre Huacarpay.....	88
DISCUSIONES.....	89
CONCLUSIONES.....	92
RECOMENDACIONES.....	93
BIBLIOGRAFÍA.....	94
ANEXOS	103

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	El ciclo y almacenamiento de Carbono en el planeta.....	5
Figura 2	Diversos tipos de plantas hidrofítica	12
Figura 3	<i>Schoenoplectus californicus</i> (totora).....	13
Figura 4	<i>Typha dominguensis</i> (matara).....	14
Figura 5	Ciclo del carbono en humedales.....	24
Figura 6	Ubicación política.....	36
Figura 7	Ubicación geográfica.....	38
Figura 8	Mapa de accesibilidad	40
Figura 9	Mapa geológico	42
Figura 10	Mapa geomorfológico	44
Figura 11	Mapa hidrológico	46
Figura 12	Bioclimatodiagrama	49
Figura 13	Mapa de ecosistemas.....	51
Figura 14	Mapa de uso de suelos.....	58
Figura 15	Mapa de puntos de muestreo	63
Figura 16	Mapa de área total de superficie ocupada por la vegetación hidrofítica	65
Figura 17	Diseño de parcelas para los puntos de muestreo	66
Figura 18	Diseño propuesto por ICRAF para obtener muestras de la parte aérea, necromasa, raíces y el suelo.....	67
Figura 19	El muestreador de suelo tipo barreno.....	70
Figura 20	Carbono almacenado en biomasa aérea por especies (tC/ha).....	78
Figura 21	Carbono total almacenado en la biomasa aérea según la superficie que ocupan las especies en el humedal (tC)	78
Figura 22	Carbono almacenado en necromasa por especies (tC/ha)	80
Figura 23	Carbono total almacenado en necromasa según la superficie ocupada por las especies del humedal (tC).	80
Figura 24	Carbono total almacenado en la raíz por especies (tC/ha)	82

Figura 25 Carbono total almacenado en la raíz según la superficie ocupada por las diferentes especies en el humedal (tC).	82
Figura 26 Carbono total almacenado en el suelo por tipo de especie en (tC/ha)	84
Figura 27 Carbono total almacenado en el suelo según la superficie ocupada por las diferentes especies hidrofíticas del humedal (tC).....	84
Figura 28 Carbono almacenado por la vegetación hidrofítica por superficie ocupada (tC)	86
Figura 29 Carbono almacenado en la biomasa aérea, necromasa, raíz y suelo (tC/ha).....	87
Figura 30 Porcentaje de carbono almacenado de los diferentes componentes de la vegetación hidrofítica en (tC/ha).....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Distribución estimada de depósitos mundiales de Carbono.	6
Tabla 2	Servicios ecosistémicos prestados por los humedales en Perú	21
Tabla 3	Causa y efectos que causan amenaza en los humedales	26
Tabla 4	Extensión de los humedales en el Perú.	27
Tabla 5	Limites	38
Tabla 6	Unidades geológicas del humedal Lucre – Huacarpay	44
Tabla 7	Datos de la estación meteorológica de la granja Kayra 2011 – 2021	48
Tabla 8	Ubicación de las parcelas para <i>Schoenoplectus californicus</i> "totora"	62
Tabla 9	Ubicación de las parcelas para <i>Typha dominguensis</i> “matara”	62
Tabla 10	Muestras de biomasa aérea etiquetadas enviadas al laboratorio	68
Tabla 11	Muestras de necromasa etiquetadas enviadas al laboratorio.....	69
Tabla 12	Muestras catalogadas de raíz enviadas al laboratorio	69
Tabla 13	Muestras catalogadas de suelo enviadas al laboratorio.....	71
Tabla 14	Biomasa aérea en <i>Schoenoplectus californicus</i> -(totora)	77
Tabla 15	Biomasa aérea en <i>Typha dominguensis</i> _ matara.....	77
Tabla 16	Necromasa vegetal de <i>Schoenoplectus californicus</i> -totora.....	79
Tabla 17	Necromasa vegetal de <i>Typha dominguensis</i>	79
Tabla 18	Biomasa en la raíz de <i>Schoenoplectus californicus</i> -totora	81
Tabla 19	Biomasa en la raíz de <i>Typha dominguensis</i> -matara	81
Tabla 20	Carbono en suelo con cobertura de <i>Schoenoplectus californicus</i> -totora	83
Tabla 21	Carbono en suelo con cobertura de <i>Typha dominguensis</i> - matara	83
Tabla 22	Carbono total almacenado en las diferentes especies en (tC/ha)	85
Tabla 23	Carbono total por superficie que cubre cada especie en el humedal (tC)	86
Tabla 24	Estimación de la cantidad de carbono del humedal en (tC).....	88

SIGLAS Y ABREVIATURAS

ACRAMM (Área de Conservación Regional Albuferas de Medio Mundo)

ANA (Autoridad Nacional del Nacional)

ANP (Áreas naturales protegidas)

C (carbono)

CDB (Convenio sobre la Diversidad Biológica)

CH₄ (metano)

CITES (Convención sobre el Comercio internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres)

CO₂ (Dióxido de carbono)

COP21(Conferencia sobre el Cambio Climático de París)

CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático)

CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente) Chile.

DAGMA (Departamento administrativo de gestión del medio ambiente) Colombia.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)

FIR (Ficha Técnica Informativa).

GEI (Gases de Efecto Invernadero)

GIS (Sistemas de Información Geográfica / Geographic Information System).

GPS (sistema de posicionamiento global).

GRRNGMA (Gerencia de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente).

GtC (Giga toneladas de carbono).

H (hidrogeno).

ICRAF (valoración económica del Centro Mundial de Agroforestería).

IMA (Instituto de manejo de agua y saneamiento).

INC (Instituto de Nacional de cultura).

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático).

IVIF (índice de valor de importancia por familia).

MINAM (Ministerio del Ambiente).

N (nitrógeno).

O (oxígeno).

ONERH (Oficina Nacional de Evaluación de los Recursos Naturales).

PETT (Proyecto Especial de Titulación de Tierras y Catastro Rural).

pgC (pentagramos de carbono).

PNC (parque nacional de cajas del ecuador).

PLANAA (Plan Nacional de Acción Ambiental).

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).

RAINFOR (red amazónica de inventarios forestales).

RAMSAR (Convención sobre los humedales de importancia internacional).

REA (Recerva Ecología Antisana de Ecuador).

REDD (Reducción de Emisiones Derivados de la Deforestación en Países en Desarrollo)

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú)

SERNANP (Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas)

SIG (sistema de información geográfica)

t (toneladas)

tC (Toneladas de carbono)

tC/ha (Toneladas de carbono por hectaria)

ZEE (Zonificación Ecológica Económica)

RESUMEN

El humedal Lucre-Huacarpay, región Cusco, provincia Quispicanchis y distrito de Lucre a 3081 m.s.n.m. El objetivo fue evaluar el almacenamiento de carbono en la vegetación hidrofítica emergente, necromasa y suelo del humedal en 2021. Se delimitó el área usando imágenes satelitales y la metodología ICRAF. Se estableció 8 parcelas de 25m x 4m, dentro se seleccionaron aleatoriamente subparcelas de 1m², para evaluar biomasa se tomó 1m², necromasa 0.5m² y raíces 0.25m². Para el análisis del suelo, se utilizó muestreador cilíndrico tipo barreno, con longitud de 20cm y un diámetro de 5.5cm dentro de los 0.25m², el porcentaje de carbono se determinó en laboratorio utilizando método de Dumas, basado en análisis elemental de C, H, N y O. Las 2 unidades de vegetación hidrofítica emergente fueron *Typha dominguensis* y *Schoenoplectus californicus*. En conclusión el suelo almacenó más carbono, con 114.01tC/ha que representa 75%, considerando ambas especies seguido por la biomasa 17.53tC/ha que representa 11%, necromasa 12.10tC/ha que equivale al 8% y raíces 8.64tC/ha con un 6%. *Typha dominguensis* muestra mayor almacenamiento de carbono con 5,058.2tC en una extensión de 288 ha, seguido por *Schoenoplectus californicus* con 825.5tC en 38.4ha. En conclusión, las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente almacenan un total de 26,024.6tC lo que representa el 17% del total del humedal. Estas dos unidades de vegetación, cubren una superficie de 326.80ha dentro del humedal Lucre-Huacarpay. Este informe resalta la relevancia de la vegetación hidrofítica emergente y suelo.

Palabras clave: Vegetación hidrofítica emergente, humedales, almacenamiento de carbono, suelos hidromorfos.

INTRODUCCIÓN

El almacenamiento de carbono es un proceso clave para mitigar los efectos del cambio climático, ya que ayuda a reducir la cantidad de CO₂ en la atmósfera, principal gas de efecto invernadero. Este proceso contribuye a la regulación de los ciclos biogeoquímicos a nivel global, al tiempo que promueve la conservación de ecosistemas saludables y resilientes. Según (Mitsch & Gosselink, 2015). Este almacenamiento de carbono en humedales se debe en gran medida, a la vegetación hidrófita que caracteriza a estos ecosistemas, la cual captura el CO₂ atmosférico a través de la fotosíntesis y lo almacena en forma de biomasa viva y materia orgánica en el suelo (Mitsch & Gosselink, 2015).

Los humedales son ecosistemas de transición entre áreas constantemente inundadas y terrenos secos (Tabilo, 2003). Representan entre el 6 % y el 8 % de la superficie terrestre global (Arellano et al, 2013), y destacan por ser sistemas más productivos en términos de biomasa (Stolk et al, 2006). Además, almacenan más carbono por unidad de área que cualquier otro ecosistema (WBGU, 1998).

Los humedales se caracterizan por tener un elevado potencial de capturar y reciclar CO₂. Durante la fotosíntesis, convierte el CO₂ en biomasa viva y lo almacenan en el suelo mediante procesos como la formación de turberas, la deposición de sedimentos y el crecimiento de la biomasa vegetal. Estas dinámicas dependen de una interacción compleja entre factores bióticos, abióticos y humanos (Arellano et al, 2013).

Cuando los suelos de humedales naturales se transforman por cambios de uso, drenaje o desecación, se convierten en aerobios, lo que provoca la oxidación del carbono almacenado y la liberación de CO₂ (WBGU, 1998). Actualmente, el uso y cambio de uso de la tierra y la silvicultura, se considera la segunda mayor fuente de emisiones de CO₂, contribuyendo alrededor del 25 % del total, después de los combustibles fósiles (Lal, 2004). Por ello, conservar los humedales es esencial para mantener las reservas de carbono y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Adhikari & Bajracjaraya, 2009).

El humedal Lucre Huacarpay, que fué reconocido como humedal de importancia internacional el 23 de septiembre de 2006, con una extensión total de 1,978.85 ha y un perímetro de 77 km. Este humedal es considerado la columna vertebral del desarrollo económico del distrito de Lucre (FIR, 2006). El objetivo del presente estudio fue determinar el almacenamiento de carbono en la vegetación hidrofítica emergente que cubre una superficie de 326.80 ha que corresponde al 17% del total del humedal, a través de la cuantificación de biomasa aérea, necromasa, raíz y suelo, se busca proporcionar una evaluación integral de la capacidad de estos ecosistemas para actuar como sumideros de carbono.

PROBLEMA DE ESTUDIO

La conservación del ecosistema de Lucre-Huacarpay, como sitio RAMSAR, ha enfrentado una perturbación insostenible durante muchos años debido a actividades antrópicas, sin un adecuado plan de manejo. Esto ha resultado en la degradación de los humedales, principalmente debido a prácticas como la quema e incendios de recursos, destrucción de áreas de anidamiento de aves, sobrepastoreo, mal manejo de residuos sólidos y la presencia de materia orgánica, como vertidos de pozas de oxidación y excreta de animales. También se observa el uso intensivo de fertilizantes en la agricultura, así como vertidos de detergentes y material de construcción (desmontes).

Aunque la flora del humedal desempeña un papel crucial en la captura y almacenamiento de carbono, lamentablemente, esta función no suele ser reconocida por la población que se beneficia de los aspectos económicos, ecosistémicos y turísticos del humedal. Es vital destacar que esta vegetación no solo proporciona un hábitat vital para numerosas especies de plantas y animales, sino que también actúa como un importante sumidero de carbono, contribuyendo significativamente a mitigar el cambio climático al absorber CO₂ de la atmósfera y almacenarlo en su biomasa y suelo. Sin embargo, a menudo se subestima su valor en términos de servicios ambientales y su contribución a la estabilidad del clima y la salud del ecosistema. En este sentido, es fundamental dar a conocer a la comunidad sobre la importancia de conservar y proteger la flora del humedal no solo por su biodiversidad única, sino también por su papel crucial en la mitigación del cambio climático y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que sustentan nuestra calidad de vida.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Pregunta general

¿Cuál es la cantidad de carbono almacenado en la vegetación hidrofítica emergente, necromasa y suelo del humedal del humedal Lucre Huacarpay, Quispicanchis-Cusco?

Preguntas específicas

1. ¿Cuál es la cantidad de carbono almacenado en los componentes: biomasa aerea, necromasa y raíz de las dos unidades de vegetal hidrofítica emergente del humedal Lucre- Huacarpay?
2. ¿Cuánto es la cantidad de carbono almacenado en el suelo ocupado por las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente del humedal?
3. ¿Qué especie hidrofítica emergente almacena mayor cantidad de carbono en el área de estudio del humedal Lucre Huacarpay?
4. ¿Cuánto es la cantidad de carbono total que almacena el área de estudio del humedal Lucre- Huacarpay?

JUSTIFICACIÓN

Los humedales, como sumideros naturales altamente efectivos en la captura y almacenamiento de carbono, son vitales para el ecosistema peruano. Desde manglares hasta lagunas de alta montaña, Perú alberga una diversidad de estos ecosistemas, cruciales para la biodiversidad, el abastecimiento de agua y la regulación climática a nivel local, regional y nacional. Sin embargo, enfrentan múltiples amenazas, como la deforestación, la contaminación y el cambio de uso de la tierra. Por ende, comprender cómo los humedales contribuyen a la captura de carbono es fundamental para implementar políticas de conservación y gestión más efectivas (RAMSAR, 2015).

Estos ecosistemas desempeñan una función vital, la captura de carbono, jugando así un papel crucial en la mitigación de los efectos del cambio climático global. Sin embargo, debido a su delicada naturaleza, los humedales son altamente vulnerables ante los impactos del cambio climático, lo que demanda una atención especial para su protección. Esta vulnerabilidad se acentúa aún más al considerar la particularidad y las características físicas y geográficas únicas, así como el valor ecológico que poseen la mayoría de los humedales. Por tanto, es esencial implementar medidas de conservación adecuadas para preservar estos valiosos ecosistemas y garantizar su capacidad para seguir desempeñando su papel en la lucha contra el cambio climático y la protección del medio ambiente (RAMSAR, 2015).

La relevancia de esta investigación radica en evaluar la capacidad de los humedales para almacenar carbono, de su vegetación hidrofítica emergente, necromasa y suelo. Para ello, es esencial cuantificar las toneladas de carbono acumuladas en estos componentes como su biomasa aérea, necromasa y raíz.

OBJETIVOS

Objetivos generales

- Cuantificar el carbono almacenado en las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente, necromasa y suelo del humedal Lucre-Huacarpay, Quispicanchis – Cusco.

Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de carbono almacenado en los diferentes componentes de biomasa aérea, necromasa y raíces de las dos unidades de vegetal hidrofítica emergente del humedal Lucre-Huacarpay.
- Calcular la cantidad de carbono en suelo ocupado por las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente del humedal Lucre Huacarpay
- Determinar que especie hidrofítica emergente almacena mayor cantidad de carbono del área de estudio del humedal Lucre Huacarpay.
- Estimar la cantidad total de carbono almacenado en el área de estudio del humedal Lucre Huacarpay

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

Antecedentes internacionales

Kauffman et al (2014). El objetivo de este estudio fue cuantificar las reservas de carbono en manglares marinos zona litoral y estuarios en los pantanos de Centla, México. Las reservas totales de carbono de los ecosistemas de manglar varían mucho: desde 342 tC/ha en los manglares del río Grijalva hasta 2.099 tC/ha en los manglares de Cometa. El peso promedio es de 1.358 tC/ha, en contraste con 458 tC/ha correspondientes a pastos para ganado. La cantidad de carbono que se pierde al convertir los manglares en pastizales es 1,464 tC/ha, es siete veces mayor que las emisiones de la conversión de bosques secos y más del triple de las emisiones de la deforestación. Las grandes reservas de carbono de los manglares, junto con las altas tasas de deforestación y las grandes emisiones de gases de efecto invernadero, en estos ecosistemas son importantes para integrar la protección de los manglares en las estrategias nacionales de conservación de adaptación y mitigación al cambio climático.

Lindig et al (2021). Investigó sobre la biomasa y el carbono almacenado en un humedal continental en Cuitzeo, Michoacán, México. El estudio se realizó en la **vegetación** flotante que fue examinada mediante imágenes aéreas y se confirmó a través de un recorrido de observación. En las imágenes, se marcaron 6 puntos específicos para recolectar muestras, donde se midió la cantidad de biomasa vegetal en parcelas de un 1m² y se tomó muestras de suelo para su análisis. Se evaluó el contenido de carbono en las especies predominantes y se calculó tanto la densidad aparente como la cantidad de carbono almacenado en el suelo. Se registraron cambios en el tamaño total del humedal a lo largo de 14 años y se examinó el impacto de incendios en su área. La biomasa de las especies principales varió considerablemente, oscilando entre 5.770 y 2.495 kg/m². El contenido total de carbono en el sustrato del humedal se estimó en 92.617 t; en 535 ha totales del humedal.

Antecedentes nacionales

Morocco (2014). Este estudio estima el stock de CO₂ total como servicio ambiental del sistema de flora suelo de humedales de cuatro unidades vegetales (Totoral, Juncal, Gramadal y Saricornial) en la reserva nacional lagunas de Mejía, Arequipa - Perú. Cuatro sumideros de carbono (superior, necrótico, subterráneo y biomasa del suelo). Teniendo en cuenta la reserva de carbono almacenada más grande tC/ha que se encuentra en los sistemas de suelo. En cuanto a la unidad de vegetación total presenta la mayor reserva de carbono orgánico conservado con 235.74 tC/ha, seguida de la unidad de vegetación Juncal con 95.27 tC/ha, la unidad de planta Salicornia es de 55.79 tC/ha y la unidad de planta Gramadal es de 23.93 tC/ha.

Gutierrez (2017). La investigación tuvo como objetivo estimar la cantidad de carbono almacenado en la unidad de vegetación de juncal en el ACRAMM (Área de Conservación Regional Albuferas de Medio Mundo), ubicada en la provincia de Huaura-Lima. Se empleó la metodología ICRAF-2003, con 4 puntos de muestreo que consideraron diferentes estadios fenológicos y asociaciones: "Junco" juvenil, "Junco" Maduro, "Junco" senescente y "Junco" Asociado. En cada **punto** de muestreo se evaluaron tres parcelas, midiendo la parte aérea del "junco" 1 m², la necromasa 0.5 m², las raíces 0.25 m² y el suelo (20 cm de profundidad dentro de los 0.25m²). El análisis del porcentaje de carbono se realizó utilizando un horno de inducción ELTRA. Los resultados promedio de los 4 puntos mostraron, que el carbono almacenado en la parte aérea es de 4 tC/ha, necromasa 7.5 tC/ha, raíces 3.54 tC/ha y en el suelo 46.2 tC/ha. Dado que el juncal del ACRAMM tiene una extensión de 71.72 ha, el total de carbono almacenado es 4378.76 tC. Se destaca la importancia de la unidad de vegetación de juncal para la población local, no solo por su valor económico sino también por su función ambiental como sumidero y captador de carbono.

Alvis (2018). El objetivo del presente estudio es estimar el contenido de carbono almacenado en los humedales altoandinos, del centro poblado Chalhuanca, ubicado a 4300 m.s.n.m. en el distrito de Caylloma, Arequipa - Perú. Se realizó un muestreo en octubre del 2017, y se utilizó una imagen satelital LandSat 8 para establecer 30 puntos de muestreo en forma aleatoria, a partir de una grilla con cuadrantes de 250 m² generada con QGIS ver. 2. El muestreo se realizó en el mes de octubre con un muestreador tipo core (5.5 cm de diámetro, 30 cm de **profundidad**) para muestrear tres capas: biomasa aérea, subterránea y suelo. Utilizando el método

walkie black. Para el análisis estadístico, se aplicó software SPSS versión 2.3 y ANOVA univariante y se apoyó en la prueba de Duncan. El carbono total almacenado es de aproximadamente 795,415.65 tC en 882.54 ha. Sin embargo, el suelo es el acuífero con mayor cantidad de carbono con 218.28 tC/ha que equivale al 90%, seguido de la biomasa del subsuelo, con 19.72 tC/ha equivale al 8% y la biomasa aérea es de 4.77 tC/ha representando 2%.

Zafra & Alencastre (2020). En su trabajo de investigación “Evaluación económica del servicio ambiental de captura de carbono de tres especies de flora del humedal de la laguna de Mejía, Distrito Mejía – Islay; la cual abarca un área de 690.6 ha, de esa área 442 ha corresponde al área verde. La finalidad del presente trabajo de investigación es resaltar que tan importante son los humedales como sumideros de carbono y con ello, dar a conocer el aporte de los humedales al camino a la lucha contra calentamiento global revalorizando las especies en los **humedales** y promoviendo la conservación e incremento de fuentes de captura de carbono. Por lo cual, se utilizó la metodología de valoración económica del centro mundial de agroforestería –ICRAF, la guía de evaluación de fauna y flora silvestre, para la recolección de las muestras en biomasa aérea y radicular en tres especies representativas de flora del humedal de la laguna de Mejía, llegando a determinar el contenido de carbono almacenado en cada especie estudiada. El valor económico de la captura de carbono atmosférico asciende a \$ 4,425.45 el valor del costo social del carbono de acuerdo a estudios de este tipo de ecosistemas, se determinaron que el aporte a la mitigación, lucha contra el climático es de \$15 tC, los valores de captura de carbono en las tres especies de flora en estudio como la totora con 111.08 tC/ ha, lechuga de agua 108.94 tC/ ha y por último junco con 75.01 tC/ ha, por lo que resulta significativa la captura del CO₂ en estas especies de flora. Siendo así, se puede referir que la captura de carbono en el humedal de la laguna de Mejía es significativa siendo justificable el posible ingreso en los mercados de carbono, los cuales permitirían conservar y aprovechar sosteniblemente los recursos de los ecosistemas en estado de fragilidad.

Antecedentes locales

Arenas (2014). Este estudio identificó la consecuencia de los incendios sobre la captura y flujo de carbono en los humedales del parque nacional del Manu, Paucartambo - Cusco. Para lograr este objetivo, se establecieron parcelas de 20 m x 50 m, cada una colocada aleatoriamente en sus respectivas regiones, y se obtuvieron unidades de muestra del mismo tamaño y forma en

áreas incendiadas y no incendiadas. La puna húmeda del parque nacional registró un secuestro total de carbono de 12.79 tC/ha-año, en áreas no incendiadas e incendiadas un total de 8.63 tC/ha-año. Se pierden gradualmente 4.16 tC/ha-año debido al impacto del fuego en la captura de carbono. Los stocks de carbono aéreo en el parque nacional del Manu presentan una diferencia de 4.40 tC/ha-año entre las áreas incendiadas y no incendiadas, con respecto al stocks de carbono subterráneo, sin diferencia significativa de 0.23 tC/ha-año entre áreas incombustibles y de fuego. El flujo de carbono en la zona altoandina del parque nacional del Manu en la zona no combustible es de 4.49 ± 1.45 tC/ha-año y en la zona quemada es de 3.02 ± 0.49 tC /ha-año, con una diferencia en el carbono. Un flujo de 1.46 tC/ha-año por efectos del fuego.

1.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.2.1. *El carbono*

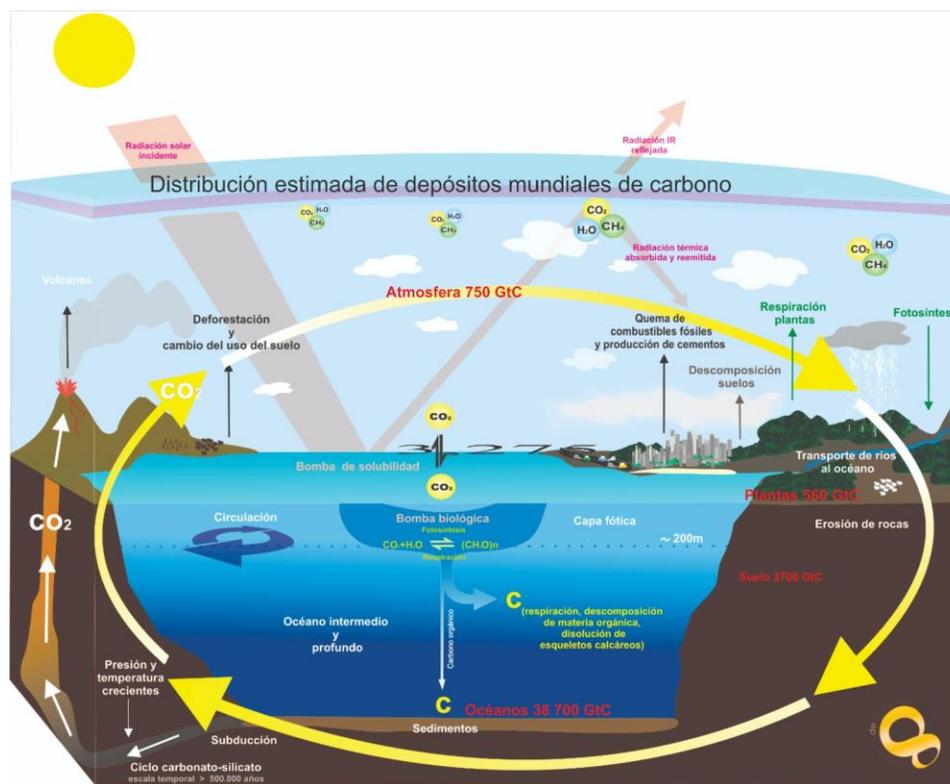
El carbono es uno de los elementos químicos más abundantes en el universo, ocupando el cuarto lugar en esta clasificación. Su presencia es fundamental en todas las moléculas orgánicas, como la glucosa, las proteínas y los ácidos nucleicos, todas las moléculas orgánicas están formadas por cadenas de carbono enlazados entre sí. Se concentra en compartimentos conocidos como depósitos y se mueve de manera activa entre ellos. Los océanos contienen 38 700 Gt, el suelo 3700 Gt, la atmósfera 750 Gt y las plantas 560 Gt (FAO, 2004). La atmósfera y la hidrósfera son las principales reservas de carbono (en forma de moléculas de CO₂) accesibles para los seres vivos (IPCC, 2000).

El almacenamiento de carbono en los depósitos fósiles representa, en la práctica, una reducción de los niveles de CO₂ en la atmósfera. Sin embargo, cuando estos depósitos se liberan, como ocurre con la explotación del petróleo y el gas natural, el ciclo del carbono se altera, llevando a un nuevo desequilibrio en el que la cantidad de CO₂ atmosférico aumenta. Esto se agrava aún más si disminuyen las posibilidades de reciclar el CO₂ debido a la reducción de las masas forestales. Las plantas, a través de la fotosíntesis, fijan el carbono en su biomasa, lo que, junto con sus residuos (madera muerta y hojarasca), forma un depósito natural de carbono. El proceso contrario ocurre cuando el carbono es liberado mediante la respiración de plantas y animales, así como por la descomposición orgánica (una forma de respiración de bacterias y hongos). A estas emisiones se suman los gases de efecto invernadero liberados por la deforestación, incendios,

emisiones industriales y la quema de combustibles, todas ellas actividades humanas que contribuyen al desequilibrio global en el ciclo del carbono (García, 2013).

Figura 1

El ciclo y almacenamiento de Carbono en el planeta.



Fuente: (Janzen, 2004).

El intercambio de carbono entre la tierra y la atm6sfera se lleva a cabo mediante procesos naturales, como la fotosíntesis y la respiraci6n, así como por las emisiones de gases provocadas por actividades humanas. Durante la fotosíntesis, las plantas capturan carbono al absorber energía solar y CO₂ de la atm6sfera, transformándolos en oxígeno y carbohidratos (como la glucosa), que son fundamentales para su crecimiento y desarrollo. (García, 2013).

Tabla 1

Distribución estimada de depósitos mundiales de carbono.

Componente	GtC (gigatoneladas de C)
Océanos	38 700
Suelos	3700
Atmósfera	750
Biomasa vegetal	560

Fuente: (Sombroek, Nachtergaele, & Hebel, 1993) (Cuellar & Salazar, 2016).

Todas las formas mencionadas del carbono existen en estado molecular, ya sea en combinación con hidrógeno, oxígeno, o en otras formas compuestas. Además, el carbono también se encuentra en el suelo formando parte de la estructura de minerales como el carbonato de calcio, y en sustancias como la hulla, la antracita, el lignito, la turba, el petróleo, el gas natural y los diamantes. El carbono en su forma mineral es inaccesible para los seres vivos; solo después de oxidarse con el oxígeno se vuelve disponible para ellos (García, 2013).

1.2.1.1. Tipos de carbono.

1.2.1.1.1. Carbono inorgánico.

El carbono inorgánico se refiere a la forma de carbono que proviene de componentes minerales y que puede formarse tanto en presencia como en ausencia de actividad biológica, aunque algunas veces puede estar influenciado por la presencia de seres vivos, como en el caso de las conchas marinas. (Ollinger et al, 2008). El carbono inorgánico incluye las moléculas de dióxido de carbono, ácido carbónico, bicarbonato y carbonato. Se origina cuando organismos marinos utilizan parte del CO₂ del agua para formar caparazones o arrecifes ricos en carbonato cálcico (CaCO₃). Al morir, estos residuos se depositan en el fondo oceánico, formando rocas sedimentarias en las que el carbono queda excluido del ciclo durante millones de años. Sin embargo, este carbono inorgánico vuelve al ciclo cuando las rocas quedan expuestas debido a movimientos geológicos, como erupciones volcánicas, y se disuelven debido al calor y a los cambios en la humedad (Gardi et al, 2014).

Los océanos de la Tierra contienen aproximadamente 38,700 pgC (pentagramos de carbono) en forma de carbono inorgánico mientras que, en el suelo, las estimaciones sugieren que hay alrededor de 1700 pgC, principalmente en formas estables (FAO, 2012).

1.2.1.1.2. Carbono orgánico.

El carbono orgánico, por otro lado, es la forma de carbono derivada de componentes biológicos, es decir, de complejas sustancias producidas exclusivamente por el crecimiento de organismos vivos. (Ollinger et al, 2008). Se encuentra presente en todos los compuestos orgánicos, incluyendo aquellos presentes en el suelo (Gardi et al, 2014). La forma más común de carbono en el suelo es el carbono orgánico procedente de la materia vegetal muerta y los microorganismos. A medida que se profundiza en el suelo, la cantidad de carbono orgánico tiende a disminuir (Ollinger et al, 2008). Se ha estimado que la cantidad total de carbono orgánico almacenada en los suelos es cercana a 1500 pg hasta una profundidad de 1 metro (FAO, 2012). Esta cantidad es aproximadamente 2.1 veces mayor que la cantidad de carbono en la atmósfera y alrededor de 2.7 veces mayor que la cantidad de carbono almacenada en la biomasa de las plantas terrestres (Neill et al, 1998).

1.2.1.2. Ciclo del carbono.

El ciclo del carbono es un proceso biogeoquímico fundamental en el cual el carbono se mueve y se intercambia entre diferentes compartimentos del planeta, incluyendo la biosfera (seres vivos), la litosfera (rocas y suelo), la hidrosfera (océanos y cuerpos de agua) y la atmósfera. Este ciclo es esencial para mantener el equilibrio del carbono en la Tierra y regular el clima global (Pérez et al, 2015).

Los principales reservorios de carbono en el ciclo del carbono son:

Atmósfera. Aquí, el carbono se encuentra en forma de CO₂, principalmente debido a las emisiones provenientes de actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, y procesos naturales, como la respiración de los organismos.

Océanos. Los océanos contienen una gran cantidad de carbono disuelto en forma de

bicarbonato y carbonato. Los organismos marinos, como el fitoplancton y los corales, también participan en la captura y liberación de carbono durante su ciclo de vida.

Biosfera terrestre. En este reservorio, el carbono se encuentra en las plantas, los animales y los suelos. Las plantas absorben CO₂ de la atmósfera a través de la fotosíntesis, convirtiéndolo en materia orgánica. Los animales, a su vez, obtienen el carbono al alimentarse de las plantas o de otros animales.

Sedimentos y combustibles fósiles. Los restos orgánicos depositados en los sedimentos a lo largo de millones de años se convierten en rocas sedimentarias que contienen carbono. Los combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo y el gas natural, son productos de la descomposición de materia orgánica en condiciones específicas de presión y temperatura en el subsuelo (Pérez et al, 2015).

El ciclo del carbono implica diversos procesos, como la fotosíntesis, la respiración, la descomposición, la sedimentación y la combustión, que intercambian carbono entre los distintos reservorios. Las actividades humanas, especialmente la quema de combustibles fósiles y la deforestación, han alterado el ciclo natural del carbono, aumentando la concentración de CO₂ en la atmósfera y contribuyendo al calentamiento global y el cambio climático (Pérez et al, 2015).

1.2.1.3. El carbono se puede representar por colores

La representación del carbono mediante colores es una forma interesante de categorizar sus distintas formas y procesos asociados. A continuación, se detallan los colores asociados a cada tipo de carbono:

Carbono marrón. El carbono marrón corresponde a las emisiones de carbono resultantes de actividades antropogénicas, especialmente de la combustión completa de combustibles fósiles como el petróleo y el carbón. Estas actividades liberan gases como el CO₂ y CH₄ a la atmósfera, contribuyendo al aumento de gases de efecto invernadero y al cambio climático.

Carbono negro. El carbono negro se origina a partir de procesos de combustión ineficiente, generalmente relacionados con actividades industriales. Es responsable de la formación de hollín y polvo atmosférico, lo que puede tener impactos negativos en la calidad del aire y la salud humana.

Carbono verde. El carbono verde hace referencia al carbono presente en la atmósfera que

es capturado y almacenado por los ecosistemas terrestres, como bosques, pastizales, cultivos y otros ecosistemas naturales. Estos ecosistemas actúan como sumideros de carbono, ya que a través de la fotosíntesis las plantas absorben CO₂ y lo almacenan en su biomasa y en el suelo, formando una parte esencial del ciclo del carbono.

Carbono azul. El carbono azul es el carbono almacenado por los ecosistemas marinos y costeros, incluyendo organismos como el fitoplancton, las macroalgas, las bacterias, las fanerógamas marinas, los arrecifes de coral, las marismas de marea, las praderas oceánicas, los bosques de manglar y otros humedales. Estos ecosistemas tienen la capacidad de almacenar carbono por períodos más prolongados y en mayores cantidades, contribuyendo significativamente a la mitigación del cambio climático (Solaun et al, 2013).

1.2.1.4. Captura y almacenamiento de carbono (CAC)

También conocido como secuestro de carbono, es un proceso que se lleva a cabo con el objetivo de reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera y combatir el cambio climático. Consiste en una serie de tecnologías y prácticas que permiten separar el CO₂ de las fuentes industriales y del sector de la energía antes de que llegue a la atmósfera, transportarlo hasta un lugar de almacenamiento y asegurar que quede aislado y no se libere nuevamente durante largos períodos de tiempo (Ogunlade & Manuela Loos, 2005).

1.2.1.4.1. Proceso de captura y almacenamiento de carbono

- ✓ **Captura:** En esta fase, se lleva a cabo la separación del CO₂ de las corrientes de gases generadas por diversas actividades industriales y de producción de energía. Existen diferentes tecnologías de captura, como la captura postcombustión (después de la combustión), la captura precombustión (antes de la combustión) y la captura durante la combustión.
- ✓ **Transporte:** Una vez capturado, el CO₂ debe ser transportado desde el lugar de origen hasta el sitio de almacenamiento. Para esto, se utilizan diferentes métodos, como el transporte por tuberías, el transporte en barcos y el transporte en forma de CO₂ líquido.
- ✓ **Almacenamiento:** La fase de almacenamiento implica la inyección del CO₂ capturado en formaciones geológicas subterráneas, como yacimientos de petróleo o gas agotados, acuíferos salinos profundos o formaciones geológicas adecuadas. El CO₂ es comprimido y

se inyecta bajo tierra, donde se espera que permanezca atrapado y aislado de la atmósfera durante períodos largos o incluso indefinidamente. (Ogunlade & Manuela Loos, 2005).

1.2.2. Carbono en el suelo

1.2.2.1. Sumideros de CO₂.

Los humedales son considerados importantes sumideros de carbono (CO₂) debido a su capacidad para capturar y almacenar grandes cantidades de carbono orgánico en su biomasa vegetal y suelos anóxicos (con bajo oxígeno), lo que ralentiza la descomposición de la materia orgánica (Mitsch & Gosselink, 2015).

Un sumidero de CO₂, por otro lado, se refiere a una zona terrestre donde se produce la pérdida de CO₂ del aire. En este contexto, la absorción fotosintética de las hojas supera la emisión de CO₂ derivada de la respiración y descomposición de las mismas.

Según (Palomino & Cabrera, 2008), la vegetación, mediante la fotosíntesis, convierte la energía solar en energía química al absorber CO₂ del aire y fijarlo en forma de biomasa, liberando oxígeno molecular a la atmósfera.

Mecanismos de captura de CO₂ en humedales

- **Productividad primaria:** Las plantas de humedales (ej. manglares, juncos, turberas) fijan CO₂ mediante fotosíntesis.
- **Almacenamiento en suelos:** La materia orgánica se acumula en suelos saturados de agua, donde la descomposición es lenta por condiciones anaeróbicas.
 - **Formación de turba:** En humedales como turberas, la acumulación de materia orgánica puede extenderse por miles de años (Bridgham, 2006).

El carbono en el suelo puede ser gestionado tanto de manera natural como artificial.

- **Naturales:** Los humedales, como turberas, manglares, marismas y pantanos, son sumideros naturales de carbono. Algunas características de la gestión natural incluyen:

- ✓ **Acumulación de materia orgánica:** Los suelos húmedos y pobres en oxígeno (anaeróbicos) desaceleran la descomposición, permitiendo que la materia orgánica se acumule como carbono en el suelo.
 - ✓ **Vegetación autóctona:** Las plantas nativas capturan CO₂ mediante la fotosíntesis y lo transfieren al suelo a través de raíces y restos vegetales.
 - ✓ **Equilibrio hídrico:** El mantenimiento del nivel del agua es crucial para preservar las condiciones anaeróbicas que reducen la descomposición microbiana del carbono (MINAM, 2014).
- **Artificiales:** Se refiere a intervenciones humanas destinadas a aumentar la captura de carbono o evitar su liberación:
 - ✓ **Restauración de humedales:** Rehidratar áreas drenadas o degradadas para reestablecer su función como sumideros de carbono.
 - ✓ **Manejo del agua:** Controlar el nivel freático mediante obras hidráulicas para favorecer la conservación del carbono en el suelo.
 - ✓ **Revegetación:** Plantar especies vegetales adecuadas que favorezcan la acumulación de biomasa y la transferencia de carbono al suelo.
 - ✓ **Uso de enmiendas orgánicas:** Incorporar residuos vegetales o compost para aumentar el carbono del suelo.
 - ✓ **Monitoreo y modelado:** Uso de sensores y modelos para cuantificar el carbono almacenado y optimizar prácticas de manejo (Morenos & Mateos., 2012).

1.2.3. Composición Florística de los humedales.

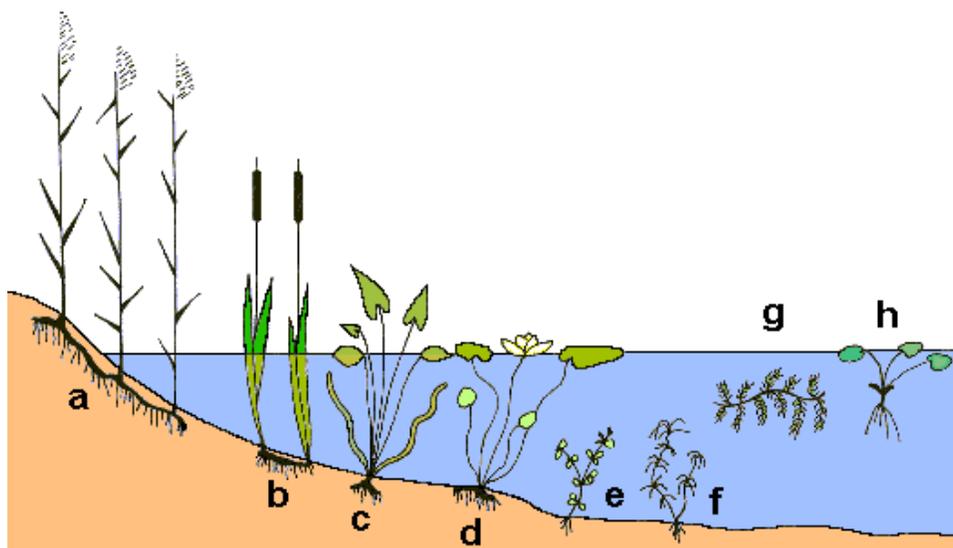
Los humedales albergan una vegetación típica compuesta por plantas con adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten crecer y sobrevivir en condiciones de agua o suelos con escasa oxigenación, conocidas como plantas hidrofítas y alofítas. Estas plantas presentan estrategias reproductivas únicas que les permiten desarrollarse en este tipo de ambiente. De hecho, el 95% de las especies presentes en los humedales requieren suelos permanentemente o temporalmente húmedos para sobrevivir, lo que las convierte en especies obligadas. Por otro lado, entre un 33% y un 66% de las especies pueden crecer tanto en humedales como en otros tipos de hábitats, siendo consideradas facultativas (Ramírez, 2011).

- **Vegetación hidrofítica**

Este tipo de vegetación es típica de zonas cálido-húmedas y comprende plantas que prosperan en la cercanía de cuerpos de agua o flujos de agua, ya sean acuáticas o subacuáticas. la vegetación muestra una zonación que está determinada en parte por la profundidad creciente del agua. Ver figura 2 (**a, b.** plantas anfibias o palustres, hidrofitos emergentes; **c, d.** plantas acuáticas, arraigadas con hojas flotante; **e, f.** plantas acuáticas arraigadas totalmente sumergidas; **g** plantas acuáticas libres, sumergida; **h,** flotante libre (Arbo & Gonzales, 2019).

Figura 2

Diversos tipos de plantas hidrofíticas



Nota: Vegetación Hidrofítica (Arbo & Gonzales, 2019).

1.2.3.1. Plantas hidrofíticas emergentes.

Macrófitas que crecen en suelos inundados por un máximo de 1.5 m de agua, por lo general poseen hojas lineales erectas que brotan desde un potente rizoma, la formación de parénquimas desde los órganos aéreos asegura la llegada de oxígeno desde la atmósfera. Las plantas emergentes, juntamente con las de orilla húmeda, forman un eslabón importante entre el agua y el

medio. Son utilizadas como alimento y refugio para animales anfibios y proporcionan un medio apropiado de entrada y salida para los insectos acuáticos que pasa una parte su vida en el agua y otra en la tierra. (Arbo & Gonzales, 2019).

Hay plantas palustres de hojas anchas como *Sagitaria* (saeta), *Thalia*, *Polygonum* (catay), otras que forman los pajonales: muchas gramíneas, ciperáceas y juncáceas, así como *Typha* (matara) con tallos robustos y hojas ensiformes. Presentan largos tallos flotantes, sobre los cuales se disponen las hojas emergentes; en cada nudo nacen además raíces "flotantes" o neumatóforos, con geotropismo negativo, y raíces con geotropismo positivo, con estructura diferente. Los neumatóforos participan en el intercambio de aire, aparentemente toman oxígeno de la superficie, que circula al resto de la planta a través de los espacios intercelulares, y probablemente permiten la salida del CO₂ (Arbo & Gonzales, 2019).

Figura 3

Schoenoplectus californicus (totora)



Planta hidrofítica llamada junco o totora, pertenece a la familia de las ciperáceas y se encuentra comúnmente en esteros y pantanos de América del Sur. Es una hierba perenne con tallos que varían entre 1 m y 3 m de altura, según la variedad, y tiene diversas aplicaciones, como la construcción de techos y paredes para cobertizos y ranchos. Además, es tradicionalmente utilizada para fabricar embarcaciones que se utilizan en el lago Titicaca y algunas playas de Perú. Esta planta presenta un tallo erecto, liso y trígono, sin tuberosidades en la base, y está provista de raíces fibrosas. Sus hojas inferiores carecen de láminas en las vainas foliares, mientras que las superiores las desarrollan ocasionalmente.

La inflorescencia es un conjunto simple y pseudo lateral de espiguillas, acompañadas por una bráctea erecta que parece ser una continuación del tallo. Las espigüelas son hermafroditas, numerosas, sésiles, y tienen forma ovoide u oblonga. Sus glumas son espiraladas, deciduas, ovadas y redondeadas en la parte posterior, con una nervadura media marcada y una lateral poco visible o casi inexistente. La raquilla de las espiguillas es persistente.

Las flores de esta planta son hermafroditas y su perianto cuenta con entre 2 y 6 escamas. Además, posee tres estambres y dos estilos. Los frutos son aquenios lenticulares, biconvexos o aplanado convexos, lisos o con rugosidades transversales (Arbo & Gonzales, 2019).

Figura 4

Typha dominguensis (matara)



Es una planta acuática de tipo herbáceo de raíces sumergidas, que emerge del agua y es perenne, llegando a alcanzar hasta 2,5 m de altura. Las hojas son asimétricas, presentando en su parte ventral una considerable cantidad de glándulas mucilaginosas de color oscuro, dispuestas longitudinalmente y ubicadas hacia la base de la lámina. Además, el envés de las hojas es convexo cerca de la vaina y plano en dirección al ápice agudo. Las flores de esta planta son unisexuales y se encuentran dispuestas en un espádice compacto. Las flores femeninas ocupan la parte inferior del espádice, siendo más anchas y de color oscuro o negro, mientras que las flores masculinas se encuentran en la parte superior, siendo más estrechas y de tonalidad amarillenta. Ambas partes de la inflorescencia suelen estar adyacentes entre sí, sin dejar espacio libre entre ellas. Las flores femeninas carecen de bractéolas (Arbo & Gonzales, 2019).

1.2.4. Biomasa

La biomasa es un recurso energético y materia prima de tipo renovable que proviene de materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo residuos y desechos orgánicos, que es susceptible de ser aprovechada energéticamente. Este recurso es generado principalmente a través de la fotosíntesis realizada por las plantas, donde la energía radiante del sol es transformada en energía química y almacenada en forma de materia orgánica. (Sebastian et al, 2010).

Es importante destacar que la biomasa se considera una fuente de energía renovable debido a su origen solar y al hecho de que los cultivos y la vegetación pueden regenerarse mediante prácticas sostenibles. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que el concepto de biomasa no incluye los combustibles fósiles, como el petróleo, el carbón y el gas natural, ni los materiales derivados de estos combustibles, como los plásticos y otros productos sintéticos. Aunque los combustibles fósiles tienen un origen biológico en el pasado, su formación ocurrió en tiempos geológicos remotos y no son considerados como parte de la biomasa. La biomasa es utilizada para diferentes fines energéticos, como la producción de electricidad y calor en centrales termoeléctricas de biomasa, la generación de biocombustibles para el transporte y la obtención de productos derivados, como el bioetanol y el biodiesel. También se emplea en aplicaciones más sencillas, como la calefacción doméstica y la cocina con estufas de biomasa (Sebastian et al, 2010).

1.2.4.1. Biomasa natural.

La biomasa natural se refiere a la materia orgánica que se produce de manera espontánea en ecosistemas naturales, sin intervención directa del ser humano para su mejora o modificación. Este tipo de biomasa incluye una variedad de recursos energéticos y materiales que se encuentran en la naturaleza y pueden ser aprovechados de forma sostenible (Sebastian et al, 2010).

Algunos ejemplos de biomasa natural son:

- **Residuos forestales:** Son los materiales que resultan de la limpieza de bosques, como ramas, hojas, cortezas y restos de plantaciones forestales. Estos residuos pueden utilizarse como combustible en procesos de generación de calor y electricidad, o como materia prima

para la producción de productos derivados.

- **Leñas y ramas:** La madera y los restos de árboles caídos o podados también son considerados biomasa natural. Históricamente, la leña ha sido utilizada como fuente principal de energía para calefacción y cocina en comunidades rurales.
- **Coníferas:** Las coníferas, como los pinos y abetos, son un tipo de biomasa natural que puede ser utilizada como combustible o para la obtención de productos madereros y papel.
- **Fronosas:** Las frondosas, como los robles, nogales y otros árboles de hojas anchas, también son una fuente de biomasa natural importante (Sebastián. et al 2010).

1.2.4.2. Biomasa residual.

Se refiere a los desechos de origen orgánico generados por las actividades humanas. Esto incluye ejemplos como los residuos urbanos (doméstico, parques y jardines) y los provenientes de actividades agrícolas, ganaderas e industriales. Estos desechos pueden clasificarse adicionalmente en húmedos o secos (Sebastian, Garcia, & Rezeau, 2010).

1.2.5. Suelos hidromorfos

Se reconoce por hidromorfía a un estado permanente o temporal de saturación de agua en el suelo que lleva asociado la existencia de condiciones reductoras. Las acciones de la hidromorfía tienen importantes efectos en el suelo, que se reflejan tanto en sus constituyentes, propiedades, formación y evolución, como en sus posibilidades de explotación (agrícola e ingenieril). Esta importancia ha sido ampliamente reconocida y de ahí la existencia de numerosos términos que hacen alusión a este estado en todos los sistemas de descripción y clasificación de suelos. Así, en la literatura especializada son frecuentes los términos de: propiedades hidromórficas, horizontes de colores abigarrados, motas de bajo croma, decoloraciones, régimen ácuico, gleyzación, pseudogleyización etc, (Dorransoro et al, 1988).

1.2.6. Humedales

El concepto de humedal ha sido definido de diversas maneras, siendo una de las más amplias y reconocidas la establecida por la Convención RAMSAR en 1971. Según esta convención, un humedal abarca extensiones de marismas, pantanos, turberas o cuerpos de agua de

régimen natural o artificial, ya sean permanentes o temporales, estancados o con corriente, dulces, salobres o saladas. Incluso incluye extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros (Muñoz, Moller, & Encina, 1997).

Sin embargo, con el transcurso del tiempo, la Convención RAMSAR ha ampliado su enfoque para incluir la conservación y el uso racional de los humedales en todos sus aspectos. Se reconoce que estos ecosistemas son extremadamente importantes para la conservación de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas (CONAMA, 2009).

Los humedales abarcan una variedad de hábitats en regiones con ciertas características climáticas, geológicas e hidrológicas específicas. (Moreno-Casasola & Travieso, 2007). Se forman en áreas con climas lluviosos, donde el agua se estanca debido a la geomorfología local, en zonas frías donde el agua no se evapora rápidamente, en regiones con muchos ríos o donde el agua de mar inunda constantemente la costa. A nivel mundial, los humedales ocupan aproximadamente entre 7 y 10 millones de km², lo que representa alrededor del 6% a 8% de la superficie terrestre total. La mayor extensión de humedales se encuentra en las zonas boreales y templadas, mientras que en las zonas tropicales son menos frecuentes, siendo más comunes en el hemisferio norte, entre los 45 y 75 grados de latitud norte (Herrera et al, 2010).

En el caso específico del Perú, el país cuenta con una importante cantidad de humedales, incluyendo lagos, lagunas, cochas, bofedales, aguajales y pantanos amazónicos, así como humedales costeros. Estos ecosistemas proporcionan servicios ecosistémicos vitales. El Perú posee 13 Sitios Ramsar, que son áreas prioritarias para la conservación de humedales. Se estima que la extensión total de humedales en el país es de aproximadamente 7,953,191 ha, aunque esta cifra podría aumentar si se consideran otros ecosistemas hidromórficos en la región amazónica. El país se encuentra entre los 20 países con mayor recurso hídrico, aunque su distribución no es uniforme en el espacio ni en el tiempo (MINAM, 2015).

1.2.6.1. Tipos de humedales.

Según la Secretaría de la Convención (RAMSAR, 2015) existen cinco tipos principales de humedales:

1. **Marinos:** Incluyen humedales costeros, lagunas costeras, costas rocosas y arrecifes de coral.

2. **Estuarios:** Comprenden los deltas, marismas de marea y manglares.
3. **Lacustres:** Se refieren a los humedales asociados con lagos.
4. **Ribereños:** Son los humedales adyacentes a ríos o lagos.
5. **Palustres:** Se refiere a humedales "pantanosos", como marismas, pantanos y ciénagas.

Por otro lado, el (MINAM, 2015) considera los siguientes humedales para el Perú:

1. **Humedales costeros:** Manglares, lagunas, estuarios, albuferas, deltas, oasis, pantanos.
2. **Humedales andinos:** Lagos, lagunas, bofedales, manantiales, puquios, turberas, humedales de páramos, kársticos andinos.
3. **Humedales amazónicos:** Lagos y lagunas, complejos de orillales, kársticos amazónicos, pantanos amazónicos (aguajales, renacales, pungales, pantanos mixtos de palmeras, pantanos herbáceos, pantanos arbustivos), bosques de tahuampa, sabanas inundables de palmeras, varillales húmedos.

1.2.6.2. Importancia de los humedales.

3/4 de la población mundial aún residen cerca de humedales, o al menos en zonas que alguna vez fueron humedales (Herrera, Torres, & Madruga, 2010). Las características que inicialmente atrajeron a los primeros seres humanos a estos entornos siguen siendo atractivas para las sociedades actuales, ya que los humedales son considerados los ambientes más productivos del mundo. Ofrecen una amplia gama de beneficios que van más allá de lo meramente económico, como el suministro directo de agua para uso residencial, agrícola, minero, industrial, producción de energía y acuicultura, entre otros. Además, proporcionan beneficios indirectos para la recreación y el turismo, con el desarrollo de deportes y actividades relacionadas. Estos entornos también brindan beneficios no económicos, como el disfrute ético, estético y místico de sus maravillosos paisajes y la vida que albergan (Zamorano et al, 2010).

Los humedales son una fuente crucial de diversidad biológica, ya que proporcionan agua y productividad primaria, lo que sustenta la supervivencia de innumerables especies vegetales y animales (Zamorano et al. 2010). Debido a esto, los humedales mantienen niveles significativos de biodiversidad a nivel mundial, albergando más de 10,000 especies de peces, más de 4,000 anfibios y numerosas especies de aves acuáticas (Ergkamp & Orlando, 1999).

Además de su valor biológico, los humedales desempeñan un papel esencial a nivel global al almacenar carbono. Su alta productividad y la baja descomposición de materia orgánica en los suelos inundados están asociadas con esta función (Collins & Kuehl, 2000) citado por (Hernandez M. E., 2008). Los humedales también cumplen un papel vital como fuente, sumidero y transformadores de materiales químicos y biológicos, ayudando a estabilizar el suministro de agua y contribuyendo a la depuración de aguas contaminadas, así como protegiendo litorales y recargando los mantos freáticos (Berlanga et al. 2007).

A pesar de su importancia, muchos humedales permanecen desprotegidos y son explotados como fuentes de suelo, agua y biomasa y su degradación y pérdida es más rápida que la de cualquier otro ecosistema (Marchant & Hooghiemstra, 2004). Están considerados entre los más amenazados del mundo (Dagles et al, 2014), especialmente debido a su sobreexplotación, tanto de las aguas como de los recursos que albergan, contaminación excesiva, desecación y cambios en su estructura, en su dinámica y en su función (Zamorano et al, 2010).

Entre 1993 y 2007, el área global de humedales sufrió una drástica disminución, especialmente en las zonas tropicales de Sudamérica y el Sureste asiático (Pringent et al, 2012). Se estima que a nivel mundial se ha perdido más del 50% de su área original (Daniels & Cumming, 2008), aunque esta cifra varía significativamente entre países. Se calcula que Nueva Zelanda ha perdido el 90%, Estados Unidos el 53%, China el 60%, Canadá entre el 65% y 80%, y Australia el 50% (Moreno & Infante, 2010). En el caso de los humedales costeros, se estima que están desapareciendo a una tasa anual del 1% (Berlanga et al, 2007).

Las razones detrás de la pérdida de biodiversidad en los humedales son principalmente de origen humano y están aumentando de manera alarmante. Estas incluyen la conversión y fragmentación de hábitats acuáticos, el impacto del uso excesivo del agua, especialmente para la agricultura, minería, uso doméstico e industrial, la eutrofización provocada por la sobrecarga de nutrientes, así como la contaminación industrial, minera y doméstica, además de la introducción de especies exóticas invasoras que alteran los ecosistemas modificando su composición y funcionamiento, perturbando sus cadenas alimentarias y provocando la disminución e incluso la extinción de numerosas especies (Zamorano et al, 2010).

El deterioro de los humedales debido a la acumulación de basura, contaminantes y el drenaje de aguas residuales, así como la reducción del flujo y las alteraciones en su funcionamiento, afectan no solo la flora y fauna, sino también a las comunidades humanas que

dependen de ellos. Es importante mencionar que el drenaje y desecación de los humedales (Hernández, 2010), así como el pastoreo intensivo, estimulan la liberación de CO₂ debido a la oxidación del carbono almacenado en ellos, (Enriquez & Cremona, 2017).

1.2.6.3. Los Humedales altoandinos.

Los humedales altoandinos comprenden aquellos ubicados en los ecosistemas de páramo, jalca y puna, así como otros ecosistemas afines en la región de los Andes. Estos humedales no son considerados cuerpos de agua aislados, sino que se ven como complejos o sistemas que incluyen sus microcuencas de captación. Esto los convierte en elementos esenciales para la dinámica de las microcuencas en las altas montañas, así como para otros sistemas hidrográficos, ya que sus aguas fluyen hacia las vertientes de la Amazonía o hacia las costas del océano Pacífico o el mar Caribe (García et al, 2015).

En Sudamérica, la mayor diversidad de ambientes acuáticos, como ríos, lagos, turberas y otros tipos de humedales, se encuentra en las ecorregiones de Páramo y Puna (Maldonado et al, 2011). Estos ecosistemas cubren el área altoandina que se encuentra entre los 3000 y 5000 m.s.n.m. (Izurieta, 2011). Dentro de la ecorregión de Puna, se encuentran las turberas conocidas como "bofedales", las cuales son únicas y no se encuentran en ninguna otra parte del planeta. Estos bofedales proporcionan servicios ambientales clave que sustentan la biodiversidad y el bienestar de la población humana que habita en las altas montañas (Baied & Wheeler, 1993).

1.2.6.4. Servicios ecosistémicos de los humedales.

Los humedales proporcionan una amplia gama de servicios ecosistémicos que benefician a los seres humanos y al medio ambiente en general. Estos servicios son los beneficios derivados de las funciones que los ecosistemas ofrecen, generando ventajas ecológicas, sociales y económicas.

Algunos de los servicios ecosistémicos que los humedales brindan son:

- **Abastecimiento de agua:** Los humedales actúan como reservorios naturales y contribuyen a la regulación del flujo hídrico, suministrando agua para el consumo humano y actividades agrícolas.

- **Alimentación y recursos naturales:** Los humedales son hábitats ricos en biodiversidad y proporcionan alimentos y recursos naturales para las comunidades locales, como la pesca y materiales para la construcción (MINAM, 2015).
- **Turismo y recreación:** Los humedales son destinos turísticos populares debido a su belleza escénica y su rica fauna y flora, lo que a su vez fomenta la recreación y el deporte.
- **Filtración y purificación del agua:** Los humedales actúan como filtros naturales, limpiando y purificando el agua mediante procesos biológicos y físicos, mejorando así su calidad.
- **Captura de carbono:** Los humedales retienen y almacenan carbono, ayudando a mitigar el cambio climático al reducir la cantidad de CO₂ en la atmósfera.
- **Hábitat para la vida silvestre:** Los humedales albergan diversas especies de flora y fauna, proporcionando un hábitat crucial para muchas formas de vida, incluidas especies en peligro de extinción.

La preservación y conservación de los humedales son fundamentales para garantizar la continuidad de estos valiosos servicios ecosistémicos que sustentan la vida y el bienestar de las comunidades locales y la biodiversidad. En el caso específico de Perú, la Estrategia Nacional de Humedales (MINAM, 2015), resume los principales servicios ecosistémicos que brindan los humedales en el país.

Tabla 2

Servicios ecosistémicos prestados por los humedales en Perú

SERVICIO ECOSISTEMICO	EJEMPLO
Provisión de agua	Bofedales y lagunas de salinas, laguna del indio.
Recarga de acuíferos	Bofedales y lagunas de salinas y de las Arrebiatadas.
Descargas de acuíferos	Humedales costeros (pantanos de villa, Medio mundo.)
Estabilización de la línea costera y control de erosión	Sitio Ramsar manglares de Tumbes, los aguajales, pantanos amazónicos, incluyendo el sitio Ramsar Reserva Nacional Pacaya-Samaria.

Retención y exportación de sedimentos y sustancias tóxicas	Sitio Ramsar Pantanos de Villa, humedales de Ite.
Retención de nutrientes	Sitio Ramsar Pacaya-Samiria y otros pantanos amazónicos, humedales costeros.
Provisión de recursos	Pescado (colchas amazónicas y andinas); frutos fauna silvestre y otros recursos forestales (aguajales y otros pantanos amazónicos); totora.
Provisión de recursos y transporte por agua	Todos los sitios Ramsar.
Reservorios de biodiversidad	Todos los sitios Ramsar, ej, lago Titicaca.

Nota: Modificado de la estrategia nacional de humedales (MINAM, 2015)

Un aspecto importante a recalcar es su contribución como hábitat de paso de una gran cantidad de aves migratorias. Esta función, que puede darse tanto para las migraciones altitudinales y longitudinales, es muy reconocida en los humedales costeros y alto andinos, y que constituyen una suerte de corredor para las aves (MINAM, 2015).

Es de suma importancia destacar la relevante contribución de los humedales como hábitat de paso para una amplia variedad de aves migratorias. Estos ecosistemas desempeñan un papel crucial en las migraciones tanto altitudinales como longitudinales de aves, lo que ha sido ampliamente reconocido en los humedales costeros y alto andinos.

Los humedales actúan como verdaderos corredores naturales que permiten a las aves migratorias llevar a cabo sus desplazamientos estacionales de manera segura y eficiente. Estas áreas de paso brindan a las aves un entorno propicio para descansar, alimentarse y reponer energías durante sus extensos viajes migratorios.

Para muchas especies de aves, los humedales alto andinos y costeros son puntos clave en sus rutas migratorias, proporcionando hábitats cruciales para su supervivencia y reproducción. La conservación de estos humedales se vuelve aún más importante, ya que cualquier alteración o pérdida de estos hábitats podría tener efectos negativos significativos en las poblaciones de aves migratorias, en la biodiversidad y el equilibrio ecológico (MINAM, 2015).

1.2.6.5. Los humedales como reguladores hídricos.

Los humedales cumplen un importante papel como reguladores hídricos, según lo describe (Tabilo, 2003). Estos ecosistemas llevan a cabo dos procesos esenciales en la regulación del flujo de agua y el control de inundaciones:

Acumulación y retención de agua: Los humedales pueden acumular agua en el suelo o retenerla como cuerpos de agua, como lagos, lagunas o pantanos. Esta acción disminuye el volumen del flujo de agua y, periódicamente, parte de esta agua es liberada, lo que beneficia a la biodiversidad, las comunidades, la agricultura y la industria. Además, parte del agua almacenada se evapotranspira o se infiltra hacia los acuíferos, contribuyendo a la recarga de los mismos (Tabilo, 2003).

Regulación de la velocidad del flujo de agua: La vegetación presente en los humedales juega un papel crucial en la regulación de la velocidad del flujo de agua y la regulación de los ríos. Gracias a esto, diferentes ríos presentan velocidades de flujo distintas y, por ende, cantidades variables de descarga de agua, lo que permite mantener los beneficios de los humedales a lo largo del tiempo. Asimismo, los humedales reducen la fuerza del agua, favoreciendo la sedimentación de partículas transportadas por ella. Cuando un río desemboca en un humedal de aguas lentas, se sedimentan los materiales transportados, evitando posibles obstrucciones aguas abajo y manteniendo la calidad del agua en los cursos navegables (Tabilo, 2003).

Además, (Moreno & Infante, 2010), señalan que la mayoría de las personas dependen del agua dulce almacenada, filtrada y purificada en los humedales. A través de las capas de tierra y arena, el agua se purifica hasta llegar a los acuíferos, donde generalmente es limpia y potable. La recarga de los acuíferos resulta esencial para las poblaciones e industrias que dependen de ellos (Tabilo, 2003).

1.2.6.6. Captura de carbono en humedales.

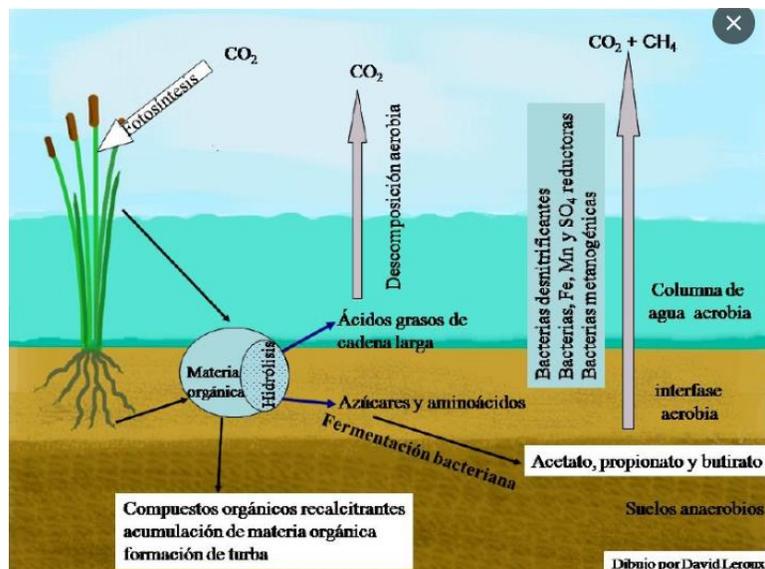
El ciclo del carbono en diferentes tipos de humedales proporciona un profundo entendimiento sobre los mecanismos de fuentes y almacenes de carbono en los ecosistemas terrestres (Barbera et al, 2014). Los humedales pueden considerarse sumideros de CO₂, ya que las plantas toman este gas de la atmósfera y lo convierten en carbono orgánico mediante la fotosíntesis

(Hernandez M. , 2010), acumulándose como biomasa vegetal en el suelo (Tabilo, 2003). La acumulación de carbono en los humedales se da en dos compartimentos principales: la biomasa vegetal y los suelos (Hernandez M. , 2010).

Figura 5: Esquema simplificado de las principales transformaciones de carbono en los humedales.

Figura 5

Ciclo del carbono en humedales



Nota: Extraída de (Hernandez M. , 2010)

La cantidad de materia orgánica (restos de plantas y animales en descomposición) y, por ende, de carbono (aproximadamente el 50% de la materia orgánica) en el suelo depende del balance entre la productividad primaria (fijación de carbono mediante la fotosíntesis) (Hernandez M. , 2010), la descomposición primaria y secundaria, así como de procesos de escorrentía y erosión en el ecosistema (Kuhry, 1988). Este equilibrio determina si un humedal actual como fuente de gases de efecto invernadero o como un sumidero de carbono (Hernandez M. , 2010). Cuando el ingreso de carbono supera al egreso, se acumula en el suelo (Enriquez & Cremona, 2017). La formación de turba en los humedales es un ejemplo de este sumidero de carbono, donde la turba es un suelo sin consolidar formado por materia vegetal parcialmente descompuesta que se acumula en ambientes anegados (Mitsch & Gosselink, 2015).

Además, la hidrología ejerce una fuerte influencia en la producción de metano en humedales, ya que las condiciones reducidas se generan cuando los suelos permanecen inundados durante largos períodos (Hernandez M. , 2010), lo que puede dar lugar a la producción de otros

gases con efecto invernadero, como el óxido nitroso (Enriquez & Cremona, 2017). En suelos saturados, las tasas de producción de materia orgánica son significativamente menores que en suelos no saturados. Dado que los suelos de humedales suelen tener condiciones anaerobias debido a su saturación, presentan bajos promedios de descomposición de materia orgánica y, por lo tanto, un alto potencial de almacenamiento de carbono (Roa & Brown, 2016). Se ha observado que la descomposición aumenta con la temperatura y disminuye con la latitud. En zonas tropicales, el factor determinante parece no ser las altas tasas de producción, sino las bajas tasas de descomposición, así como la relación C/N original de las plantas (Roa & Brown, 2016).

Estimar los stocks, captura y emisión de carbono desde los humedales es un desafío debido a la gran variabilidad que depende de múltiples factores, como la topografía, la posición fisiográfica del humedal, el régimen hidrológico, la temperatura y humedad del suelo, el microclima, el pH, la salinidad y el tipo de vegetación dominante, que influyen en la productividad y composición química de la materia orgánica presente en el sistema (Macias et al, 2004).

1.2.6.7. Amenazas que enfrentan los humedales.

A pesar de su importancia, los humedales son ecosistemas frágiles que están perdiendo su capacidad para proporcionar bienes y servicios ambientales debido a diversos factores, tales como drenajes, desecación de humedales, urbanización, construcción de carreteras, actividades agrícolas, sobrepastoreo, represamiento de ríos, y contaminación del agua por fertilizantes, pesticidas y otras formas de intervención en el sistema ecológico (Franco et al, 2011). Lamentablemente, la desaparición de humedales ha ido en aumento a nivel mundial.

A finales del siglo XX, se documentó una pérdida global de más del 50% del área de los humedales en el último siglo (Mitsch & Gosselink, 2015), y esta tendencia de pérdida persiste en el siglo XXI, a pesar de la demostrada necesidad de los servicios de los ecosistemas para mantener una tierra habitable. Es importante destacar que la restauración y creación de humedales a escala global podrían contribuir de manera significativa a la provisión de servicios ambientales (Watson et al, 2000). La Tabla 2 presenta algunas de las causas y efectos observadas de esta problemática.

Tabla 3*Causa y efectos que causan amenaza en los humedales*

CAUSAS	EFEECTO
Desarrollo Humano	Deforestación, Pérdida de hábitats
	Vertido de líquidos y sólidos provenientes de industrias y urbanizaciones.
	Impermeabilización del suelo
	Vertido de aguas residuales sin tratamiento
	Incendios
	Sobrepastoreo producido por la actividad pastoril
	Dsecación
Agricultura	Sedimentación
	Introducción de especies invasoras
	Contaminación de las fuentes de agua por agroquímicos
	Eutrofización (saturación de nitrógeno, fosforo y otros).
Tabla indiscriminada	Sedimentación
	Pérdida de biodiversidad, Deforestación
Extracción de agua dulce	Cambio en los caudales hídricos
	Traslados de la fauna silvestre
	Alteración de la calidad de agua
Cambio climático	Sequia, Tormentas, Inundaciones
	Precipitación pluvial variable
	Alteración en el ciclo migratorio de las especies de fauna
Pesca ilegal y acuicultura intensiva	Explotación excesiva
	Degradación de los arrecifes de coral
	Alteración de la calidad de agua
	Interrupción o destrucción del hábitat de los peces
Minería metálica y no metálica	Conflictos de uso de los suelos
	Alteración superficial del suelo causada por los caminos de acceso

	Alteración de la vegetación, ríos y drenajes
Extracción de combustible fósil	Contaminación del agua
	Contaminación del suelo
	Lluvia acida
	Efecto invernadero

Nota: (RAMSAR & Unff, 2011).

1.2.7. Humedales en el Perú

En el Perú, se encuentra una amplia diversidad de humedales; sin embargo, carece de un inventario a nivel nacional, a excepción de iniciativas parciales como el inventario nacional de lagos, lagunas y represamientos (ONERN, 1980), cuyo objetivo principal fue evaluar las posibilidades de regulación de estas fuentes de agua para el aprovechamiento de los recursos hídricos. La Autoridad Nacional del Agua, con contribuciones del Ministerio del Ambiente (MINAM) y en el marco de sus funciones como parte del Grupo impulsor Multisectorial del Comité Nacional de Humedales, llevó a cabo una estimación cartográfica de la extensión de los humedales en el país, resultando en la creación de un Mapa Nacional de Humedales (ANA, 2012).

Tabla 4

Extensión de los humedales en el Perú.

Tipos de humedal	Área (ha)
Lagos, lagunas y cochas	944, 134
Bofedales	549, 156
Aguajales y pantanos amazónicos	6' 447, 728
Humedales costeros	12, 173
Total	7' 953, 191

Nota: ANA, 2012.

1.2.8. Humedales en el Cusco

(Aragon, 2013), clasifica los humedales de la región Cusco en 8 tipos:

1.2.8.1. Bofedales de la puna húmeda.

Los bofedales, también conocidos como oqhonales o chilliwares, son terrenos de turberas que se encuentran en suelos fríos con escaso drenaje y elevados niveles de humedad, alcanzando notables espesores. Estos humedales se caracterizan por depender de fuentes de agua como manantiales y acuíferos, que se desarrollan en depresiones con pendientes reducidas, propiciando la saturación del suelo con agua. Al igual que otros tipos de humedales, los bofedales exhiben una alta productividad en comparación con las áreas circundantes (Aragon, 2013).

En la región de Cusco, ubicada a altitudes superiores a los 4000 m.s.n.m, se estima que existen alrededor de 20 000 ha de bofedales, consolidándose como el principal tipo de humedal altoandino en la región. La vegetación distintiva de los bofedales se manifiesta como un herbazal bajo, denso y compacto, con plantas almohadilladas convexas y alfombras planas. Predominan especies herbáceas adaptadas a condiciones de saturación de agua, como la *Distichia muscoides*, entremezcladas con otras como la pupusa (*Werneria*) y el suni (*Plantago*), junto con las plantas almohadilladas conocidas como yaretas (*Azorella compacta*) (Aragon, 2013).

1.2.8.2. Pajonales inundados de la puna húmeda.

Los pajonales inundados se clasifican en dos tipos principales: los pajonales altoandinos, que se ubican por encima de los 3900 m - 4100 m de altitud, y los pajonales altimontanos, que se sitúan en altitudes inferiores. Estos últimos representan una transición hacia la región mesoandina y están estrechamente relacionados con los bofedales. En áreas cercanas a cuerpos de agua, se encuentran pajonales inundados, específicamente los pajonales higrofíticos amacollados densos (Aragon, 2013).

En estos entornos, los pastos característicos de la puna, como el ichu (*Stipa ichu*), dan paso rápidamente a juncos como *Scirpus sp.*, *Juncus sp.*, y pastos hidrófilos como el crespillo (*Deyeuxia sp.*). Estos pajonales suelen bordear lagunas de aguas someras con suelos anegados, pero están ausentes en lagunas con orillas rocosas (Aragon, 2013).

1.2.8.3. Bofedales y pajonales inundados de la puna seca.

Las punas en el sur de Chumbivilcas (Huanso) y Espinar (Suyckutambo y Condorama) exhiben condiciones de sequedad y estacionalidad, vinculándose con las punas xerofíticas de la vertiente occidental andina, orientadas hacia el Pacífico. En esta puna más seca, la especie

dominante es la tola (*Parastrephia quadrangularis*), y se observan bofedales y pajonales higrofiticos con características particulares, a pesar de compartir un origen común relacionado con la saturación de agua (Aragon, 2013).

Los bofedales altoandinos en esta puna se desarrollan en depresiones altoandinas, y la composición florística local varía según la altitud y la mineralización del agua, incluso incluyendo turberas salinas. Por otro lado, los pajonales higrofiticos ocupan los márgenes de arroyos, lagunillas y zonas pantanosas, estando dominados por pastos cortos (Aragon, 2013).

1.2.8.4. Totorales altoandinos de la puna húmeda.

Situados en altitudes que oscilan entre los 3500 y 3900 metros, los humedales en los márgenes de ríos y lagos están cada vez más dominados, al descender la altitud, por la totora (*Scirpus californicus* var. totora) y otros juncos que crecen a una altura de 1 m o más sobre la superficie del agua. Este ecosistema, conocido específicamente como vegetación acuática y palustre altoandina de la puna húmeda, se organiza espacialmente generando zonaciones características en función del gradiente de inundación, lo que permite distinguir comunidades diferentes en cada una de estas zonas.

La altitud de la laguna emerge como el factor principal que condiciona estos totorales, como se evidencia al comparar Langui-Layo 3940 m.s.n.m., que presenta manchones dispersos de totora cerca de las orillas, con las cuatro lagunas de Canas-Acomayo (Pampamarca, Asnacocha, Acopia y Pomacanchi, 3700 m), donde se extienden totorales a lo largo de toda la orilla no pedregosa con suelos hidromorfos; estas últimas podrían considerarse como el humedal más significativo de todo el Cusco. Además, estos totorales se distribuyen en lugares como Piuray y Huaypo, y de manera destacada, en diversos sectores aún no intervenidos en el río Vilcanota en Canchis, entre Marangani y San Pablo (Aragon, 2013).

1.2.8.5. Totorales mesoandinos.

Estos humedales, ubicados a una altitud de 3100 m.s.n.m., son de menor extensión. Los humedales de la laguna de Urcos y del complejo de Lucre-Huacarpay exhiben una composición vegetal más diversificada en comparación con los totorales de mayor altitud. Además de la totora (*Scirpus californicus* var. totora), el junco dominante en estos lugares es la matara (*Typha*

dominguensis); pertenecen al ecosistema de vegetación acuática y palustre altimontana de Yungas (Aragon, 2013).

Urcos y, en particular, Lucre-Huacarpay representan los relictos más extensos de este ecosistema que aún subsisten en la región de Cusco. Totorales mesoandinos similares solían extenderse en ciertas áreas pantanosas cercanas al río Vilcanota en Calca y Urubamba, como en Wayllar y Yanahuara, especialmente en la pampa de Anta, la cual ha sido drenada desde mediados del siglo XX. En el humedal de Lucre-Huacarpay, es posible distinguir zonas sucesionales basadas en la altura y composición específica de la totora, vinculadas al flujo de agua y a la elevación del lecho lacustre (Aragon, 2013).

1.2.8.6. Bosques y vegetación ribereña fluvial montaña.

Ubicados a altitudes inferiores a los 3500 m.s.n.m., en los valles interandinos del Apurímac, Vilcanota y Mapacho, se extienden en sectores y quebradas bosques ribereños dominados por el aliso (*Alnus acuminata*), un árbol con requerimientos especiales de humedad y que se caracteriza por su rápido crecimiento. Esta especie es la dominante en el ecosistema de vegetación ribereña de montaña y altimontaña de Yungas, la cual solía bordear los márgenes de ríos y quebradas en estos valles interandinos. Junto con el aliso, se encuentran otras especies como saucos (*Sambucus peruviana*), sauces (*Salix humboldtiana*) y mayu manzanos (*Hesperomeles sp.*) (Aragon, 2013).

La vegetación ribereña en estas quebradas incluye plantas características como la niwa (*Cortaderia sp.*) y la cola de caballo (*Equisetum sp.*). Estos bosques tienden a desarrollarse preferentemente en terrenos con fuerte pendiente, donde no pueden establecerse totorales mesoandinos. La presencia de fuentes cercanas de agua favorece el crecimiento rápido del aliso, una especie pionera, que puede rivalizar e incluso superar en velocidad de crecimiento a árboles introducidos como pinos y eucaliptos. Este ecosistema también se extiende hacia los bosques húmedos de la selva alta (Aragon, 2013).

1.2.9. Cambio climático y humedales

- **Cambio climático**

El cambio climático se refiere a la variación estadísticamente significativa de las condiciones climáticas medias o su variabilidad, que persiste durante un período prolongado, generalmente de décadas o más. Esta transformación del clima puede deberse a procesos naturales internos, influencias externas o cambios antropógenos duraderos en la composición de la atmósfera y en el uso de la tierra (IPCC, 2007).

En la actualidad, el cambio climático está afectando a todos los países en todos los continentes. Está generando perturbaciones en las economías nacionales y tiene un impacto directo en la vida de las personas, costando a individuos, comunidades y países un alto precio tanto en el presente como en el futuro. Se están experimentando efectos significativos, como alteraciones en los patrones climáticos, el aumento del nivel del mar y eventos climáticos más extremos. Las actividades humanas, con sus emisiones de gases de efecto invernadero, son las principales impulsoras de este cambio climático, y lamentablemente, estas emisiones continúan aumentando y han alcanzado niveles históricamente altos. Si no se toman medidas adecuadas, se prevé que la temperatura promedio de la superficie terrestre aumente durante el siglo XXI, superando posiblemente los 3 grados centígrados. Esto dará lugar a un calentamiento aún más intenso en ciertas áreas del mundo. Desafortunadamente, las personas más pobres y vulnerables son las más afectadas por esta situación (IPCC, 2007).

- **Humedales**

Los humedales desempeñan un papel fundamental en el secuestro y almacenamiento de carbono (RAMSAR & Unff, 2011). Sin embargo, su degradación y pérdida del humedal, se está agravando principalmente por actividad antrópica, por sus impactos devastadores. No obstante, los efectos del cambio climático serán cada vez más evidentes, manifestándose en alteraciones en la distribución y disponibilidad del agua, así como en mayores presiones sobre la salud de los humedales (Hernandez M. , 2010).

Para hacer frente al cambio climático y sus implicaciones, es crucial restaurar y mantener los humedales para mantener los ciclos hidrológicos. Estas acciones son clave para la mitigación de inundaciones, el abastecimiento de agua, la provisión de alimentos y la conservación de la biodiversidad (RAMSAR & Unff, 2011).

Además de su importancia en el almacenamiento de carbono, los humedales juegan un papel vital al regular los procesos climáticos naturales, como el ciclo del agua, el mantenimiento

de la biodiversidad, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la amortiguación de impactos climáticos. Por tanto, la conservación y el uso responsable de los humedales contribuyen significativamente a reducir los posibles efectos económicos, sociales y ecológicos negativos (RAMSAR & Unff, 2011).

1.2.10. Marco normativo

1.2.10.1. Normas y convenios internacionales.

Las normas y convenios internacionales desempeñan un papel crucial en la protección y conservación de los ecosistemas, incluyendo los humedales. A continuación, se detallan algunos de los tratados y acuerdos más relevantes:

- **Convención sobre los humedales de importancia internacional (RAMSAR)**
 - Aprobada el 2 de febrero de 1971 en la ciudad de Ramsar, Irán.
 - Destinada a la protección de humedales, especialmente como hábitat de aves acuáticas.
 - Único tratado global específico para este tipo de ecosistema.

- **Convenio sobre la diversidad biológica - CDB,**
 - Suscrito en 1992 y aprobado mediante resolución legislativa No 26181 del 30 de abril de 1993.

- **Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres – CITES**
 - suscrita el 3 de marzo de 1973 Washington D.C. Estados Unidos.

- **Convención para la conservación de las especies migratorias de animales silvestres - CMS o convención de Bonn.**
 - adherida mediante decreto supremo No 002-97-RE del 28 junio de 1979.

- **Convenio marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.**
 - Suscrito en 1992 y aprobado mediante resolución legislativa N° 26185 del 10 de mayo de 1993.
 - **Compromete a las partes a promover la gestión y conservación de biomasa,**

bosques, océanos y otros ecosistemas.

➤ **Convención internacional de lucha contra la desertificación y la sequía**

- suscrita por el Perú, el 15 de octubre de 1994 y aprobada mediante resolución legislativa N° 26536 del 2 de octubre de 1995.

Además, la secretaría de la convención Ramsar ha instado a las Partes contratantes a abordar temas cruciales en relación con los humedales y el cambio climático. Esto incluye mensajes sobre la amenaza de los impactos del cambio climático en los humedales, la importancia de estos ecosistemas para la mitigación y adaptación al cambio climático, así como la necesidad de incorporar su papel en las políticas y acciones relacionadas con el cambio climático a todos los niveles, desde lo global hasta lo local.

1.2.10.2. Normas nacionales.

➤ **Constitución política del Perú de 1993.**

- El artículo 68°, establece que es obligación del estado promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

➤ **Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica.**

- Ley N°26839 del 16 de julio de 1997, el artículo 25° menciona la conservación y manejo sostenible de los ecosistemas en particular del bosque y las tierras frágiles, tierras áridas y semiáridas y los humedales.

➤ **Estrategia nacional para la conservación de humedales en el Perú (R.J. N°054-96-INRENA, del 12 de marzo de 1996)**

- Establece políticas y actividades para promover el uso sostenible y la protección de los humedales y sus recursos.

➤ **Ley de recursos hídricos. Ley N° 29338 del 31 de marzo de 2009(D.S. N° 001-2010-AG),**

- Regula el uso y gestión integral del agua, incluyendo aguas continentales, superficiales y subterráneas. La autoridad nacional del agua (ANA) administra el

agua y protege la calidad de los recursos hídricos.

- **Reglamento de zonificación ecológica económica (ZEE)** (DS N° 087-2004- PCM, publicado el 23 de diciembre de 2004).
 - Objetivos: Conciliar los intereses nacionales de la conservación del patrimonio natural con el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Categorías de uso incluyen zonas de protección y conservación ecológica.
- **Ley general del ambiente** (Ley N° 28611, publicada el 15 de octubre 2005).
 - Artículos 99.1, 99.2 y 99.3. Establece medidas de protección especial para los ecosistemas frágiles, reconociendo la importancia de humedales y otros ecosistemas. Prioriza la conservación de humedales en relación con otros usos.

Artículo 99°.- De los ecosistemas frágiles. Marco de planificación nacional basado en el plan nacional de acción ambiental (PLANAA). Enfatiza la conservación de recursos naturales y ecosistemas, destacando la preservación de la calidad de los recursos hídricos y el uso racional para un desarrollo sustentable.

- **Artículo 99.1** En el ejercicio de sus funciones, las autoridades públicas adoptan medidas de protección especial para los ecosistemas frágiles, tomando en cuenta sus características y recursos singulares; y su relación con condiciones climáticas especiales y con los desastres naturales.
 - **Artículo 99.2** Los ecosistemas frágiles comprenden, entre otros, desiertos, tierras semiáridas, montañas, pantanos, bofedales, bahías, islas pequeñas, humedales, lagunas altoandinas, lomas costeras, bosques de neblina y bosques relictos.
 - **Artículo 99.3** El estado reconoce la importancia de los humedales como hábitat de especies de flora y fauna, en particular de aves migratorias, priorizando su conservación en relación con otros usos.
- **Estrategia nacional de humedales** (Decreto supremo N° 004-2015-MINAM) (RJ N° 05496-INRENA, publicada el 23 de enero de 2015).
 - Marco de planificación nacional basado en el plan nacional de acción ambiental (PLANAA). Enfatiza la conservación de recursos naturales y ecosistemas,

destacando la preservación de la calidad de los recursos hídricos y el uso racional para un desarrollo sustentable.

Estas normas reflejan el compromiso del Perú en la conservación del medio ambiente, la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos naturales, especialmente enfocándose en ecosistemas frágiles como humedales y otros.

1.2.10.3. Normas referidas a los gobiernos regionales.

➤ **Ley Orgánica de gobiernos regionales** (Ley N° 27867, publicada el 18 de noviembre de 2002).

- Artículo 10º: Establece las competencias exclusivas de los gobiernos regionales a través de la gerencia de recursos naturales y gestión del medio ambiente. Entre las competencias se encuentran:
 - Promover el uso sostenible de los recursos forestales y de la biodiversidad.
 - Gestionar sosteniblemente los recursos naturales.
 - Mejorar la calidad ambiental.
 - Preservar y administrar las reservas y áreas naturales protegidas.

Estas competencias reflejan el papel clave de los gobiernos regionales en la promoción de prácticas sostenibles, la gestión adecuada de los recursos naturales, la mejora de la calidad ambiental y la preservación de áreas naturales protegidas. Esto demuestra el enfoque descentralizado para abordar cuestiones ambientales y de recursos naturales a nivel regional en Perú.

1.2.10.4. Normas referidas a los gobiernos locales.

La Ley orgánica de municipalidades en Perú, ley N° 27972, publicada el 27 de mayo de 2003, establece atribuciones específicas para los gobiernos locales, especialmente en relación con la planificación territorial. A continuación, destaco el punto relevante:

- **Ley orgánica de municipalidades**, Ley N° 27972, publicada el 27 de mayo de 2003.
- **Artículo 9.4:** Establece la atribución de los gobiernos locales de aprobar el plan de acondicionamiento territorial de nivel provincial. Este plan debe identificar:
 - Áreas urbanas y de expansión.
 - Áreas de protección o de seguridad de riesgos naturales.
 - Áreas agrícolas.
 - Áreas de conservación ambiental declaradas conforme a la ley.

CAPITULO II: ÁREA DE ESTUDIO

2.1. UBICACIÓN

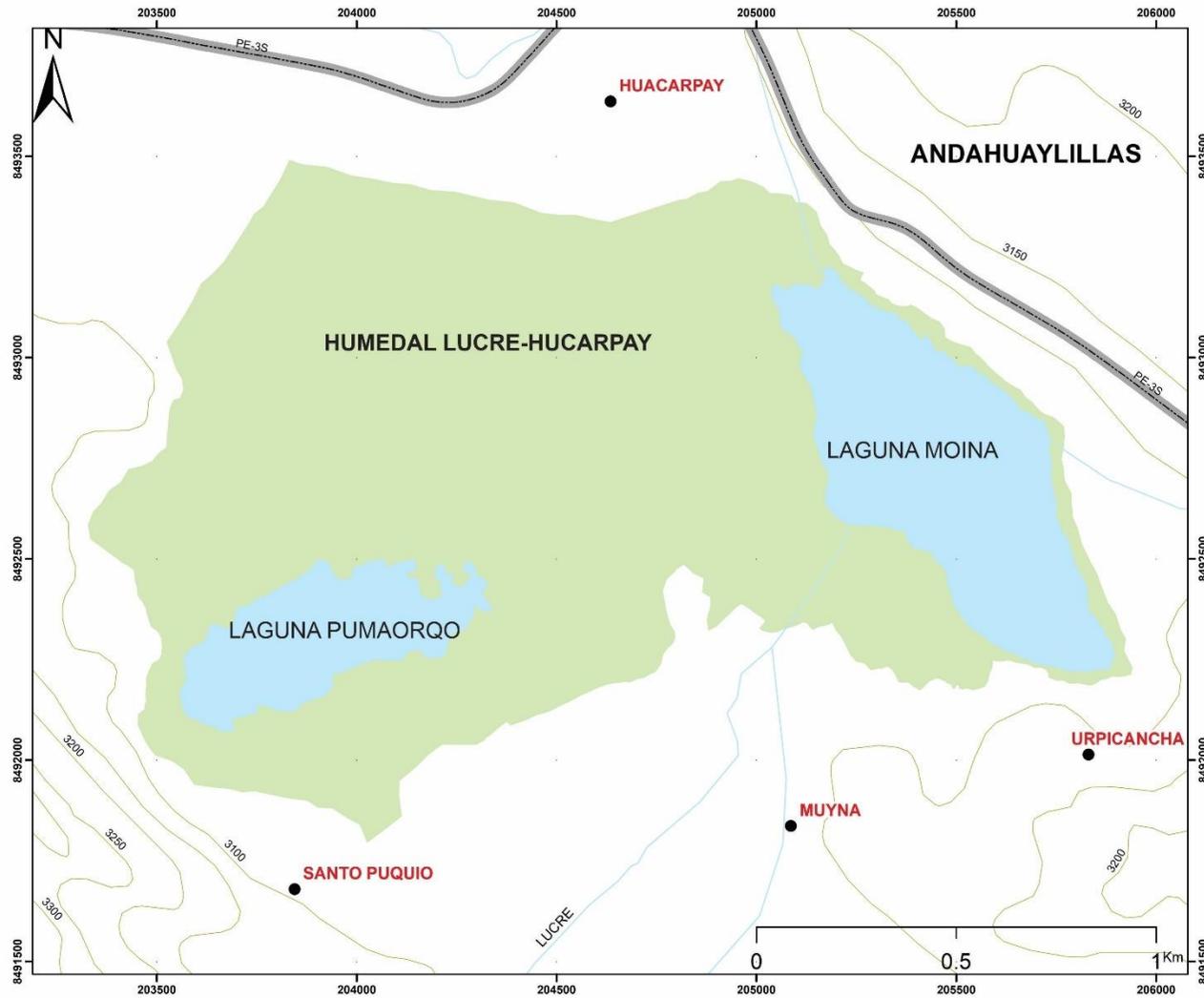
2.1.1. Ubicación política

El humedal de Lucre-Huacarpay se encuentra ubicado en la Región Cusco, específicamente en la Provincia de Quispicanchis, en el Distrito de Lucre se encuentra a una altitud aproximada de 3081 m.s.n.m. Tiene una extensión total de 1,978.85 ha y un perímetro de 77 km. Se encuentra a unos 30 minutos en automóvil desde la ciudad del Cusco (Mallqui, 2016).

El área de estudio está dentro del Humedal Lucre Huacarpay, que es la superficie ocupada por la vegetación hidrofítica emergente.

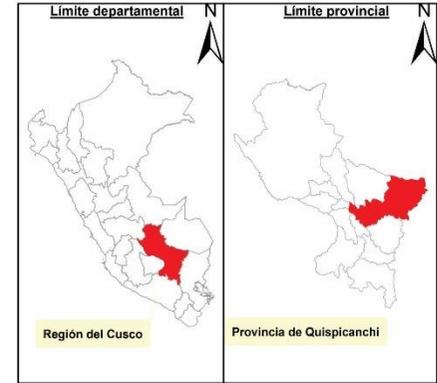
Figura 6

Ubicación política



Legenda

	Límite departamental		Área de estudio		Red vial
	Límite provincial		Lagunas		Rio
	Límite distrital		Centros poblados		Curva de Nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

**FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**

**ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LA VEGETACIÓN
HIDROFÍTICA EMERGENTE, NECROMASA Y SUELO DEL
HUMEDAL LUCRE HUACARPAY, QUISPICANCHI - CUSCO**

MAPA	UBICACIÓN POLÍTICA	
UBICACIÓN	DISTRITO : LUCRE PROVINCIA : QUISPICANCHI REGIÓN : CUSCO	PROYECCIÓN UTM DATUM WGS84 ZONA: 19S Altitud: 3081 m.s.n.m
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	13°37'13.62" a 13°37'26.95" Lat Sur 71°44'30.35" a 71°43'4.01" Lat Oeste	
CENTROIDE	204621.00 m E - 8492623.00 m S	
TESISTAS	Bach. ACHAHUI HUILCA URIEL Bach. PUMA QUEJIA GUISELA	
ASESOR	BLGO. PERCY YANQUE YUCRA	
FUENTE	ZONIFICACIÓN ECONÓMICA ECOLÓGICA DE LA PROVINCIA DE QUISPICANCHI (2011) PLAN DE DESARROLLO CONCERTADO DEL DISTRITO DE LUCRE 2021	

MAPA N° 1

2.1.2. Ubicación geográfica

El humedal Lucre Huacarpay se encuentra geográficamente ubicado en el borde oeste de la cordillera oriental, específicamente en la parte suroriental del país. Su altitud media es de 3081 m.s.n.m., y se encuentra en la región natural de la sierra. Las coordenadas UTM que lo identifican son 205948 m a 203313 m este y 8491935m a 8493498m norte. El humedal abarca una superficie total de 1,978.85 ha (Mallqui, 2016).

2.1.2.1. Límites.

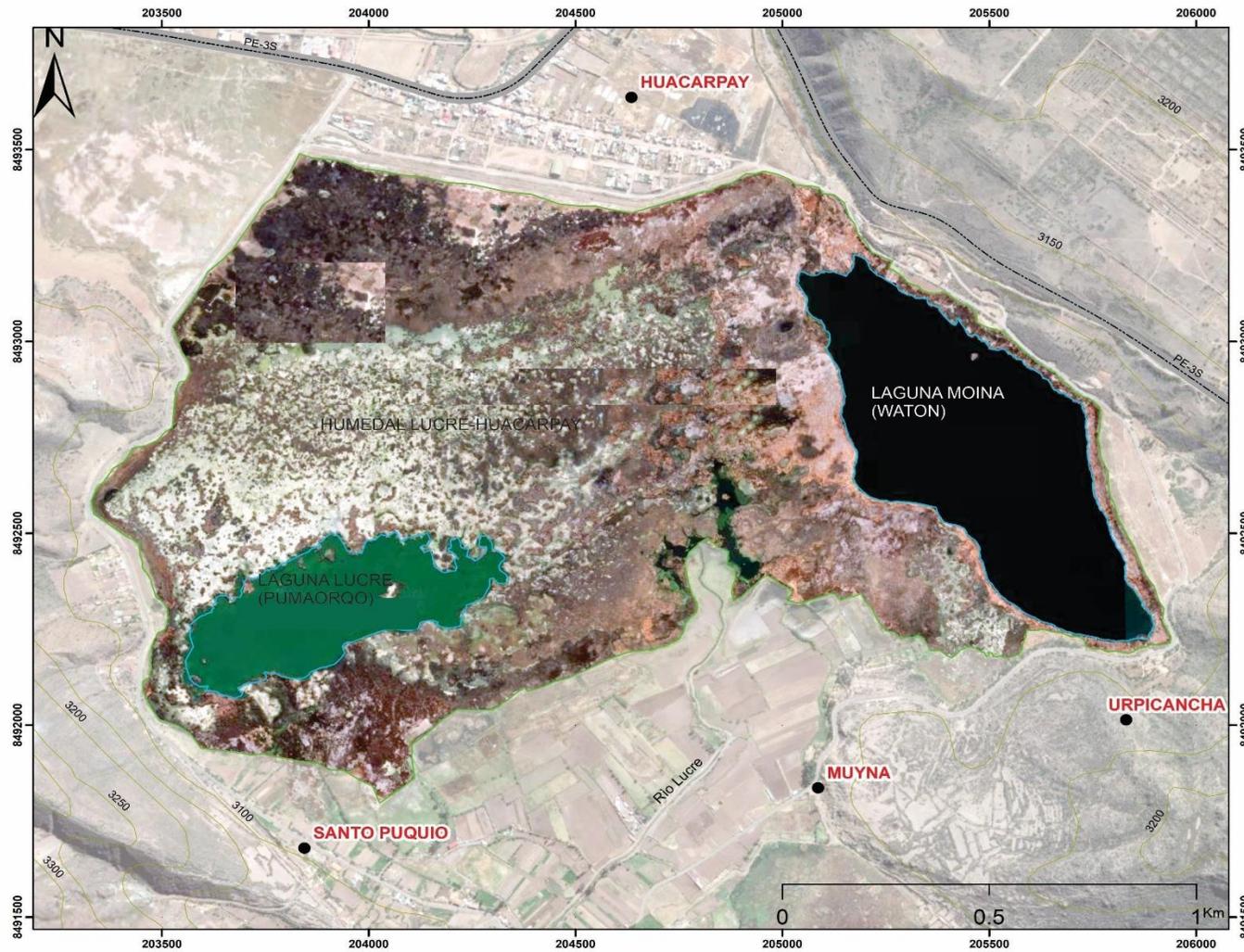
Tabla 5

Límites

Por el Norte	Distritos de Oropesa y San Jerónimo
Por el Sur	Provincia de Acomayo
Por el Este	Distritos de Caicay y Andahuaylillas
Por el Oeste	Provincia de Paruro.

Figura 7

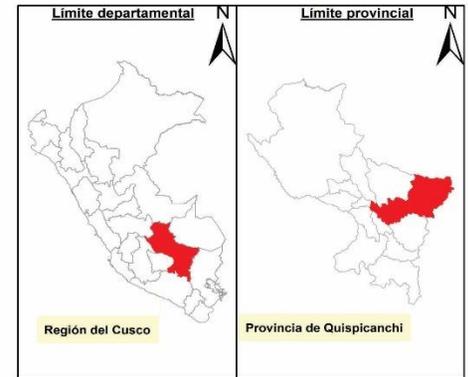
Ubicación geográfica



Legenda

Límite departamental	Área de estudio	Red vial
Límite provincial	Lagunas	Río
Límite distrital	Centros poblados	Curva de Nivel

Coordenadas 205948m a 203313m este y 8491935m a 8493498m norte



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA		
ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LA VEGETACIÓN HIDROFÍTICA EMERGENTE, NECROMASA Y SUELO DEL HUMEDAL LUCRE HUACARPAY, QUISPICANCHI – CUSCO		
MAPA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
UBICACIÓN	DISTRITO : LUCRE PROVINCIA : QUISPICANCHI REGIÓN : CUSCO	PROYECCIÓN UTM DATUM WGS84 ZONA: 19S Altitud: 3081 m.s.n.m
CENTROIDE	204621.00 m E - 8492623.00 m S	
TESISTAS	Bach. ACHAHUI HUILLCA URIEL Bach. PUMA QUEJIA GUISELA	Escala 1:10.000
ASESOR	BLGO. PERCY YANQUE YUCRA	MAPA N ° 2
FUENTE	ZONIFICACIÓN ECONÓMICA ECOLÓGICA DE LA PROVINCIA DE QUISPICANCHI (2018) GOOGLE EARTH PRO (10/07/2023)	

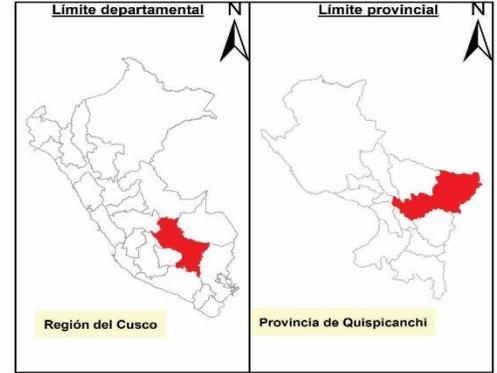
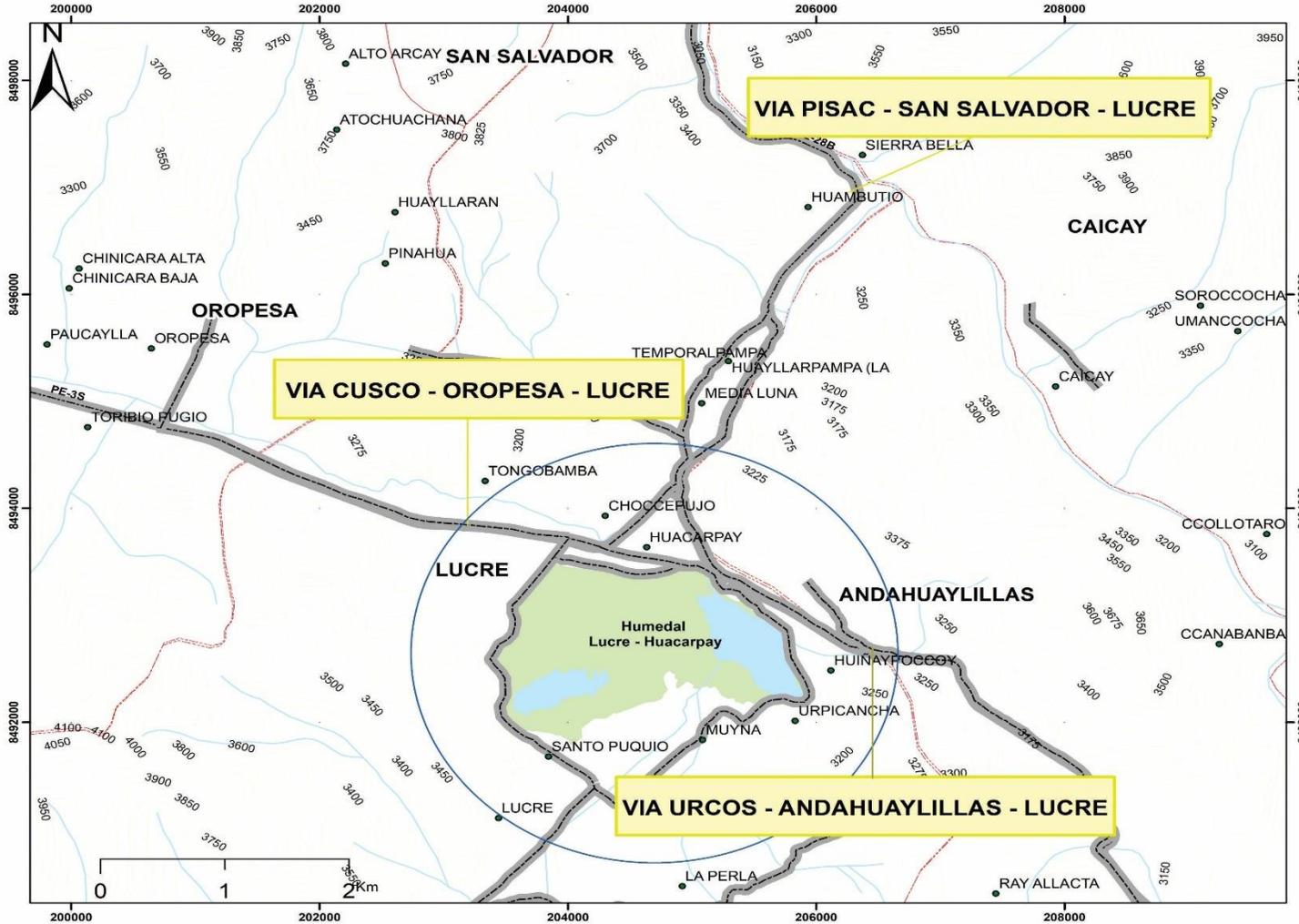
2.1.3. Accesibilidad

La accesibilidad al humedal es directa a través de vías terrestres. Se encuentra a una distancia aproximada de 27 km al sureste de la Ciudad del Cusco, sobre la vía asfaltada que conecta Cusco con Urcos. También se puede acceder desde el sector de Anchibamba a través de otra vía asfaltada que lleva hasta la capital del Distrito de Lucre. A continuación, se detallan las rutas de acceso al área de estudio (Mallqui, 2016).

Cusco – San Jerónimo – Oropesa – Lucre.

Figura 8

Mapa de accesibilidad



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA		
ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LA VEGETACIÓN HIDROFÍTICA EMERGENTE, NECROMASA Y SUELO DEL HUMEDAL LUCRE HUACARPAY, QUISPICANCHI - CUSCO		
MAPA	ACCESIBILIDAD	
UBICACIÓN	DISTRITO : LUCRE PROVINCIA : QUISPICANCHI REGION : CUSCO	PROYECCIÓN UTM DATUM WGS84 ZONA: 19S Altitud: 3051 m.s.n.m
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	13°37'13.52" a 13°37'25.95" Lat Sur 71°44'30.35" a 71°43'4.01" Lat Oeste	
CENTROIDE	204621.00 m E - 8492623.00 m S	Escala 1:35.000 MAPA N ° 3
TESISTAS	Bach. ACHAHUI HUILLCA URIEL Bach. PUMA QUEJIA GUISELA	
ASESOR	BLO. PERCY YANQUE YUCRA	
FUENTE	ZONIFICACIÓN ECONÓMICA ECOLÓGICA DE LA PROVINCIA DE QUISPICANCHI (2015) PLAN DE DESARROLLO CONCERTADO DEL DISTRITO DE LUCRE 2021	

2.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.2.1. Ambiente físico

2.2.1.1. Edafología.

La zona circundante del humedal Lucre-Huacarpay está compuesta principalmente por conglomerado de areniscas con cemento calcáreo, silicatos, andesitas, granito y cuarcita alterada. Además, se pueden encontrar sedimentos más finos como arcillas rojizas, limolitas y lidolitas, intercalados con materiales arenosos. También es notable la presencia de material grueso gravoso que proviene de canales aluviales. Los sedimentos lacustres en la zona son evidencia de la antigua laguna pleistocénica conocida como Lago Morkil (IMA, 2010).

En cuanto a los tipos de suelo presentes en el humedal Lucre-Huacarpay, se identifican tres categorías principales según su capacidad de uso mayor:

- **Tierras con aptitud para cultivos:** Estas tierras se encuentran en el piso del valle y en pequeñas terrazas de origen aluvial, lo que las hace adecuadas para actividades agrícolas.
- **Tierras con aptitud de protección:** Estas tierras están destinadas a la conservación y protección del suelo, especialmente en áreas con fuertes pendientes.
- **Tierras con aptitud forestal:** Estas tierras se ubican en las áreas cercanas al piso del valle y presentan una calidad agroecológica baja debido a limitantes de suelo y clima. Estas tierras están asociadas a las áreas de protección (IMA, 2010).

2.2.1.2. Geología y geomorfología.

- **Geología**

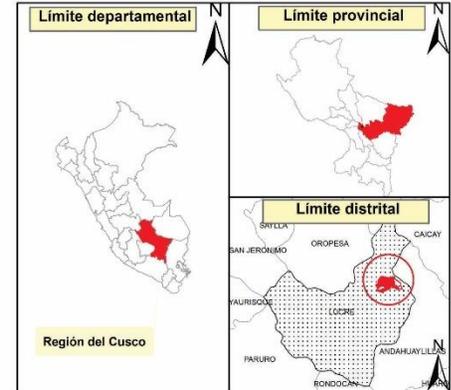
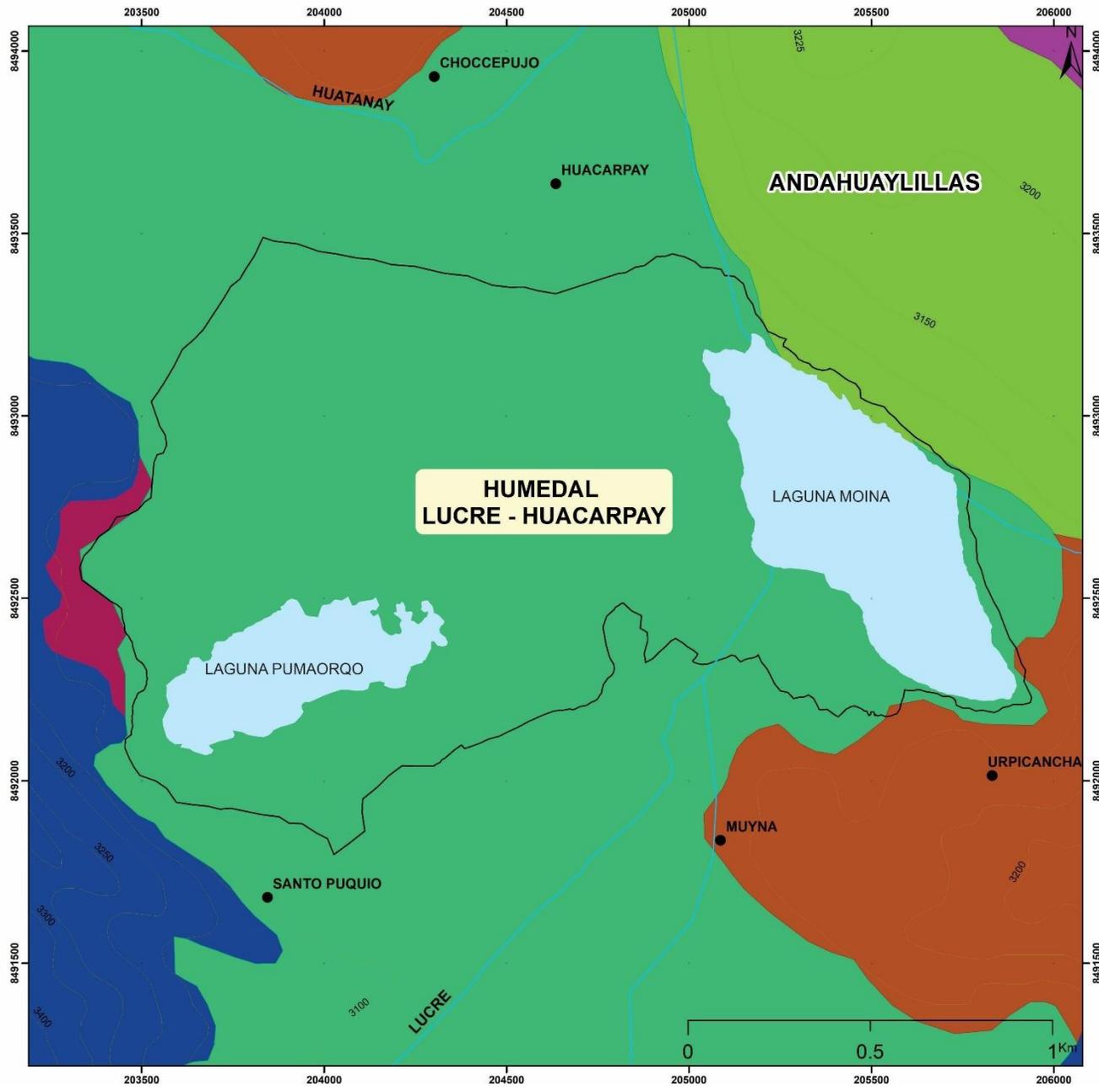
El humedal de Lucre Huacarpay está compuesto principalmente por distintas formaciones geológicas, que incluyen lutitas, areniscas, conglomerados, calizas, rocas ígneas volcánicas y tobas. Estas formaciones geológicas se denominan Huancané, Sonco, Mitu, Huancalle, Rumicolca y Kayra. En muchas áreas del humedal, estas formaciones geológicas están cubiertas por suelos eluviales y coluviales (Uquiche, 2019).

La historia geológica del área de estudio está relacionada con la evolución de los Andes a lo largo del tiempo. Esta evolución comenzó en el paleozoico, continuó en el mesozoico y adquirió su forma actual en el cenozoico, persistiendo hasta la actualidad (Uquiche, 2019).

En la zona del humedal, se pueden encontrar diversas unidades litológicas, lo que da lugar a una variedad de características geológicas en el área de estudio (IMA, 2010).

Figura 9

Mapa geológico



Signos Convencionales

- Área de estudio
- Lagunas
- Centros poblados
- Río
- Curva de Nivel

LEYENDA		
ID	GEOLOGÍA	ERA
[Blue Box]	Capas rojas	Cenozoico
[Green Box]	Cretácias inferior medio	Mesozoico
[Pink Box]	Dptos. Aluvial, fluviales	Cuaternario
[Light Green Box]	Dptos. Coluviales, eluviales, aluviales	Cuaternario
[Purple Box]	Grupo Mitu	Mesozoico
[Cyan Box]	Unidades del Cretácico inferior	Mesozoico
[Brown Box]	Volcánicos Rumicolca	Cuaternario

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LA VEGETACIÓN
 HIDROFÍTICA EMERGENTE, NECROMASA Y SUELO DEL
 HUMEDAL LUCRE HUACARPAY, QUISPICANCHI - CUSCO

MAPA	GEOLOGICO	
UBICACIÓN	DISTRITO : LUCRE PROVINCIA : QUISPICANCHI REGIÓN : CUSCO	PROYECCIÓN UTM DATUM WGS84 ZONA: 18S Altitud: 3081 m.s.n.m
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	13°37'13.52" a 13°37'25.95" Lat Sur 71°44'30.35" a 71°43'4.01" Lat Oeste	Escala 1:10,000
CENTROIDE	204621.00 m E - 8492623.00 m S	
TESISTAS	Bach. ACHAHUI HUILLCA URIEL Bach. PUMA QUEJIA GUISELA	
ASESOR	BLGO. PERCY YANQUE YUCRA	MAPA N° 4
FUENTE	ZONIFICACIÓN ECONÓMICA ECOLÓGICA DE LA PROVINCIA DE QUISPICANCHI (2018)	

Tabla 6*Unidades geológicas del humedal Lucre – Huacarpay*

FID	UNIDAD GEOLOGICA	ÁREA	PORCENTAJE (%)
0	Capas Rojas	808.16	40.69
1	Cretácica inferior medio	60.84	3.07
2	Dptos. Aluvial, fluvial	7.569	0.38
3	Dptos. Coluviales, eluviales, aluvial	864.52	43.69
4	Volcánico Rumicolca	240.76	12.17
TOTAL		1111978.85	100

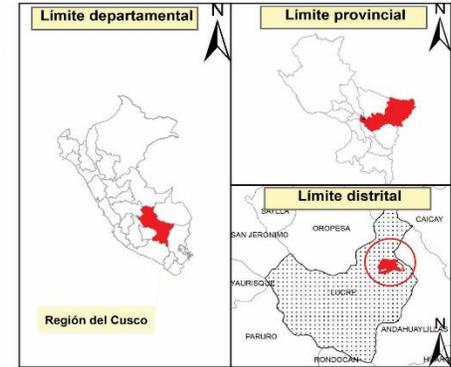
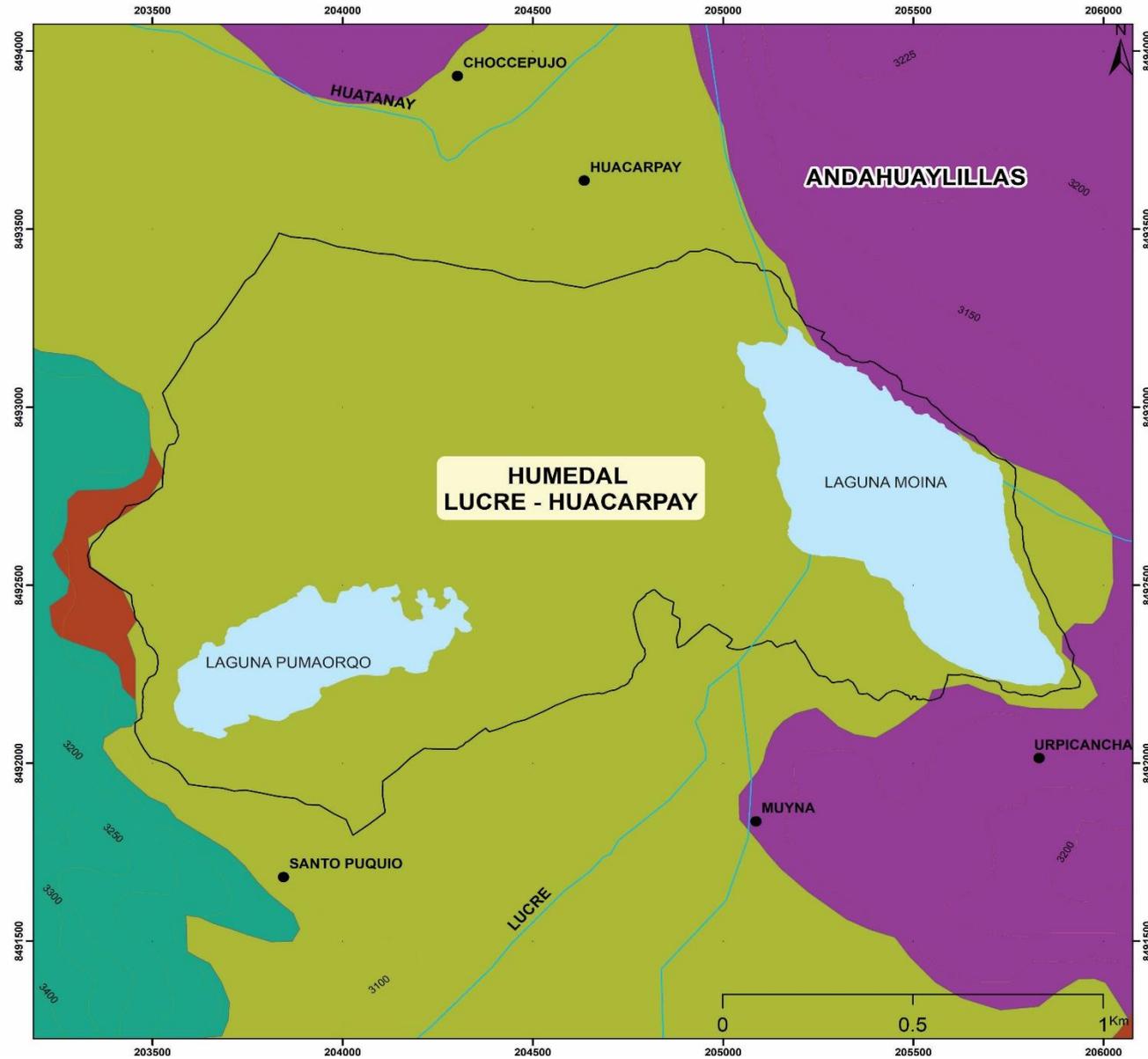
Nota: Extraído de ZEE-Cusco, (IMA, 2010).

• Geomorfología

El Humedal de Lucre-Huacarpay se caracteriza por presentar distintas unidades geomorfológicas, que incluyen planicies y montañas. Las planicies se encuentran en los pisos de valle, ubicadas sobre terrazas formadas por depósitos coluvio-aluviales, con pendientes moderadas de 4 a 8 %. Estas planicies rodean las lagunas de Lucre, Watón, Huacarpay, Choquepuquio y Muyna, y también se extienden a ambos lados del río Lucre (Ihue, 1992).

Figura 10

Mapa geomorfológico



LEYENDA

ID	GEOLOGÍA	ERA
1	Fondos de valle aluvial monafioso	Cenozoico
2	Vertientes de montaña allanada	Mesozoico
3	Vertientes de montaña disectada	Cuaternario
4	Vertientes de montaña empinada	Cuaternario

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LA VEGETACIÓN HIDROFÍTICA EMERGENTE, NECROMASA Y SUELO DEL HUMEDAL LUCRE HUACARPAY, QUISPICANCHI - CUSCO

MAPA	GEOMORFOLÓGICO	
UBICACIÓN	DISTRITO : LUCRE PROVINCIA : QUISPICANCHI REGIÓN : CUSCO	PROYECCIÓN UTM DATUM WGS84 ZONA: 19S Altitud: 3081 m.s.n.m
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	13°37'13.52" a 13°37'25.95" Lat Sur 71°44'30.35" a 71°43'4.01" Lat Oeste	
CENTROIDE	204621.00 m E - 8492623.00 m S	
TESISTAS	Bach. ACHAHUI HUILLCA URIEL Bach. PUMA QUEJIA GUISELA	Escala 1:10,000
ASESOR	BLGO. PERCY YANQUE YUCRA	MAPA N° 5
FUENTE	ZONIFICACIÓN ECONÓMICA ECOLÓGICA DE LA PROVINCIA DE QUISPICANCHI (2018)	

2.2.1.3. Hidrología.

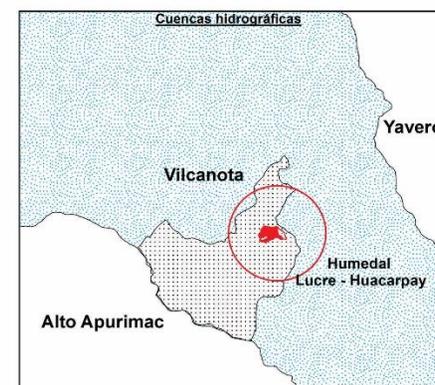
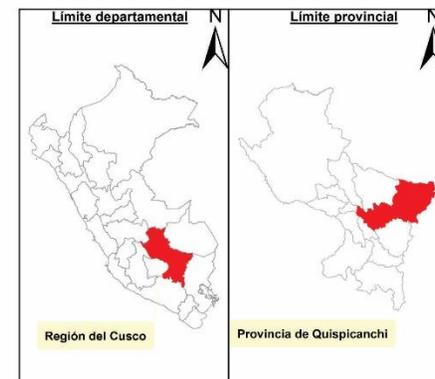
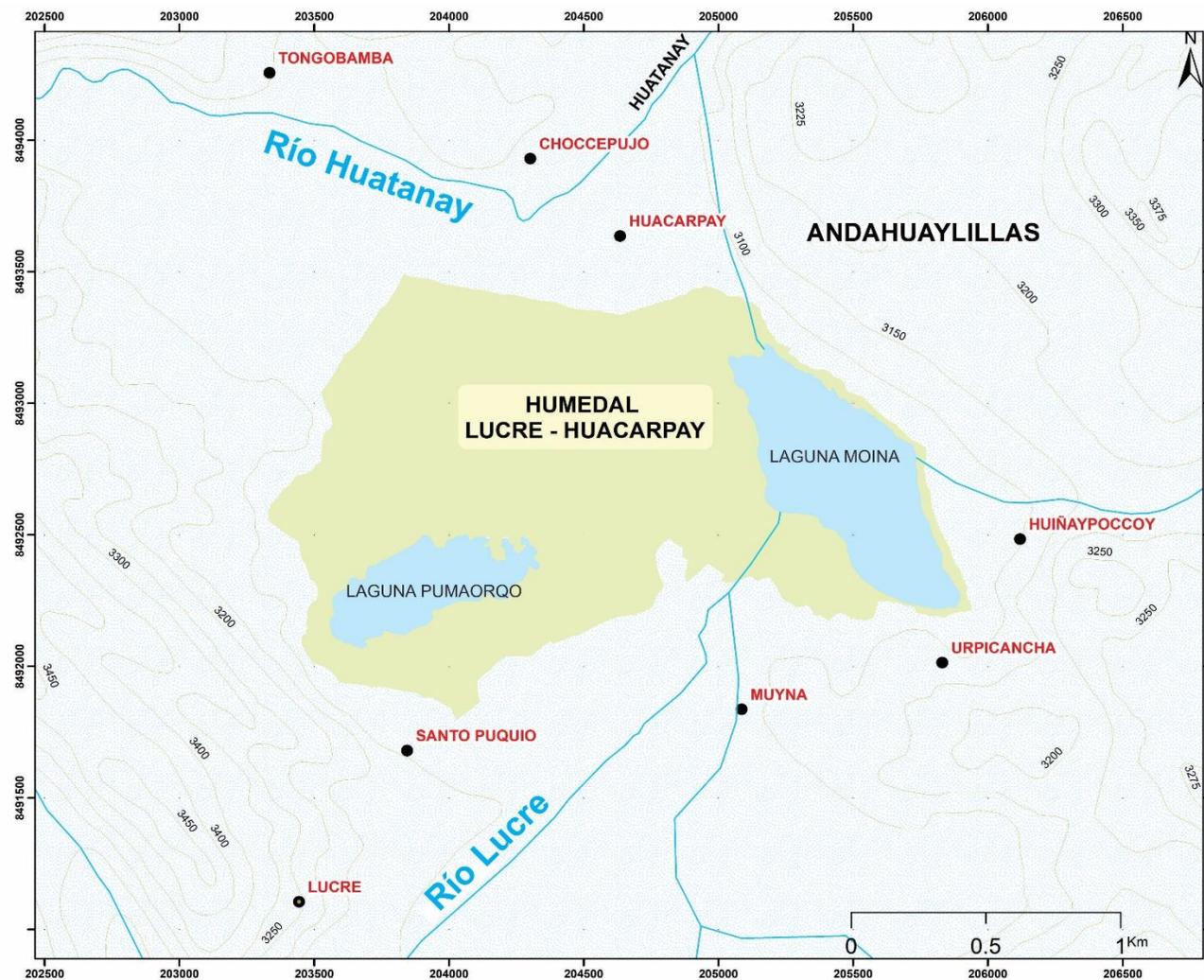
El humedal de Lucre Huacarpay forma parte de la Sub-cuenca del Huatanay y la cuenca del río Vilcanota, siendo el río Lucre el principal curso de agua en esta zona. Según la clasificación de Arrigno, las aguas del humedal son alcalinas y de alta dureza, lo que las hace muy productivas (FIR, 2006).

El río Lucre es considerado de segundo orden, ya que se origina de la unión de dos riachuelos, el Colcayque y el Pacramayoq, en las faldas del río Chelq'es. Su densidad hídrica es baja, llegando a 0.2 km/km² en la temporada de sequía y aumentando a un promedio de 1.8 km/km² durante las lluvias. Las aguas del río desembocan en el humedal de Lucre-Huacarpay, que está clasificado como uno de los humedales de los Andes del Sur, según la clasificación propuesta por Bravo & Windevoxhe en 1997. El volumen de agua del humedal fluye hacia el río Huatanay, pasando por Huinaypoqoy y finalmente desembocando en el río Vilcanota (FIR, 2006).

En esta cuenca, también se encuentran aguas subterráneas, destacando manantiales como Santopujyo y Miskiunuyoc, que son consideradas de buena calidad para el consumo doméstico. Otro afluente de agua subterránea proviene del humedal y se dirige hacia el río Huatanay (FIR, 2006).

Figura 11

Mapa hidrológico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DELCUSCO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA		
ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LA VEGETACIÓN HIDROFÍTICA EMERGENTE, NECROMASA Y SUELO DEL HUMEDAL LUCRE HUACARPAY, QUISPICANCHI – CUSCO		
MAPA	HIDROGRÁFICO	
UBICACIÓN	DISTRITO : LUCRE PROVINCIA : QUISPICANCHI REGIÓN : CUSCO	PROYECCIÓN UTM DATUM WGS84 ZONA: 19S Altitud: 3091 m.s.n.m
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	13°37'13.52" a 13°37'25.95" Lat Sur 71°44'30.35" a 71°43'4.01" Lat Oeste	Escala 1:15.000
CENTROIDE	204621.00 m E - 8492623.00 m S	
TESISTAS	Bach. ACHAHUI HUILLCA URIEL Bach. PUMA QUEJIA GUISELA	
ASESOR	BLGO. PERCY YANQUE YUCRA	MAPA N° 6
FUENTE	ZONIFICACIÓN ECONÓMICA ECOLÓGICA DE LA PROVINCIA DE QUISPICANCHI (2018) MAPA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL PERÚ (2003)	

2.2.1.4. Ecología.

2.2.1.5. Clima.

El humedal de Lucre Huacarpay experimenta dos periodos distintos de clima debido a su ubicación geográfica: la temporada de lluvias que abarca desde noviembre hasta marzo, y la temporada de secas que se extiende de abril a octubre. La temperatura media anual es de 12.53°C, lo que lo hace tener un clima templado, aunque ligeramente frío durante el invierno.

La precipitación anual promedio es de 740.2 mm, siendo febrero el mes más lluvioso con 179.3 mm y agosto el mes con menor cantidad de lluvia con 0.5 mm. En general, el clima es seco y las precipitaciones son más frecuentes durante los meses de diciembre, enero y febrero (FIR, 2006).

Tabla 7

Datos de la estación meteorológica de la granja Kayra 2011 – 2021

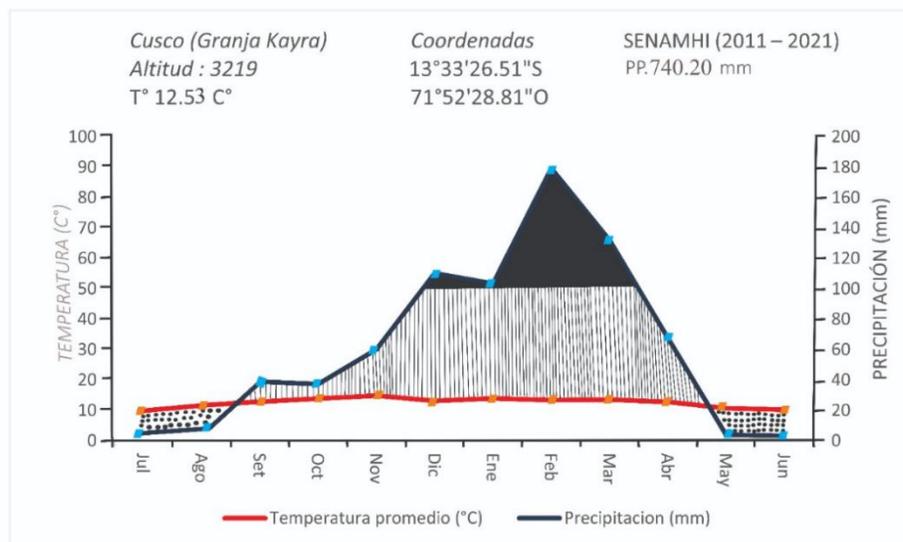
Meses	Temperatura promedio (°C)	Precipitación (mm)
JULIO	9.85	3.7
AGOSTO	11.65	0.5
SEPTIEMBRE	12.85	38.9
OCTUBRE	13.85	37.4
NOVIEMBRE	14.85	60.2
DICIEMBRE	13.1	110.2
ENERO	13.95	103.4
FEBRERO	13.35	179.3
MARZO	13.55	131.9
ABRIL	12.8	67.6
MAYO	10.7	3.9
JUNIO	10.2	3.2
PROMEDIO DE TEMPERATURA	12.53	
TOTAL, DE PRECIPITACION		740.2

Nota: Elaborado en base a datos de (SENAMHI, 2011 - 2021).

2.2.1.6. Climatodiagrama.

Figura 12

Climatodiagrama



Nota: Climatodiagrama de estación meteorológica de Kayra elaborada en base a datos de (SENAMHI, 2011 - 2021).

Con base en los datos de la tabla 7 y la figura 12, se puede concluir que la temperatura promedio anual en el humedal Lucre-Huacarpay es de 12.53°C, mientras que la precipitación anual es de 740.2 mm. Se observa un patrón climático que distingue, con una temporada seca que se extiende desde principios de mayo hasta mediados de agosto, y una temporada de lluvias que va desde principios de diciembre hasta mediados de marzo (Uquique, 2019).

Estos datos ofrecen una visión clara de la dinámica climática en el humedal Lucre-Huacarpay, lo que resulta fundamental para comprender tanto su ecosistema como sus procesos hidrológicos. De acuerdo con la información, el humedal Lucre-Huacarpay presenta un clima semiárido semifrío con inviernos secos, mientras que en las zonas más altas de sus alrededores predomina un clima semiseco semifrío, también caracterizado por inviernos secos (ZEE, 2018).

2.2.1.7. Ecosistemas.

Matorral andino

Ecosistema andino con distribución amplia a nivel nacional que abarca tres tipos de matorrales (matorral montano, matorral de puna seca y matorral andino), con rango y altitudinal de 1500 a 4500 m s. n. m. Se caracteriza por la presencia de vegetación leñosa y arbustiva de composición y estructura variable, con una cobertura de suelo superior al 10 % que se extiende por más de 0.5 ha, y cuya altura sobre el suelo no supera los 4 m. En el matorral de puna seca se aprecian áreas extensas de “tola” (*Parastrephia sp.*), así como *Lepidophyllum cuadrangulares*, *Baccharis sp.* y otras especies; en el matorral montano se aprecian arbustos esclerófilos y arbolillos de hasta 2 m y presencia de epífitas; y en el matorral andino propiamente dicho dominan matorrales con árboles de manera dispersa y cactáceas (MINAN, 2019).

Zona agrícola

Comprende las áreas dedicadas a cultivos. Pueden ser cultivos transitorios, es decir, aquellos que después de la cosecha deben volver a sembrar para seguir produciendo (ciclo vegetativo es corto, de pocos meses hasta 1 año); o cultivos permanentes, aquellos cuyo ciclo vegetativo es mayor a dos años, produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar.

En las imágenes de sensores remotos, por lo general, tienen un patrón típico de polígonos regulares (cuadrados, rectángulos y eventualmente triángulos) (MINAN, 2019).

Lago y laguna

Los lagos son extensiones de agua de gran tamaño y profundidad, separadas del mar, pudiendo contener agua dulce, salobre o salada. En nuestro país, los dos principales son el Lago Junín o Chinchaycocha y el lago Titicaca, ambos considerados como humedades altoandinas, sobre los 4000 y 3800 m s. n. m. respectivamente.

Las lagunas son depósitos naturales de agua de menor profundidad que los lagos de régimen permanente o temporal y de distintas capacidades de almacenamiento. Desde el punto de vista de los recursos hídricos, los lagos y lagunas, comprenden todas las aguas que no presentan corriente continua y que corresponden a aguas en estado léntico (MINAN, 2019).

Zona urbana

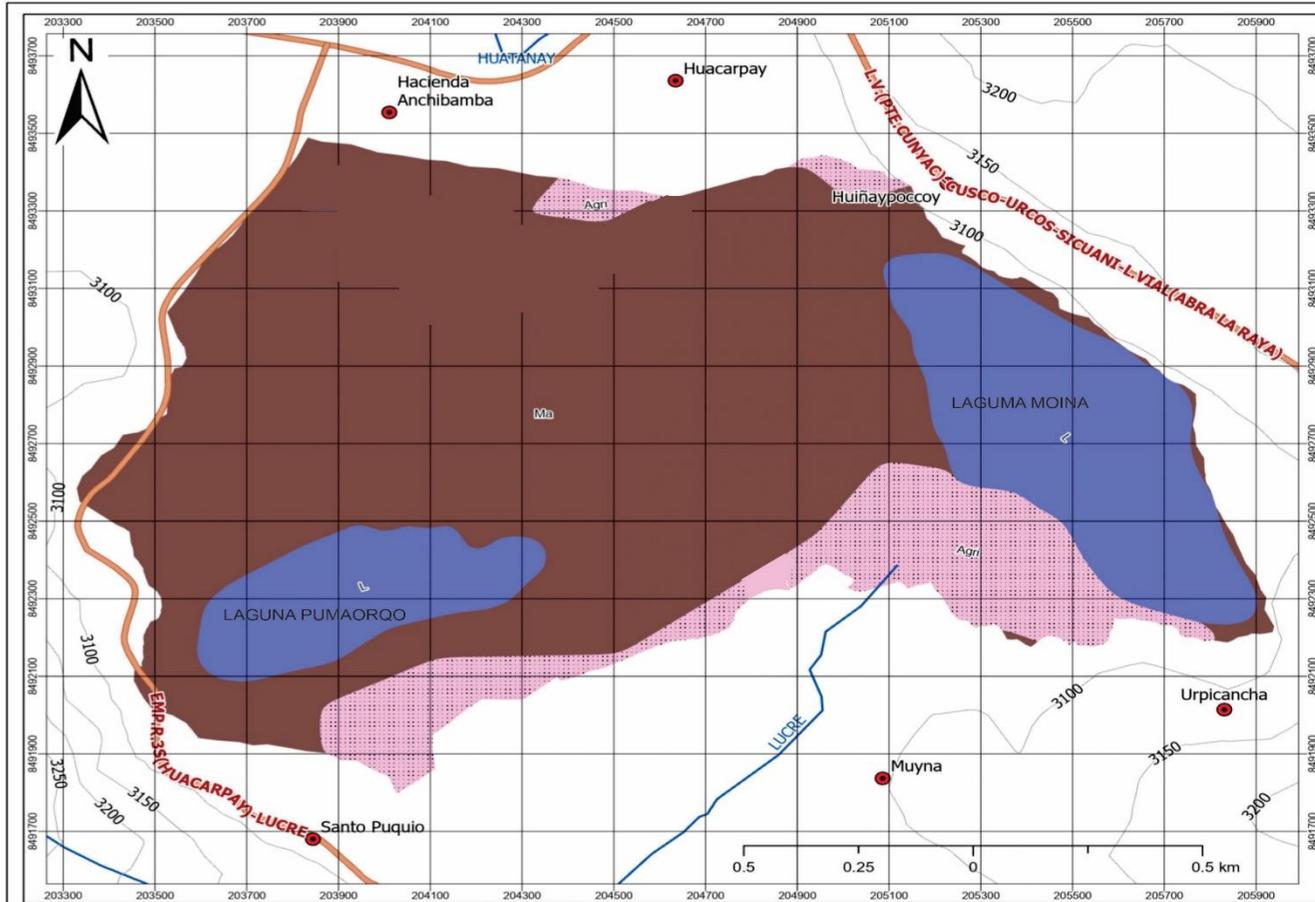
Son ecosistemas donde la comunidad biológica incluye poblaciones humanas densas junto con infraestructura ampliamente desarrollada (calles, casas, edificios, calles, drenajes, etc.) que han desplazado a las comunidades y ecosistemas preexistentes. En los ecosistemas urbanos la composición y estructura del paisaje está regida por decisiones de los seres humanos. (Higueras, 2013).

El ecosistema urbano es una danza constante entre la ciudad y la naturaleza. A medida que las ciudades crecen y evolucionan, es esencial abrazar prácticas que promuevan la coexistencia armoniosa. Desde la biodiversidad que florece en los parques urbanos hasta la integración de tecnologías inteligentes, cada componente contribuye a la sinfonía única de la vida urbana (Higueras, 2013).

El camino correcto para alcanzar un equilibrio entre las necesidades urbanísticas y las demandas vitales de sus habitantes, que se ven beneficiados al disfrutar de un mayor contacto con la naturaleza y de una atmósfera con menos contaminación. Al adoptar un enfoque sostenible y fomentar la participación ciudadana, podemos transformar nuestras ciudades en lugares donde la innovación y la naturaleza convergen. El ecosistema urbano no solo es el futuro de nuestras ciudades, sino también el lienzo en el que pintamos el retrato de un mañana más verde y equilibrado (Higueras, 2013).

Figura 13

Mapa de ecosistemas



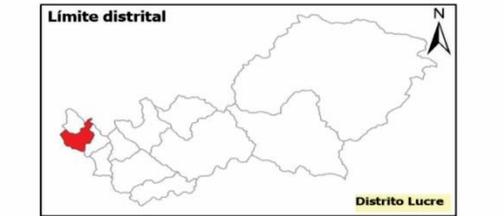
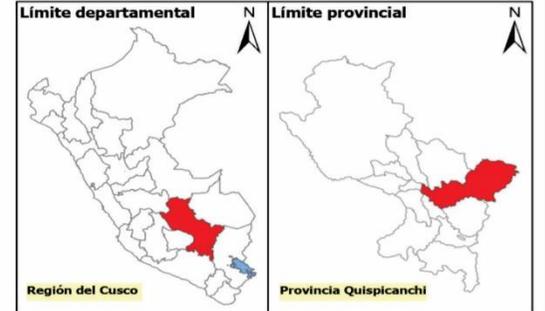
LEYENDA

- Centro poblado
- Red vial
- Curvas de nivel
- Red hídrica

Tipo de Ecosistemas

- Lago y laguna
- Matorral andino
- Zona agrícola

SIMBOLO	TIPO DE ECOSISTEMA	CODIGO	AREA (ha)	%
■	Lago y laguna	L	70.91	26.30%
■	Matorral andino	Ma	164.47	61.00%
■	Zona agrícola	Agri	34.24	12.70%
TOTAL SUPERFICIE			269.63	100.00%



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLÓGIA

ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LA VEGETACIÓN HIDROFÍTICA EMERGENTE, NUCLEOMA Y SUELO DEL HUMEDAL LUCRE HUACARPAY, QUISPICANCHI - CUSCO

MAPA	ECOSISTEMAS	
UBICACIÓN	DISTRITO: Lucre PROVINCIA: Quispicanchi REGION: Cusco	PROYECCION: UTM DATUM: WGS84 ZONA: 18 S ALTITUD: 3065 m.s.n.m
CENTROIDE	204621.00 m E - 8492623.00 m S	
TESISTAS	Bach. ACHAHI HUILLCA URIEL Bach. PUMA QUEJIA GUSELA	ESCALA: 1: 10000
ASESOR	Bigo. PERCY YANQUE YUCA	MAPA N° 7
FUENTE	MAPA NACIONAL DE ECOSISTEMAS DEL PERÚ	

2.2.1.8. Flora.

En el Humedal Lucre-Huacarpay se ha identificado una rica diversidad de flora, compuesta por 236 especies, 178 géneros y 66 familias, que se distribuyen en tres unidades principales de vegetación. La vegetación hidrofítica ocupa el 35.29 % del área y está dominada por especies como *Typha dominguensis* (matará) y *Schoenoplectus californicus* (totora) de las familias Cyperaceae y Tiphaceae respectivamente. Por otro lado, la vegetación halófila también representa el 35.29% e incluye especies como *Distichlis humilis*, *Salicornia cuzcoensis*, *Triglochin striatum*, *Cotula coronopifolia*, *Ranunculus cimbaria*, *Juncus arcticus* var. *Andicola*, *Hydrocotyle bonariensis* y *Hypsela reniformis* (FIR, 2006). Además, existe una vegetación ribereña que abarca el 29.41% del humedal se destaca la presencia de la especie arbórea *Prosopis tupayachensis*, conocida como "Thacco" o "Algarrobo andino", que es de gran importancia ecológica y se encuentra en peligro crítico, esta especie tiene un rango de distribución único en la región Cusco, donde existen solo tres relictos de bosques naturales. Es fundamental conocer su situación actual, y si es necesario, desarrollar programas de conservación, propagación y reforestación para su preservación. Dado que es una especie de uso múltiple, podría tener un impacto positivo en la economía campesina a mediano plazo (Mallqui, 2016).

2.2.1.9. Fauna.

El distrito de Lucre se destaca por albergar una diversidad de fauna, siendo las aves el grupo más abundante con más de 100 especies registradas, según el estudio realizado por Venero J. en 2008. En la actualidad, el humedal Lucre-Huacarpay cuenta con 135 especies de aves identificadas (Uquiche, 2019).

En la zona oeste de la comunidad de Ccolcayqui se encuentran bosques de "Queuña" (*Polylepis besseri*), que brindan hábitats para aves como *Xenodacnis parina* y *Grallaria andicola*, que están estrechamente relacionadas con este tipo de bosques. Los pajonales en las áreas bajas son el hogar de aves como *Gallinago andicola*, *Catanemia homocrhoa*, *Cardeulis atrata* y *Anthus bogotensis*. Además, en las partes bajas de las laderas se encuentran extensiones de bosques de "T'asta" (*Escallonia myrtilloides*) y "Huayruru" (*Citharexylum argutidentatum*), que atraen especies como *Cranioleuca albicapilla* y *Phacellodomus striaticeps*, que prefieren anidar en este tipo de bosques (FIR, 2006).

En las zonas bajas de Ccolcayqui, hay plantaciones de "Eucalipto" con prácticas de extracción forestal inadecuadas que dañan las laderas durante el talado. En esta área, se pueden avistar especies como el picaflor endémico *Oreonympha nobilis*, el "Picaflor gigante" (*Patagonia gigas*) y aves comunes como el "Pichinco" (*Zonotrichia capensis*) y el "Come semillas" (*Phrygillus plebejus*). En las partes altas de Pacramayo, se encuentran pajonales mezclados con campos de cultivo, y aquí es donde se observa con mayor frecuencia la "Perdíz grande" (*Nothoprocta ornata*). También se encuentran pequeños bosquecillos de "Queuña" (*Polylepis incana*), que proporcionan hábitats para aves especialistas de estos bosques, como el "Chotacabras" (*Caprimulgus longirostris*). En los campos abiertos, se avistan especies endémicas de la región, como *Oreonympha nobilis*, *Poospiza caesar* y *Astenes ottonis*, que son comunes en esta área (FIR, 2006).

En la zona media de la cuenca, se observan plantaciones de eucalipto. Entre otras especies de aves comunes presentes en la zona se encuentran *Turdus fuscater*, *Diglossa brunneiventris* y *Metallura tyrianthina*, así como *Basileuterus luteoviridis* y *Conirostrum ferrugineiventre*.

Esta diversidad de aves en el humedal Lucre-Huacarpay destaca la importancia de conservar y proteger este ecosistema para mantener su riqueza biológica y garantizar la supervivencia de las especies presentes en la zona (FIR, 2006).

2.3. Aspectos sociales y económicos

La zona de estudio del humedal Lucre-Huacarpay presenta una diversidad de actividades económicas que le confieren una vocación productiva. Entre las principales actividades se encuentran:

2.3.1. Actividad agropecuaria

El distrito de Lucre se dedica a la siembra de cultivos como papa, maíz, trigo, entre otros. Además, se practica la crianza de ganado vacuno, ovino, llamas y animales menores (FIR, 2006).

2.3.2. Actividad turística

Lucre es una zona rica en cultura, con influencias preincaicas y quechuas, aimaras y wari. Esto ha convertido al distrito en un destino turístico en desarrollo, debido a sus recursos paisajísticos, recreativos, ecológicos (como la laguna de Huacarpay), de aventura, de investigación y místicos. Además, su ubicación en el llano y su vinculación con el Parque arqueológico de Pikillaqta lo hacen atractivo para los visitantes (FIR, 2006).

2.3.3. Actividad pesquera

El distrito cuenta con recursos hídricos adecuados para el desarrollo de la piscicultura, con siembra de peces como trucha, carpa, pejerrey y otros. Se han ejecutado programas de siembra de alevinos para abastecer a los restaurantes campestres y mercados locales (Uquique, 2019).

2.3.4. Actividad minera

Lucre posee recursos mineros no metálicos como yeso, piedra chancada y cal en las comunidades y riberas de los ríos y riachuelos. Además, se encuentran en la etapa de prospección minera y exploración de yacimientos metálicos como cobre, oro y plata, lo que representa un potencial importante para el desarrollo de la micro y pequeña minería (Mallqui, 2016).

2.3.5. En cuanto a los usos del suelo

En el humedal, se pueden identificar tres categorías principales según su capacidad de uso mayor: tierras con aptitud para cultivos, ubicadas en el piso del valle y terrazas aluviales; tierras con aptitud de protección, destinadas a la conservación y protección del suelo, especialmente en áreas con pendientes pronunciadas; y tierras con aptitud forestal, ubicadas en áreas cercanas al piso del valle, con limitaciones de suelo y clima, y asociadas a las áreas de protección. Estas clasificaciones son fundamentales para un manejo adecuado y sostenible del humedal y su entorno (Calvo, 2009).

El humedal Lucre-Huacarpay tiene un significado histórico y cultural importante, siendo escenario de diversos acontecimientos históricos y primeros asentamientos humanos. Además, forma parte del acervo cultural del país y ha sido retratado en obras de literatura y pintura (Calvo, 2009).

Este humedal se encuentra ubicado dentro del parque arqueológico de Pikillaqta, que fue establecido según la Ley N°24047 de amparo al patrimonio cultural de la nación por el instituto nacional de cultura (INC). En la parte superior norte de la laguna, se encuentra la ciudadela Wari de Pikillaqta, un sitio arqueológico impresionante que perteneció a la cultura Wari, la cual dominó gran parte del territorio peruano entre los años 600 al 1200 DC. Pikillaqta era un centro regional importante de esta cultura, que fue posteriormente absorbida por los Incas (Barbera et al, 2014).

Además de la ciudadela Wari, alrededor de los humedales se pueden encontrar numerosos vestigios incas y pre-incas, como terrazas utilizadas por antiguas culturas para abastecer a la población que habitaba la ciudadela de Pikillaqta y sus alrededores. Estos sitios arqueológicos y lugares sagrados son motivo de orgullo para las comunidades que viven en la zona, ya que representan una conexión con su pasado y su legado cultural (Barbera et al, 2014).

El humedal Lucre-Huacarpay no solo es un ecosistema valioso desde el punto de vista ecológico, sino que también alberga un patrimonio histórico y cultural que merece ser protegido y preservado para las generaciones futuras. Su ubicación dentro del Parque Arqueológico de Pikillaqta resalta su importancia y atractivo turístico, atrayendo a visitantes interesados en conocer más sobre la rica historia y cultura que se desarrolló en esta región a lo largo de los siglos (Calvo, 2009).

2.3.6. Tenencia de la tierra / régimen de propiedad

La propiedad de la tierra y el régimen de propiedad en el humedal Lucre-Huacarpay se presenta de la siguiente manera:

2.3.6.1. Dentro del sitio Ramsar.

En principio, la propiedad de las tierras en esta área es pública, ya que forma parte del parque arqueológico de Pikillaqta. Sin embargo, se enfrenta a una amenaza debido al avance caótico de los centros poblados cercanos. Estos centros poblados están extendiendo sus dominios hacia la franja marginal y las riberas de la laguna principal. El proyecto especial de titulación de tierras y catastro rural (PETT) del ministerio de agricultura ha otorgado aproximadamente 170 títulos de propiedad a los pobladores locales, lo que abarca casi el 90% del territorio que se considera como sitio Ramsar. Esta situación ha generado tensiones y conflictos entre la propiedad privada, el desarrollo urbano y la conservación del humedal, ya que la expansión urbana amenaza la integridad ecológica de esta importante área protegida (FIR, 2006).

2.3.6.2. En la zona circundante.

En esta área, se deben considerar los derechos de propiedad de cinco comunidades campesinas: Colcayqui, Huambutío, Muyna, Paqramayoq y Yanamanchi. Estas comunidades tienen el derecho de ejercer la propiedad de sus tierras, y existe la posibilidad de parcelar o transferir tierras si dos tercios de los comuneros están de acuerdo, es decir, si hay una mayoría calificada que lo decida. Además, se ha identificado que la organización religiosa "siervos del

tercer mundo" ha adquirido una gran cantidad de tierras cercanas al humedal, convirtiéndose en un nuevo gran propietario de la zona (FIR, 2006).

La combinación de propiedad pública, propiedad privada y derechos de comunidades campesinas, junto con la presencia de una organización religiosa como propietaria, crea un escenario complejo en la tenencia de la tierra en el área del humedal Lucre-Huacarpay. Estas diferentes formas de propiedad y el desarrollo humano en áreas cercanas al humedal plantean desafíos para la conservación de este importante ecosistema y la coexistencia armoniosa entre las comunidades locales y las autoridades encargadas de su protección (FIR, 2006).

2.3.7. Uso Actual del suelo

Dentro del sitio Ramsar, se observa que parte del área está siendo utilizada para actividades agrícolas y ganaderas. Además, se realizan diversas actividades extractivas, como la extracción de "ch'ampas" o terrones con vegetación para la elaboración de adobes. También se lleva a cabo la siega de totora para la elaboración de colchones y la construcción de embarcaciones rústicas destinadas a la pesca y senderos sobre el agua. Otras actividades incluyen la extracción de huevos, el abastecimiento de agua para uso doméstico y riego, y el uso recreativo del área (FIR, 2006).

Estas actividades humanas en el humedal Lucre-Huacarpay pueden tener un impacto significativo en el ecosistema y su biodiversidad. La agricultura y la ganadería, por ejemplo, pueden causar la degradación del suelo y la contaminación del agua debido al uso de agroquímicos. La extracción de materiales vegetales como la totora puede alterar el hábitat de las especies que dependen de ella para su supervivencia. La extracción de huevos y la pesca también pueden afectar a las poblaciones de aves y peces presentes en el humedal (FIR, 2006).

2.3.7.1. Agricultura.

La agricultura es la principal actividad económica desarrollada en la zona, aunque gran parte de la producción obtenida se destina principalmente al autoabastecimiento. Los cultivos se concentran principalmente en el piso del valle y en la parte media de la subcuenca, a altitudes por debajo de los 3800 metros. Los cultivos bajo riego se encuentran en el piso del valle, a lo largo del río Lucre y del humedal, y se practica principalmente el monocultivo de maíz (*Zea mays*) y habas (*Vicia faba*). También se cultivan hortalizas, entre las que destacan la zanahoria (*Daucus carota*) y la cebolla (*Allium cepa*) (FIR, 2006).

En cuanto a la tecnología agrícola utilizada, predominan en su mayoría prácticas tradicionales, y se emplean insumos agrícolas como fertilizantes orgánicos e inorgánicos. Es

importante considerar que el uso de insumos agrícolas puede tener un impacto en el medio ambiente, especialmente si no se gestionan adecuadamente. El uso excesivo de fertilizantes químicos, por ejemplo, puede ocasionar la contaminación del suelo y del agua (FIR, 2006).

2.3.7.2. Actividad pecuaria.

La actividad pecuaria en la zona se basa en la crianza de ganado ovino, vacuno y caprino, cuyo principal alimento es el pasto mejorado y el pasto natural. Esta actividad se lleva a cabo principalmente en la parte alta y media de la subcuenca de Lucre, y durante la temporada seca, parte de esta actividad se realiza en el humedal (FIR, 2006).

En cuanto a la pesca, se practica en el humedal desde embarcaciones utilizando redes, tanto de manera artesanal como en aguas poco profundas, mediante el uso de salobre y cedazo. También se realiza de manera artesanal la recolección de huevos y la caza de aves acuáticas como patos y pollas de agua. Otra actividad tradicional en la zona es la extracción de totora en pequeña escala, y su fibra se utiliza para construir embarcaciones, colchones, esteras y otros objetos. Además, se lleva a cabo la extracción de material aluvial para la elaboración de adobes, que son utilizados en la construcción de casas para los pobladores locales (FIR, 2006).

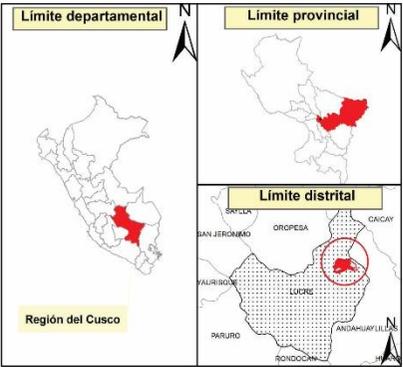
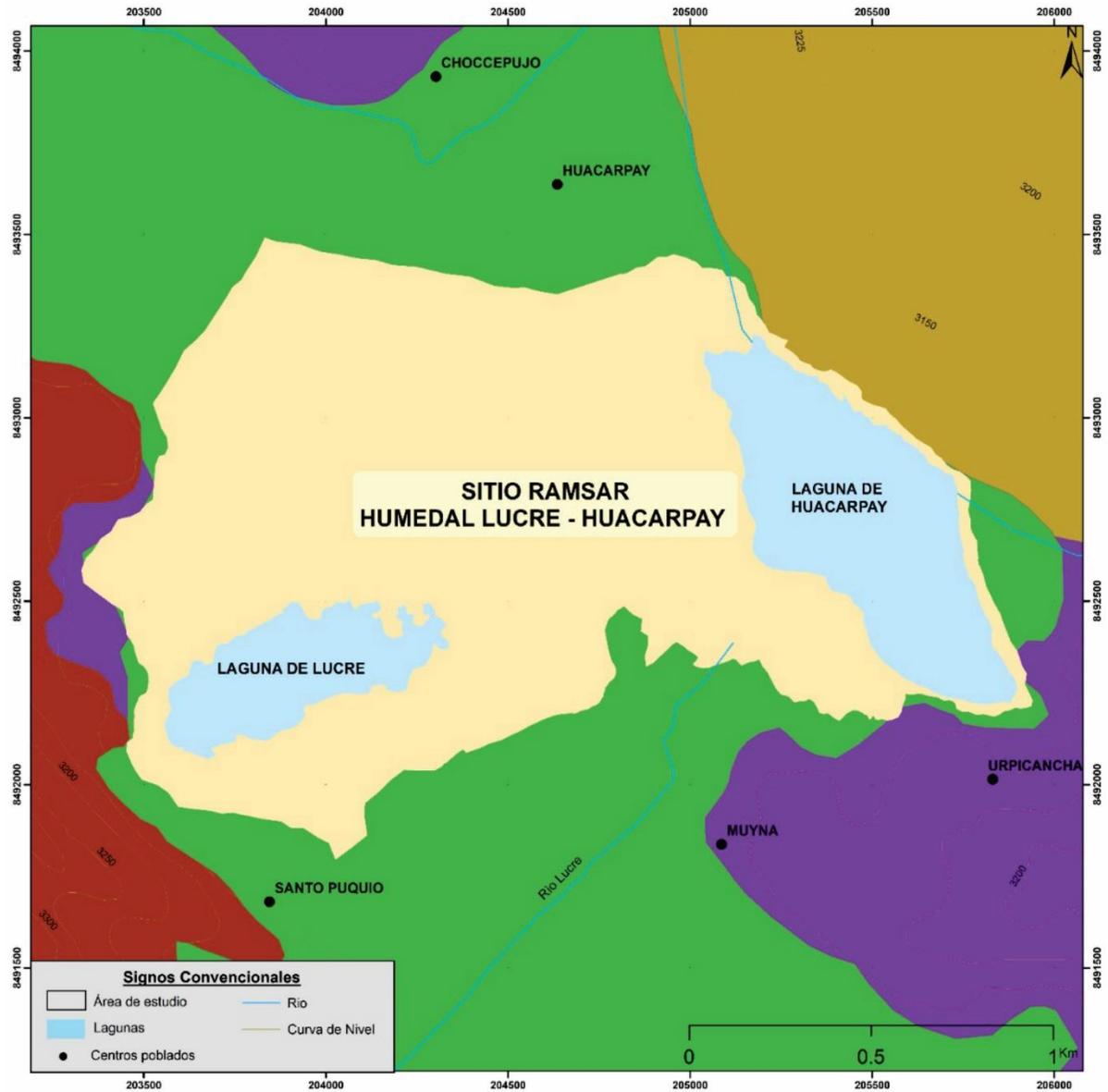
2.3.7.3. Comercio.

El turismo en el humedal Lucre-Huacarpay está estrechamente relacionado con la admiración y recreación de uno de los ecosistemas más destacados del Cusco. Debido a su rica diversidad biológica, los visitantes tienen la oportunidad de apreciar una amplia variedad de aves, incluyendo especies residentes, migratorias y ocasionales. Este humedal desempeña un papel crucial al proporcionar abundante alimento y refugio a diversas especies de aves que se encuentran amenazadas o son endémicas de la región (FIR, 2006).

El atractivo del humedal para los turistas radica en la posibilidad de observar y disfrutar de la belleza y singularidad de las aves y otros seres vivos que dependen de este ecosistema para sobrevivir. Los amantes de la naturaleza y los aficionados a la observación de aves encuentran un santuario de vida silvestre en esta área protegida (FIR, 2006).

Figura 14

Mapa de uso de suelos



LEYENDA		
ID	DESCRIPCIÓN	CUMS
[Green]	Cultivos en limpio calidad agrícola media con limitación de suelo y erosión	A2sec
[Yellow]	Cultivo en limpio de calidad agrícola baja con limitaciones de suelo, erosión y clima asociado a pastos de calidad agrícola media con limitaciones de suelo, erosión y clima.	A3sec - P2sec
[Red]	Protección con limitaciones de suelo y erosión	Xse
[Purple]	Protección con limitaciones de suelo y erosión, Forestal de calidad baja con limitación de suelo y erosión	Xse - P3sec
[Blue]	Protección con limitaciones de suelo y erosión, Pastos de calidad baja con limitación de suelo, erosión y clima	Xse - P3sec

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LA VEGETACION
 HIDROFITICA Y SUELO DEL HUMEDAL LUCRE HUACARPAY,
 QUISPICANCHI - CUSCO

MAPA	CAPACIDAD DE USO MAYOR DE SUELOS	
UBICACIÓN	DISTRITO : LUCRE PROVINCIA : QUISPICANCHI REGION : CUSCO	PROYECCIÓN UTM DATUM WGS84 ZONA: 18S ALTITUD 3081 m.s.n.m
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	13°37'13.62" a 13°37'25.95" Lat Sur 71°44'30.35" a 71°43'4.01" Lat Oeste	Escala 1:10.000
CENTROIDE	204621.00 m E - 8492623.00 m S	MAPA N° 8
TESISTAS	Bach. ACHAHUI HUILLCA URIEL Bach. PUMA QUEJIA GUISELA	
ASESOR	BLGO. PERCY YANQUE YUCRA	
FUENTE	ZONIFICACIÓN ECONÓMICA ECOLÓGICA DE LA PROVINCIA DE QUISPICANCHI (2016)	

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. *Material biológico*

- a) Vegetación hidrofítica emergente (matara y totora)

3.1.2. *Material físico*

- b) Suelo

3.1.3. *Materiales de Campo*

- ✓ Guantes, barbijo.
- ✓ Botas.
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Prensa botánica
- ✓ Cuerdas o rafia
- ✓ Wincha de 50 mts
- ✓ Papel periódico
- ✓ Tijera de campo
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Papel craft
- ✓ Bolsa de papel
- ✓ Plumón indeleble
- ✓ Marcos de m^2 , $0.5 m^2$ y $0.25 m^2$
- ✓ Estacas
- ✓ GPS GARMIN MAP – 76 – CSX.
- ✓ Cámara fotográfica

3.1.4. *Materiales de gabinete o laboratorio*

- ✓ Bibliografía

- ✓ Carta nacional
- ✓ Software-ARCGIS 10.5
- ✓ Laptop
- ✓ Estufa
- ✓ Horno de 150 °C
- ✓ Molinos de corte (picadora de muestras)
- ✓ Molino de cortes (con tamiz de 1mm, 1.0mm,0.5mm)
- ✓ Calculadora
- ✓ Mortero
- ✓ Guantes de látex
- ✓ Papel toalla
- ✓ Alcohol
- ✓ Balanza analítica (marca: T- Scale, modelo: EHB)
- ✓ Mandil

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. Tipo de investigación

La investigación tiene enfoque cuantitativo, a nivel descriptivo de tipo transversal. El diseño de investigación tiene como objetivo medir o recopilar información de manera independiente y conjunta de cada una de las variables involucradas. A continuación, se describen los aspectos claves de cada uno de estos enfoques:

3.2.2. Etapas de la investigación

3.2.2.1. Etapa preliminar.

En esta etapa inicial, se procedió a elaborar un mapa mediante el análisis detallado de la imagen satelital. Este proceso de detección y delimitación de los diferentes puntos de muestreo para la vegetación del humedal fue fundamental para garantizar la representatividad de las áreas de estudio.

3.2.2.2. Etapa de campo.

Con la ayuda del mapa base del humedal se establecieron las parcelas de muestreo debidamente establecidas, donde se procedió al trabajo de campo. En esta fase, se recopilaban datos in situ mediante la toma de coordenadas con un navegador GPS garmin.

Posteriormente, se realizó el muestreo de la vegetación hidrofítica emergente y suelo en los puntos establecidos, lo que permitió obtener información precisa y detallada sobre la cantidad de carbono almacenado.

Para la recolección de muestras y su posterior identificación en el laboratorio, se tomó en cuenta las especies previamente identificadas y catalogadas en el herbario VARGAS CUZ – DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA UNSAAC. La flora hidrofítica emergente del humedal estudiado está compuesta por las especies *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Typha dominguensis* (matara), las cuales fueron seleccionadas como especies predominantes para este estudio.

3.2.2.2.1. Ubicación de los puntos de muestreo.

Tabla 8

Ubicación de las parcelas para Schoenoplectus californicus "totora"

MUESTRA	PARCELAS	ESTE (m)	NORTE (m)
1	P1	203913	8493390
2	P2	203601	8492960
3	P3	204545	8492113
4	P4	203849	8491915

Las coordenadas UTM (WGS 84) se expresan en metros y proporcionan una referencia geoespacial precisa para cada una de las parcelas seleccionadas.

Tabla 9

Ubicación de las parcelas para Typha dominguensis "matara"

MUESTRA	PARCELAS	ESTE (m)	NORTE (m)
5	P5	204878	8493351
6	P6	205488	8493054

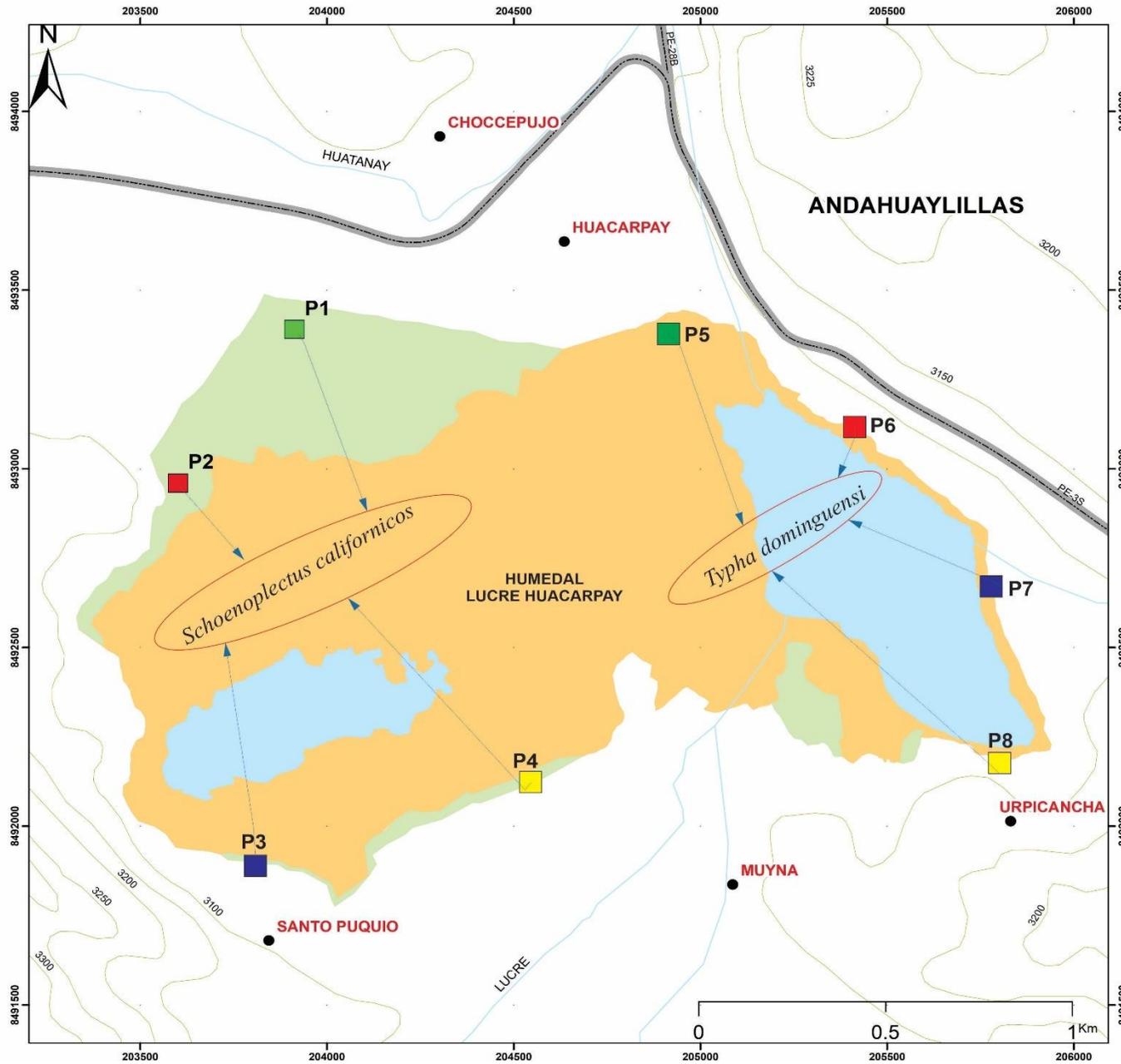
7	P7	205815	8492555
8	P8	205719	8492228

Estas ubicaciones de parcelas permitieron llevar a cabo un muestreo efectivo de la especie "tatora" y "matara" para obtener datos valiosos para el análisis de la cantidad de carbono almacenado.

Estas dos especies fueron escogidas específicamente para llevar a cabo la determinación de la cantidad de carbono almacenado en diferentes componentes, como la biomasa, la necromasa y las raíces.

Figura 15

Mapa de puntos de muestreo



MESES DE EVALUACIÓN		
ID	PARCELAS	
■	P1	P5
■	P2	P6
■	P3	P7
■	P4	P8

COORDENADAS UTM		
PARCELAS	ESTE	NORTE
P1	203913	8493390
P2	203601	8492959
P3	203849	8491915
P4	204545	8492112
P5	204878	8493351
P6	205488	8493054
P7	205815	8452555
P8	205719	8492228

Leyenda

- Scyrpus californicus
- Typha dominguenzi
- Lagunas
- Centros poblados
- Red vial
- Rio
- Curva de Nivel

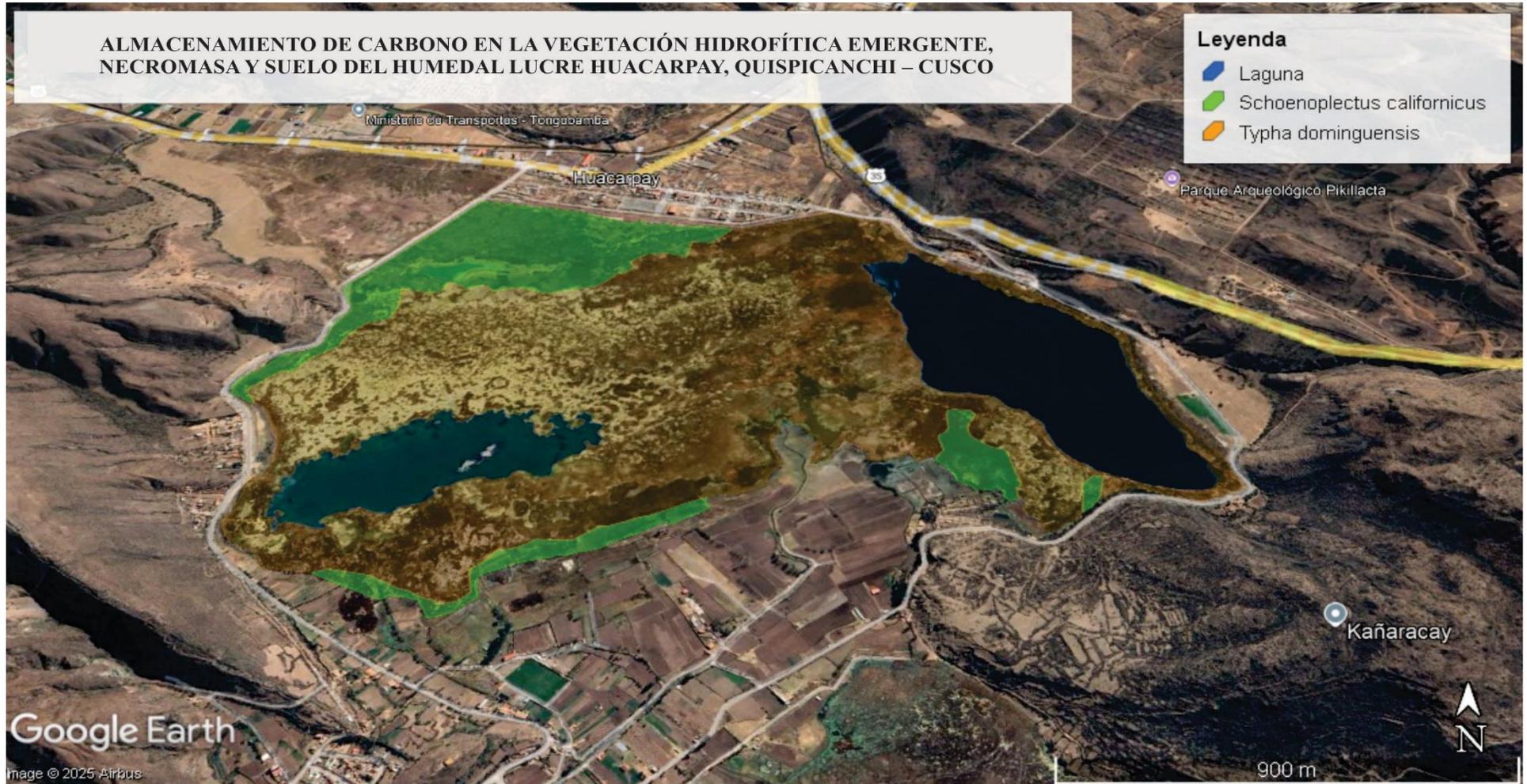
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LA VEGETACIÓN
 HIDROFÍTICA EMERGENTE, NECROMASA Y SUELO DEL
 HUMEDAL LUCRE HUACARPAY, QUISPICANCHI - CUSCO

MAPA	PUNTOS DE MUESTREO	
UBICACIÓN	DISTRITO : LUCRE PROVINCIA : QUISPICANCHI REGIÓN : CUSCO	PROYECCIÓN UTM DATUM WGS84 ZONA: 19S Altitud: 3081 m.s.n.m
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	13°37'13.62" a 13°37'25.95" Lat Sur 71°44'30.35" a 71°43'4.01" Lat Oeste	
CENTROIDE	204621.00 m E - 8492623.00 m S	
TESISTAS	Bach. ACHAHUI HUILICA URIEL Bach. PUMA QUEJIA GUISELA	Escala 1:10.000
ASESOR	BLGO. PERCY YANQUE YUCRA	MAPA N° 9
FUENTE	ZONIFICACIÓN ECONÓMICA ECOLÓGICA DE LA PROVINCIA DE QUISPICANCHI (2018) DATOS DE CAMPO (2020)	

Figura 16

Mapa de área total de superficie ocupada por la vegetación hidrofítica emergente



3.2.2.2.2. Muestra.

En cada parcela de 25 m x 4 m caracterizada por una vegetación homogénea, se realizó una evaluación utilizando un cuadrante de muestreo de 1 m². La muestra se determinó mediante un método de muestreo no probabilístico por conveniencia, (Velasquez, 2017).

Para el análisis, se utilizó una submuestra de 100gr de biomasa fresca in situ, obtenida del total de 1m², la cual fue secada en estufa para determinar el carbono almacenado. (Ver figura 17, y tabla 8 y 9).

Figura 17

Diseño de parcelas para las unidades muestrales

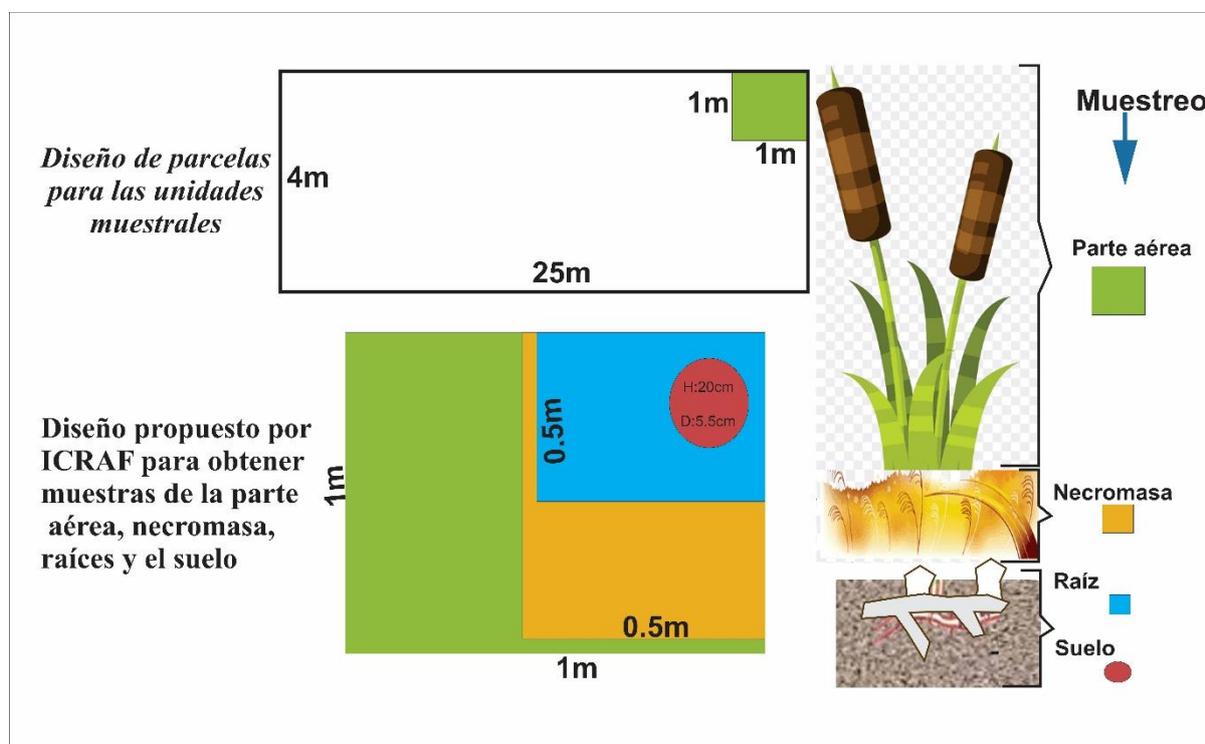


Se recolectaron un total de 32 muestras, distribuidas en 8 parcelas con sus respectivos cuadrantes, cada una con 4 tipos de muestras: 8 de biomasa aérea, 8 de necromasa, 8 de raíces y 8 de suelo. Las parcelas numeradas del 1 al 4 están son de *Schoenoplectus californicus* (totora) con 38.43 ha, mientras que las parcelas 5 al 8 pertenecen a la especie *Typha dominguensis* (matara) con 288 ha de superficie ocupada dentro del humedal, el área total de estudio es de 326.80 ha. Las especies fueron muestreadas durante el 2021, con las parcelas (P1 y P5) evaluadas en enero, P2 y P6 en marzo, P3 y P7 en julio, y P4 y P8 en octubre.

En cada cuadrante de muestreo, se llevó a cabo una evaluación integral que incluyó la medición de la biomasa aérea, necromasa, raíces y suelo. El estudio se evaluó basándose en el diseño propuesto por ICRAF (The World Agroforestry Centre) para la cuantificación del carbono en la biomasa hidrofítica emergente y suelo, que ha sido ampliamente utilizada y validada. Esta metodología se encuentra detallada en el manual de determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú (Arévalo et al, 2004), como se indica en la Figura 18.

Figura 18

Diseño propuesto por ICRAF para obtener muestras de la parte aérea, necromasa, raíces y el suelo



Nota: imagen mejorado de (Arévalo, Alegre, & Palm, 2004).

3.2.2.2.3. *Técnica de recolección de muestras.*

Muestreo de parte aérea.

- Se recolectaron las muestras de la biomasa aérea (que incluye hojas y tallos) dentro de 8 cuadrantes previamente delimitados para cada especie. Cada cuadrante tenía una dimensión de 1 m². Para realizar esto, se utilizó una segadera y tijeras de podar con el propósito de recoger las muestras de manera precisa y cuidadosa. Una vez recolectadas, las muestras fueron cortadas en trozos más pequeños para determinar el peso total de la muestra fresca. Estos fragmentos fueron colocados en bolsas ziploc que fueron etiquetadas correctamente. El muestreo tuvo lugar tanto durante la temporada de lluvias (enero y marzo) como en la temporada seca (julio y octubre).
- Una vez recolectadas las muestras frescas, se procedió a pesarlas in situ para obtener el peso fresco total de cada muestra. Donde se seleccionó 100g del peso representativo para su análisis.
- Posteriormente todas las muestras recolectadas fueron trasladadas al laboratorio de

construcción de ciencia y alimentos contra el cambio climático de la escuela profesional de Zootecnia - UNSAAC.

Tabla 10

Muestras de biomasa aérea etiquetadas enviadas al laboratorio

ESPECIE	PARCELAS	BIOMASA AEREA
1- <i>Schoenoplectus californicus</i> - totora	P1	B -P1
	P2	B-P2
	P3	B-P2
	P4	B-P4
2- <i>Typha dominguensis</i> – Matara	P5	B-P5
	P6	B-P6
	P7	B-P7
	P8	B-P8
8		

Nota: P(parcela) y B-P (biomasa aérea en la parcela).

- Se empacaron con papel craft para luego ser sometidas al horno a una temperatura de 60°C por 60 horas hasta que las muestras estén completamente secas hasta obtener un peso constante.

Muestreo de necromasa.

La necromasa comprende toda la vegetación seca de color amarillento o gris que se encuentra en estado de descomposición.

- Para muestrear este componente, se utilizó un cuadrante de 0.5 m² extraída dentro del cuadrante de 1 m² previamente establecido.
- Todas las muestras de necromasa fueron cuidadosamente colectadas y colocadas en bolsas debidamente catalogadas. Estas muestras fueron trasladadas al laboratorio para su debido procesamiento.

Tabla 11*Muestras de necromasa etiquetadas enviadas al laboratorio*

ESPECIE	PARCELAS	NECROMASA
1- <i>Schoenoplectus californicus</i> - totora	P1	N-P1
	P2	N-P2
	P3	N-P3
	P4	N-P4
2- <i>Typha dominguensis</i> – Matara	P5	N-P5
	P6	N-P6
	P7	N-P7
	P8	N-P8
Total		8

Nota: N-P (necromasa en la parcela).

- Durante la extracción de la necromasa, se procedió a determinar su peso fresco. Luego, se separó 100 gr de la muestra para su posterior análisis en el laboratorio.

Muestreo de la raíz.

Para la recolección de las raíces, se utilizó un cuadrante de 0.25 m² ubicado dentro del cuadrante de 0.5m² previamente establecido.

- Las muestras de raíces fueron cuidadosamente colectadas utilizando una pala y registrando su peso fresco mediante una balanza.
- Posteriormente, se separó 100 gr de cada muestra de raíces para su análisis en el laboratorio. ver tabla.

Tabla 12*Muestras catalogadas de raíz enviadas al laboratorio*

ESPECIE	PARCELAS	RAIZ
1- <i>Schoenoplectus californicus</i> - totora	P1	R-P1
	P2	R-P2
	P3	R-P3
	P4	R-P4
2- <i>Typha dominguensis</i> – Matara	P5	R-P5
	P6	R-T6

	P7	R-P7
	P8	R-P8
Total		8

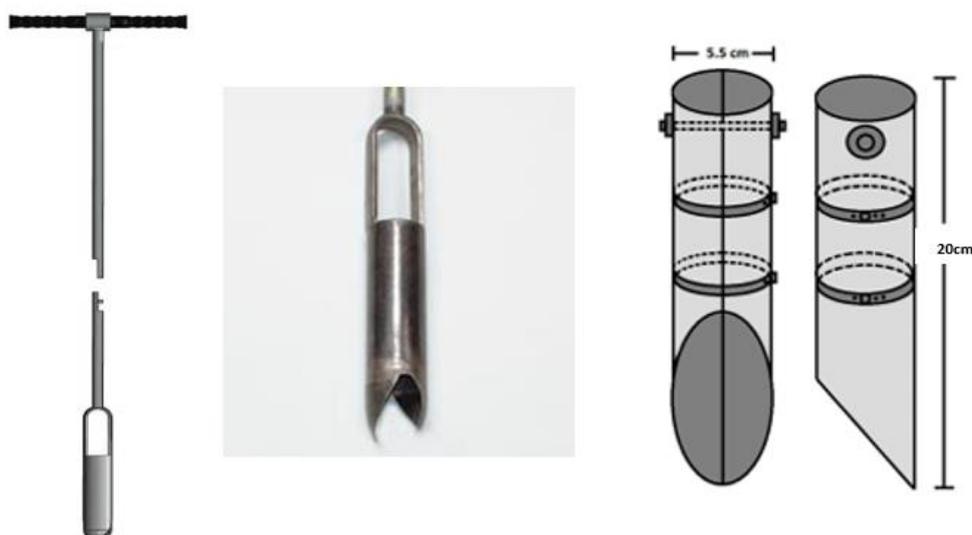
Nota: R-P (raíz de la parcela).

Muestreo del suelo.

- El proceso de recolección de muestras de suelo se realizó en el interior del cuadrante de 0.25 m^2 , utilizando un dispositivo de muestreo cilíndrico diseñado para suelos conocido como barreno (topo). El muestreador barreno tiene un diámetro de 5.5 cm y una longitud de 20 cm de profundidad. Se llevó a cabo esta tarea con gran cuidado para evitar cualquier perturbación del suelo y asegurar que las muestras sean representativas del área.

Figura 19

El muestreador de suelo tipo barreno



Nota: El muestreador de suelo tipo barreno, es una herramienta especializada diseñada para recolectar muestras de suelo de manera precisa y eficiente. Su cabezal de perforación está fabricado con un temple de dureza especial para brindar resistencia y durabilidad. La forma del cabezal facilita tanto la penetración en el suelo como la extracción de las muestras, minimizando la alteración del suelo. El tubo de metal biselado tiene dimensiones de 5.5 cm de

diámetro y 20 cm de longitud, mientras que la empuñadura de barra acoplada mide 75 cm de longitud, proporcionando un manejo cómodo y seguro durante el muestreo (Alvis, 2018).

- El cilindro sólido de suelo obtenido fue cuidadosamente colocado en una bolsa de cierre hermético para su transporte al laboratorio. Allí, se realizará un análisis elemental con el propósito de determinar la cantidad de carbono almacenado en la muestra de suelo.
- El uso de una bolsa de cierre hermético asegura que la muestra de suelo se mantenga intacta y sin alteraciones hasta su llegada al laboratorio, lo que garantiza resultados confiables y representativos en el análisis de carbono.
- La muestra de suelo fué extraída y se procedió a registrar su peso fresco total utilizando una balanza. posteriormente, se separó 100 gr de la muestra para ser transportados al laboratorio que fueron debidamente catalogadas.

Tabla 13

Muestras catalogadas de suelo enviadas al laboratorio

ESPECIE	PARCELAS	SUELO
1- <i>Schoenoplectus californicus</i> - totora	P1	S-P2
	P2	S-P2
	P3	S-P3
	P4	S-P4
2- <i>Typha dominguensis</i> – matara	P5	S-P5
	P6	S-P6
	P7	S-P7
	P8	S-P8
Total		8

Nota: S –P (suelo de la parcela).

Con estas medidas meticulosas en la recolección y análisis de las muestras, se espera obtener datos sólidos que contribuyan a una comprensión más detallada del papel que desempeña el suelo en el almacenamiento de carbono del ecosistema del humedal.

3.2.2.3. Etapa de laboratorio y gabinete.

- En esta etapa, se llevó a cabo el pesado y secado de las muestras, asegurándose de colocarlas en bolsas de papel craf debidamente rotuladas para cada especie y para cada

componente (biomasa aérea, necromasa, raíz y suelo), manteniendo una adecuada separación.

- El procedimiento de secado se realizó utilizando una estufa a una temperatura de 60°C durante un período de 60 horas. Luego, se registró el peso seco de cada muestra utilizando una balanza electrónica.
- Posteriormente, se procedió a moler las muestras utilizando el método de impacto y corte, hasta obtener un tamaño de partícula de 1 mm. Este proceso de molienda permitió homogeneizar las muestras secas para su posterior análisis.
- El análisis del contenido de carbono (%C) en las submuestras fue realizado en el laboratorio de construcción de ciencia y alimentos contra el cambio climático de la facultad de Zootecnia - UNSAAC. Para ello, se utilizó el **método de Dumas**, basado en el análisis elemental C, H, N, O.

Técnica de DUMAS o combustión seca para determinar %C.- El procedimiento implica analizar los gases producidos al quemar la muestra a temperaturas elevadas en una atmósfera rica en oxígeno. Este método puede aplicarse tanto a muestras sólidas como líquidas y actualmente se lleva a cabo utilizando un analizador elemental basado en el principio del método Dumas (Warren et al, 2012).

Los analizadores elementales orgánicos de Dumas implican la combustión de la materia del suelo en presencia de oxígeno, lo que produce moléculas o gases simples como CO₂, H₂O y N; seguido por la separación de estos gases mediante técnicas de cromatografía. El análisis elemental de carbono se considera el más preciso y evita los errores asociados con otros métodos semicuantitativos de determinación de C, como la pérdida por ignición (LOI) o la combustión húmeda (Warren et al, 2012).

3.2.3. Cuantificación de carbono almacenado de la vegetación hidrofítica emergente, necromasa y suelo del humedal Lucre Huacarpay.

3.2.3.1. Determinación de cantidad de carbono almacenado de las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente (biomasa aérea, necromasa y raíz).

Se determinó la biomasa seca de la muestra fresca tomada en el campo de muestreo en g/m²), usando la fórmula (Arévalo et al, 2004; MINAM, 2009).

$$\text{BST (g/m}^2\text{)} = (\text{BFT} \cdot \text{BSs}) / \text{*BFs}$$

Donde:

BST: Biomasa seca de la muestra (aérea, necromasa y raíz) (g/m²).

BFT: Peso de biomasa fresca total de la muestra (g/m²).

BSs: Peso seco de la submuestra llevada para la determinación del porcentaje de humedad (g).

BFs: Peso de biomasa fresca de la submuestra llevada para la determinación del porcentaje de humedad (100g)

Se determinó la cantidad de carbono almacenado para la parte aérea; necromasa y raíz (Arévalo, Alegre, & Palm, 2004).

$$\text{C (g/m}^2\text{)} = (\text{BST} \times \%C) / 100$$

Donde:

C: carbono almacenado (biomasa aérea, necromasa y raíz) (g/m²).

BST: Biomasa seca o peso seco total de la muestra (g/m²).

%C: Porcentaje de carbono de las muestras determinada en laboratorio.

Para calcular la cantidad de carbono por hectárea, convirtiendo las unidades de la muestra de gC a tC/ha se usa la siguiente formula.

$$\Delta\text{CB (t / ha)} = (10\ 000\text{m}^2/\text{m}^2) \times (\text{C} / 1\ 000\ 000)$$

Donde:

ΔCB: Cantidad de carbono en la biomasa hidrofítica (t/ha).

C: Promedio de la cantidad de carbono de todas las muestras (g/m^2).

Factor 1000000: conversión de las unidades de masa gramos a toneladas

Factor 10 000: conversión del área de m^2 a hectárea (Arévalo et al, 2004).

3.2.3.2. Determinación de cantidad de carbono en suelo con cobertura de dos unidades de vegetación hidrofítica emergente.

Cálculo del volumen de suelo (Arévalo, Alegre, & Palm, 2004).

$$V = \pi \times r^2 \times H$$

V: Volumen de la muestra suelo (m^3) = 0.0005m^3

r: Radio del muestreador tipo corer (m) = 0.0275m

H: Altura de la muestra del suelo o profundidad del horizonte (m) = 0.20m

Cálculo de densidad aparente del suelo (Arévalo, Alegre, & Palm, 2004).

$$DA = BST/V$$

DA: Densidad aparente (g/m^3).

BST: Biomasa seca de la muestra de suelo (g).

V: Volumen de la muestra suelo (m^3).

Cálculo de carbono almacenado en suelo (Arévalo et al, 2004).

$$C(\text{g/m}^2) = (DA \times H \times \%C) / 100$$

C: Cantidad de carbono en la muestra de suelo (g/m^2).

DA: Densidad aparente (g/m^2).

H: Altura de la muestra sólida o profundidad del horizonte (m)

%C: Resultado del porcentaje o fracción de carbono determinado en laboratorio.

Para calcular la cantidad de carbono por hectárea, convirtiendo las unidades de la muestra de g a t/ha se usa la siguiente formula.

Donde:

$$\Delta CS \text{ (tC / ha)} = (10\ 000 \text{ m}^2/\text{m}^2) \times (C_s / 1\ 000\ 000)$$

ΔCS = Cantidad de carbono en suelo del humedal (tC/ha).

C_s = Promedio de la cantidad de carbono en suelo (g/m^2).

Factor 1000000= conversión de las unidades de masa gramos a toneladas

Factor 10 000 = conversión del área de m^2 a hectárea.

3.2.3.3. Determinación de la cantidad de carbono almacenado en *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Typha dominguensis* (matara) del Humedal Lucre - Huacarpay.

Se determinó el área total que ocupa cada especie dentro del humedal utilizando GPS y ARGIS 10.1. Como resultado, para *Schoenoplectus californicus* (Sp1) se obtuvo un área de **38.43** ha, mientras que para *Typha dominguensis* (Sp2) se registró un área de **288** ha.

Para calcular la cantidad de carbono en cada especie de la biomasa del humedal en la superficie ocupada por cada especie (Arévalo, Alegre, & Palm, 2004).

$$C \text{ (tC/ha)} = (C_b + C_n + C_r) * AT$$

Donde:

C = carbono total para cada especie en (tC/ha)

C_b = carbono de la biomasa aérea

C_n = carbono de necromasa

Cr= carbono de la raíz

AT= área total ocupada por cada especie

3.2.3.4. Estimación de la cantidad total de carbono almacenado en el área del humedal Lucre Huacarpay

Corresponde a la suma total del carbono almacenado en la biomasa hidrófita emergente y en el suelo con cobertura de las dos unidades de vegetación, considerando la superficie total ocupada por la vegetación hidrófita emergente. (Mac Dicken, 1997).

$$CTH \text{ (tC/ha)} = (Ctb + Ctn + Ctr + Cts)$$

Donde:

CTH: carbono total del humedal Lucre-Huacarpay

Ctb: carbono total de la biomasa aérea

Ctn: carbono total de la necromasa

Ctr: carbono total del suelo de la raíz

Cts: carbono total del suelo

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Carbono almacenado en los componentes de biomasa aérea, necromasa y raíces de las dos unidades de vegetal hidrofítica emergente del humedal Lucre-Huacarpay.

4.1.1. Cantidad de carbono en la biomasa aérea de las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente del humedal.

Tabla 14

Biomasa aérea en Schoenoplectus californicus-(totora)

N° de parcela	BFT (g/m ²)	BFs (g)	BSs (g)	%C	BST (g/m ²)	Carbono (g/m ²)	Carbono (tC/ha)	Carbono total (tC)
B-P1	9565	100	23.0	42.1	2198.0	924.3	9.2	378.0
B-P2	8924	100	25.3	38.5	2257.8	869.2	8.7	
B-P3	4045	100	52.8	38.1	2135.8	813.3	8.1	
B-P4	6982	100	47.1	40.4	3288.5	1327.6	13.3	
Promedio	7379	100	37.0	39.8	2470.0	983.6	9.8	
Superficie ocupado dentro del humedal de <i>Schoenoplectus californicus</i> = 38.43ha								

Nota: BFT (biomasa fresca total), BFs (biomasa fresca de la submuestra), BSs (biomasa seca de la submuestra), %C (porcentaje de carbono determinado por método de DUMAS en laboratorio) y BST (biomasa seca total).

En la Tabla 14, indica de los 2,470.0 g de biomasa seca total promedio de la parte aérea, el 39.8% corresponde a 983.6 g/m² de carbono, lo que equivale a 9.8 tC/ha promedio. También se resalta que la biomasa aérea de *Schoenoplectus californicus* almacena un total de 378.0 tC/ha en 38.43 ha de superficie que cubre dentro del humedal.

Tabla 15

Biomasa área en Typha dominguensis _ matara

N° de parcela	BFT (g/m ²)	BFs (g)	BSs (g)	%C	BST (g/m ²)	Carbono (g/m ²)	Carbono (tC/ha)	Carbono total (tC)
B-P5	9835	100	18.9	41.1	1857.8	763.6	7.6	2,217.0
B-P6	9560	100	26.3	42.0	2514.3	1057.0	10.6	
B-P7	3642	100	50.5	42.9	1839.2	789.0	7.9	
B-P8	3725	100	36.1	34.9	1344.7	469.6	4.7	
Promedio	6690.5	100	32.9	40.2	1889.0	769.8	7.7	
Superficie ocupada por <i>Typha dominguensis</i> =288ha								

De acuerdo con la tabla 15, se puede observar que *de los* 1,889.0 g de biomasa seca total promedio de la parte aérea, el 40.2% corresponde a 769.8g/m², lo que equivale a 7.7 tC/ha; y la biomasa aérea de *Typha dominguensis* contiene un total de 2,217.0 tC de la superficie ocupada de 288 ha del área de estudio del humedal.

Figura 20

Carbono almacenado en biomasa aérea por especies (tC/ha)

En la figura 20, se observa que *Schoenoplectus californicus* almacena más carbono en su biomasa aérea, con 9.8 tC/ha, en comparación con *Typha dominguensis*, que almacena 7.7 tC/ha.

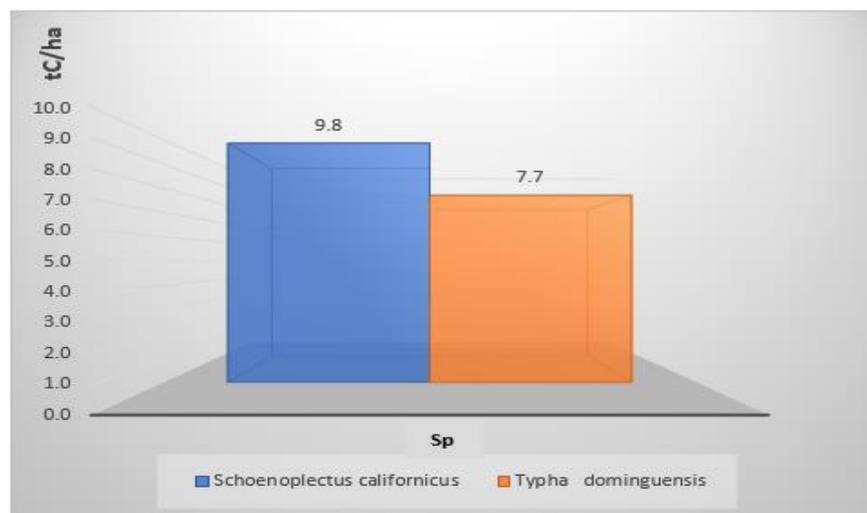
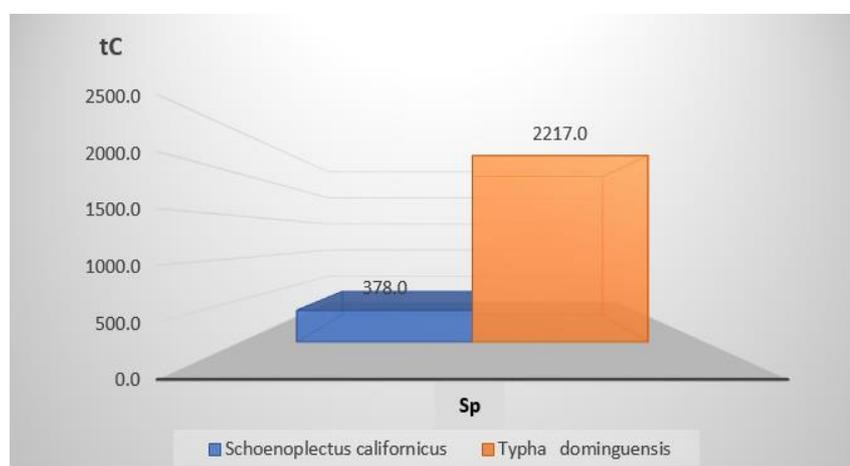


Figura 21

Carbono total almacenado en la biomasa aérea según la superficie que ocupan las especies en el humedal (tC)



Al comparar la tabla 14 con la tabla 15, se puede observar que *Typha dominguensis* (matará) presenta un mayor almacenamiento de carbono, con 2217.0 tC, debido a que ocupa una mayor superficie en el humedal en comparación con *Schoenoplectus californicus* (totora), que almacena 378.0 tC.

4.1.2. Cantidad de Carbono en Necromasa de las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente del humedal.

Tabla 16

Necromasa vegetal de Schoenoplectus californicus -totora

N° de parcela	BFT (g/m ²)	BFs (g)	BSs (g)	%C	BST (g/m ²)	Carbono (g/m ²)	Carbono (tC/ha)	Carbono total (tC)
N-P1	11604	100	17.1	39.0	1984.3	773.1	7.7	267.6
N-P2	12030	100	18.5	45.4	2225.6	1010.0	10.1	
N-P3	7830	100	17.4	39.8	1362.4	542.0	5.4	
N-P4	8312	100	14.3	38.7	1188.6	460.2	4.6	
Promedio	9944	100	16.8	40.7	1690.2	696.3	7.0	
Superficie ocupado dentro del humedal de <i>Schoenoplectus californicus</i> = 38.43ha								

La Tabla 16 muestra que, de los 1,690.2 g de biomasa seca total promedio de necromasa, el 40.7% corresponde a 696.3 g/m², lo que equivale a 7.0 tC/ha. Además, se resalta que la biomasa aérea de *Schoenoplectus californicus* almacena un total de 267.6 tC en 38.43 ha del área de estudio.

Tabla 17

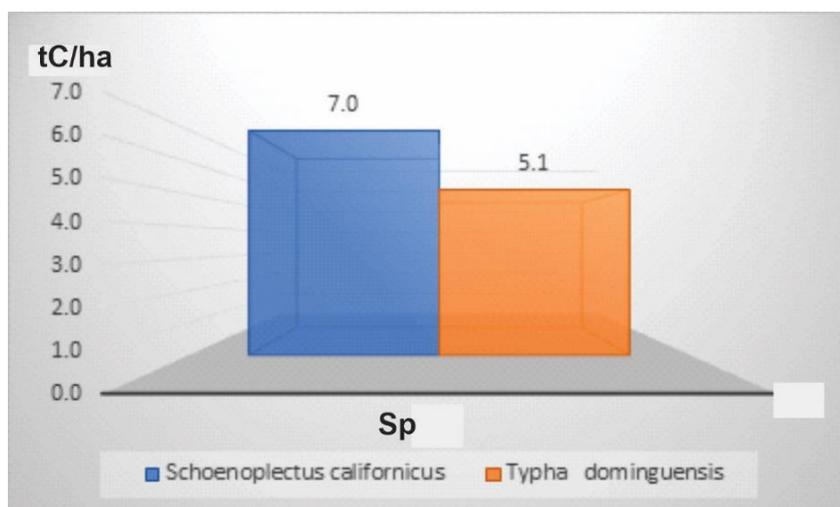
Necromasa vegetal de Typha dominguensis

N° de parcela	BFT (g/m ²)	BFs (g)	BSs (g)	%C	BST (g/m ²)	Carbono (g/m ²)	Carbono (tC/ha)	Carbono total (tC)
N-P5	9835	100	13.6	41.1	1337.6	549.7	5.5	1,480.5
N-P6	9560	100	16.6	42.0	1587.0	667.2	6.7	
N-P7	6942	100	13.6	42.9	944.1	405.0	4.1	
N-P8	7725	100	16.1	34.9	1243.7	434.3	4.3	
Promedio	8515.5	100	14.975	40.2	1278.1	514.1	5.1	
Superficie ocupado dentro del humedal de <i>Typha dominguensis</i> =288 ha								

La Tabla 17 muestra que, de los 1,278.1 g de biomasa seca total promedio de necromasa, el 40.2% corresponde a 514.1 g/m², lo que equivale a 5.1 tC/ha. Por lo tanto, *Typha dominguensis* almacena un total de 1,480.5 tC/ha en las 288 ha del área de estudio.

Figura 22

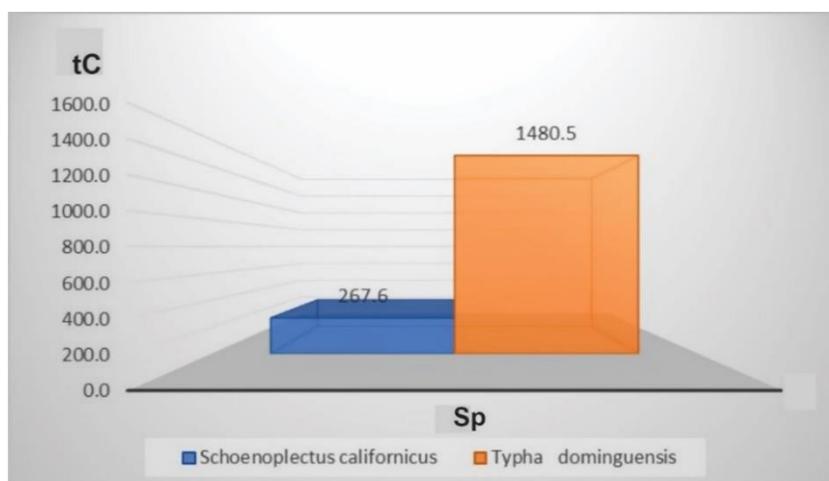
Carbono almacenado en necromasa por especies (tC/ha)



En la figura 24, se observa que la necromasa de *Schoenoplectus californicus* almacena una mayor cantidad de carbono, alcanzando 7.0 tC/ha, en comparación con *Typha dominguensis*, que almacena 5.1 tC/ha.

Figura 23

Carbono total almacenado en necromasa según la superficie ocupada por las especies del humedal (tC).



Al comparar la tabla 16 y la tabla 17, se puede notar que *Typha dominguensis* (matara) registra mayor almacenamiento de carbono con 1,480.5 tC en comparación con *Schoenoplectus californicus* (totora) de 267.6 tC, esto es debido a que *Typha dominguensis* ocupa mayor superficie del área de estudio que *Schoenoplectus californicus*.

4.1.3. Cantidad de carbono en la raíz de las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente del humedal Lucre –Huacarpay.

Tabla 18

Biomasa en la raíz de Schoenoplectus californicus -totora

N° de parcela	BFT (g/m ²)	BFs (g)	BSs (g)	%C	BST (g/m ²)	Carbono (g/m ²)	Carbono (tC/ha)	Carbono total (tC)
R-P1	6092	100	16.1	40.3	980.8	394.8	3.9	180.0
R-P2	4376	100	15.7	42.0	687.0	288.3	2.9	
R-P3	6240	100	23	40.7	1435.2	584.1	5.8	
R-P4	5416	100	27.2	41.1	1473.2	605.9	6.1	
Promedio	5531	100	20.5	41.0	1144.0	468.3	4.7	
Superficie ocupado de <i>Schoenoplectus californicus</i> = 38.43ha								

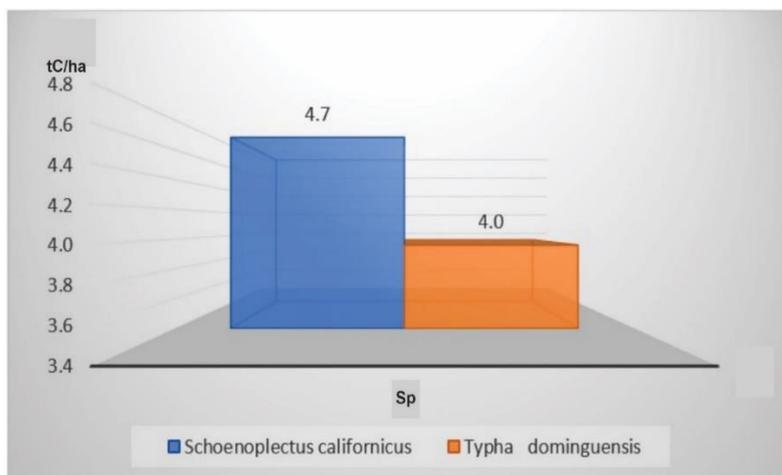
En la Tabla 18, se puede observar que 1,144.0g de biomasa seca total promedio de la raíz, el 41.0% corresponde 468.3g/m² de carbono, que equivale a 4.7 tC/ha; donde *Schoenoplectus californicus* almacena 180.0 tC/ha en 38.43 ha.

Tabla 19

Biomasa en la raíz de Typha dominguensis -matara

N° de parcela	BFT (g/m ²)	BFs (g)	BSs (g)	%C	BST (g/m ²)	Carbono (g/m ²)	Carbono (tC/ha)	Carbono total (tC)
R-P5	6720	100	15.3	42.2	1028.2	433.6	4.3	1140.5
R-P6	6912	100	11.7	38.6	808.7	312.0	3.1	
R-P7	5900	100	22.4	41.1	1321.6	543.4	5.4	
R-P8	4848	100	16.2	37.6	785.4	295.0	2.9	
Promedio	6095	100	16.4	39.9	986.0	396.0	4.0	
Superficie ocupada por <i>Typha dominguensis</i> =288ha								

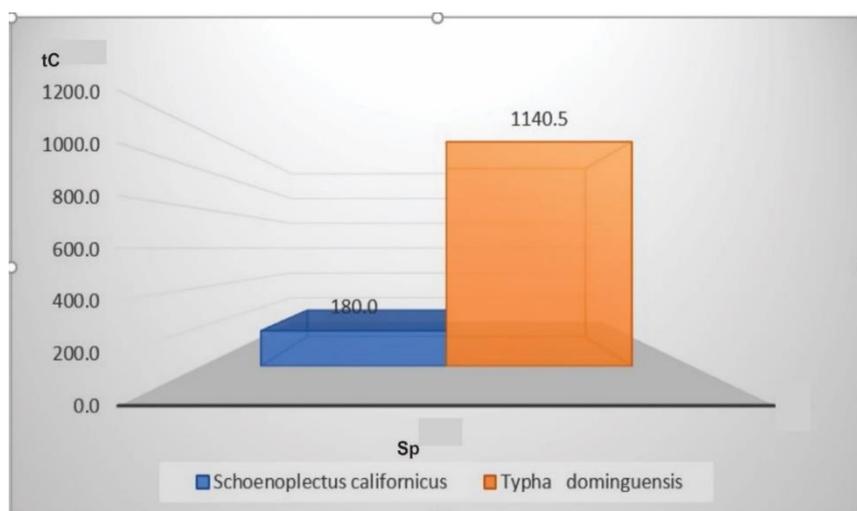
De acuerdo con los datos presentados en la tabla 19, se evidencia que 986 g de biomasa seca total promedio de la raíz, el 39.9% es 396g/m² de carbono, que equivale 4 tC/ha; y un almacenamiento de 1,140.5 tC/ha en una superficie de 288 ha. **Figura 24** Carbono total almacenado en la raíz por especies (tC/ha)



En la figura 24, se observa que la raíz de *Schoenoplectus californicus* almacena una mayor cantidad de carbono, alcanzando 4.7 tC/ha, en comparación con *Typha dominguensis*, que almacena 4 tC/ha.

Figura 25

Carbono total almacenado en la raíz según la superficie ocupada por las diferentes especies en el humedal (tC).



Al comparar las tablas 18 y 19 en relación con el almacenamiento total de carbono según la superficie ocupada por las especies hidrofítica, se evidencia que *Typha dominguensis* almacena una mayor cantidad de carbono, alcanzando los 1,140.5 tC, debido a que ocupa una mayor superficie. En cambio, *Schoenoplectus californicus* almacena 180 tC del área de estudio del humedal.

4.2. Cantidad de carbono en el suelo con cobertura de las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente del humedal.

Tabla 20

Carbono en suelo con cobertura de Schoenoplectus californicus -totora

N° de parcela	BFT (g)	BFs (g)	BSs (g)	%C	BST (g)	V (g/cm ³)	DA (g/m ³)	Carbono (g/m ²)	carbono (tC/ha)	Carbono total (tC)
S-P1	597	100	63.9	3.2	381.5	474.9	0.0000008	5205.1	52.1	1,954.7
S-P2	585	100	45.7	3.5	267.3	474.9	0.0000006	3985.5	39.9	
S-P3	464	100	59.8	4.6	277.5	474.9	0.0000006	5398.4	54.0	
S-P4	563	100	66.7	3.6	375.5	474.9	0.0000008	5756.3	57.6	
Promedio	552	100	59.0	3.8	325.5	474.9	0.0000007	5,086.3	50.9	
Area total ocupado dentro del humedal de <i>Schoenoplectus californicus</i> = 38.43ha										

Nota: BFT (biomasa fresca total), BFs (biomasa fresca de la submuestra), BSs (biomasa seca de la submuestra), BST (biomasa seca total) y V(volumen), DA (densidad aparente).

De acuerdo con la información de la Tabla 20, se observa que en 474.9 g/cm³ de volumen, hay 325.5g de biomasa seca total promedio del suelo, el 3.8% corresponde a 5,086.3 g/m², lo que equivale a 50.9 tC/ha. Además, se destaca que *Schoenoplectus californicus* almacena un total de 2365.1 tC distribuidas en una superficie de 38.43 ha. Además, la densidad aparente en todos los casos es inferior a 1.0 g/cm³ que corresponde a suelos orgánicos.

Tabla 21

Carbono en suelo con cobertura de Typha dominguensis - matara

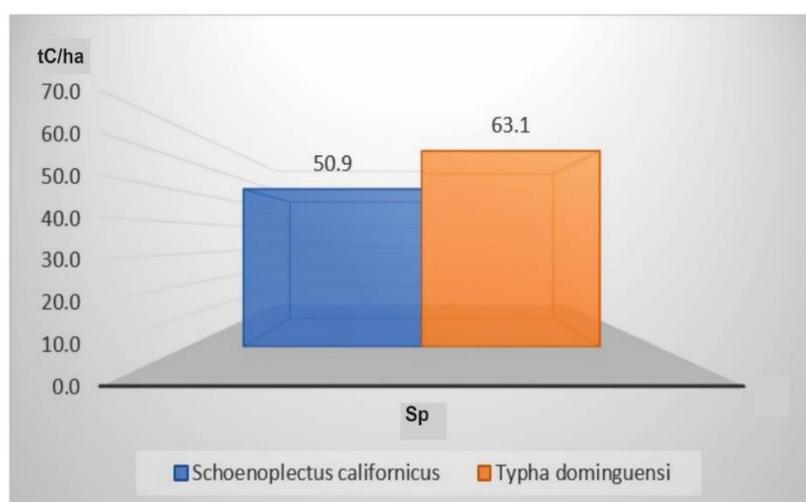
N° de parcela	BFT (g)	BFs (g)	BSs (g)	%C	BST (g)	V (g/c g/m ³)	DA (g/m ³)	Carbono (g/m ²)	carbono (tC/ha)	Carbono total (tC)
S-P5	536	100	54.3	4.3	291.0	474.9	0.0000006	5270.3	52.7	18,186.2
S-P6	480	100	53.3	4.3	255.8	474.9	0.0000005	5605.7	56.1	
S-P7	489	100	73.3	3.0	358.4	474.9	0.0000008	5388.0	53.9	
S-P8	502	100	58.9	6.0	295.7	474.9	0.0000006	8994.6	89.9	

Promedio	502	100	60.0	4.4	300.3	474.9	0.0000006	6314.7	63.1	
Área total ocupado dentro del humedal de <i>Typha dominguensis</i> =288ha										

De acuerdo con los datos presentados en la tabla 21, se observa que en 474.9 g por centímetro cúbico de volumen, hay 300.3 g de biomasa seca total del suelo, de los cuales el 4.4% equivale a 6,314.7 g de carbono por metro cuadrado, lo que representa 63.1 toneladas de carbono por hectárea. Además, se destaca que *Typha dominguensis* almacena un total de 18,186.2 tC, distribuidas en una superficie de 288 ha dentro del área de estudio.

Figura 26

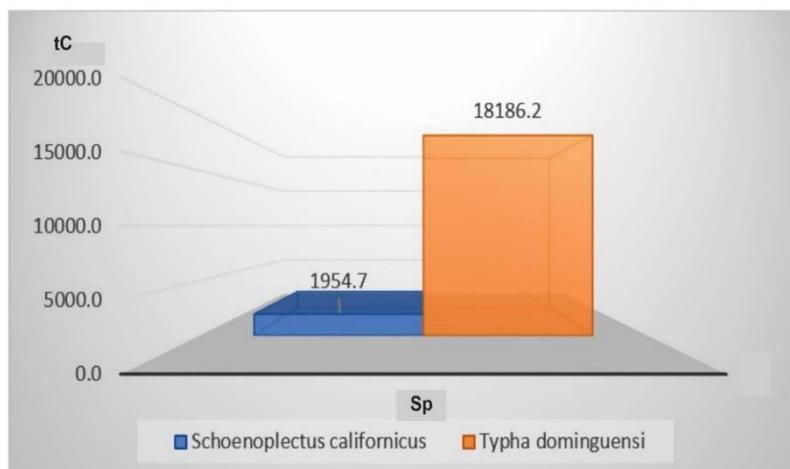
Carbono total almacenado en el suelo por tipo de especie en (tC/ha)



En la figura 26, se observa que el suelo de *Typha dominguensis* almacena mayor cantidad de carbono, con 63.1 tC/ha, en comparación con *Schoenoplectus californicus* que almacena 50.9 tC/ha.

Figura 27

Carbono total almacenado en el suelo según la superficie ocupada por las diferentes especies hidrofílicas emergentes del humedal (tC).



La tabla 20 y 21, se observa que *Typha dominguensis* tiene un mayor almacenamiento de carbono en el suelo, alcanzando 18,186.2 tC, mientras que *Schoenoplectus californicus* presenta un almacenamiento significativamente menor, con 1,954.7 tC, en el área de estudio del humedal.

4.3. Carbono total almacenado por cada especie hidrofítica emergente del Humedal Lucre – Huacarpay

Tabla 22

Carbono total almacenado en las dos unidades vegetales hidrofítica emergentes en (tC/ha)

Componentes	<i>Schoenoplectus californicus</i> (tC/ha)	<i>Typha dominguensis</i> (tC/ha)
Biomasa aérea	9.84	7.70
Necromasa	6.96	5.14
Raíz	4.68	3.96
Carbono Total	21.48	16.80

Según la tabla 22, se puede observar que *Schoenoplectus californicus*, registra la mayor cantidad de almacenamiento de carbono, alcanzando 21.48 tC/ha. Por otro lado, *Typha dominguensis*, presenta la menor cantidad de almacenamiento de carbono, con 16.80 tC/ha.

Tabla 23

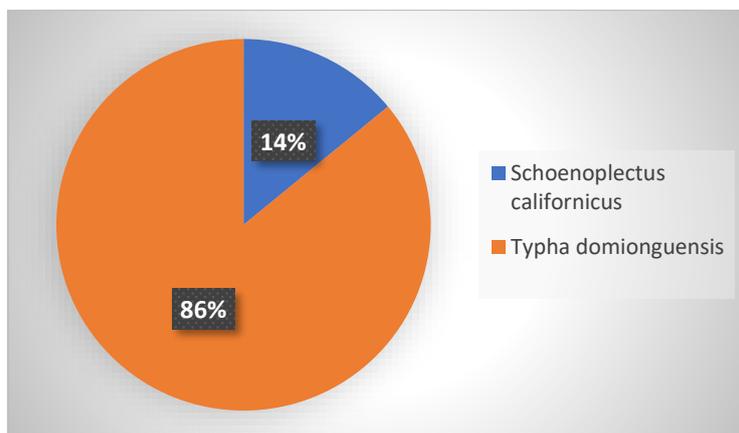
Carbono total por superficie que cubre cada unidad de vegetación hidrofítica emergente del humedal (tC)

<i>Especies</i>	<i>Superficie ocupada (ha)</i>	<i>Total (tC)</i>
<i>Schoenoplectus californicus (tC)</i>	38.4	825.5
<i>Typha dominguensis (tC)</i>	288.0	5,058.2

Al calcular el almacenamiento de carbono de ambas especies en relación con la superficie que ocupan dentro del humedal de estudio, se observa en la tabla 23, *Schoenoplectus californicus* almacena un total de 825.55 tC en una extensión de 38.43 ha, mientras que *Typha dominguensis* almacena 5,058.23 tC distribuidas en 288 ha del área de estudio del humedal de Lucre – Huacarpay. Esta disparidad en la contribución se explica por la mayor extensión de superficie ocupada por *Typha dominguensis* en el humedal, en contraste con la menor superficie ocupada por *Schoenoplectus californicus*.

Figura 28

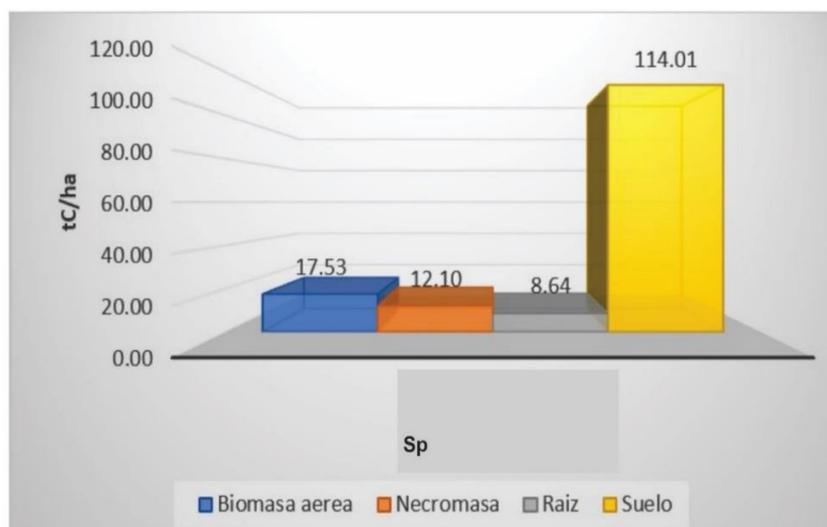
Carbono almacenado por la vegetación hidrofítica emergente por superficie ocupada (tC)



En la figura 28, se observa que la especie *Typha dominguensis* almacena aproximadamente el 86 % de carbono del área de estudio del humedal. Esto se debe a que ocupa una mayor área dentro del humedal en comparación con *Schoenoplectus californicus*, que contribuye solo con alrededor del 14 % de carbono. Esta diferencia se explica por la mayor extensión ocupada por *Typha dominguensis* en el humedal, en contraste con la menor área ocupada por *Schoenoplectus californicus*.

Figura 29

Carbono almacenado en la biomasa aérea, necromasa, raíz y suelo en las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente (tC/ha)

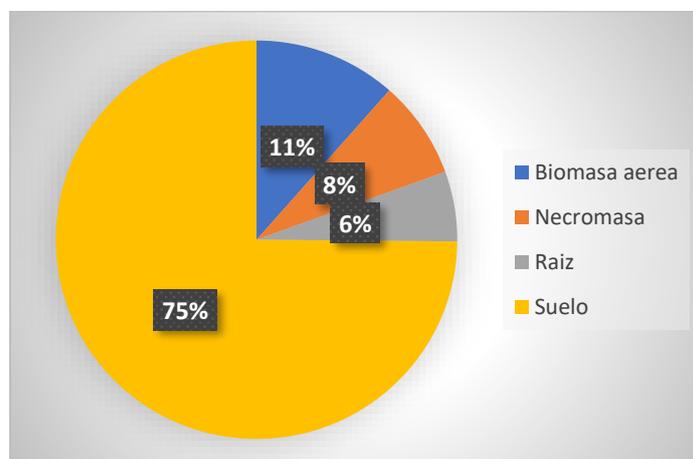


En la figura 29, al considerar los distintos componentes de la vegetación hidrofítica emergente, se aprecia una variación en el almacenamiento de carbono. Se destaca que el suelo registra el mayor almacenamiento, con un total de 114.01 tC/ha, seguido la biomasa aérea con 17.53 tC/ha, la necromasa con 12.10 tC/ha y finalmente las raíces con 8.64 tC/ha.

Carbono almacenado en la biomasa aérea, necromasa, raíz y suelo de las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente (tC/ha)

Figura 30

Porcentaje de carbono almacenado de los diferentes componentes de la vegetación hidrofítica emergente en (tC/ha).



Según la figura 30, se puede apreciar que el suelo, almacena la mayor cantidad de carbono con el 75%, seguido por la biomasa aérea con 11%, necromasa 8% y la raíz con el 6% de almacenamiento.

4.4. Carbono total almacenado en el área de estudio del humedal Lucre Huacarpay

Tabla 24

Estimación de la cantidad de carbono del humedal en (tC)

COMPONENTES	(tC/ha)	TOTAL (Tc)
Biomasa aérea	17.54	2,595.0
Necromasa	12.10	1,748.1
Raíz	8.64	1,540.7
Suelo	114.10	20,140.9
Carbono total	152.38	26,024.6

Basados en los datos proporcionados en la tabla 24, se aprecia que las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente del humedal Lucre - Huacarpay almacena un total de 26,024.6 toneladas de carbono.

DISCUSIONES

Los humedales son ecosistemas clave en la regulación de los ciclos biogeoquímicos y actúan como importantes sumideros de carbono, almacenando tanto en la biomasa viva como en el suelo. En el humedal Lucre-Huacarpay, encontró que el suelo concentra aproximadamente el 75 % del carbono almacenado, seguido por la biomasa aérea, necromasa y raíces. Las especies emergentes *Typha dominguensis* y *Schoenoplectus californicus* aportan significativamente a este almacenamiento, cubriendo un área total de 326.8 ha y reteniendo más de 26,024.6 tC. De manera similar, Lindig et al. (2021) evaluaron un humedal continental en Cuitzeo, México, donde también se observó una considerable captura de carbono en la biomasa flotante y el suelo, con un total estimado de 92,617 toneladas en 535 ha. Este estudio además destacó la variabilidad en la biomasa de las especies predominantes y el impacto de factores como incendios y cambios en el tamaño del humedal. Ambos estudios confirman que los humedales, ya sean emergentes o flotantes, almacenan grandes cantidades de carbono, reafirmando su importancia como sumideros naturales.

En el estudio de Lucre-Huacarpay, encontró que el suelo concentra la mayor parte del carbono almacenado 114.01 tC/ha con 75%, mientras que la biomasa aérea, necromasa y raíces contribuyen con porcentajes menores. Las especies emergentes *Typha dominguensis* y *Schoenoplectus californicus* representan un aporte significativo en la captura total de carbono, cubriendo más de 326 ha y almacenando alrededor de 26,024.6 tC. De forma similar, Morocco (2014) evaluó cuatro unidades vegetales en la reserva nacional Lagunas de Mejía, encontrando que el carbono se concentra principalmente en el suelo, con valores máximos de 235.74 tC/ha en el total, seguido por otras unidades vegetales como el juncal y la salicornia. Este estudio resalta que la acumulación de carbono depende en gran medida de la capacidad fotosintética de las especies más que de las condiciones del hábitat. Ambos estudios coinciden en que el suelo es el principal reservorio de carbono en humedales, y que diferentes tipos de vegetación hidrófita tienen un papel esencial en la captura de CO₂. La conservación y manejo adecuado de estos ecosistemas es vital para maximizar su función como sumideros de carbono.

Los humedales y sus unidades de vegetación hidrofítica emergente juegan un papel fundamental como sumideros de carbono, el humedal Lucre-Huacarpay en Cusco encontró que el suelo almacena la mayor parte del carbono 75%, seguido por la biomasa aérea, necromasa y

raíces. Las especies *Typha dominguensis* y *Schoenoplectus californicus* almacenan un total de aproximadamente 26,024.6 tC en 326.8 ha, lo que resalta la relevancia ecológica y económica de estas comunidades vegetales. Por otro lado, Gutierrez (2017) investigó el almacenamiento de carbono en la unidad de vegetación de juncal en el Área de Conservación Regional Albuferas de Medio Mundo, Lima. Los resultados mostraron un almacenamiento total de 4,378.76 tC en 71.72 ha, donde nuevamente el suelo concentra la mayor parte del carbono, seguido por necromasa, biomasa aérea y raíces. Este estudio también destaca la doble función ambiental y económica del juncal para la población local. Ambos estudios coinciden en que el suelo es el principal reservorio de carbono en estas unidades vegetales y que la vegetación hidrófita es clave en la captura y almacenamiento de CO₂. Esto subraya la importancia de conservar y manejar adecuadamente estos ecosistemas para proteger sus servicios ambientales y promover el desarrollo sostenible de las comunidades cercanas.

El humedal Lucre-Huacarpay en Cusco determinó que el suelo almacena la mayor parte del carbono 75%, seguido por la biomasa aérea, necromasa y raíces. En este humedal, las especies *Typha dominguensis* y *Schoenoplectus californicus* almacenan un total de 26,024.6 tC, lo que representa el 17% del carbono total del humedal, destacando así la importancia ecológica y económica de esta vegetación. De manera similar, Alvis (2018) estudió humedales altoandinos en Chalhuanca, Arequipa, donde se registró un almacenamiento total de aproximadamente 795,415.65 tC en 882.54 hectáreas. Aquí también el suelo concentró la mayor cantidad de carbono 90%, seguido por la biomasa subterránea y aérea. Estos resultados confirman que el suelo es el principal reservorio de carbono en humedales altoandinos, mientras que la biomasa vegetal contribuye de forma secundaria.

Los estudios sobre el almacenamiento de carbono en el Humedal Lucre-Huacarpay y la Laguna de Mejía (zafra & alencastre 2020) destacan la importancia de los humedales como sumideros de carbono, subrayando tanto su valor ambiental como su potencial económico en la lucha contra el cambio climático. Ambos estudios resaltan el papel de las especies hidrofítica en la captura de carbono, en Lucre-Huacarpay, *Schoenoplectus californicus* (totora) almacena 21.48 tC/ha, superando a *Typha dominguensis* con 16.80 tC/ha. y en la Laguna de Mejía, la totora lidera en captura de carbono con 111.08 tC/ha, seguida por la lechuga de agua 108.99 tC/ha y el junco con 75.01 tC/ha, lo que demuestra que cada especie tiene una capacidad específica según su estructura y distribución.

Los estudios en los humedales Lucre-Huacarpay y del Parque Nacional del Manu (Arenas 2014), presentan datos relevantes sobre el almacenamiento y flujo de carbono, destacando tanto la capacidad de estos ecosistemas para actuar como sumideros de carbono como los impactos de perturbaciones, como los incendios, en esta función clave. Ambos estudios enfatizan la necesidad de conservar los humedales como sumideros de carbono. En el caso de Lucre-Huacarpay, la protección de las especies hidrofíticas y la gestión sostenible del suelo son esenciales para mantener su capacidad de almacenamiento de carbono. Por otro lado, el impacto del fuego en el Parque Nacional del Manu demuestra que las perturbaciones antropogénicas o naturales pueden reducir drásticamente la capacidad de secuestro de carbono, lo que resalta la importancia de implementar estrategias de prevención de incendios y restauración de ecosistemas afectados. Sin embargo, las amenazas como incendios y cambios en el uso del suelo pueden comprometer esta función. Esto sugiere la necesidad de políticas públicas orientadas a proteger estos ecosistemas, integrándolos en estrategias nacionales e internacionales de acción climática.

CONCLUSIONES

1. En el humedal Lucre-Huacarpay, los componentes de la vegetación hidrófita emergente muestran una notable capacidad de almacenamiento de carbono donde *Schoenoplectus californicus* presenta el mayor contenido en su biomasa aérea con 9.8 tC/ha, seguida de su necromasa con 7.0 tC/ha y sus raíces con 4.7 tC/ha. Por su parte, *Typha dominguensis* almacena 7.7 tC/ha en la biomasa aérea, 5.1 tC/ha en la necromasa y 4.0 tC/ha en las raíces. En promedio, considerando ambas especies, la biomasa aérea es el componente que más carbono retiene, con 17.54 tC/ha (equivalente al 11% del total), seguida por la necromasa con 12.1 tC/ha (8%) y las raíces con 8.64 tC/ha (6%).
2. El suelo destaca por ser el principal reservorio de carbono en el humedal, con 114.1 tC/ha almacenado que equivale al 75% del total de carbono por hectárea.
3. En el humedal Lucre-Huacarpay, se registraron dos unidades de vegetación hidrófita emergente con distintas capacidades de almacenamiento de carbono. *Typha dominguensis* almacena un total de 5,058.2 tC en una superficie de 288 ha, mientras que *Schoenoplectus californicus* acumula 825.5 tC distribuidas en 38.4 ha. Esta diferencia en la cantidad total de carbono almacenado se atribuye principalmente a la mayor cobertura superficial de *Typha dominguensis* dentro del humedal, en comparación con la superficie relativamente reducida que ocupa *Schoenoplectus californicus*.
4. La cantidad total de carbono almacenado en las 326.43 ha ocupadas por las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente del humedal Lucre-Huacarpay es de 26,024.6 tC.

RECOMENDACIONES

Llevar a cabo investigaciones adicionales sobre el almacenamiento de carbono en las distintas unidades de vegetación, a fin de obtener una visión completa del almacenamiento de carbono en todo el humedal de Lucre Huacarcay.

Es importante destacar que el CO₂ no desaparece fácilmente de la atmósfera, sino que el humedal lo captura y almacena. Por lo tanto, la conservación y el manejo sostenible del humedal evitan que el carbono se libere o regrese a la atmósfera en forma de dióxido de carbono, que es el principal producto de la quema.

Es necesario mejorar la actividad extractiva del humedal, ya que esta práctica provoca la pérdida del carbono almacenado. Se sugiere que el aprovechamiento se realice mediante un plan de manejo dentro del humedal.

Los valores de carbono almacenado obtenidos para *Schoenoplectus californicus* ("totora") y *Typha dominguensis* ("matara") en este estudio pueden servir como referencia para otros humedales en términos de almacenamiento y fijación de carbono. Además, los resultados de este trabajo pueden ser útiles para establecer mecanismos que faciliten la implementación de pagos por servicios ambientales relacionados con el carbono.

Además, es crucial realizar una evaluación económica del humedal, teniendo en cuenta todos los servicios ambientales que proporciona.

Es fundamental llevar a cabo campañas de educación ambiental en todos los niveles educativos para concientizar sobre la importancia de proteger y conservar los humedales del país, especialmente en la zona de estudio. Esta investigación puede servir de base para realizar actividades destinadas a la mitigación y adaptación al cambio climático como parte de la gestión del Gobierno local.

Asimismo, se deben realizar talleres específicos para capacitar a los pobladores sobre la extracción adecuada de la "totora" y "matara", ya que un manejo adecuado de este recurso contribuirá a la captura de carbono.

BIBLIOGRAFÍA

- Adhikari, S., & Bajracjaraya, R. &. (2009). A Review of Carbon Dynamics and Sequestration in Wetlands. *Journal of Wetlands Ecology*, (2009) vol. 2, pp . Vol. 2, pp 42-46. Open access at www.nepjol.info/index.php/JOWE .
- Alvis, T. (2018). Almacenamiento de carbono en los humedales altoandinos del centro poblado Chalhuanca, Caylloma – Arequipa. *Tesis pregrado*. Universidad nacional de san Agustín, Arequipa, Peru: Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/16f11b1c-ff8d-4672-9058-214966883650>.
- Alvis, T., Jose, V., Pauca, G., Johana, Q., & Luque, C. (2021). Cálculo y valoración del almacenamiento de carbono del humedal altoandino de Chalhuanca,. *Revista de Investigaciones Altoandinas*. Arequipa , Peru: Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v23n3/2313-2957-ria-23-03-139.pdf>.
- ANA. (2012). Estrategia nacional de humedales. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/01/Anexo-Decreto-Supremo-N%C2%B0-004-2015-MINAM2.pdf>.
- Angelsen, A. (2008). *Avanzando con la reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal (REDD)*. Indonesia: Obtenido de https://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BAngelsen1001.pdf.
- Aragon, J. (2013). La diversidad de humedales del Cusco. Gobierno regional del Cusco, Gerencia nacional de recursos naturales y gestion del ambiente: Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/128683310/Humedales-cusco-pdf>.
- Arango, B. E. (2012). Sumideros de carbono en el marco del Protocolo de Kioto. *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Universidad Libre Seccional Pereira: Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3851095.pdf>.
- Arbo, M., & Gonzales, A. M. (2019). Morfología de plantas vasculares. facultad de ciencias agrarias, Argentina: Obtenido de http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema3/tema3_4hidrofita.htm.
- Arellano, E., Meza, F., & Miranda, M. &. (2013). Cambio global. *El cuidado de los humedales y su rol en el secuestro de carbono. Agronomía y forestal N°47*. . Chile.
- Arellano, E., Meza, F., Miranda, M., & Camaño, A. (2015). El cuidado de los humedales y su rol en el secuestro de carbono (Centro de Cambio Global UC y la Gerencia de Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional de Arauco. Chile: Obtenido de <https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/16881/AyF%2047%200-%2022%20-%20va%20-%20humedales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Arenas, C. E. (2014). Efecto de los incendios sobre la captura y flujo de carbono en la puna húmeda del Parque Nacional del Manu; Paucartambo- cusco. *Tesis pregrado*. Universidad nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Peru: Obtenido de <https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/1561/253T20140081.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- Arévalo, L., Alegre, J., & Palm, C. (2004). Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en san Martín. *Ecología Aplicada*, vol. 3. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Peru: Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/341/34130206.pdf>.
- Baccini A, G. S. (2012). Emisiones estimadas de dióxido de carbono de la deforestación tropical mejoradas por mapas de densidad de carbono. (Naturaleza Cambio Climático). *Nature climate change*, 1 p. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/230720042_Estimated_Carbon_Dioxide_Emissions_from_Tropical_Deforestation_Improved_by_Carbon_Density_Maps/link/552cc47a0cf21acb0920e8a5/download.
- Baied, C., & Wheeler, J. (1993). Evolución de los ecosistemas de la Puna altoandina: cambios ambientales, climáticos y culturales en los últimos 12.000 años en los Andes Centrales. *Investigación y desarrollo de las montañas. Investigación y desarrollo de montañas (EE. UU.)*. Obtenidos de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US9411280>.
- Barbera, A., Borin, M., Ioppolo, A., Cirelli, G., & Maucieri, C. (2014). Emisiones de dióxido de carbono de humedales artificiales subterráneos horizontales en la cuenca del Mediterráneo. *Ingeniería ecológica. Revista*. Universidad Checa de Ciencias de la Vida de Praga, Praha, Chequia: Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857413005326>.
- Barra, M. (2019). Captura de carbono por la vegetación en el bofedal de Moya del distrito de Melgar Ayaviri. *Tesis pregrado*. Universidad nacional del Altiplano, Puno: Obtenido de http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/12756/Barra_Lima_Midward_Rene.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Berlanga, C., Ruiz, A., & De Lanza, G. (2007). Esquema de clasificación de los humedales de México. *Investigaciones Geográficas, Boletín*. Instituto de Geografía, UNAM, Mexico: Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n66/n66a3.pdf>.
- Boone, H. M. (2014). Cálculo de las reservas de carbono en los ecosistemas de marismas y manglares de Pantanos de Centla, México. *Informe Comisión para la Cooperación Ambiental*, Obtenido de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD003595.pdf>.
- Calvo, J. C. (2009). Área de conservación comunal andina. (humedal lucre – wakarpay. Cusco, Peru: Obtenido de <https://www.oocities.org/humedalesperu/Lucre.htm>.
- Carvajal, M., Alcaraz, L., Iglesias, M., Martínez, M., & Mota, C. (2010). La absorción de CO₂ por los cultivos más representativos de la Región. Departamento de Nutrición Vegetal. CEBAS-Consejo Superior e Investigaciones Científicas.30100-Espinardo, (Murcia), SPAIN, España: 1 - 45p.
- Chave, J., Andalo, C., & Brown, S. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*. Obtenido de: <https://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/cantu/article/view/755/961>.

- CMNUCC. (2015). El Acuerdo de París. obtenido de <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>.
- Collins, M., & Kuehl, R. (2000). Acumulación de materia orgánica y suelos orgánicos. Suelos de humedales: génesis, hidrología, paisajes y clasificación. *Revista*. EE.UU.
- CONAMA. (2009). Humedales, Espacios para la Conservación de la Biodiversidad en la Región de la Araucanía. *Comisión Nacional del Medio Ambiente*. Chile: 82p.
- 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: 117 p.
- Cuellar, J., Salazar, E., & Dietz, J. (2015). Patrón de cambios del carbono almacenado en el ecosistema debido al cambio de uso del bosque tropical en la Cuenca de Aguaytia. *Instituto Nacional de Innovación Agraria*. Lima, Peru: 133p.
- Dagles, O., Meneses, R., & Anthelme, F. (2014). BIOTHAW: Proyecto multidisciplinario que propone un marco metodológico para el estudio de los humedales altoandinos en el contexto del cambio climático. Bolivia: Obtenido de http://www.scielo.org.bo/pdf/reb/v49n3/v49n3_a02.pdf.
- Daniels, A., & Cumming, G. (2008). Conversión o conservación. Entendiendo el cambio de humedales en el noroeste de Costa Rica. *Aplicaciones ecológicas*. Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/40062110>.
- David, S., Cristhian, A., Segundo, C., Ximena, & A. (2016). Analisis de secuestramiento de carbono en dos areas protegidas de humedales andinos del Ecuador. ecuador: obtenido de : <https://www.redalyc.org/journal/341/34149036012/html/>.
- Dorronsoro, B., Aguilar, J., Dorronsoro-Díaz, D., & Stoops, G. (1988). La hidromorfía y sus rasgos micromorfológicos. Una revisión. *Libro*. Universidad de Malaga, 29071 Malaga, Spain: Obtenido de <http://edafologia.ugr.es/hidro/concept.htm>.
- Enriquez, A., & Cremona, M. (2017). Humedales patagónicos como reservorios de carbono. Argentina: Obtenido de <https://es.scribd.com/document/509369151/articulo-enriquez>.
- Ergkamp, G., & Orlando, B. (1999). Los humedales y el cambio climático. *amsar, Irán 1971) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Obtenido de <https://silo.tips/download/anexo-3-los-humedales-y-el-cambio-climatico>.
- Eyherabide, J. (2014). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. *Ciencia del Suelo*. Argentina: 32(1), 13-19p.
- FAO. (2004). Food and Agriculture Organization of the United Nations. *National forest resources assessment WP 94*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/008/ae578e/AE578E00.html>.
- FAO. (2012). Secuestro de carbono del suelo para mejorar la gestión de la tierra. *Alianza mundial por el suelo*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ca6522es/CA6522ES.pdf>.
- FIR. (2006). *Ficha informativa de los humedales de RAMSAR*. Cusco. Obtenido de <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/PE1627RIS.pdf>.

- Franco, L., Delgado, J., Andrade, G., Hernandez, S., & Valderrama, J. (2011). Humedales altoandinos frente al cambio climático. Colombia.
- García, J., Torres, J., & García, F. (2015). Identificación de especies en los humedales altoandinos de la concesión para la Conservación Alto Huayabamba. *Revista UCV-Scientia San Martín*. Obtenido de <https://revistas.ucv.edu.pe/index.php/ucv-scientia/article/view/1142>.
- García, O. (2013). Forest Stands as Dynamical Systems: An Introduction. . *Modern Applied Science* 7:32-38.
- Gardi, C., Angeline, M., Barcelo, S., Comera, J., Cruz, C., Encina, A., & Jones, A. (2014). Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. *Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. Luxembourg*. Europa: Obtenido de <https://www.euroclima.org/en/idiomas/atlas-de-suelos-de-america-latina-y-el-caribe>.
- Gutierrez, c. (2017). Estimación de la captura de CO₂ en el juncal del área de conservación regional la albufera de medio mundo (ACRAMM) –huaura, lima-perú. *Tesis de Pregrado*. Universidad Católica Sedes Sapientiae, Huacho , Peru: Obtenido de https://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14095/303/Gutierrez_Claudia_tesis_bachiller_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Hernandez, M. (2010). Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano (Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo. Mexico: Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v28n2/v28n2a5.pdf>.
- Hernandez, M. E. (2008). Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *revista de investigacion*. Instituto de Ecología A., Veracruz, Mexico: Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v28n2/v28n2a5.pdf>.
- Herrera, F., Torres, L., & Madruga, R. (2010). Veracruz. Tierra de ciénagas y pantanos. *Revista Secretaría de Educación del Estado de Veracruz*. omisión del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave para la conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución, México, Mexico: Obtenido de https://www.sev.gob.mx/servicios/publicaciones/colec_veracruzsigloXXI/VeracruzTierraCienagas/Capitulo01.pdf.
- Higueras, E. (2013). LA CIUDAD COMO ECOSISTEMA URBANO. Madrid: Obtenido de <https://oa.upm.es/37628/1/Ecosistema%20urbano.pdf>.
- Ihue, B. (1992). Estudio Geológico de la Cuenca de Huacarpay - Lucre. Quispicanchis. *Tesis pregrado*. Universidad nacional San Antonio Abad del Cusco, Peru.
- IMA. (2010). Zonificación económica ecológica de la región Cusco (Proyecto Especial Regional IMA). *Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente*. Obtenido de https://www.ima.org.pe/estudios/zee-cusco/intermed_ZEE_documentacion.pdf.
- IPCC. (2000). Panel Intergubernamental sobre cambio . *Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra. Informe especial*. Montreal, Canada: 24 p.
- IPCC. (2005). La captación y el almacenamiento. *Informe especial del IPCC*. Obtenido de Informe especial del IPCC.

- IPCC. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.*, Obtenido de <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>.
- IPCC. (2007). Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. *Informe de síntesis, Equipo de redacción principal del grupo IPCC, Ginebra, Suiza.* Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf.
- Izurietta, X. (2011). Estrategia de humedales altoandinos (Andean wetlands strategy). *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (Latin American Science and Technology Development Program).* Universidad DE CHILE.
- Janzen, H. (2004). Carbon cycling in earth systems - a soil science perspective. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 104 (3): 399-417. doi:10.1016/j.agee.2004.01.040.
- JORGE, E. (2019). Estimación de la captura de carbono en el ecoparque de las garzas. Cali Valle del Cauca, Colombia: Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/eb9c0ee6-6eac-405b-b69d-34c89732af4b/content#:~:text=El%20carbono%20total%20capturado%20por,ton%20y%2047.73%20ton%20Fha>.
- Kauffman B, H. H. (2014). Cálculo de las reservas de carbono en los ecosistemas de marismas y manglares de Pantanos de Centla. *Artículo científico.* Universidad Juárez autónoma de Tabasco, México: Obtenido de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD003595.pdf>.
- Kuhry, P. (1988). Palaeobotanical- Paleoeological Studies of Tropical High Andean Peatbog Sections . *Dissertationes Botanicae. J. Cramer.* Cordillera Oriental, Colombia, Berlin: 241p.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climatic change. . *Geoderma* 123: 1-22. .
- Lindig, R. (2021). Biomasa y carbono almacenado en un humedal continental en Cuitzeo, Michoacán. *Artículo científico.* Universidad autónoma de México, México: Obtenido de <https://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/2582>.
- Macías, F., Calvo, R., Rodríguez, L., Verder, R., Peña, X., & Camps, M. (2004). El sumidero de carbono de los suelos de Galicia. Edafología. *Revista. Dpt. Edafología y Química Agrícola.* Facultad de Biología. Universidad de Santiago de Compostela: Obtenido de <http://edafologia.ugr.es/revista/tomo11c/articulo341.pdf>.
- Maldonado, M., Ortega, H., Encalada, A., Carvajal, F., Rivadeneira, J., & Acosta, T. (2011). Biodiversidad en sistemas acuáticos de los Andes Tropicales, Cambio Climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales. *Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI) y Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente (SCOPE).*, Brasil.

- Mallqui, S. (2016). Valoración ecológica-económica del recurso hídrico en el humedal Lucre-Huacarpay. *Tesis pregrado*. Universidad nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Peru: Obtenido de .
- Mallqui, S. (2016). Valoración ecológica-económica del recurso hídrico en el humedal Lucre-Huacarpay. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Peru: Obtenido de <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/5164>.
- Maltby, E. &. (1993). Carbon dynamics in peatlands and the other wetlands soils: regional and global perspectives. . *Chemosphere*, 27: 999-1023. .
- Marchant, R., & Hooghiemstra, H. (2004). Rápido cambio ambiental en los trópicos africanos y sudamericanos alrededor de 4000 años antes del presente. *Revisiones de Ciencias de la Tierra*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012825204000042>.
- MINAM. (2009). Identificación de Metodologías existentes para determinar stock de carbono en ecosistemas forestales. *Segunda Comunicación Nacional del Perú a la CMNUCC Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Lima, Peru: Obtenido de <https://docplayer.es/4787195-Segunda-comunicacion-nacional-del-peru-a-la-cmnucc.html>.
- MINAM. (2014). *El MINAM y la gestión de Humedales en el Perú*. Lima. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/02/01-Jos%C3%A9-%C3%81lvarez-EL-MINAM-y-los-Humedales.pdf>.
- MINAM. (2015). Estrategia Nacional ante el Cambio Climático . *Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales*. Lima: Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/09/ENCC-FINAL-250915-web.pdf>.
- MINAM. (2019). MAPA NACIONAL DE ECOSISTEMAS DEL PERU'. PERU: Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/277146-mapa-nacional-de-ecosistemas-del-per>.
- Mitsch, W., & Gosselink, J. (2015). Humedales. *Revista Quinta Edición*. EE.UU: Obtenido de <https://www.wiley.com/en-us/Wetlands,+5th+Edition-p-9781118676820>.
- Moreno, P., & Infante, M. (2010). Veracruz. Tierra de ciénagas y pantanos. *Revista Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, Comisión del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave para la conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución*. Mexico: Obtenido de https://www.sev.gob.mx/servicios/publicaciones/colecciones_veracruzsigloXXI/VeracruzTierraCienagas/Capitulo01.pdf.
- Morocco N. (2014). Reservas de dióxido de carbono almacenado en el sistema suelo-vegetación como parte del servicio ambiental de los humedales del Santuario Nacional Lagunas de Mejía. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Peru.
- Muñoz, P., Moller, D., & Encina, P. (1997). Conservación de humedales : bases más altas para la conservación de humedales. Chile: Obtenido de

https://scholar.google.com.pe/scholar?q=Mu%C3%B1oz-Pedreiros+%26+M%C3%B6ller,+1997&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart.

- Neill, C., Cerri, C., & Jerry M. Melillo, B. J. (1998). Existencias y dinámica de carbono en los suelos después de la deforestación para pastos en Rondonia. Florida, Estados Unidos: Obtenidos de <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780203739273-2/stocks-dynamics-soil-carbon-following-deforestation-pasture-rond%C3%B4nia-christopher-neill-carlos-cerri-jerry-melillo-brigitte-feigl-paul-steudler-jener-moraes-marisa-picco>.
- Ogunlade, B. M., & Manuela Loos, H. d. (2005). La captación y el almacenamiento. *Informe especial del IPCC*. Obtenido de https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_spm_ts_sp.pdf.
- Ollinger, S., Sallade, S., Bourgeault, J., & Martin, M. (2008). Una introducción al ciclo global del carbono. *Libro*. Universidad de New Hampshire: Obtenido de <http://globecarboncycle.unh.edu/CarbonCycleBackground.shtml>.
- ONERH. (1980). Oficina Nacional de Evaluación de los Recursos Naturales. *Inventario y Evaluación Nacional de Aguas Superficiales*. Perú: Obtenido de file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/ANA0003126_3.pdf.
- ONERN. (1980). Inventario y evaluación nacional de aguas superficiales. *Artículos*. Lima, Peru: Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/ANA0000707.pdf>.
- Paez, A. (2010). Una revisión de la construcción social del cambio climático. *Revista Mad. Facultad de ciencias sociales Santiago, Chile*, Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3112/311224767001.pdf>.
- Palomino, D., & Cabrera, C. (2008). Estimación del servicio ambiental de captura del CO₂ en la flora de Los Humedales de Puerto Viejo. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*. Facultad de Ingeniería Geológica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Peru: Obtenido de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol10_n20/a07.pdf.
- Pérez, P., Luccini, E., Herrera, L., & Parodi, M. (2015). Cuantificación de la captura de CO₂ por la flora nativa de totora en un humedal costero en Perú. *Proyecto "Análisis y predicción de variables medioambientales"*. Pontificia Universidad Católica Argentina, Peru: [en línea]. *Energeia*, 13(13), 2015. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/revistas/cuantificacion-captura-co2-flora-nativa.pdf>.
- PLANAA. (2011 - 2021). Plan nacional de acción ambiental. *Ministerio de ambiente*. Peru: Obtenido de https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/plana_2011_al_2021.pdf.
- Pringent, C., Papa, F., Aires, F., Jimenez, C., Rossow, W., & Mathews, E. (2012). Cambios en la dinámica del agua superficial terrestre desde la década de 1990 y su relación con la presión demográfica. *CARTAS DE INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA, VOL. 39, L08403*. Obtenido de <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/2012GL051276>.

- Ramírez, D. (2011). Flora vascular y vegetación de los Humedales de Conococha, Ancash. Lima, Perú.
- RAMSAR. (2015). Estado de los humedales del mundo. *Convención sobre*, Obtenido de <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/bn7s.pdf>.
- RAMSAR, & Unff. (2011). Bosques para agua y humedales. Día Mundial de los Humedales. *Secretaría de la Convención*. Suiza: Obtenido de <https://www.ramsar.org/es/actividad/dia-mundial-de-los-humedales-2011>.
- REDD. (2011). Estimación de costos de oportunidad de REDD. *Manual de capacitación*, Capítulo 5. Medición del carbono de los usos del suelo, Lima 1-34p. Obtenido de https://www.forestcarbonpartnership.org/system/files/documents/Costos_de_Oportunidad_de_REDD_Plus_ver_1.4_Agosto_2011_Reduced.pdf.
- Roa, M., & Brown, S. (2016). Caracterización de la acumulación de carbono en pequeños humedales andinos en la cuenca alta del río Barbas, Quindío, Colombia: Obtenido de <http://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v38n1.57833>.
- Rodríguez, I., Zamalloa, V., Aguilar, M., Champi, V., Ezquerro, M., & Zapata, J. (2017). Captura y almacenamiento de carbono como servicio ambiental en el bosque de quena "La Paz" Parque Arqueológico de Sacsayhuamán, Cusco. *Revista*. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú: Obtenido de <https://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/cantu/article/view/755/961>.
- Salas, V. (2017). Valoración económica de mejoras económicas en los servicios ambientales del sitio Ramsar, Humedal Lucre – Huacarpay, Cusco. *Tesis Maestría*. Universidad de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú: Obtenido de <https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/2979/253T20171062.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Salvador, F., Moneris, J., & Rochefort, L. (2014). Peatlands of the Peruvian Puna ecoregion: types, characteristics and disturbance. *olumen 15 (2014/15), Article 03, 1 - 7*. Perú: Obtenido de <http://www.mires-and-peat.net/>.
- Sarcca, Y. (2017). Valoración económica del servicio ecosistémico de secuestro y almacenamiento de carbono en el bosque de pililepys del Pichu pichu. *Tesis*. Arequipa, Perú: obtenido de: <https://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/cantu/article/view/755/961>.
- Satrio, A., Gandeseca, S., Ahmed, O., & Majid, N. (2009). Effect of precipitation fluctuation on soil carbon storage of a tropical peat swampy forest. *American Journal of Applied Sciences*.
- Sebastian, F., Garcia, D., & Rezeau, A. (2010). Energía de la Biomasa. *Libro volumen I*. Universidad de Zaragoza España.
- SENAMHI. (2011 - 2021). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. *Estación Meteorología de Kayra*. Cusco, Perú.
- Solaun, K., Larrea, I., & Genovés, A. &. (2013). Blue Carbon. Propuestas para preservar el carbono azul. 44p.

- Sombroek, G., Nachtergaele, O., & Hebel, A. (1993). Amounts, dynamics and sequestering of carbón in tropical and subtropical soils. *Ambio* 22: 417-426.
- Stolk, M., Verwelj, P., Stuip, M., Baker, C., & Oosterberg, W. (2006). Valoración Socioeconómica de los Humedales en América Latina y el Caribe. . Wetlands International. Los Países Bajos.
- Tabilo, E. (2003). El Beneficio de los Humedales en la Región Neotropical. Centro Neotropical de Entrenamiento en Humedales, La Serena. Chile: 73pp. .
- Uquiche, R. -M. (2019). Alimentación y biología reproductiva de la carpa común (Cyprinus carpio (Linnaeus, 1758)) en las lagunas de Huacarpay . *Tesis pregrado*. Quispicanchi, Cusco: Peru.
- Uquique, R. M. (2019). alimentación y Biología reproductiva de Cyprinus carpio en las Lagunas de Huacarpay y Urcos Provincia de Quispicanchi y Región Cusco. *Tesis pregrado*. Universidad nacional San Antonio Abad del Cusco, Peru: Obtenido de file:///D:/todo%20de%20tesis%2018-12-2022/imprimir/LUCRE.pdf.
- Uriarte, A. (2007). Sumideros de CO₂. En defensa del CO₂ y contra el alarmismo . Obtenido de <https://antonuriarte.blogspot.pe/2007/08/sumideros>.
- Velasquez, J. (2017). CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO RELACIONADO CON LA TOTORA “Schoenoplectus Californicus” DEL ÁREA DE CONSERVACIÓN REGIONAL ALBUFERA DE MEDIO MUNDO. Huacho, Lima, Peru: Obtenido de: file:///D:/todo%20de%20tesis%2018-12-2022/imprimir/patrones%20de%20tesis/INFORME%20FINAL%20DE%20TESIS%20-%20jorge%20velasquez%20.pdf.
- Warren, C., Schafer, k., & Crowley, M. e. (2012). A cost-efficient method to assess carbon stocks in tropical peat soil. *Biogeosciences*. Obtenidso de <https://www.velp.com/es-sa/analisis-elemental-metodo-dumas-1.aspx>.
- Watson, R., Noble, I., Bolin, B., Ravindranath, N., Verardo, D., & Dokken, D. (2000). Land use, land-use change and forestry: a special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*.
- WBGU. (1998). The accounting of biological sinks and sources under the Kyoto Protocol a step forwards or backwards for global environmental protection? German Advisory Council on Global Change (Consejo Consultivo Alemán sobre los Cambios Mundiales). *Special Report, Bremerhaven*. .
- Zafra, J., & Alencastre, L. E. (2020). Evaluación económica del servicio ambiental de captura de carbono de tres especies de flora del Humedal de la Laguna de Mejía, Distrito de Mejía – Islay. *Tesis pregrado*. Universidad César Vallejo, Lima, Peru: Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/58201/Alencastre_TLE-Zafra_SJE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Zamorano, B., Cunazza, P., Benolt, N., Chong, M., & Torres, P. (2010). Programa Nacional para la Conservación de . epartamento de Conservación de la Diversidad Biológica, Chile. ZEE. (2018). zonificación económica ecológica de la provincia de Quispicanchi.

ANEXOS

Anexo: 1 Base de datos, rotulados de las muestras enviada al laboratorio en épocas de lluvia y secas

ESPECIE	PARCELAS	BIOMASA	NECROMASA	RAIZ	SUELO
1- <i>Schoenoplectus californicus</i>	P1	B1AP1	N1AP1	R1AP1	S1AP2
	P2	B1BP2	N1BP2	R1BP2	S1BP2
	P3	B1CP2	N1CP3	R1CP3	S1CP3
	P4	B1DP4	N1DP4	R1DP4	S1DP4
2- <i>Typha dominguensis</i>	P5	B2AP5	N2AP5	R2AP5	S2AP5
	P6	B2BP6	N2BT6	R2BT6	S2BP6
	P7	B2CT7	N2CP7	R2CP7	S2CP7
	P8	B2DP8	N2DP8	R2DP8	S2DP8
TOTAL		8	8	8	8
	TOTAL, DE MUESTRAS GENERAL			32	

Anexo 2: Recolección de datos en campo y laboratorio de la especie *Schoenoplectus californicus* en el mes de enero y marzo tiempo de lluvia

ESPECIES	<i>Schoenoplectus californicus</i>							
MESES	A(ENERO)				B(MARZO)			
PARCELAS	P1				P2			
	BIOMASA AEREA	NECROMASA	RAIZ	SUELO	BIOMASA AEREA	NECROMASA	RAIZ	SUELO
%H	77.02	82.9	83.9	36.1	74.7	81.5	94.3	54.3
Ps(materia seca)	22.98	17.1	16.1	63.9	25.3	18.5	5.7	45.7
%C	42.05	38.96	40.25	3.24	38.5	45.38	41.96	3.54
Pf de sud muestra	100	100	100	100	100	100	100	100
PF	7565	5802	3023	595	8924	6015	1994	485
PFT(g/m ²)	7565	11604.00	12092.00	15143.80	8924.00	12030.00	7976.00	12344.11
BS(g/m ²)	1738.44	1984.28	1946.81	0.00	2257.77	2225.55	454.63	0.00
C(g/m ²)	73101.28	77307.70	78359.18	0.00	86924.22	100995.46	19076.36	0.00
ΔCB(tC/ha)	731.013	773.077	783.592		869.242	1009.955	190.764	
Vs(m ³)=π r ² h				0.0005				0.0005
DA(g/m ³)				134470.15				96170.35
Cs= DA*H*%C				87136.65				68088.61
ΔCS(tC/ha)				871.37	0.00	0.00	0.00	680.89

Anexo 3: Recolección de datos en campo y laboratorio de la especie *Schoenoplectus californicus* en el mes de julio y octubre tiempo de sequía

ESPECIES	<i>Schoenoplectus californicus</i>							
MESES	C(JULIO)				D(OCTUBRE)			
PARCELAS	T3				T4			
	BIOMASA AEREA	NECROMASA	RAIZ	SUELO	BIOMASA AEREA	NECROMASA	RAIZ	SUELO
%H	47.2	82.6	77	40.2	42.9	87.7	72.8	33.3
Ps(materia seca)	52.8	17.4	23	59.8	57.1	12.3	27.2	66.7
%C	38.08	39.78	40.7	4.62	40.37	38.72	41.13	3.64
Pf de sud muestra	100	100	100	100	100	100	100	100
PF	4045	3915	2385	584	3982	256	1354	625
PFT(g/m²)	4045.00	7830.00	9540.00	14863.83	3982.00	512.00	5416.00	15907.36
BS(g/m²)	2135.76	1362.42	2194.20	0.00	2273.72	62.98	1473.15	0.00
C(g/m²)	81329.74	54197.07	89303.94	0.00	91790.16	2438.43	60590.74	0.00
ΔCB(tC/ha)	813.297	541.971	893.039		917.902	24.384	605.907	
Vs(m³)=π r² h				0.0005				0.0005
DA(g/m³)				125842.17				140362.42
Cs= DA*H*%C				116278.17	0.00	0.00	0.00	102183.84
ΔCS(tC/ha)	0.00	0.00	0.00	1162.78	0.00	0.00	0.00	1021.84

Anexo 4: Recolección de datos en campo y laboratorio de la especie *Typha dominguensis* en el mes de enero y marzo

ESPECIES	<i>Typha dominguensis</i>							
MESES	A(ENERO)				B(MARZO)			
PARCELAS	T5				T6			
	BIOMASA AEREA	NECROMASA	RAIZ	SUELO	BIOMASA AEREA	NECROMASA	RAIZ	SUELO
%H	81.11	86.4	90	45.7	62.7	83.4	92.3	66.9
Ps(materia seca)	18.89	13.6	10	54.3	37.3	16.6	7.7	33.1
%C	41.1	42.87	42.17	4.3	42.04	39.75	38.58	4.3
Pf de sud muestra	100	100	100	100	100	100	100	100
PF	9835	4425	1230	536	9560	4215	1728	380
PFT(g/m²)	9835.00	8850.00	4920.00	13642.15	9560.00	8430.00	6912.00	9671.67
BS(g/m²)	1857.83	1203.60	492.00	0.00	3565.88	1399.38	532.22	0.00
C(g/m²)	76356.87	51598.33	20747.64	0.00	149909.60	55625.36	20533.20	0.00
ΔCB(tC/ha)	763.569	515.983	207.476		1499.096	556.254	205.332	
Vs(m³)=π r² h				0.0005				0.0005
DA(g/m³)				114268.06				69655.11
Cs= DA*H*%C	0.00	0.00	0.00	98270.53	0.00	0.00	0.00	59903.40
ΔCS(tC/ha)	0.00	0.00	0.00	982.71	0.00	0.00	0.00	599.03

Anexo 5: Recolección de datos en campo y laboratorio de la especie *Typha dominguensis* en el mes de julio y octubre

ESPECIES	<i>Thypha dominguensis</i>							
MESES	C(JULIO)				D(OCTUBRE)			
PARCELAS	T7				T8			
	BIOMASA AEREA	NECROMASA	RAIZ	SUELO	BIOMASA AEREA	NECROMASA	RAIZ	SUELO
%H	49.5	86.4	77.6	26.7	63.9	90.8	83.8	61.1
Ps(materia seca)	50.5	13.6	22.4	73.3	36.1	99.2	16.2	38.9
%C	42.9	40.48	41.12	2.95	34.92	43.58	37.56	5.97
Pf de sud muestra	100	100	100	100	100	100	100	100
PF	3642	2795	1350	489	3725	1032	1212	592
PFT(g/m²)	3642.00	5590.00	5400.00	12445.91	3725.00	2064.00	4848.00	15067.45
BS(g/m²)	1839.21	760.24	1209.60	0.00	1344.73	2047.49	785.38	0.00
C(g/m²)	78902.11	30774.52	49738.75	0.00	46957.80	89229.53	29498.72	0.00
ΔCB(tC/ha)	789.021	307.745	497.388		469.578	892.295	294.987	
Vs(m³)=π r² h				0.0005				0.0005
DA(g/m³)				154251.36				81860.54
Cs= DA*H*%C	0.00	0.00	0.00	91008.30	0.00	0.00	0.00	97741.49
ΔCS(tC/ha)	0.00	0.00	0.00	910.08	0.00	0.00	0.00	977.41

**Anexo 6: Permiso para el uso del laboratorio de construcción de ciencia y alimentos
contra el cambio climático**

Cusco, 28 de junio del 2021

Señor: Mgt. Ing. Juan Elmer Moscoso Muñoz

**RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CONSTRUCCIÓN DE CIENCIA Y ALIMENTOS CONTRA EL
CAMBIO CLIMÁTICO**

Presente.-

ASUNTO: PERMISO PARA USO DE LABORATORIO

De mi mayor consideración

Es grato dirigirme a usted para poner en su conocimiento que los bachilleres PUMA QUEJIA GUISELA y ACHAHUI HUILLCA URIEL, son asesorados míos de una tesis de investigación intitulada “**ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LA VEGETACION HIDROFITICA Y SUELO DEL HUMEDAL LUCRE HUACARPAY QUISPICANCHI – CUSCO**”;,, para lo por lo cual se necesita de diferentes materiales y equipos disponibles en su laboratorio; por lo que solicito a su representada, el apoyo en el uso del laboratorio de Construcción de Ciencia y Alimentos contra el Cambio Climático de la Escuela Profesional de Zootecnia – UNSAAC, para completar los análisis necesarios de las diferentes muestras colectadas.

Aprovecho la oportunidad para reiterarle las muestras de mi mayor consideración y estima personal.

Atentamente.



Blgo. Percy Yanque Yucra

Prof. Asociado D.E
Escuela Profesional de Biología
Facultad de Ciencias

Anexo 7: Cotización para compra de reactivos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO – PERU
 ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA
 LABORATORIO DE NUTRICION Y CIENCIA DE ALIMENTOS

“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

PROFORMA N° 006/2021/LNCA

SOLICITANTE : Tesistas de E.P. Biología
 PRODUCTO : **Material vegetal (biomasa, raíz, necromasa) y suelo**
 NÚMERO DE MUESTRAS : 72
 CANTIDAD RECIBIDA : s/p
 FORMA DE PRESENTACIÓN : En bolsas de papel
 FECHA DE RECEPCIÓN : 20/07/2021
 ENSAYOS SOLICITADOS : Secado, molienda, determinación de humedad y determinación de carbono.

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE ANÁLISIS SEGÚN LOS COSTOS DE LOS SERVICIOS REQUERIDOS

Tipo de análisis	Cantidad solicitada	Precio Unit. (S/.)	SUBTOTAL (S/.)
SERVICIO DE SECADO	45	35	1 575.00
SERVICIO DE MOLIENDA	45	35	1 575.00
HUMEDAD	45	40	1 800.00
CARBONO	45	100	4 500.00
TOTAL A CANCELAR (S/.)			9 450.00

Cotización valida por 30 días.

Condiciones de pago: al contado en caja de la Facultad de Ciencias Agrarias.

Atentamente,


 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS UNSAAC
 M.S. c. Juan E. Moscoso Muñoz
 LABORATORIO DE NUTRICIÓN RESPONSABLE

Responsable/Técnico del Laboratorio de Nutrición Animal

Anexo 8: Resultados de porcentaje de carbono, materia seca y humedad de las muestras enviadas al laboratorio de construcción de ciencia y alimentos contra el cambio climático



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO – PERU
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA
LABORATORIO DE NUTRICION Y CIENCIA DE ALIMENTOS

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

INFORME DE ANÁLISIS

N° 003/2022/LNCA

SOLICITANTE : Guisela Puma Quejia
 Uriel Achahui Huillca

PRODUCTO : **MUESTRAS DIVERSAS**
(BIOMASA, NECROMASA, SUELO, RAÍZ)

NÚMERO DE MUESTRAS : 45

CANTIDAD RECIBIDA : 43 muestras de 100 g c/una y 2 muestras de 235 g c/una

FORMA DE PRESENTACIÓN : Contenidas en bolsas de papel

FECHA DE RECEPCIÓN : Enero, marzo y julio del 2021

ENSAYOS SOLICITADOS :

- Secado
- Molienda
- Determinación de carbono
- Determinación de nitrógeno
- Determinación de humedad
- Determinación de cenizas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO – PERU
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA LABORATORIO DE NUTRICION Y CIENCIA DE ALIMENTOS

RESULTADOS:

Código de muestra				Secado a 60°C				Secado a 105°C				
				Humedad, %	Materia seca, %	Carbono, %	Nitrógeno, %	Humedad, %	Materia seca, %	Cenizas, %	Carbono, %	Nitrógeno, %
Parcela 1	Enero	Biomasa	Totora	77.02	22.98	42.05	1.01	0.54	99.46	8.35	42.28	1.02
Parcela 1	Enero	Necromasa	Totora	82.90	17.10	38.96	1.11	2.39	97.61	16.24	39.91	1.14
Parcela 1	Enero	Raiz	Totora	83.90	16.10	40.25	1.32	2.29	97.71	10.60	41.19	1.35
Parcela 1	Enero	Suelo	Totora	36.10	63.90	3.24	0.16	0.72	99.28	89.53	3.26	0.16
Parcela 5	Enero	Necromasa	Typha	86.40	13.60	42.87	1.36	2.50	97.50	9.72	43.97	1.39
Parcela 5	Enero	Biomasa	Typha	81.11	18.89	41.10	1.12	3.63	96.37	8.33	42.65	1.16
Parcela 5	Enero	Suelo	Typha	45.70	54.30	4.30	0.28	0.95	99.05	88.62	4.34	0.28
Parcela 5	Enero	Raiz	Typha	90.00	10.00	42.17	0.73	0.94	99.06	10.71	42.57	0.74
Parcela 2	Marzo	Necromasa	Totora	92.50	7.50	41.66	1.18	5.87	94.13	11.63	44.26	1.25
Parcela 2	Marzo	Raiz	Totora	80.20	19.80	39.97	1.11	3.48	96.52	12.56	41.41	1.15
Parcela 3	Julio	Necromasa	Totora	92.90	7.10	41.98	1.06	4.10	95.90	9.34	43.77	1.11
Parcela 3	Julio	Raiz	Totora	94.30	5.70	41.96	1.01	6.03	93.97	5.66	44.65	1.07
Parcela 2	Marzo	Biomasa	Totora	74.70	25.30	38.50	1.30	2.80	97.20	13.66	39.61	1.34
Parcela 3	Julio	Biomasa	Totora	69.20	30.80	43.99	0.68	5.27	94.73	5.96	46.44	0.72
Parcela 2	Marzo	Suelo	Totora	54.30	45.70	3.54	0.23	0.56	99.44	88.96	3.56	0.23
Parcela 3	Julio	Suelo	Totora	54.10	45.90	5.04	0.20	1.24	98.76	83.66	5.10	0.20
Parcela 6	Marzo	Necromasa	Typha	83.40	16.60	39.75	1.21	2.56	97.44	12.80	40.79	1.24
Parcela 6	Marzo	Biomasa	Typha	62.70	37.30	42.04	0.25	1.81	98.19	7.08	42.81	0.25
Parcela 6	Marzo	Suelo	Typha	66.90	33.10	4.30	0.30	0.73	99.27	87.81	4.33	0.30
Parcela 6	Marzo	Raiz	Typha	92.30	7.70	38.58	0.96	3.43	96.57	12.68	39.95	0.99



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO – PERU
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA LABORATORIO DE NUTRICION Y CIENCIA DE ALIMENTOS

RESULTADOS:

Código de muestra				Secado a 60°C				Secado a 105°C				
				Humedad %	Materia seca, %	Carbono %	Nitrógeno %	Humedad, %	Materia seca, %	Ceniza, %	Carbono, %	Nitrógeno %
Parcela 4	Octubre	Biomasa	Totora	47.20	52.80	38.08	0.66	2.57	97.43	13.91	39.08	0.68
Parcela 4	Octubre	Necromasa	Totora	82.60	17.40	39.78	1.19	2.67	97.33	13.43	40.87	1.22
Parcela 4	Octubre	Raiz	Totora	77.00	23.00	40.70	0.84	2.34	97.66	4.88	41.68	0.86
Parcela 4	Octubre	Suelo	Totora	28.50	71.50	2.92	0.15	1.38	98.62	90.08	2.96	0.15
Parcela 7	Julio	Biomasa	Typha	49.50	50.50	42.90	0.72	3.90	96.10	8.19	44.64	0.75
Parcela 8	Octubre	Biomasa	Typha	63.90	36.10	43.92	0.49	3.71	96.29	5.96	45.61	0.51
Parcela 7	Julio	Necromasa	Typha	90.80	9.20	43.58	1.71	4.50	95.50	11.79	45.63	1.79
Parcela 7	Julio	Suelo	Typha	61.10	38.90	5.97	0.38	1.05	98.95	84.20	6.03	0.38
Parcela 8	Octubre	Suelo	Typha	26.70	73.30	2.95	0.11	0.74	99.26	90.26	2.97	0.11
Parcela 8	Octubre	Necromasa	Typha	86.40	13.60	40.48	1.14	2.09	97.91	14.07	41.34	1.16
Parcela 7	Julio	Raiz	Typha	77.60	22.40	41.12	0.66	6.75	93.25	6.28	44.10	0.71
Parcela 8	Octubre	Raiz	Typha	83.80	16.20	37.56	0.48	4.17	95.83	10.80	39.20	0.50



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO – PERU
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA
LABORATORIO DE NUTRICION Y CIENCIA DE ALIMENTOS

MÉTODO:

- a) SECADO: Método por secado en estufa
 - Temperatura de secado: 60°C
 - Tiempo de secado: 60 horas.
- b) MOLIENDA: Método por impacto y corte
 - Tamaño de partícula: 1 mm
- c) DETERMINACIÓN DE CARBONO: Análisis elemental C, H, N, O basado en Método Dumas
 - Temperatura de combustión: 950°C
 - Temperatura de reducción: 640°C
 - Tiempo de análisis: 6 minutos por muestra.
- d) DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO: Análisis elemental C, H, N, O basado en Método Dumas
 - Temperatura de combustión: 950°C
 - Temperatura de reducción: 640°C
 - Tiempo de análisis: 6 minutos por muestra.
- e) DETERMINACIÓN DE HUMEDAD: Método por secado en estufa/ análisis termo gravimétrico
 - Temperatura de secado: 105°C
 - Tiempo de secado: 12 horas.
- f) DETERMINACION DE CENIZAS: Método de cenizas totales, determinación de cenizas en seco.
 - Temperatura de calcinación: 600°C
 - Tiempo de calcinación: 8 horas.

NOTA: La presentación y codificación de las muestras es responsabilidad del solicitante.

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS UNSAAC
M.S. c. Juan E. Moscoso Muñoz
LABORATORIO DE NUTRICION
RESPONSABLE

CC.Archivo

Anexo 9: Certificado de determinación de espacios predominantes



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

- APARTADO POSTAL
N° 921 - Cusco - Perú
- FAX: 238156 - 238173 - 222512
- RECTORADO
Calle Tigre N° 127
Teléfonos: 222271 - 224891 - 224181 - 254398
- CIUDAD UNIVERSITARIA
Av. De la Cultura N° 733 - Teléfonos: 228661 - 222512 - 232370 - 232375 - 232226
- CENTRAL TELEFÓNICA: 232398 - 252210
243835 - 243836 - 243837 - 243838
- LOCAL CENTRAL
Plaza de Armas s/n
Teléfonos: 227571 - 225721 - 224015
- MUSEO INKA
Cuesta del Almirante N° 103 - Teléfono: 237380
- CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA
San Jerónimo s/n Cusco - Teléfonos: 277145 - 277246
- COLEGIO "FORTUNATO L. HERRERA"
Av. De la Cultura N° 721
"Estadio Universitario" - Teléfono: 227192

HERBARIO VARGAS CUZ

CERTIFICADO DE DETERMINACIÓN TAXONÓMICA N° 13-2023-HVC-FCB- UNSAAC

La Directora del Herbario Vargas CUZ, Facultad de Ciencias Biológicas, de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), deja constancia que: Las señoritas **Gisela Puma Quejía** y **Uriel Achahui Huilca**; estudiantes de la Escuela Profesional de Biología; han presentado a la Dirección del Herbario Vargas CUZ, cuatro (04) muestras botánicas para su determinación taxonómica (expediente N° **518168**), para realizar el proyecto de investigación "**ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LA VEGETACIÓN HIDROFÍLICA Y SUELO DEL HUMEDAL LUCRE HUACARPAY**", las que al ser diagnosticadas por el Mgt. Abel Monteagudo Mendoza, utilizando claves dicotómicas, consulta con bibliografía especializada, y comparación con muestras del herbario, concuerdan con las siguientes especies; de acuerdo a la clasificación del Grupo del Sistema Filogenético de las Angiospermas (Angiosperm Phylogeny Group-APG IV, 2016).

N°	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN
1	Typhaceae	<i>Typha dominguensis</i> Pers.	Muestra 01
2	Typhaceae	<i>Typha dominguensis</i> Pers.	Muestra 02
3	Typhaceae	<i>Typha dominguensis</i> Pers.	Muestra 03
4	Cyperaceae	<i>Schoenoplectus californicus</i> (C.A. Mey.) Soják	Muestra 04

Se le expide la presente certificación a petición formal de las interesadas para los fines que vieran por conveniente.

Cusco, 15 de marzo de 2023

Blga. María Luisa Ochoa Cámara
Directora del Herbario Vargas CUZ



Anexo 10: *Presentación de la metodología*



Georreferenciación e identificación de puntos de muestreo



Extracción de las muestras: biomasa aire, necromasa, raíz y suelo



Pesado de muestras fresca



Determinación de carbono



Molienda de muestras.



Secado y pesado de muestras

Anexo 11: Recolección de muestras para identificación de las dos unidades de vegetación hidrofítica emergente del humedal



Schoenoplectus californicus (totora)



Typha dominguensis (matara)

Anexo 12: Recolección de datos de la parte aérea (biomasa vegetal)



Biomasa vegetal de Schoenoplectus californicus (totora)



Biomasa vegetal de Typha dominguensis (matara)

Anexo 13: Recolección de datos de la necromasa



Necromasa de *Schoenoplectus californicus* (totora)



Necromasa de *Typha dominguensis* (matara)

Anexo 14: Recolección de datos de la parte de raíz



Raíz de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Typha dominguensis* (matara)

Anexo 15: Recolección de datos en el suelo



Muestras de suelo de *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Typha dominguensis* (matara)

Anexo 16: Equipo de trabajo





**Anexo 17: Taxonómica de Especies de Flora en el Humedal Lucre – Huacarpay
(vegetación emergente)**

VEGETACION EMERGENTE			
FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE
Aplacea	<i>Hydrocotile</i>	<i>Hydrocotile ranunculoides</i> L.B	
Asteraceae	<i>Cotula</i>	<i>Cotula australis</i> (sieber ex Spreng.) H.F	
	<i>Cotula</i>	<i>Cotula corinipifolia</i> L.	
Brassicaceae	<i>Rorippa</i>	<i>Rorippa nasthuritium-aquaticum</i> L	“berro Blanco”
Camapanulaceae	<i>Lobelia</i>	<i>Lobelia</i> sp.	
Caryophyllaceae	<i>Spergularia</i>	<i>Spergularia andina</i> Rohrb.	
Cyperaceae	<i>Eleocharis</i>	<i>Eleocharis palustris</i> (L.)	
	<i>Scirpus</i>	<i>Scirpus americanus</i>	Macho totora
	<i>Scirpus</i>	<i>Scirpus calyformicus</i>	China “Totora”
	<i>Scirpus</i>	<i>Scirpus</i> sp.	“Totorilla”
	<i>Cyperus</i>	<i>Cyperus</i> sp.	
Juncaceae	<i>Juncus</i>	<i>Juncus arcticus</i> var. <i>Andicola</i>	
	<i>Juncus</i>	<i>Juncus</i> sp.	
Juncaginaceae	<i>Triglochin</i>	<i>Triglochin striatum</i> R. & P.	
Poaceae	<i>Phragmites</i>	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. Ex Steud.	“Carrizo”
Typhaceae	<i>Typha</i>	<i>Typha domingensis</i> pers.	

Fuente: Extraído de Ficha Técnica Informativa FIR, 2006

Anexo 18: Equipo Taxonomía de especies flotantes en el humedal Lucre- huacarpay

VEGETACION FLOTANTE			
FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMUN
Cladophoraceae	<i>Cladophora</i>	<i>Cladophora glomerata (L.) kytz.</i>	
Lemnaceae	<i>Lemna</i>	<i>Lemna giba L.</i>	“Lenteja de agua ”
Salviniaceae	<i>Azolla</i>	<i>Azolla filiculoides Lam.</i>	“Helecho de agua”
Zygnemataceae	<i>Spirogyra</i>	<i>Spirogyra crossa kutz.</i>	
	<i>Zygnema</i>	<i>Zygnema sp.</i>	

Fuente: Extraído de Ficha Técnica Informativa FIR, 2006

Anexo 19: Taxonomía de especies sumergidas en el humedal Lucre- huacarpay

VEGETACION SUMERGIDAS			
FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE
Apiaceae	<i>Hydrocotile</i>	<i>Hydrocotile banariensis lam.</i>	
Ceratophyllaceae	<i>Ceratophyllum</i>	<i>Ceratophyllum sp.</i>	
Characeae	<i>Chara</i>	<i>Chara frogilis A. Braun</i>	
Cladophoraceae	<i>Cladophora</i>	<i>Cladophoro sp.</i>	
Haloragaceae	<i>Myriophyllum</i>	<i>Myriophyllum aquaticum (Vell.) Verde.</i>	
	<i>Myriophyllum</i>	<i>Myriophyllum sp.</i>	
Hydrocharitaceae	<i>Elodea</i>	<i>Elodea potamogeton (bertero) Espinosa</i>	
	<i>Elodea</i>	<i>Elodea sp.</i>	“Chinkil”
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton</i>	<i>Potamogeton pectinatus L.</i>	
	<i>Zannichellia</i>	<i>Zannichellia palustres L.</i>	

Fuente: Extraído de Ficha Técnica Informativa FIR, 2006

Anexo 20: Taxonomía de vegetación de los saladares en el humedal Lucre- Huacarpay

VEGETACION DE LOS SALADARES			
FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE
Rubiaceae	<i>Arcytophyllum</i>	<i>Arcytophyllum timifolium</i> (R. % P.) Stand.	“Pescoq chaquin”
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>Salvia sarmentosa</i> Epling	“Azul ñucchu”
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>	<i>Oxalis sp</i>	
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>Boccharis latifolia</i> (R. & P.) Pers.	“Chillka”
	<i>Grindelia</i>	<i>Grindelia boliviana</i> Rugby	“Ch’iri”
	<i>Hymenoxys</i>	<i>Hymenaxys haenckeana</i> D. C.	“Boton”
Solanaceae	<i>Nicotiana</i>	<i>Nicotiana glauca</i> Gram.	“Qhamastu”
Poaceae	<i>Polypogon</i>	<i>Polypogon monspoliensis</i> (L.) Desf.	“Sansa”
	<i>Distichlis</i>	<i>Distichis humilis</i> Phil.	“Grama salada”
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium</i>	<i>Chenopodium petiolare</i> kunth.	“Llipcha”
	<i>Salicornia</i>	<i>Solicornia fruticosa</i> L.	“Alacranera”

Fuente: Extraído de Ficha Técnica Informativa FIR, 2006

Anexo 21: Taxonomía de especies circundantes en el humedal Lucre- Huacarpay

VEGETACION CIRCUNDANTE			
FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE
Anacardiaceae	<i>Schinus</i>	<i>Schinus molle</i> L.	“Molle”
Apiaceae	<i>Ciclospermum</i>	<i>Ciclospermum leptophyllum</i> (pers.)eichl	
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>Baccharis polyantha</i> kunth	
	<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina cuzcensis</i> (hieron.) K. &R	“Manca paki”
	<i>Barnadesia</i>	<i>Barnadesia horrida</i> muschi	“llaulli”
	<i>Mutisia</i>	<i>Mutisia acuminata</i> R & P.	“Chinchircoma”
	<i>Sunchus</i>	<i>Sunchus</i> Sp.	
	<i>Grindelia</i>	<i>Grindelia boliviana</i> Rusby	“Chiri”
	<i>Belloa</i>	<i>Belloa</i> sp.	
	<i>Bindens</i>	<i>Bidens triplinervia</i> kunth.	
	<i>Dasyphyllum</i>	<i>Dasyphyllum leiocephalum</i> (wedd.)Cabr.	
	<i>Fluorensia</i>	<i>Fluorensia polycephala</i> dillon	
	<i>Gamochaeta</i>	<i>Gamochaeta spicata</i> (Lam.) Cabrera	“keto”
	<i>Anaphalium</i>	<i>Gnaphalium sodiroi</i> hieron	
	<i>Anaphalium</i>	<i>Gnaphalium</i> sp.	
<i>Helogyne</i>	<i>Helogyne tocaquirensis</i> hieronymus		

	<i>Noticastrum</i>	<i>Noticastrum marginatum</i> (Kunth.) Cuatrecasas	
	<i>Senecio</i>	<i>Senecio pseudotites</i> Griseb.	
	<i>Vasquezia</i>	<i>Vasquezia titicacensis</i> (Mey. & Walp) S. F. Blake	
	<i>Zinnia</i>	<i>Zinnia peruviana</i> L.	
Berberidaceae	<i>Berberis</i>	<i>Berberis boliviano</i> Lechler	
Bromeliaceae	<i>Puya</i>	<i>Puya ferruginea</i> (R. & P.) L. B. Sm.	
	<i>Tillandsia</i>	<i>Tillandsia capillaries</i> R. et P.	
Cactaceae	<i>Corryocactus</i>	<i>Corryocactus squarrosus</i> (Vandp.) Hutch.	
	<i>Echinopsis</i>	<i>Echinopsis cuzcoensis</i> (Brito. &	
	<i>Lobivia</i>	<i>Lobivia lateritia</i> (Gurke) Br. & R.	
	<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia tuncata</i> (Lehman) Link et Otto	“Pata Kiska”
	<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia</i> sp.	
Convolvulaceae	<i>Dichondra</i>	<i>Dichondra microcalyx</i> (Hallier f.) Fabris	
Ephedraceae	<i>Ephedra</i>	<i>Ephedra americana</i> H. et B. ex Willd.	
Euphorbiaceae	<i>Acalypha</i>	<i>Acalypha aranioides</i> Pax. & K. Hoffm.	
Fabaceae	<i>Senna</i>	<i>Senna birrostris</i> (Dom. ex Vogel) H. S. Irw. & Barn	
	<i>Astragalus</i>	<i>Astragalus garbancillo</i> Cav.	“Jusq’a”

	<i>Lupinus</i>	<i>Lupinus Sp.</i>	
	<i>Dalea</i>	<i>Dalea peruviana</i> Macbride	
Iridaceae	<i>Cypella</i>	<i>Cypella craterantha</i> Ravenna	
	<i>Stsyrrinchium</i>	<i>Sisyrrinchium jumceum</i> E. Mey	
Lamiaceae	<i>Mintostachys</i>	<i>Mintostachys setosa</i> (Briquet.) Epling.	“Muña”
	<i>Salvia</i>	<i>Salvia sarmentosa</i> Epling	
Myrtaceae	<i>Eucaliptus</i>	<i>Eucaliptus globulus</i> Labell.	“Eucalipto”
Onargraceae	<i>Oenothera</i>	<i>Oenothera rosea</i> aiton.	“Yahuar Choncca”
Passifloraceae	<i>Passiflora</i>	<i>Passiflora Sp.</i>	
Phytolacaceae	<i>Phytolaca</i>	<i>Phytoloca bogotensis</i> H.B.K	
Piperaceae	<i>Peperomia</i>	<i>Peperomia agpensis</i> DC	
Poaceae	<i>Pennicetum</i>	<i>Pennicetum clandestinum</i> Hochst. Ex Chiov.	
	<i>Stipa</i>	<i>Stipe ichu (R&P)</i> kunth	“Paja”
	<i>Bromus</i>	<i>Bromus catharticus</i> Vahl.	
	<i>Bromus</i>	<i>Bromus sp.</i>	
	<i>Bothriochloa</i>	<i>Bothriochloa sacchraoides</i> (Swartz	“Cima”
	<i>Bouteloua</i>	<i>Bouteloua simplex</i> Lag.	
	<i>Calamagrostis</i>	<i>Calamagrostis heterophuylla</i> (Wedd.)Pilger	“Cola de Raton”
	<i>Calamagrostis</i>	<i>Calamagrostis heterophuylla</i> (Wedd.)Hack.	

	<i>Eragrostis</i>	<i>Eragrostis nigricans</i> (kunth.) Steud.	
	<i>Vulpia</i>	<i>Vulpia spl.</i>	
	<i>Melica</i>	<i>Melica scabra</i> kunth.	
	<i>Muhlenbergia</i>	<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P.Beauv.) Steud	
	<i>Aristida</i>	<i>Asistida adscensionis</i> L.	
	<i>Poa</i>	<i>Poa annua</i> L.	
	<i>Sporobolus</i>	<i>Sporobolus indicus</i> (L.)r. Br.	
Polypodiaceae	<i>Campyloneuru</i>	<i>Campyloneurum angustifolium</i> (swartz)Fee	
	<i>Polypodium</i>	<i>Polypodium angustiflium</i> SW	“calahuala”
Pteridaceae	<i>Adiantum</i>	<i>Adiantum orbignyianum</i> kunth.	
	<i>Cheilanthes</i>	<i>Cheilanthes bonariensis</i> (willd.) prector	
	<i>Cheilanthes</i>	<i>Cheilanthes pruinata</i> kaulf	
	<i>Cheilanthes</i>	<i>Cheilanthes myriophylla</i> Desv.	
	<i>Notholaena</i>	<i>Notholaena nivea</i> (Poir.) Desv.	
	<i>Pellaea</i>	<i>Pellaea ternifolia</i> (Cav.) Link	
Ranunculaceae	<i>Ranunculus</i>	<i>Ranunculus cimbalaria</i> Pursh.	
Rhamnaceae	<i>Colletia</i>	<i>Colletia spinosissima</i> J.F.Gmel	“Roq’e”
Rosaceae	<i>Margyricarpus</i>	<i>Margyricarpus pinnatus</i> (Lamarck) Kuntze	
Salicaceae	<i>Salix</i>	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	“Sauce Llorón”

Scrophulariaceae	<i>Calceolaria</i>	<i>Calceolaria bartsioefolia</i> Wedd.	“Zapatilla”
	<i>Alonsoa</i>	<i>Alonsoa ecutifolia</i> R.& P.	
Solanaceae	<i>Lycianthes</i>	<i>lycianthes lycioides</i> (L.) Hassl.	
	<i>Solanum</i>	<i>Solanum radicans</i> L.f.	
Verbenaceae	<i>Verbena</i>	<i>Verbena litoralis</i> Kunth	

Fuente: Extraído de Ficha Técnica Informativa FIR, 2006

Anexo 22: Listado de Especies invertebrados del Humedal Lucre - Huacarpay

INVERTEBRADOS			
FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMUN
Pieridae	<i>Colias</i>	<i>Colias sp</i>	Pilpinto
Acrididae	<i>Pedies</i>	<i>Pedies andeanum</i>	Chilliko
Polifagidae	<i>Periplaneta</i>	<i>Periplaneta americana</i>	Saltamonte
Aechnidae	<i>Aechna</i>	<i>Aechna absoluta</i>	Carta
Theridiidae	<i>Latrodectus</i>	<i>Latrocedtus mactans</i>	Viuda Negra

Fuente: Extraído de Ficha Técnica Informativa FIR, 2006

Anexo 23: Listado de Especies vertebrados-peces del Humedal Lucre - Huacarpay

VERTEBRADOS - PECES			
FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMUN
Cyprionontidae	<i>Orestias</i>	<i>Orestias agassii</i>	Carachi (Nativa)
Atherinidae	<i>Basilichthys</i>	<i>Basilichthys bonariensis</i>	Pejerrey (Introducida)
Cyprinidae	<i>Cyprinus</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa común

Salmonidae	<i>Oncorhynchus</i>	<i>Oncorhynchus mikiss</i>	Trucha (Introducida)
Trichomycteridae	<i>Trichomycterus</i>	<i>Trichomycterus sp.</i>	Huita (Nativa)

Fuente: Extraído de Ficha Técnica Informativa FIR, 2006

Anexo 24: Listado de Especies vertebrados-anfibios del Humedal Lucre - Huacarpay

ANFIBIOS			
FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMUN
Bufonidae	<i>Bufo</i>	<i>Rhinella spinolosus</i>	Jampato
Leptodactilydae	<i>Telmatobius</i>	<i>Telmatobius marmoratus</i>	K'ayra
Hylidae	<i>Gastroteca</i>	<i>Gastroteca sp.</i>	Checlla

Fuente: Extraído de Ficha Técnica Informativa FIR, 2006

Anexo 25: Listado de Especies vertebrados-reptiles del Humedal Lucre - Huacarpay

REPTILES			
FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMUN
Colubridae	<i>Tachumenis</i>	<i>Tachymenis peruviana</i>	Mach'asway
Gymnophthalmidae	<i>Proctoporus</i>	<i>Proctoporus bolivianus</i>	Sucuyucu

Fuente: Extraído de Ficha Técnica Informativa FIR, 2006

Anexo 26: Listado de Especies vertebrados- avesdel Humedal Lucre - Huacarpay

AVES			
FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMUN
Tinamidae	<i>Nothoprocta</i>	<i>Nothoprocta ornata</i>	Perdiz serrana
	<i>Nothoprocta</i>	<i>Nothoprocta pentlandii</i>	Perdiz andina

Podicipedidae	<i>Rollandia</i>	<i>Rollandia rolland</i>	Zampullín pimpollo
	<i>Podiceps</i>	<i>Podiceps accipitalis</i>	Zampullín plateado
Anhingidae	<i>Anhinga</i>	<i>Anhinga</i>	Aninga
Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocor</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán neotropical
Ardeidae	<i>Ardea</i>	<i>Ardea alba</i>	Garceta grande
	<i>Bulbucus</i>	<i>Bulbucus ibis</i>	Garza bueyera
	<i>Agretta</i>	<i>Egretta caeruleo</i>	Garcita azul
	<i>Agretta</i>	<i>Egretta thula</i>	Garcita blanca
	<i>Butorides</i>	<i>Butorides striatus</i>	Garcita estriada
	<i>Nycticorax</i>	<i>Nycticorax</i>	Huaco común
Ciconiidae	<i>Jabirú</i>	<i>Jabirú mycteria</i>	Jabirú
Threskiornitridae	<i>Theristicus</i>	<i>Theristicus branickii</i>	Bandurria
	<i>Plegadis</i>	<i>Plegadis rigwayi</i>	Ibis de puna, marac
Accipiridae	<i>Circus</i>	<i>Circus cinereus</i>	Gavilán cenizo
	<i>Geranoaetus</i>	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Aguilucho pelinegro
	<i>Buteo</i>	<i>Buteo polyosoma</i>	Aguilucho común
	<i>Buteo</i>	<i>Buteo poecilochrorus</i>	Aguilucho cordillerano
Falconidae	<i>Phalcoboenus</i>	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	Caracara andino
	<i>Falco</i>	<i>Falco sparverius</i>	Cernicalo americano
	<i>Falco</i>	<i>Falco femoralis</i>	Huamancha
	<i>Falco</i>	<i>Falco peregrinus</i>	Halcon Peregrino

Anatidae	<i>Chloephaga</i>	<i>Chloephaga melanoptera</i>	Huallata o pato andino
	<i>Mergonetta</i>	<i>Merganetta armata</i>	Pato Torrentero
	<i>Anas</i>	<i>Anas flavirostris</i>	Chipta pato
	<i>Anas</i>	<i>Anas specularioides</i>	Anade Juarcjual
	<i>Anas</i>	<i>Anas georgica</i>	Anade Maicero
	<i>Anas</i>	<i>Anas puna</i>	Puna pato
	<i>Anas</i>	<i>Anas cyanoptera</i>	Pato colorado
		<i>Oxyura ferruginea</i>	Pato pana
Rallidae	<i>Rallus</i>	<i>Rallus sanguinolentus</i>	Gallineta
	<i>Neocrex</i>	<i>Neocrex erytrops</i>	Polluela Picopinta
	<i>Porphirula</i>	<i>Porphirula martinica</i>	Calamoncillo
	<i>Gallinula</i>	<i>Gallinula chloropus</i>	Gallineta comun
	<i>Fulica</i>	<i>Fulica ardesiaca</i>	Chocca andina
Charadriidae	<i>Vanellus</i>	<i>Venellus resplendens</i>	Lequecho, lique
Scolopacidae	<i>Calidris</i>	<i>Calidris melanotos</i>	Correlimos pectoral
	<i>Calidris</i>	<i>Calidris bairdii</i>	Correlimos de Baird
	<i>Calidris</i>	<i>Calidris alba</i>	Correlimos tridactilo
	<i>Phalagropus</i>	<i>Phalaropus tricolor</i>	Falaropo Tricolor
	<i>Tringa</i>	<i>Tringa flavipes</i>	Archibebe Patigualdo chico
	<i>Tringa</i>	<i>Tringa melonoleuca</i>	Archibebe patigualdo Mayor
	<i>Tringa</i>	<i>Tringa solitaria</i>	Andarrios solitario

	<i>Tringa</i>	<i>Tringa macularia</i>	Playero colector
	<i>Bartramina</i>	<i>Bartramina longicauda</i>	Correlimos Batitu
	<i>Gallinago</i>	<i>Gallinago andino</i>	Becasina de la Puna
Laridae	<i>Larus</i>	<i>Larus serranus</i>	Gaviota andina
Columbidae	<i>Columba</i>	<i>Columba moculosa</i>	Paloma moteada
	<i>Columba</i>	<i>Columba fasciata albilinea</i>	Paloma torcaza
	<i>Zenaida</i>	<i>Zenaida auriculata</i>	Rabiblanca, urpi
	<i>Metropelia</i>	<i>Metriopelia ceciliae</i>	Palomita cascabelita
	<i>Metropelia</i>	<i>Metropelia melanoptera</i>	Tortola cordillerano
Psittacidae	<i>Bolborhynchus</i>	<i>Bolborhynchus orbyginesius</i>	K'alla loro
Cuculidae	<i>Crotophaga</i>	<i>Crotophaga ani</i>	Garrapatero ani
Strigidae	<i>Athene</i>	<i>Athene cunicularia</i>	Lechuzita terrestre
Apodidae	<i>Streptoprocne</i>	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo acollarado
	<i>Aeronutes</i>	<i>Aeroncutes andecolus</i>	Vencejo andino
Trochilidae	<i>Colibri</i>	<i>Colibri coruscans</i>	Colibri rutilante
	<i>Leucippus</i>	<i>Leucippus chionogaster</i>	Colibri ventriblanco
	<i>Patagona</i>	<i>Patagona gigas</i>	Colibri gigante
	<i>Lesbia</i>	<i>Lesbia nuna</i>	Colibri colilargo
	<i>Oreonympha</i>	<i>Oreonympha nobilis</i>	Colibri noble
Picidae	<i>Colaptes</i>	<i>Colaptes rupicola</i>	Carpintero andino, pito
Furnaridae	<i>Geossitta</i>	<i>Geossitta cunicularia</i>	Pampero común
	<i>Cinclodes</i>	<i>Cinclodes fuscus</i>	Churrete castaño

	<i>Phleocryptos</i>	<i>Phleocryptos melanops</i>	Junquero
	<i>Asthenes</i>	<i>Asthenes ottonii</i>	Canastero peruano
Tyrannidae	<i>Elaenia</i>	<i>Elaenia albiceps</i>	Fio
	<i>Tachuris</i>	<i>Tachuris rubigastra</i>	Siete colores de la totora
	<i>Ochthoeca</i>	<i>Ochthoeca leucophrys</i>	Pitajo cejiblanca
	<i>Muscisaxicola</i>	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	Dormilona chica
	<i>Muscisaxicola</i>	<i>muscisaxicola rufivertex</i>	Dormilona nuca roja
Hirundinidae	<i>Pygochelidon</i>	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina azul
	<i>Hirundo</i>	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta
Turdidae	<i>Turdus</i>	<i>Turdus chiguanco</i>	Tordo, chiguaco
Troglodytidae	<i>Troglodytes</i>	<i>Troglodytes aedon</i>	Checcollo, cucarachero
Icteridae	<i>Pezites</i>	<i>Pezites militaries bellicosa</i>	Guanchaco
Thraupidae	<i>Thraupis</i>	<i>Thraupis palmarum</i>	Utallake
	<i>Thraupis</i>	<i>Thraupis bonariensis</i>	Naranjero, utallake
Fringillidae	<i>Carduelis</i>	<i>Carduelis magellanica</i>	Chaiña, jilguero
	<i>Pheuticus</i>	<i>Pheuticus chrysopeplus</i>	Tuya
	<i>Prygilus</i>	<i>Prygilus plebejus</i>	Plomito
	<i>Prygilus</i>	<i>Prygilus fruticeti</i>	Fringilo pecho negro
	<i>Saltator</i>	<i>Saltator aurantirostris</i>	Ppiscaca

Fuente: Extraído de Ficha Técnica Informativa FIR, 2006

Anexo 27. Listado de mamíferos del Humedal Lucre - Huacarpay

MAMIFEROS			
FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMUN
Caviidae	<i>Cavia</i>	<i>Cavia schudii</i>	Poronccoe
Mustelidae	<i>Mustela</i>	<i>Mustela frenata</i>	Comadreja
Mustelidae	<i>Conepatus</i>	<i>Conepatus rex</i>	Zorrino
Felidae	<i>Felis</i>	<i>Felis concolor</i>	Puma
Canidae	<i>Pseudalopex</i>	<i>Pseudalopes culpaeus</i>	Zorro
Cervidae	<i>Odocoileus</i>	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado, taruca
Cervidae	<i>Hippocamelus</i>	<i>Hippocamelus antisensis</i>	Venado, taruca
Didelphidae	<i>Didelphis</i>	<i>Didelphis azarae</i>	Raposa, uncaca

Fuente: Extraído de Ficha Técnica Informativa FIR, 2006