

**UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**

FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“CUANTIFICACIÓN DE LAS RESERVAS TOTALES DE CARBONO
EN EL HUMEDAL MARCA CUNCA, DISTRITO DE COTAPARACO -
PROVINCIA DE RECUAY – ANCASH, 2022”**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

Tesista: Br. **Velásquez Alejandro David Daniel**

Asesor: Dr. **Hidalgo Camarena Prudencio Celso.**

Huaraz – Perú

2023





“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS

Los miembros del Jurado Evaluador de Tesis, en pleno que suscriben, reunidos el día veintitrés de octubre del dos mil veintitrés, en el Auditorium de la Facultad de Ciencias del Ambiente (FCAM) de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), de conformidad a la normatividad vigente condujeron el acto académico público de sustentación y defensa de la tesis **“CUANTIFICACIÓN DE LAS RESERVAS TOTALES DE CARBONO EN EL HUMEDAL MARCA CUNCA, DISTRITO DE COTAPARACO, PROVINCIA DE RECUAY – ANCASH, 2022”** que presentó **VELASQUEZ ALEJANDRO DAVID DANIEL**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental**.

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

..... *Aprobado*

Con el calificativo de: *Dieciséis (16)*

En consecuencia, **VELASQUEZ ALEJANDRO DAVID DANIEL**, queda expedito para que el Consejo de Facultad de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo” apruebe el otorgamiento de su **Título Profesional de Ingeniero Ambiental** de conformidad al Art. 113 numeral 113.9 del Reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° y 4ta. disposición complementaria del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 761-2017-UNASAM).

Huaraz, 23 de octubre 2023



Dr. EDWIN JULIO PALOMINO CADENAS
Presidente
Jurado de sustentación



Dra. BHENY JANETT TUYA CERNA
Primer miembro
Jurado de sustentación



M.Sc. RICARDO RAY VILLANUEVA RAMIREZ
Segundo miembro
Jurado de sustentación



Dr. P. CELSO HIDALGO CAMARENA
Asesor de tesista

ANEXO 1

INFORME DE SIMILITUD.

El que suscribe (asesor) del trabajo de investigación titulado:

CUANTIFICACIÓN DE LAS RESERVAS TOTALES DE CARBONO EN EL HUMEDAL MARCA CUNCA, DISTRITO DE COTAPARACO - PROVINCIA DE RECUAY – ANCASH, 2022

Presentado por: Bach. David Daniel Velasquez Alejandro

con DNI N°: 72890208

para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

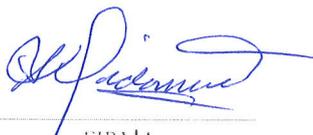
Informo que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo II° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de : 6%..... de similitud.

Evaluación y acciones del reporte de similitud de los trabajos de los estudiantes/ tesis de pre grado (Art. II, inc. I).

Porcentaje		Evaluación y acciones	Seleccione donde corresponda
Trabajos de estudiantes	Tesis de pregrado		
Del 1 al 30%	Del 1 al 25%	Esta dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso.	<input checked="" type="radio"/>
Del 31 al 50%	Del 26 al 50%	Se debe devolver al estudiante o egresado para las correcciones con las sugerencias que amerita y que se presente nuevamente el trabajo.	<input type="radio"/>
Mayores a 51%	Mayores a 51%	El docente o asesor que es el responsable de la revisión del documento emite un informe y el autor recibe una observación en un primer momento y si persistiese el trabajo es invalidado.	<input type="radio"/>

Por tanto, en mi condición de Asesor/ Jefe de Grados y Títulos de la EPG UNASAM/ Director o Editor responsable, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software anti-plagio.

Huaraz, 01/12/2023



FIRMA

Apellidos y Nombres: Prudencio Celso Hidalgo Camarena

DNI N°: 31671118

Se adjunta:

1. Reporte completo Generado por la plataforma de evaluación de similitud



CONSTANCIA **08-2024-UI-FCAM-UNASAM** EVALUACIÓN DE SIMILITUD

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo hace constar que:
La versión final de la tesis **“CUANTIFICACIÓN DE LAS RESERVAS TOTALES DE CARBONO EN EL HUMEDAL MARCA CUNCA, DISTRITO DE COTAPARACO - PROVINCIA DE RECUAY – ANCASH, 2022”** del señor **VELASQUEZ ALEJANDRO DAVID DANIEL**, identificado con **DNI N° 72890208**, tras ser sometido a revisión mediante la plataforma de evaluación de similitud por su asesor el Dr. **Hidalgo Camarena Prudencio Celso** conforme el Artículo 11° del Reglamento de Originalidad y/o Grado de Similitud de la Producción Académica, Científica e Investigativa de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Resolución de Consejo Universitario N° 126-2022-UNASAM, tiene una **similitud del 6%**.

Se expide la presente constancia, a solicitud del interesado para los fines que estime pertinente.

Huaraz, **16 de enero de 2024**.




Ph.D Edwin Anibal Loarte Cadenas
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACION
FCAM - UNASAM

CC. Archivo
Adjunto: Informe de similitud antiplagio de su Asesor

DEDICATORIA

A mi madre Nivia, por su constante confianza y apoyo en mi vida, a mis queridos abuelos Cátedro y Amira que con cariño y amor brindado desde mi infancia supieron inculcarme a salir adelante, a mis tíos por sus consejos y buenos deseos que siempre me brindaron, a dios y Santa Rosa por guiar mi sendero de luz.



AGRADECIMIENTOS

A mi alma máter la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo y a la Facultad de Ciencias del Ambiente que fueron parte importante en mi formación y a mis docentes por sus enseñanzas impartidas a lo largo de esta etapa académica.



RESUMEN

Cuantificar la cantidad de carbono almacenado en los humedales permite entender su papel en el ciclo global del carbono y en la regulación del cambio climático, por lo que se plantea ¿Cuál es el volumen de las reservas totales de carbono en el humedal Marca Cunca, distrito de Cotaparaco - provincia de Recuay – Áncash, 2022?. El objetivo de este estudio fue, cuantificar las reservas totales de carbono en el humedal Marca Cunca, distrito de Cotaparaco - provincia de Recuay – Áncash, 2022. La investigación se basó en una metodología descriptiva, tomando como referencia la metodología desarrollada por el ICRAF. Los resultados que se encontraron fueron que en el humedal es dominante *Distichia muscoides*, el NDVI con valor de 0.1, sugiere un estado de la vegetación entre plantas muertas y enfermas, con cambios anormales vegetativos. La biomasa aérea concentra; 32.90 toneladas por hectárea (t/ha) de carbono para la biomasa arbustiva/herbácea y 55.99 t/ha para la biomasa de la hojarasca, la biomasa subterránea 144.34 toneladas por hectárea (T/ha) y el suelo 301.78 T/ha en el suelo. Se concluyó que, las reservas totales de carbono en el humedal Marca Cunca fueron de 104.95 toneladas por hectárea (t/ha) para la biomasa total vegetal y 406.73 t/ha para el carbono total del bofedal, sintetizando que el volumen de las reservas totales de carbono del bofedal constituyen grandes reservas netas de carbono orgánico para ser considerado como sumidero de carbono.

Palabras clave: Carbono orgánico, Humedal, concentración de carbono.

ABSTRACT

Quantifying the amount of carbon stored in wetlands helps understand their role in the global carbon cycle and in the regulation of climate change. Therefore, the question arises, "What is the volume of total carbon reserves in the Marca Cunca wetland, Cotaparaco district, Recuay province, Ancash, 2022?" The objective of this study was to quantify the total carbon reserves in the Marca Cunca wetland, Cotaparaco district, Recuay province, Ancash, in 2022. The research was based on a descriptive methodology, referencing the methodology developed by ICRAF. The results showed that the dominant vegetation in the wetland is *Distichia muscoides*, with an NDVI value of 0.1, suggesting a state of vegetation between dead and unhealthy plants with abnormal vegetative changes. Above-ground biomass consists of 32.90 tons per hectare (t/ha) of carbon for shrub/herbaceous biomass and 55.99 t/ha for litter biomass, while below-ground biomass is 144.34 tons per hectare (T/ha) and the soil contains 301.78 T/ha of carbon. It was concluded that the total carbon reserves in the Marca Cunca wetland were 104.95 tons per hectare (t/ha) for the total plant biomass and 406.73 t/ha for the total bog carbon, indicating that the volume of total carbon reserves in the bog represents significant net reserves of organic carbon and can be considered as a carbon sink.

Keywords: Organic carbon, Wetland, carbon concentration.

CONTENIDO

Contenido	pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Resumen	iv
Abstract	v
Lista de figuras	vii
Lista de Tablas	viii
Lista de Anexos	ix
I. Introducción	1
1.1. Objetivos	4
1.2. Hipótesis	5
1.3. Variables	5
1.3.1. Cuadro de Operacionalización de las Variables:	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.1.1. Antecedentes internacionales	7
2.1.2. Antecedentes nacionales	8
2.1.3. Antecedentes locales	11
2.2. Bases teóricas de la investigación	13
2.2.1. Cambio climático	13
2.2.2. Ciclo de carbono	19
2.3. Definición de términos básicos	23
3. MARCO METODOLÓGICO	26
3.1. Tipo y diseño de investigación	26
3.2. Métodos o técnicas	28
3.3. Población y muestra	28
3.4. Instrumentos validados de recolección de datos	35
3.5. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información	38
4. RESULTADOS	41
5. DISCUSION DE RESULTADOS	52
6. CONCLUSIONES	59
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	60
ANEXOS	52

LISTA DE FIGURAS

CONTENIDO	pág.
Figura 1. Diseño metodológico	27
Figura 2. Mapa de ubicación de la zona de estudio	29
Figura 3. Mapa de transectos de la zona de estudio	32
Figura 4. Mapa de transectos y parcelas del Humedal	33
Figura 5. Delimitación de parcela dentro del Humedal	34
Figura 6. Cuadrantes dentro de la parcela	34
Figura 7. Metodología ICRAF	37
Figura 8. Mapa de cobertura vegetal permanente	38
Figura 9. Flora identificada en el área de estudio y área de estudio	42
Figura 10. Mapa de NVDI del lugar de estudio	45

LISTA DE TABLAS

CONTENIDO	pág.
Tabla 1. Cuadro de operacionalización de variables	6
Tabla 2. Cuadro de coordenadas UTM del área de estudio	30
Tabla 3. Cuadro de coordenadas de los centroides de los 05 transectos	31
Tabla 4. Cuadro de coordenadas de las cinco parcelas de estudio	32
Tabla 5. Identificación de flora dentro del área de estudio	41
Tabla 6. Concentración de biomasa arbustiva/herbácea y hojarasca	46
Tabla 7. Calculo de la biomasa de hojarasca	47
Tabla 8. Concentración de biomasa subterránea	47
Tabla 9. Densidad aparente para el suelo	48
Tabla 10. Peso del volumen por horizonte de muestreo	49
Tabla 11. Concentración de carbono en el suelo	50
Tabla 12. Concentración de carbono en la biomasa vegetal	51
Tabla 13. Concentración de carbono total dentro del área de estudio	51

LISTA DE ANEXOS

CONTENIDO	pág.
ANEXO 1. Matriz de consistencia	52
ANEXO 2. Resultados de laboratorio	67
ANEXO 3. Planos del Lugar	72
ANEXO 4. Registro fotográfico	75



1. INTRODUCCIÓN

La mitigación del cambio climático es esencial para abordar el calentamiento global y sus impactos negativos. Implica implementar estrategias y medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), responsables del atrapamiento del calor en la atmósfera y del consecuente aumento de la temperatura global.

En el Perú, el valor potencial de los pastizales naturales altoandinos como ecosistemas fijadores de carbono no ha sido completamente comprendido, aunque investigaciones previas sugieren una posible relación entre la biodiversidad y el secuestro de carbono (Márquez, 2002). Estos ecosistemas también son de gran importancia debido a su papel como fuente básica de alimentos y proteínas, así como a su contribución a la producción primaria y secundaria, protección de cuencas hídricas, hábitat para la fauna silvestre, conservación del suelo, suministro de combustible y banco de germoplasma, entre otros valiosos servicios ecosistémicos (Ávila, 2013).

Los humedales desempeñan un papel fundamental en la mitigación del cambio climático (Choque, 2021). Estos ecosistemas, que incluyen pantanos, marismas, turberas y manglares, almacenan grandes cantidades de carbono en sus suelos y vegetación, representando aproximadamente el 20% del carbono total almacenado en la biósfera terrestre. El proceso de captura y almacenamiento de carbono, conocido como "secuestro de carbono", convierte a los humedales en importantes sumideros naturales de carbono.

Es crucial, por tanto, conservar y restaurar los humedales para preservar sus depósitos de carbono y seguir beneficiándonos de su capacidad para mitigar el cambio climático. Además de su papel en la mitigación, los humedales brindan una amplia gama de servicios ecosistémicos vitales, incluida la protección contra inundaciones, la mejora de la calidad del agua, el hábitat para la biodiversidad y el bienestar recreativo para las comunidades locales.

En función a lo detallado anteriormente, los humedales altoandinos, como el mencionado, son particularmente vulnerables debido a su ubicación en áreas montañosas y a la presión antropogénica a la que están expuestos (Mora & Andrade, 2019). El crecimiento de la población, el desarrollo económico y la explotación ganadera y minera ejercen una carga significativa sobre estos frágiles ecosistemas. La rápida degradación y desaparición de los humedales altoandinos pueden tener efectos devastadores tanto para la biodiversidad como para la regulación del clima regional y global.

El estudio propuesto se justifica al proporcionar información crucial sobre las reservas totales de carbono en los ecosistemas de humedales y resaltar su servicio ecosistémico como fijadores de carbono, con especial atención en el CO₂ y su contribución al cambio climático. Además, se aborda la problemática de la degradación del ecosistema andino, que está vinculada al modelo de organización al interior de las comunidades, la política de tenencia de la tierra y el gobierno. Se ha observado que las peores condiciones ecológicas corresponden a los niveles más elementales de organización y economías de subsistencia (Recharte et al, 2009). El sobrepastoreo y

la falta de prácticas adecuadas de manejo en los pastizales altoandinos parecen ser factores que afectan su ecosistema.

Además la investigación se justifica de la siguiente manera; la cuantificación de las reservas totales de carbono en este humedal permitirá entender su capacidad como sumidero de carbono y su contribución en la mitigación del cambio climático. Esto proporcionará información valiosa para el diseño de estrategias de conservación y manejo sostenible del humedal, asegurando la protección de sus recursos naturales y servicios ecosistémicos para las generaciones presentes y futuras.

La implementación metodológica puede sentar un precedente para futuros estudios similares en otros humedales de la región y del país, contribuyendo así a la generación de conocimiento científico aplicado a la conservación del medio ambiente. Además los resultados obtenidos pueden contribuir a la base teórica existente y aportar a la comprensión de los ecosistemas de humedales como reguladores del clima y conservadores de carbono.

Además, los resultados de esta investigación serán de gran relevancia para la comunidad local, ya que les proporcionará información sobre el valor y la importancia de este humedal en términos de mitigación del cambio climático y de provisión de servicios ecosistémicos. Además, la investigación puede involucrar la participación activa de la comunidad en el proceso, promoviendo el conocimiento y la conciencia ambiental entre los pobladores locales. Asimismo, los resultados pueden ser utilizados para respaldar la toma de decisiones a nivel gubernamental y para la implementación de políticas de conservación y desarrollo sostenible en la región.

Por lo tanto, proteger los humedales y su valioso almacenamiento de carbono es fundamental para abordar el cambio climático y preservar la salud de nuestro planeta. La conservación de estos ecosistemas debe ser una prioridad en las agendas ambientales y de desarrollo, para garantizar la sostenibilidad y el bienestar de las generaciones presentes y futuras. La investigación propuesta proporcionará información valiosa que respaldará la toma de decisiones informadas y la implementación de estrategias efectivas de conservación y protección de estos importantes ecosistemas altoandinos. Por tanto se plantea como problema, ¿Cuál es el volumen de las reservas totales de carbono en el humedal Marca Cunca, distrito de Cotaparaco - provincia de Recuay – Áncash, 2022?

1.1. Objetivos

- Objetivo general
 - Cuantificar las reservas totales de carbono en el humedal Marca Cunca, distrito de Cotaparaco - provincia de Recuay – Áncash, 2022.
- Objetivos específicos
 - Describir las características del humedal Marca Cunca, distrito de Cotaparaco - provincia de Recuay – Áncash.
 - Cuantificar la concentración de carbono en la biomasa aérea del humedal Marca Cunca.
 - Cuantificar la concentración de carbono de la biomasa subterránea del humedal Marca Cunca.
 - Cuantificar la concentración de carbono en el suelo.

1.2. Hipótesis

- H0: El volumen de las reservas totales de carbono del bofedal es inferior a las 250 t/ha, constituyendo grandes reservas netas de carbono orgánico para ser considerado como sumidero de carbono.

- H1: El volumen de las reservas totales de carbono del bofedal es superior a las 250 t/ha, constituyendo grandes reservas netas de carbono orgánico para ser considerado como sumidero de carbono.

1.3. Variables

Para fines de nuestra investigación se tomará como variables:

- Variable independiente
 - o Características del humedal

- Variable dependiente
 - o Reservas totales de carbono.

1.3.1. Cuadro de Operacionalización de las Variables:

Tabla 1

Cuadro de operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.					
VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
- Características del humedal	- zona de tierra, generalmente plana, cuya superficie se inunda de manera permanente o intermitente. Regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan (Mendoza, 2020).	- Son particularidades distintivas relacionadas al lugar que se toman en cuenta para describir el humedal siendo estas; a flora, cobertura existente, presencia de hojarasca.	- Características del humedal	- Flora en el humedal -Cobertura existente -Presencia de hojarasca - NDVI	-Análisis documental, antecedentes, inventario de flora de ecosistemas similares
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
- Reservas totales de carbono	- Es el carbono total o carbono real que se puede contener sobre el suelo, sumideros y vegetación en el área total de estudios (Aponte, 2021).	- Es la determinación de carbono en laboratorio mediante el secado de biomasa y cuantificación en laboratorio.	- Volumen total de carbono almacenado en la extensión total en hectáreas del área de estudio	- Carbono de la biomasa herbácea - Carbono de la biomasa de hojarasca - Carbono de la biomasa de raíces - Carbono del suelo	Aplicación de metodología estandarizada del ICRAF.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Moreno., et al (2010) estimaron el potencial de captura de carbono, evaluando el suelo del ecosistema de manglar de las Islas del Carmen. El procedimiento consistió en realizar seis muestreos considerando dos profundidades de suelo (30 y 60cm) y tres periodos climáticos (estación de “Nortes”, estación seca y estación lluviosa). Finalmente, evidenciaron que el carbono almacenado fue más alto en suelos inundados con vegetación dominante de mangle rojo, así mismo los contenidos de materia orgánica y de carbono orgánico fueron más altos a 30cm de profundidad.

Según la Convención Ramsar (1972), los humedales sirven de sumideros de carbono y la degradación de los humedales liberará grandes cantidades de dióxido de carbono contribuyendo al aumento de la temperatura mundial. En el Perú, existen 10 humedales protegidos por la Convención Ramsar. Los humedales que, en los términos en que los definía la Convención de Ramsar, comprendían los ecosistemas costeros y marinos, como los arrecifes de coral, las praderas de pastos marinos y los manglares, aportaban también servicios y beneficios inapreciables a las poblaciones humanas de todo el mundo, incluida la regulación del clima mundial y local. La flora y la fauna de los humedales costeros solían responder a pequeños cambios permanentes en los niveles del agua. Con todo, el grado en que podían adaptarse a estos cambios dependía en gran medida de la capacidad de las especies de ‘migrar’ a otras zonas. El aumento de los niveles del mar forzaría probablemente a los sistemas de humedales a migrar tierra adentro. Con todo, era posible que la ruta migratoria

estuviera obstruida por usos del suelo tierra adentro o que la capacidad de estos sistemas no bastara para migrar a tiempo para sobrevivir.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Medrano, Chupan & Vila (2012), evaluaron la cantidad de carbono que almacenaban las especies de flora predominantes en tres ecosistemas (totoral, pajonal y bofedal) del lago Chinchaycocha. Para ello, tomaron muestras de la biomasa aérea, radicular y suelo, y determinaron el contenido de carbono en cada uno de ellos. Los resultados revelaron que *Schoenoplectus californicus* Var. *Tatora* almacenaba 30.65 tC/ha y *Juncus articus* Var. *Andicola* 8.70 tC/ha, siendo las especies que almacenaban mayor carbono en los totorales. Mientras que, *Deyeuxia recta* Kunth almacenaba 15.43 tC/ha, siendo la predominante en el pajonal. Por su parte, las especies del bofedal sumaban un total de 6.46 tC/ha. Finalmente, el carbono almacenado en el suelo fue de 774.76 tC/ha en pajonales y 684.58 tC/ha en bofedales.

Palomino (2007), estimó el servicio ambiental de captura del CO₂ en diferentes especies de flora predominante y de valor artesanal de los Humedales de Puerto Viejo del distrito de San Antonio – Cañete. Para ello empleó la metodología desarrollada por el ICRAF para cuantificar el carbono almacenado. En sus resultados indicó que, la “tatora” (*Schoenoplectus californicus*) realizaba la mayor captación de CO₂ con 73.7 t CO₂/ha, seguido por el “junco” (*Scirpus americanus*) que captó 40.6 t CO₂/ha, la “grama salada” (*Paspalum vaginatum*) con 40.4 t CO₂/ha y la menor captación se dio en la “salicornia” (*Salicornia fruticosa*) con solo 12.1 t CO₂/ha.

León (2016) determinó la condición para pastoreo, evaluó la composición florística y estimó la cantidad de C así como la calidad de materia orgánica

almacenada en el suelo de 9 bofedales en las regiones de Ancash, Arequipa, Huancavelica y Puno. La condición para pastoreo y la composición florística fue evaluada a través del método Parker, así mismo el porcentaje de materia orgánica fue evaluado con el método de Walkey y Black y la calidad se evaluó a través de la metodología de Kononova. Los resultados indicaron que los bofedales evaluados en su mayoría eran de condición buena y regular, ya que presentaban mayor cantidad de plantas deseables y poco deseables. En los bofedales de mejor condición se encontró menor cantidad de C almacenado pero mayor calidad de la materia orgánica.

Chambi (2001), en su estudio valoración económica de captura de carbono mediante simulación aplicada a la zona boscosa del río Inambari y Madre de Dios, comprendió las zonas boscosas de Madre de Dios, Norte de Puno y Quispincanchis de Cuzco, donde la superficie total del área estudiada era de 2,448,000 has. La determinación del secuestro potencial de carbono involucró la estimación de la biomasa acumulada de los diferentes componentes de bosque, estimándose solo la biomasa por encima del suelo. Utilizaron una metodología aplicada para su investigación desarrollada por la Fundación Solar (Guatemala 2000).

Baldoceda (2001), en su estudio valoración económica del servicio ambiental de captura de CO₂ en la Zona de Neshuya - Curimana-Pucallpa. El estudio comprendió todo el asentamiento rural de la carretera Neshuya – Curimana donde se encontraban asentadas 350 familias, cuya actividad principal era la agricultura. La metodología seguida fue de acuerdo al protocolo de levantamiento de vegetación en bosques secundarios, hecho por el Centro

Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Concluyeron que la tasa de secuestro promedio para la zona fue de 9.26 t C ha/año.

Guzmán (2004), en su estudio valoración económica de beneficios ambientales en el manejo sostenible de humedales, realizó un estudio de caso del manejo sostenible de los sistemas de “Aguajal” en la comunidad de Parinari, Reserva Nacional Pacaya Samiria. Desarrollado en la Amazonía Peruana, los humedales ocupaban una superficie de 13,908,807 Ha, la base conceptual se sustentó en el valor de los beneficios ambientales por el desarrollo de prácticas sostenibles (a través del manejo y la no tala de aguajes). La metodología estuvo centrada en determinar por diferencia el beneficio del manejo sostenible en los ecosistemas de aguajal. Concluyeron que los ecosistemas de aguajal estaban proporcionando los más altos beneficios por captura de carbono que cualquier otro ecosistema, siendo el suelo el componente de mayor almacenamiento de carbono presentando (532-631 t/ha).

Maldonado (2015), en su estudio introducción a los bofedales de la región altoandina peruana. Encontró que *Distichia muscoides*, *Plantago rigida*, estaban presentes en bofedales Ancashinos, además destacó otra tercera especie que era *Distichia filamentosa*; no obstante también destacó la crianza de animales en la puna de Áncash.

León (2016), en su estudio reserva de carbono en bofedales y su relación con la florística y condición del pastizal. Encontró como resultados, que las plantas que más destacaban en bofedales eran *Distichia muscoides*, *Plantago tubulosa*, *Alchemilla diplophylla* y *Werneria Pygmaea*, además destacó que los bofedales en Ancash provenían de depósitos fluvioglaciales; que presentaban

condiciones climáticas y perfiles de suelo semejantes, almacenando entre 185 a 233 t C/ha.

2.1.3. Antecedentes locales

Hidalgo, Espinoza, & Tuya (2011), en su estudio determinaron las reservas de carbono del Humedal de Yanayacu (Cátac, Ancash), así mismo estimaron el valor económico de las mismas. Para ello, emplearon la metodología ICRAF para establecer las parcelas de muestreo y cuantificar el carbono almacenado en la biomasa arbustiva/herbácea, hojarasca y suelo. Los resultados revelaron la existencia de 27.67 tC/ha en la biomasa vegetal y 680.80 tC/ha en el suelo, de esta manera el carbono orgánico total almacenado en el humedal de Yanayacu fue 708.47 tC/ha. Finalmente, reportaron el secuestro de 3,139.41 tC gestionable (equivalente a 11,479.46 toneladas de CO₂), con una valoración económica equivalente a US \$ 41,189.02/año por el servicio ambiental de captura de carbono.

Tacarpo (2018), determinó que existe un alto potencial de captura de carbono en el suelo del bosque de la Comunidad Campesina de Tumpa en relación con las otras fuentes, en el que se ha calculado una concentración de 217.177 tC/ha a 0.50 metros de profundidad y de 383.800 tC/ha a 1.0 metro de profundidad; por ello es la fuente más importante para el almacenamiento de carbono en el sistema forestal estudiado. Donde, la concentración total de carbono en la biomasa vegetal y en el suelo del área de estudio fue del orden de 383.800 tC/ha., lo que evidencia un alto potencial de reservas de carbono en el bosque natural de la parte alta de la Comunidad Campesina de Tumpa.

Mita (2020), evaluó la captura de carbono en los bofedales de la laguna de conococha en base a la especie de flora predominante del área de estudio-provincia de Recuay-departamento de Ancash–2018. Encontró en un área de bofedal que se caracteriza por la presencia de *Distichia filamentosa*, encontrando porcentajes de carbono orgánico en suelo de 5.9% y almacenamiento en suelo de 330.87 t/ha y carbono vegetal de 63.14 t/ha; haciendo un total de 394.01 t/ha.

2.2. Bases teóricas de la investigación

2.2.1. Teoría de la formación de los humedales

Los humedales se forman en una amplia gama de paisajes en respuesta al desarrollo de formas terrestres en escalas de tiempo prolongadas. Desde esta perspectiva, la estructura física general y la hidrología de los humedales están determinadas por factores climáticos y geomorfológicos (Job, & Sieben, 2022). Estos proporcionan el marco para múltiples procesos e interacciones hidrológicas, fisicoquímicas y bióticas locales, el reconocimiento inadecuado del origen de los humedales y los procesos geomórficos puede resultar en acciones de manejo que van en contra de los procesos naturales, lo que lleva a una degradación lenta a largo plazo o a consecuencias repentinas y potencialmente desastrosas (Fernandez, Escaff, & Cisternas, 2019). La incorporación del conocimiento geomórfico del origen de los humedales y la comprensión de los humedales desde una perspectiva geomórfica puede mejorar nuestra capacidad para interpretar y predecir cambios y complementar la evaluación de los procesos naturales dentro de los humedales.

- **Teoría hidrológica:** esta teoría sugiere que la presencia de agua es el factor principal en la formación de los humedales. Los humedales se desarrollan en áreas donde el agua se acumula y se mantiene en el suelo durante un período prolongado, creando condiciones húmedas o saturadas. Esto puede ocurrir debido a factores como la topografía del terreno, la presencia de acuíferos subterráneos o el régimen de precipitaciones (Polk, Young, Cano, & León, 2019).

- **Teoría climática:** El clima juega un papel esencial en la formación de los humedales. En regiones con altos niveles de precipitación, la acumulación de agua en el suelo es más probable, lo que facilita la creación de humedales. Además, la temperatura y la humedad influyen en la vegetación y la vida animal presentes en estos ecosistemas (Fernandez, Escaff, & Cisternas, 2019).
- **Teoría geomorfológica:** Esta teoría se enfoca en la geología y la morfología del paisaje. Los humedales pueden formarse en depresiones naturales creadas por factores como la acción glacial, la erosión o tectonismo. La forma del terreno puede determinar si el agua se acumula y forma un humedal (Job, & Sieben, 2022).
- **Teoría biogeográfica:** Esta teoría se centra en la distribución geográfica de los humedales y cómo las especies de plantas y animales influyen en su formación y evolución. Algunas especies de plantas acuáticas y adaptadas a condiciones húmedas pueden propiciar la formación de humedales, al contribuir a la acumulación de sedimentos y a la retención del agua (Job, & Sieben, 2022).

Es importante destacar que la formación de humedales es un proceso complejo que puede estar influenciado por múltiples factores interrelacionados. Los humedales pueden ser clasificados en diferentes tipos, como marismas, pantanos, turberas y manglares, cada uno con características particulares y su propia historia de formación.

2.2.2. Importancia de los humedales en la captura y almacenamiento de carbono atmosférico

Los humedales son ecosistemas acuáticos que juegan un papel fundamental en la regulación del ciclo del carbono y en la mitigación del cambio climático (Luccini, et al. 2018). Aunque abarcan solo alrededor del 3-4% de la superficie terrestre global, se estima que los humedales almacenan una cantidad desproporcionadamente alta de carbono en comparación con otros tipos de ecosistemas terrestres, la importancia de los humedales en la captura y almacenamiento de carbono atmosférico radica; en la captura y almacenamiento de carbono, donde es importante destacar la biomasa Vegetal, pues estos contienen una gran diversidad de plantas acuáticas y semiacuáticas que acumulan biomasa (Méndez, & Moreno, 2022). Esta biomasa, que incluye raíces, tallos y hojas, actúa como una fuente significativa de almacenamiento de carbono; y los sedimentos acumulados, pues estos tienden a acumular sedimentos ricos en carbono, debido a la descomposición anaeróbica (en ausencia de oxígeno) de la materia orgánica, estos sedimentos pueden llegar a contener cantidades considerables de carbono a lo largo del tiempo (Ore, 2020).

Del mismo modo, es importante en procesos ecológicos clave, como descomposición anaeróbica, donde la falta de oxígeno en el entorno acuático de los humedales conduce a la descomposición anaeróbica de la materia orgánica, lo que ralentiza la liberación de carbono en forma de dióxido de carbono (CO₂), esto permite que el carbono se acumule en el suelo y los sedimentos a lo largo de los años (Montoya, 2019).

También es preponderante en la formación de turba, pues en ciertos tipos de humedales, como los pantanos y las turberas, la acumulación de materia

orgánica no se descompone completamente, en lugar de ello, se acumula en capas de turba, que es un material rico en carbono y de lenta descomposición, estos depósitos de turba pueden almacenar grandes cantidades de carbono durante largos períodos (Sierra, et al, 2020).

También, cumple un rol importante en la mitigación del cambio climático; pues captura CO₂, siendo sumideros naturales de carbono al capturar el dióxido de carbono atmosférico a través del proceso de fotosíntesis de las plantas acuáticas, donde el carbono capturado se almacena en la biomasa y en los sedimentos (Montoya, 2019). Por lo tanto, contribuye con la reducción de emisiones contribuyendo a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y, por lo tanto, al combate del cambio climático.

Por último, contribuye con vulnerabilidad y conservación, donde la pérdida de los humedales y la degradación y destrucción de los humedales, a menudo causada por la conversión de tierras para la agricultura, la urbanización y otros fines, puede liberar grandes cantidades de carbono almacenado en forma de CO₂ a la atmósfera. Esto hace que la conservación de los humedales sea esencial para mantener su papel en la mitigación del cambio climático (Méndez, & Moreno, 2022).

2.2.3. Riesgos del incremento de carbono

El aumento de carbono en la atmósfera, principalmente en forma de dióxido de carbono (CO₂), es uno de los principales factores que contribuyen al cambio climático y sus efectos asociados (Montoya, 2019). A medida que la concentración de carbono en la atmósfera continúa aumentando debido a la quema de combustibles fósiles, la deforestación y otros procesos humanos,

surgen diversos riesgos y desafíos que afectan a los sistemas naturales, la biodiversidad y las sociedades en su conjunto.

De acuerdo con, Ore (2020) se debe de tener en cuenta que los riesgos son; calentamiento global, el derretimiento de glaciares y deshielo de polos, la acidificación de los océanos, los cambios en los patrones de precipitación, el aumento de la concentración de CO₂, el impacto en la biodiversidad, el impacto en la agricultura y seguridad alimentaria, riesgos para la salud humana aumentan con el cambio climático, olas de calor más intensas, la propagación de enfermedades transmitidas por vectores y la alteración de patrones de enfermedades pueden poner en peligro la salud de las poblaciones. Y pérdida de recursos naturales.

2.2.4. Gases de efecto invernadero

Para Luccini, et al. (2018) los gases de efecto invernadero (GEI) son componentes esenciales de la atmósfera terrestre que juegan un papel crucial en la regulación del clima global. Si bien su existencia es natural y necesaria para mantener la temperatura adecuada en la Tierra, la actividad humana ha llevado a un aumento significativo en la concentración de estos gases, lo que provoca efectos perjudiciales en el clima y el medio ambiente. Aquí exploraremos qué son los gases de efecto invernadero, su papel en el cambio climático y algunos ejemplos clave:

Son aquellos compuestos químicos en la atmósfera que tienen la capacidad de absorber y emitir radiación térmica, lo que contribuye a la retención del calor en la Tierra. Esto crea un efecto similar al que ocurre en un invernadero, donde la radiación solar entra pero el calor generado se queda atrapado, manteniendo temperaturas más cálidas.

2.2.5. Cambio climático

Una modificación en el estado del clima que mediante el uso de pruebas estadísticas puede ser identificada por los cambios en la media y/o la variabilidad de sus propiedades y que persiste durante un periodo prolongado, típicamente décadas o más. Este cambio puede deberse a procesos internos naturales, a fuerzas externas o a cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra (IPCC, 2007)

El cambio climático es un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante periodos de tiempo comparables (CMNUCC, 1992).

La variación de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) y aerosoles en la atmósfera, y las variaciones de la cubierta terrestre y de la radiación solar, alteran el equilibrio energético del sistema climático. Las emisiones mundiales de GEI por efecto de actividades humanas han aumentado, desde la era preindustrial, en un 70% entre 1970 y 2004. La mayor parte del aumento observado del promedio mundial de temperatura desde mediados del siglo XX se debe muy probablemente al aumento observado de las concentraciones de GEI antropógenos.⁷ Es probable que se haya experimentado un calentamiento antropógeno apreciable en los últimos cincuenta años, en promedio para cada continente, exceptuada la región antártica (IPCC, 2007).

2.2.6. Ciclo de carbono

El dióxido de carbono (CO₂) es el GEI antropógeno más importante. Sus emisiones anuales aumentaron en torno a un 80% entre 1970 y 2004. La disminución a largo plazo de las emisiones de CO₂ por unidad de energía suministrada invirtió su tendencia a partir del año 2000. El ciclo del carbono es un término utilizado para describir el flujo del carbono (en diversas formas; por ejemplo, como dióxido de carbono) en la atmósfera, los océanos, la biosfera terrestre y la litosfera. (IPCC, 2007).

El ciclo comienza cuando las plantas, a través de la fotosíntesis y utilizando la clorofila como catalizador, emplean el dióxido de carbono que está presente en la atmósfera o disuelto en el agua; al descomponerse el dióxido de carbono, el carbono pasa a ser parte de los tejidos vegetales en forma de hidratos de carbono (glucosa), grasas y proteínas, pues todas las moléculas orgánicas están formadas por cadenas de carbono, mientras que el oxígeno es reintegrado a la atmósfera o al agua mediante la respiración (CICEANA, 2001)

Así, el carbono pasa a los herbívoros que consumen plantas y de ese modo, lo utilizan y degradan en compuestos de carbono. Una parte de estos, se almacena en los tejidos animales de los herbívoros y por medio de la depredación llega a los carnívoros, sin embargo, parte de este carbono es liberado en forma de gas, mediante la respiración de los seres vivos, produciendo de este modo dióxido de carbono. Aunque también cabe mencionar que las actividades volcánicas y los incendios forestales espontáneos, son considerados como emisores de dióxido de carbono a la atmósfera (CICEANA, 2001)

Este ciclo describe los intercambios de carbono entre las cuatro reservas naturales de este elemento, que son: la atmósfera, los océanos, los sedimentos fósiles y la biosfera terrestre, de los cuales depende la regulación del clima en el planeta. El carbono es el cuarto elemento químico más abundante en el universo y forma parte de todas las moléculas orgánicas como la glucosa, las proteínas y los ácidos nucleicos. Este elemento se renueva en la atmósfera cada 20 años gracias a los mecanismos de respiración de las plantas y a la actividad de los microorganismos del suelo. Gracias a la clorofila contenida en las plantas verdes, éstas toman el CO₂ del aire durante la fotosíntesis y posteriormente liberan el oxígeno que lo reemplazará (JRC, 2014).

- **Almacén y Sumidero**

Existen tres tipos de almacenes para el carbono orgánico de ciclo rápido o biológico, de acuerdo con su ubicación respecto a la superficie del suelo: el almacén aéreo es la vegetación, el almacén superficial es el mantillo (hojarasca y capa de fermentación) y el almacén subterráneo lo constituyen el suelo y las raíces de las plantas (JRC, 2014).

Los bosques primarios (nativos) son buenos almacenes de carbono, mas no sumideros, ya que su flujo de carbono con la atmósfera es mínimo; lo contrario ocurre con los bosques secundarios (modificados por el hombre), en los que existe mayor capacidad de conversión de CO₂ atmosférico a biomasa, por encontrarse en crecimiento. El almacén más estable después del océano es el suelo, pero también es el más difícil de incrementar ya que se requiere un tiempo prolongado para conseguirlo. Los almacenes de carbono inorgánico más importantes, constituidos principalmente por carbonatos de calcio (JRC, 2014).

2.2.7. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, NDVI

Es una medida ampliamente utilizada en teledetección y en la monitorización de recursos naturales (Huang, et al, 2021). Fue desarrollado para evaluar la salud y la densidad de la vegetación en una determinada área, y se basa en la información obtenida a partir de imágenes satelitales o aéreas. Se calcula utilizando información de dos tipos de bandas espectrales de luz reflejada; la banda roja y la banda infrarroja cercana (NIR) (Walsh, et al, 2023). Estas bandas se encuentran en el espectro electromagnético y son capturadas por sensores remotos en satélites o aviones. La fórmula para calcular el NDVI es la siguiente:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} + \text{ROJO}}{\text{NIR} - \text{ROJO}}$$

En esta fórmula:

NIR es la reflectancia en la banda infrarroja cercana.

Rojo es la reflectancia en la banda roja.

El resultado del cálculo del NDVI es un valor que varía entre -1 y 1. Los valores negativos cercanos a -1 indican agua o superficies no vegetales, como suelo desnudo o áreas urbanas. Los valores cercanos a 1 representan áreas de vegetación densa y saludable. Los valores intermedios indican diferentes grados de vegetación, desde vegetación escasa o estresada hasta vegetación más densa (Prävālie, et al, 2022).

El NDVI se utiliza en una variedad de aplicaciones, que incluyen; monitoreo de la salud de los cultivos, donde es utilizado para evaluar la salud de los cultivos y tomar decisiones informadas sobre la gestión de la tierra, como la irrigación y la fertilización (Prävālie, et al, 2022). Detección de cambios en el uso

de la tierra; el NDVI se utiliza para rastrear cambios en el uso de la tierra, como la deforestación, la urbanización y la expansión de cultivos. Es este último punto, la razón por la cual se tomó este índice (Walsh, et al, 2023).

En resumen, el NDVI es una herramienta valiosa para evaluar la vegetación y los recursos naturales a lo largo del tiempo y en áreas geográficas extensas, lo que lo convierte en una herramienta esencial en la teledetección y la monitorización ambiental.

2.3. Definición de términos básicos

Atmósfera: Envoltura gaseosa que circunda la Tierra. La atmósfera seca está compuesta casi enteramente por nitrógeno (coeficiente de mezclado volumétrico: 78,1%) y oxígeno (coeficiente de mezclado volumétrico: 20,9%), más cierto número de gases traza, como el argón (coeficiente de mezclado volumétrico: 0,93%), el helio, y ciertos gases de efecto invernadero radiactivamente activos, como el dióxido de carbono (coeficiente de mezclado volumétrico: 0,035%) o el ozono. Además, la atmósfera contiene vapor de agua, que es también un gas de efecto invernadero, en cantidades muy variables, aunque, por lo general, con un coeficiente de mezclado volumétrico de 1% aproximadamente. La atmósfera contiene también nubes y aerosoles (IPCC, 2007).

Biomasa: Masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dado; el material vegetal recientemente muerto suele estar conceptualizado como biomasa muerta. La cantidad de biomasa se expresa mediante su peso en seco o mediante su contenido de energía, de carbono o de nitrógeno (IPCC, 2007).

Clima: El clima se suele definir en sentido restringido como el estado promedio del tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta millares o millones de años. El período de promediación habitual es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial. Las magnitudes

correspondientes son casi siempre variables de superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación o viento). En un sentido más amplio, el clima es el estado del sistema climático en términos tanto clásicos como estadísticos (IPCC, 2007).

Desarrollo sostenible: El concepto de desarrollo sostenible se introdujo por primera vez en la Estrategia Mundial para la Conservación (UICN, 1980), y se asienta en el concepto de sociedad sostenible y en la gestión de los recursos renovables. Fue adoptado por la CMCC en 1987 y por la Conferencia de Río en 1992 como un proceso de cambio que armoniza la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y el cambio institucional, y que acrecienta las posibilidades actuales y futuras de satisfacer las necesidades y aspiraciones de los seres humanos. El desarrollo sostenible integra dimensiones políticas, sociales, económicas y medioambientales (IPCC, 2007).

Dióxido de carbono (CO₂): Gas que existe espontáneamente y también como subproducto del quemado de combustibles fósiles procedentes de depósitos de carbono de origen fósil, como el petróleo, el gas o el carbón, de la quema de biomasa, o de los cambios de uso de la tierra y otros procesos industriales. Es el gas de efecto invernadero antropógeno que más afecta al equilibrio radiactivo de la Tierra. Es también el gas de referencia para la medición de otros gases de efecto invernadero (IPCC, 2007).

Ecosistema: Sistema constituido por organismos vivos que interactúan entre sí y con su entorno físico. Los límites atribuibles a un ecosistema

son en cierta medida arbitrarios, y dependen del aspecto considerado o estudiado. Así, un ecosistema puede abarcar desde escalas espaciales muy pequeñas hasta la totalidad del planeta Tierra (IPCC, 2007).

Forraje: Cualquier parte comestible de una planta o parte de una planta con valor nutritivo y no dañino. Está disponible para los animales en pastoreo (Florez, 2005).

Fotosíntesis: Proceso en virtud del cual las plantas verdes, las algas y ciertas bacterias toman dióxido de carbono del aire (o bicarbonato del agua) para elaborar hidratos de carbono. Hay varias vías de fotosíntesis posibles, con diferentes respuestas a las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera. Véase Fertilización por dióxido de carbono (IPCC, 2007).

Gases de efecto invernadero (GEI): Por "gases de efecto invernadero" se entiende aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y reemiten radiación infrarroja (CMNUCC, 1992).

Humedal: Un humedal es una zona de tierra, generalmente plana, cuya superficie se inunda de manera permanente o intermitente. Al cubrirse regularmente de agua, el suelo se satura, quedando desprovisto de oxígeno y da lugar a un ecosistema híbrido entre los puramente acuáticos y los terrestres. (IPCC, 2007).

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Según su naturaleza profundidad o alcance; descriptiva, ya que el objetivo de la presente investigación consiste en llegar a conocer la situación actual de las reservas totales de carbono en un ecosistema de humedal a través de la descripción exacta. La meta no se limita en la recolección de datos, sino en la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Se recogerán los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, se resumirá y expondrá la información de manera cuidadosa y luego se analizará minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento.

3.1.2. Diseño de investigación

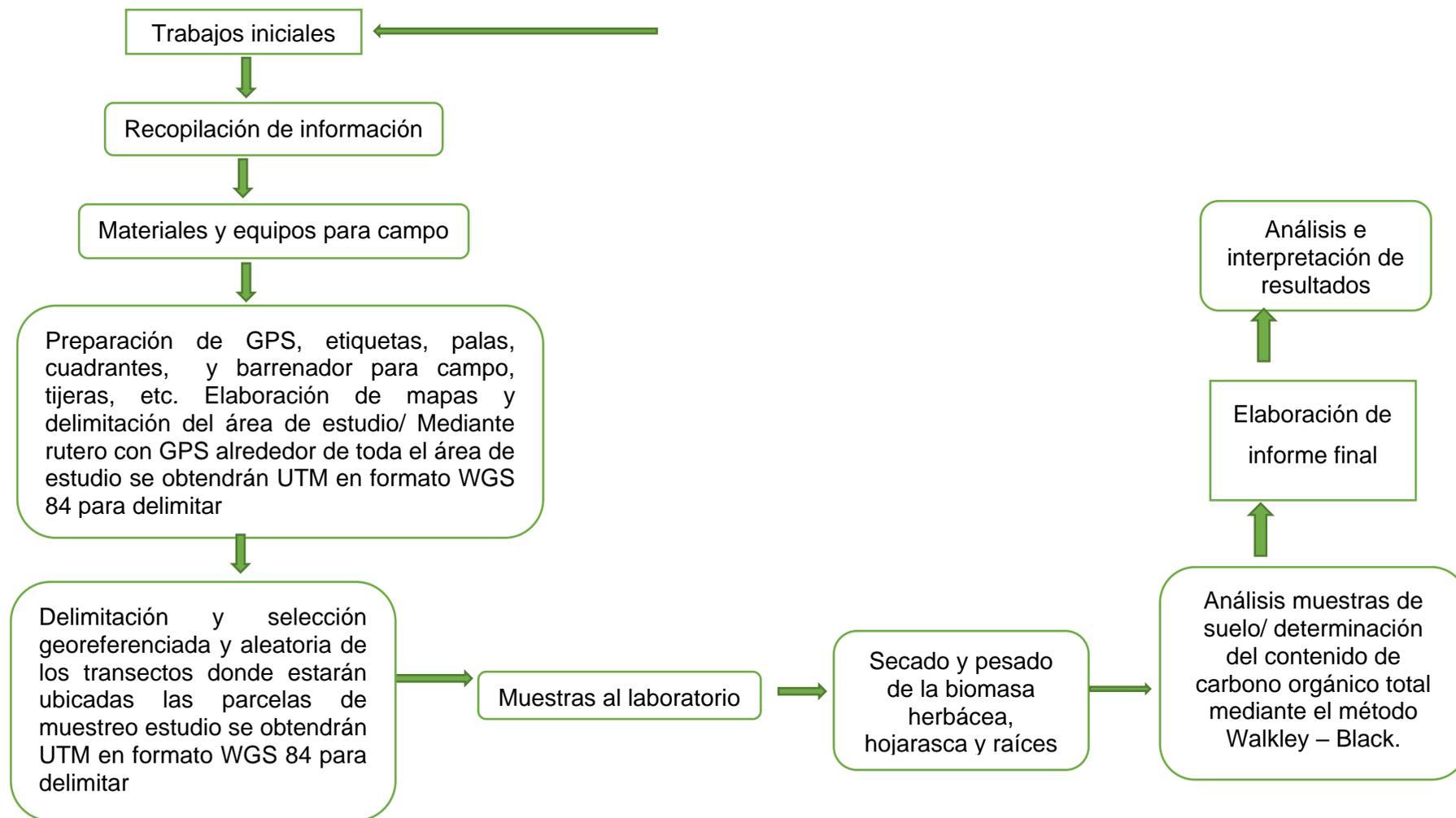
El tipo de diseño es no experimental. Para estimar el potencial de almacenamiento de carbono orgánico en un ecosistema de humedal se analizará la biomasa herbácea, la biomasa de hojarasca, la biomasa de raíces y el suelo.

Por tratarse de una investigación descriptiva, los datos serán obtenidos directamente de la realidad espacio-temporal, lo que permitirá caracterizar y describir las relaciones existentes entre algunas variables y calcular finalmente el carbono almacenado.

Figura 1

Diseño metodológico

Gráfica del diseño metodológico



3.2. Métodos o técnicas

Para cuantificar el carbono de las turberas altoandinas se utilizará la metodología estandarizada desarrollada por el Centro Regional para la Investigación en Agroforestería - ICRAF plasmada en el Manual para la Determinación de las Reservas Totales de Carbono en los diferentes Sistemas de uso de la Tierra en Perú (Arévalo et al., 2003, citado por Palomino, 2007). Esta metodología se basa en la determinación de la biomasa total mediante la toma de muestras de manera destructiva del componente vegetal terrestre en cuadrantes de 1.00 metro de lado que serán establecidos mediante el sistema de muestreo aleatorio simple, así como la hojarasca (Arévalo et al., 2003; Woerner et al., 2000) en cuadrantes de 0.50 metros de lado ubicados dentro de los cuadrantes de 1.00 metro; y en la biomasa subterránea de las raíces en cuadrantes de 0.25 metros de lado que se calcula de manera directa (Palomino y Cabrera, 2007).

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Humedal Marca Cunca de la zona denominada Marca Cunca – Cotaparaco - Recuay, formación del río Llacsha, zona alta de la microcuenca del río Cotaparaco, forma parte de la Cuenca del río Huarmey, de cuya superficie alcanza aproximadamente 25 hectáreas, comprendidas entre los 4395 y 4478 msnm.

El área de estudio será determinada, de acuerdo al estado actual de la zona, ya que anteriormente no se han realizado ningún tipo de investigación referente al tema de estudio que se realizará en este trabajo, para ello se

realizará el reconocimiento en campo tomando las coordenadas UTM WGS 84

18 L.

Figura 2

Mapa de ubicación de la zona de estudio

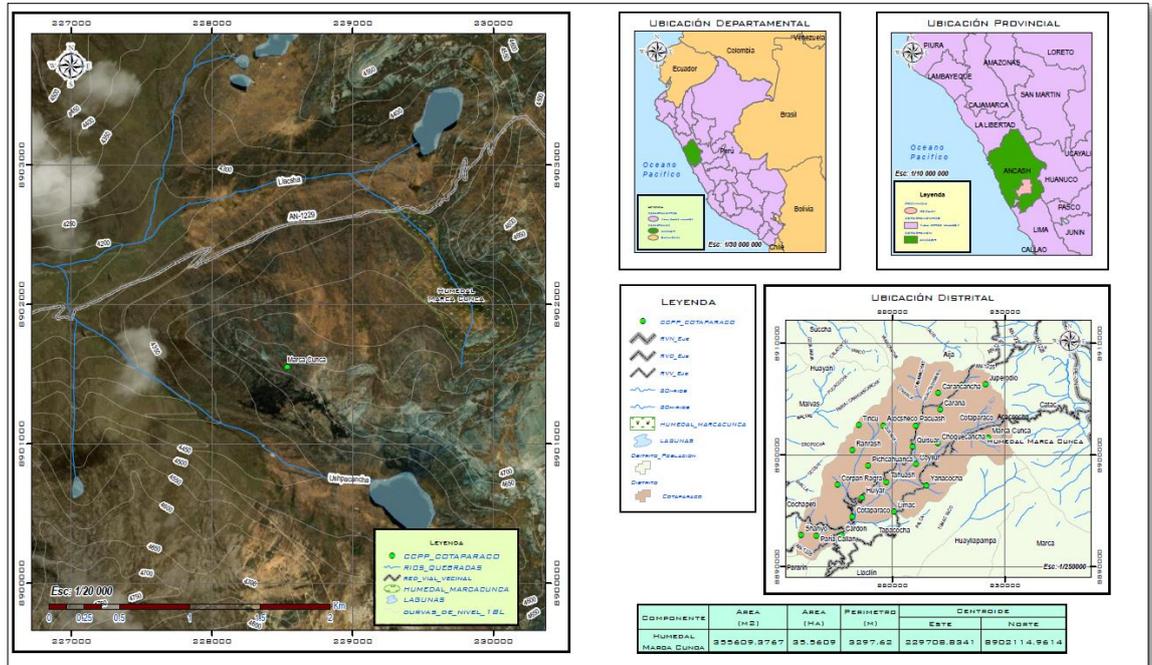


Tabla 2*Cuadro de coordenadas UTM del área de estudio*

VERTICE	LADO	DIST	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 P2	62.32	164° 45' 49"	229596.5207	8902559.1315
P2	P2 P3	123.81	172° 45' 15"	229604.3809	8902497.3100
P3	P3 - P4	153.86	205° 04' 45"	229604.3809	8902373.5048
P4	P4 - P5	121.24	219° 52' 48"	229669.5972	8902234.1513
P5	P5 - P6	67.32	168° 02' 49"	229779.4456	8902182.8329
P6	P6 P7	121.49	208° 23' 51"	229833.2175	8902142.3218
P7	P7 - P8	117.67	154° 17' 31"	229953.3395	8902124.1630
P8	P8 - P9	124.48	161° 51' 20"	230050.5434	8902057.8439
P9	P9 - P10	193.43	15° 54' 60"	230126.4099	8901959.1546
P10	P10 P11	92.92	128° 08' 51"	230158.2277	8901768.3547
P11	P11 - P12	211.77	147° 51' 56"	230095.5863	8901699.7175
P12	P12 - P13	109.12	164° 31' 10"	229891.4966	8901643.1927
P13	P13 P14	159.62	132° 18' 21"	229782.3793	8901643.1927
P14	P14 - P15	169.32	157° 13' 39"	229674.9419	8901761.2408
P15	P15 - P16	103.05	208° 00' 26"	229618.3286	8901920.8170
P16	P16 - P17	165.63	177° 45' 49"	229541.4964	8901989.4953
P17	P17 - P18	50.73	178° 00' 19"	229422.4114	8902104.6114
P18	P18 - P19	50.73	137° 40' 49"	229387.1869	8902141.1178
P19	P18 - P20	120.15	137° 35' 03"	229385.7206	8902191.8261
P20	P20 - P21	79.92	180° 00' 00"	229464 1631	8902282.8327
P21	P21 P22	91.65	242° 00' 33"	229516.3395	8902343.3662
P22	P22 P23	81.59	203° 02' 24"	229483.1214	8902428.7871
P23	P23 - P24	43.68	192° 45' 57"	229426.1499	8902487.1884
P24	P24 - P25	94.35	168° 07' 40"	229389.4900	8902510.9449
P25	P25 - P26	69.69	180° 00' 00"	229322.5624	8902577.4450
P26	P26 P27	71.62	199° 59' 29"	229273.1296	8902626.5620
P27	P27 - P28	44.80	35° 00' 25"	229208.1241	8902656.6332
P28	P28 - P29	32.12	150° 00' 13"	229252.2150	8902664.5520
P29	P28 - P30	46.86	235° 19' 34"	229282.4347	8902653.6636
P30	P30 - P31	47.78	125° 07' 54"	229320.5808	8902680.8846
P31	P31 - P32	37.31	179° 59' 60"	229365.6625	8902665.0469
P32	P32 P33	51.00	199° 21' 25"	229400.8646	8902652.6801
P33	P33 P34	57.44	167° 02' 54"	229451.8628	8902652.6801
P34	P34 - P35	73.43	169° 31' 10"	229507.8434	8902639.8057
P35	P35 -P1	55.71	135° 54' 52"	229575 2184	8902610.6051

3.3.2. Muestra

La unidad de estudio estuvo conformada por 05 transectos seleccionados mediante el sistema de muestreo aleatorio simple del total de transectos establecidos en el área de estudio. Dentro de los transectos seleccionados se establecieron parcelas de muestreo de 4 x 25m de lados. En los vértices opuestos de cada parcela de muestreo se establecieron cuadrantes de 1x1m para el muestreo de la vegetación arbustiva y herbácea. Dentro de los cuadrantes de 1x1m se establecieron cuadrantes de 0.5x 0.5 m para el muestreo de vegetación de hojarasca y material muerto; así como, para la obtención de muestras de biomasa subterránea (raíces) y muestras de suelo, que luego fueron llevadas al laboratorio.

Tabla 3

Cuadro de coordenadas de los centroides de los 05 transectos

ID	LAYER	IDENTIDAD	AREA (M2)	PERIMETRO (M)	CENTROIDE	
					ESTE	NORTE
1	TRANSECTO 01	T01	7262.7322	403.99	229534.4921	8902447.3528
2	TRANSECTO 02	T02	20193.6038	912.32	229581.8559	8902182.1465
3	TRANSECTO 03	T03	29958.6940	1303.54	229735.1834	8902078.1511
4	TRANSECTO 04	T04	27203.7442	1169.50	229872.8508	8901921.1527
5	TRANSECTO 05	T05	24768.5719	1049.15	229913.1562	8901763.8567

El tipo de muestreo que se utilizó fue el muestreo no probabilístico por conveniencia puesto que así lo recomienda la metodología, siendo este sistemático, puesto que este enfoque implica una cierta estructura y organización en la selección de las unidades de muestreo, lo que lo diferencia del muestreo aleatorio simple.

Figura 3

Mapa de transectos de la zona de estudio

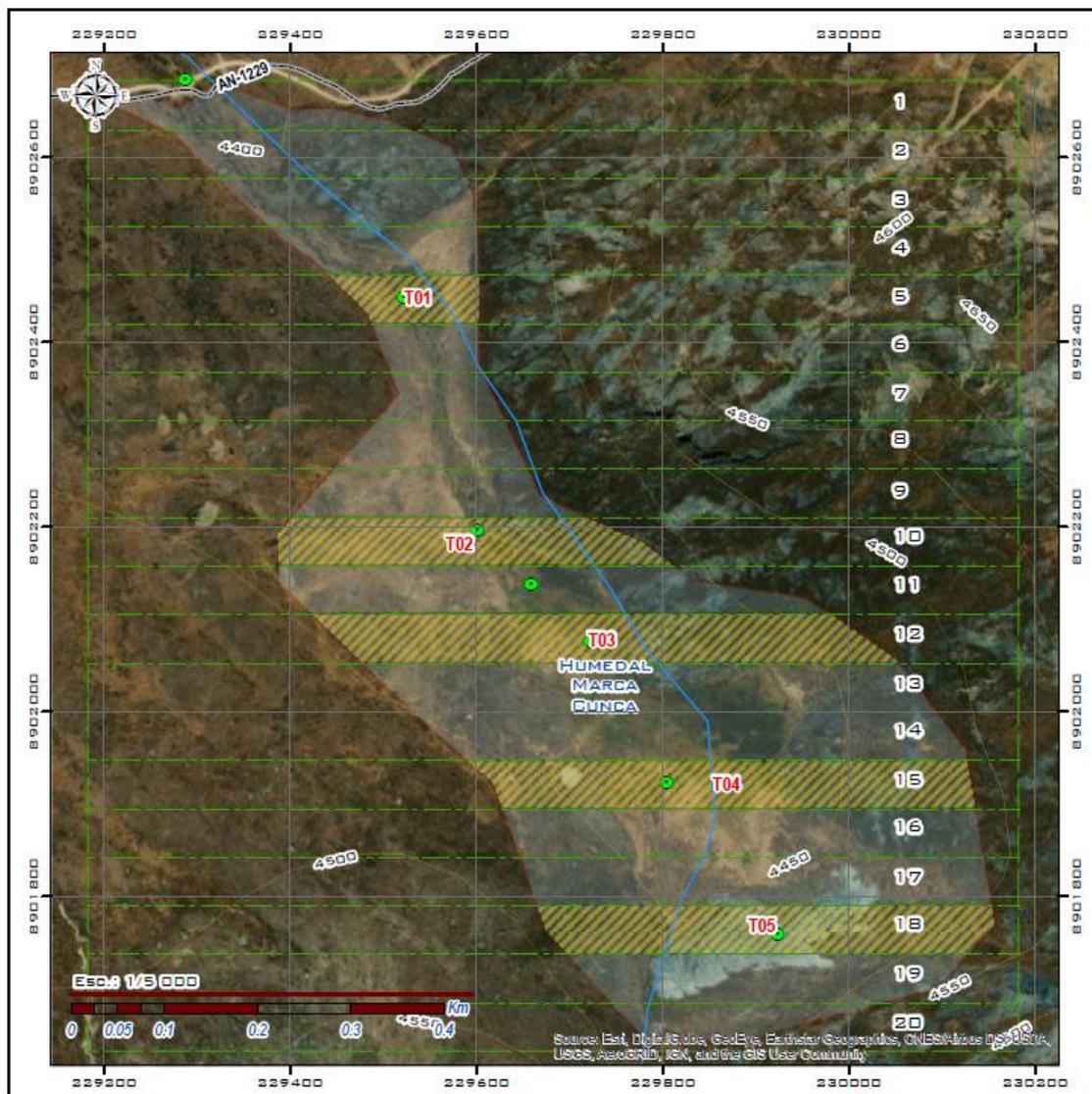


Tabla 4

Cuadro de coordenadas de las cinco parcelas de estudio

PUNTOS DE MUESTREO				
PARCELA	MUESTRA	COORDENADAS UTM		
		ESTE	NORTE	ALTITUD
P - 01	MS - 01	229553.2604	8902450.0100	4457
	MS - 02	229567.4289	8902456.3982	4457
P - 02	MS - 01	229617.9723	8902174.3395	4460
	MS - 02	229603.9494	8902185.9283	4460
P - 03	MS - 01	229813.5792	8902080.2111	4468
	MS - 02	229803.0620	8902075.1840	4468
P - 04	MS - 01	229798.0966	8901917.0880	4471
	MS - 02	229776.4669	8901916.4530	4471
P - 04	MS - 01	229991.5630	8901781.8958	4473
	MS - 02	229974.8942	8901770.4129	4473

Figura 4

Mapa de transectos y parcelas del Humedal

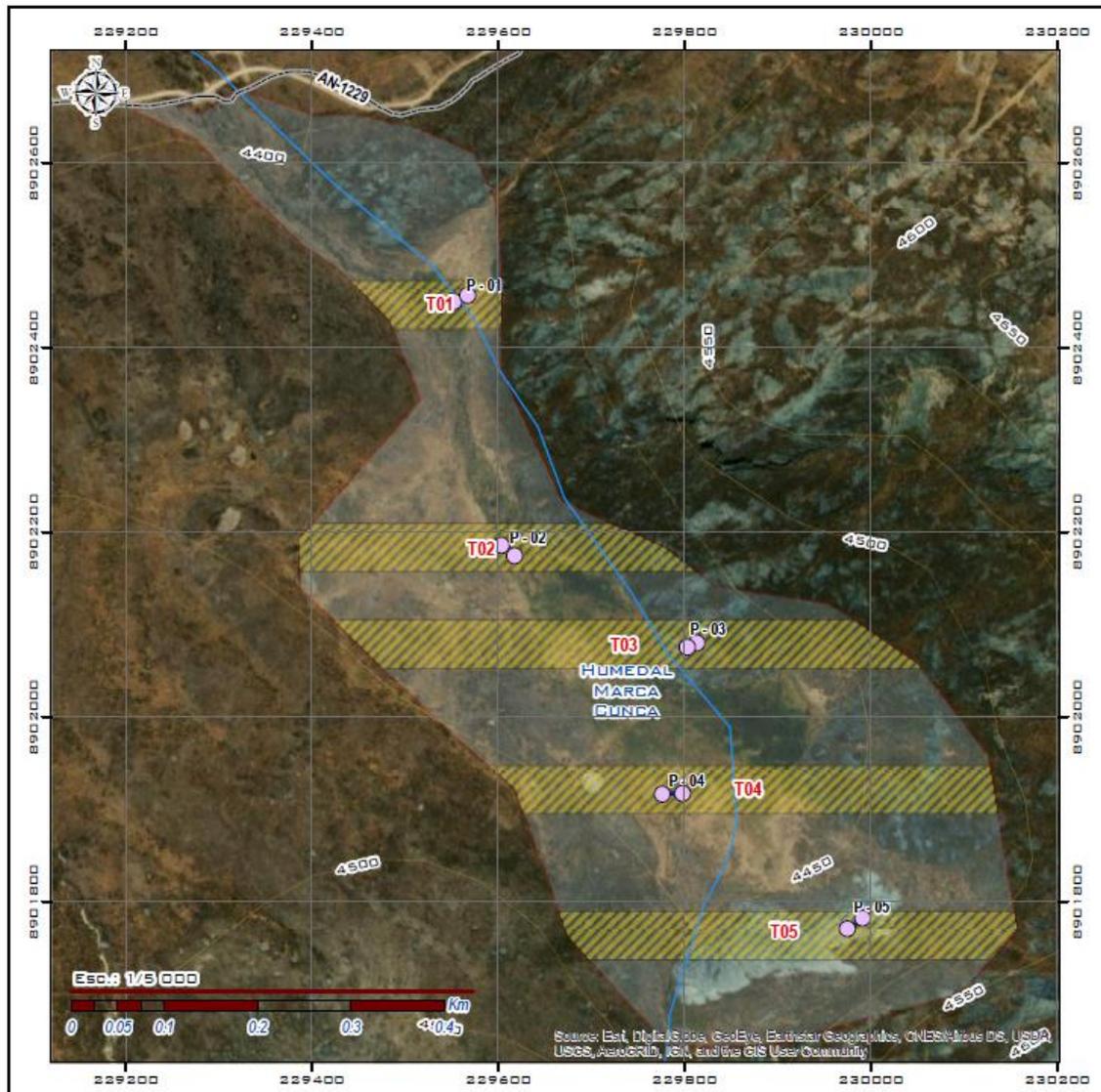


Figura 5

Delimitación de parcela dentro del Humedal



Figura 6

Cuadrantes dentro de la parcela



3.4. Instrumentos validados de recolección de datos

En los transectos rectangulares seleccionados se efectuaron evaluaciones de biomasa (arbustiva/herbácea, hojarasca y raíz) y suelo; para lo cual fue necesario coleccionar la vegetación herbácea dentro de los cuadrantes de un metro de lado, la hojarasca en los cuadrantes de 0.50 metros de lado y las raíces y muestras de suelo de los diferentes horizontes en los cuadrantes de 0.25 metros de lado. Dichas muestras fueron llevadas al laboratorio para obtener el peso seco constante por hectárea de la biomasa vegetal y el porcentaje de carbono en el suelo. Con dichos datos se efectuaron los cálculos correspondientes en hojas de cálculo para obtener la cantidad de carbono por hectárea almacenado en el ecosistema Humedal (Arévalo et al., 2003).

Las fórmulas que se utilizaron fueron aquellas propuestas por Arévalo et al. (2003)

Biomasa vegetal total (BVT): Esta ecuación calcula la biomasa vegetal total en toneladas por hectárea (t/ha). Se obtiene sumando tres componentes: la biomasa arbustiva/herbácea (BA/H), la biomasa de hojarasca (Bh) y la biomasa subterránea (Bs).

$$BVT (t/ha) = (BA/H + Bh + Bs)$$

Biomasa arbustiva/herbácea (BA/H): Esta ecuación calcula la biomasa arbustiva y herbácea en toneladas por hectárea (t/ha). Utiliza el peso seco de la muestra colectada (PSM), el peso fresco de la submuestra (PFM) y el peso fresco total por metro cuadrado (PFT) para calcular la biomasa.

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

Biomasa de la hojarasca (Bh): Esta ecuación calcula la biomasa de la hojarasca en toneladas por hectárea (t/ha). Similar a la ecuación anterior, utiliza el peso seco de la muestra colectada (PSM), el peso fresco de la submuestra (PFM) y el peso fresco total por metro cuadrado (PFT) para el cálculo.

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

Biomasa subterránea o biomasa de las raíces (Bs): Esta ecuación calcula la biomasa subterránea (raíces) en toneladas por hectárea (t/ha). Al igual que las ecuaciones anteriores, utiliza el peso seco de la muestra colectada (PSM), el peso fresco de la submuestra (PFM) y el peso fresco total por metro cuadrado (PFT) en el cálculo.

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

Carbono del suelo (CS): Esta ecuación calcula la cantidad de carbono en el suelo en toneladas por hectárea (t/ha). Utiliza el producto del peso del volumen de suelo (PVs) y el porcentaje de carbono (%C) encontrado en laboratorio.

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

Peso del volumen de suelo (PVs): Esta ecuación calcula el peso del volumen de suelo en toneladas por hectárea (t/ha). Utiliza la densidad aparente del suelo (DA) que a la vez combina peso seco del suelos dentro del cilindro (PSN) y el volumen del cilindro que generalmente es constante (VCH) y el espesor del horizonte del suelo (Ps) para realizar el cálculo.

$$PVs \text{ (t/ha)} = DA * Ps * 10000$$

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

Carbono total del humedal (CT): Esta ecuación calcula la cantidad total de carbono en el humedal en toneladas por hectárea (t/ha). Suma el carbono de la biomasa vegetal total (CBV) y el carbono del suelo (CS).

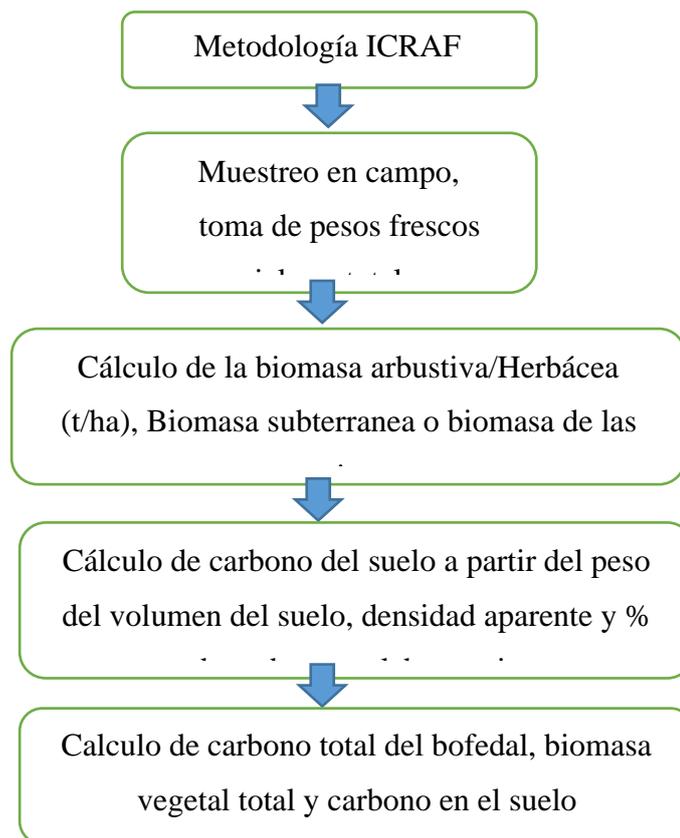
$$CT \text{ (t/ha)} = CBV + CS$$

Carbono de la biomasa vegetal total (CBV): Esta ecuación calcula la cantidad de carbono presente en la biomasa vegetal total en toneladas por hectárea (t/ha). Utiliza la biomasa vegetal total (BVT) y un factor de conversión constante (0.45) para realizar el cálculo.

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

Figura 7

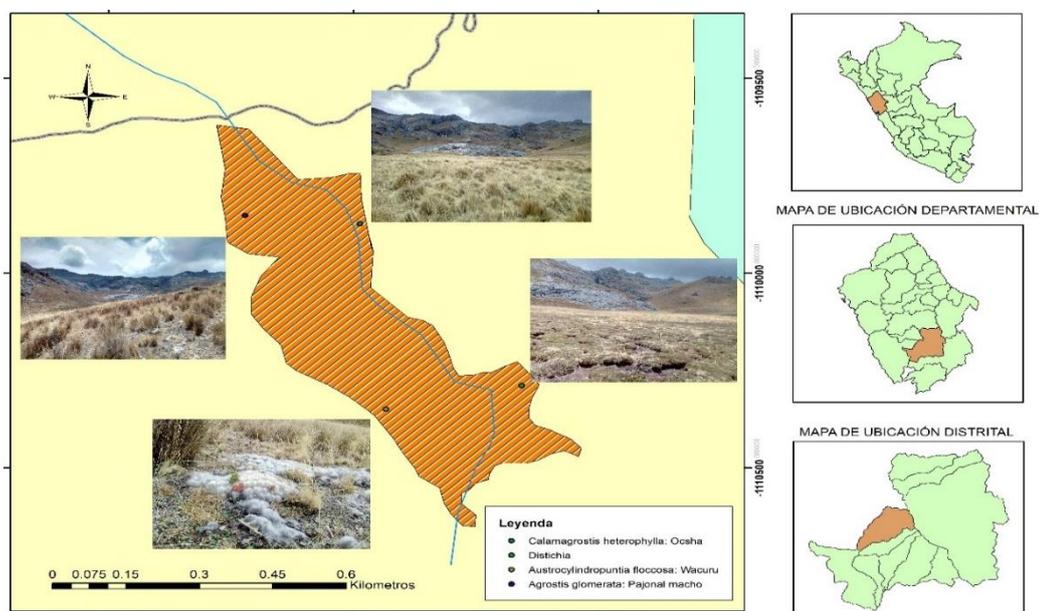
Metodología ICRAF



El humedal Marca Cunca es una zona destinada a la actividad ganadera, con cobertura natural permanente.

Figura 8

Mapa de cobertura vegetal permanente



3.5. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información

Se elaboró el mapa base y delimitación del área de estudio. Mediante rutero con GPS alrededor de toda el área de estudio se obtendrán coordenadas UTM en formato WGS 84 para luego delimitar el área mediante el uso del ArcGis.

Se prepararon formatos para la recolección de información en campo para datos tales como coordenadas GPS, biomasa herbácea y hojarasca, e inventario de flora y fauna, etc.

Para el diagnóstico del área de estudio, se determinó la extensión (ha) y además de las características en flora. El Muestreo de hierbas, hojarasca, raíz y suelo. La Biomasa herbácea, estuvo compuesta por la biomasa sobre el suelo (epigea) de arbustos menores de 2.5 cm de diámetro, gramíneas, leguminosas, tuberosas, etc., de cultivos y otras hierbas. La biomasa se calculó por muestreo

directo en dos cuadrantes de 1 m x 1 m, distribuidos al azar dentro de las parcelas de muestreo establecidas. Para ello se cortó toda la vegetación a nivel del suelo y registró el peso fresco total por metro cuadrado; de éstas, se colectó una submuestra, se registrará el peso fresco y luego se colocó en bolsas Ziplock correctamente identificadas que fueron secadas en estufas de aire caliente a 75°C hasta obtener su peso seco constante (Arévalo et al., 2003).

El peso seco así obtenido se llevó a toneladas por hectárea (t/ha) y dicho valor se multiplicó por el factor 0.45, obteniéndose la cantidad de carbono en dicha biomasa (Ricse et al., 2001). La hojarasca se trató de cuantificar no obstante se identificó la carencia de la misma en la zona de estudio.

Para el muestreo de suelos, en los cuadrantes señalados para el muestreo de la biomasa herbácea, se abrieron calicatas de 0.50 m de profundidad (Gutiérrez et al., 2001). De manera general, se definieron horizontes entre 0 – 0.25 m y 0.25 – 0.50 m; que pudieron variar según la textura del suelo (Arévalo et al., 2003; Ricse et al., 2001). En cada uno de estos horizontes, se utilizaron recipientes en forma de cilindro de volumen conocido, se estimó la densidad aparente del suelo, fue explicado anteriormente. Se tomó una muestra de 500 gramos en promedio por cada 25 cm de profundidad del perfil, las mismas que fueron correctamente identificadas, codificadas y llevadas al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina para la determinación del porcentaje de carbono en el suelo.

Del mismo modo, en el laboratorio se llevó a cabo el secado de la biomasa herbácea, hojarasca y raíces, las muestras de biomasa herbácea y hojarasca fueron llevadas al Laboratorio de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM) en donde se secaron a 75°C para retirar el contenido de humedad hasta obtener un peso constante; para luego obtener el peso seco según metodología de laboratorio ICRAF.

4. RESULTADOS

Describir las características del humedal Marca Cunca

La identificación de la flora se llevó a cabo con la ayuda de la descripción de Maldonado (2015) y un especialista del museo de historia natural de la UNMSM.

Tabla 5

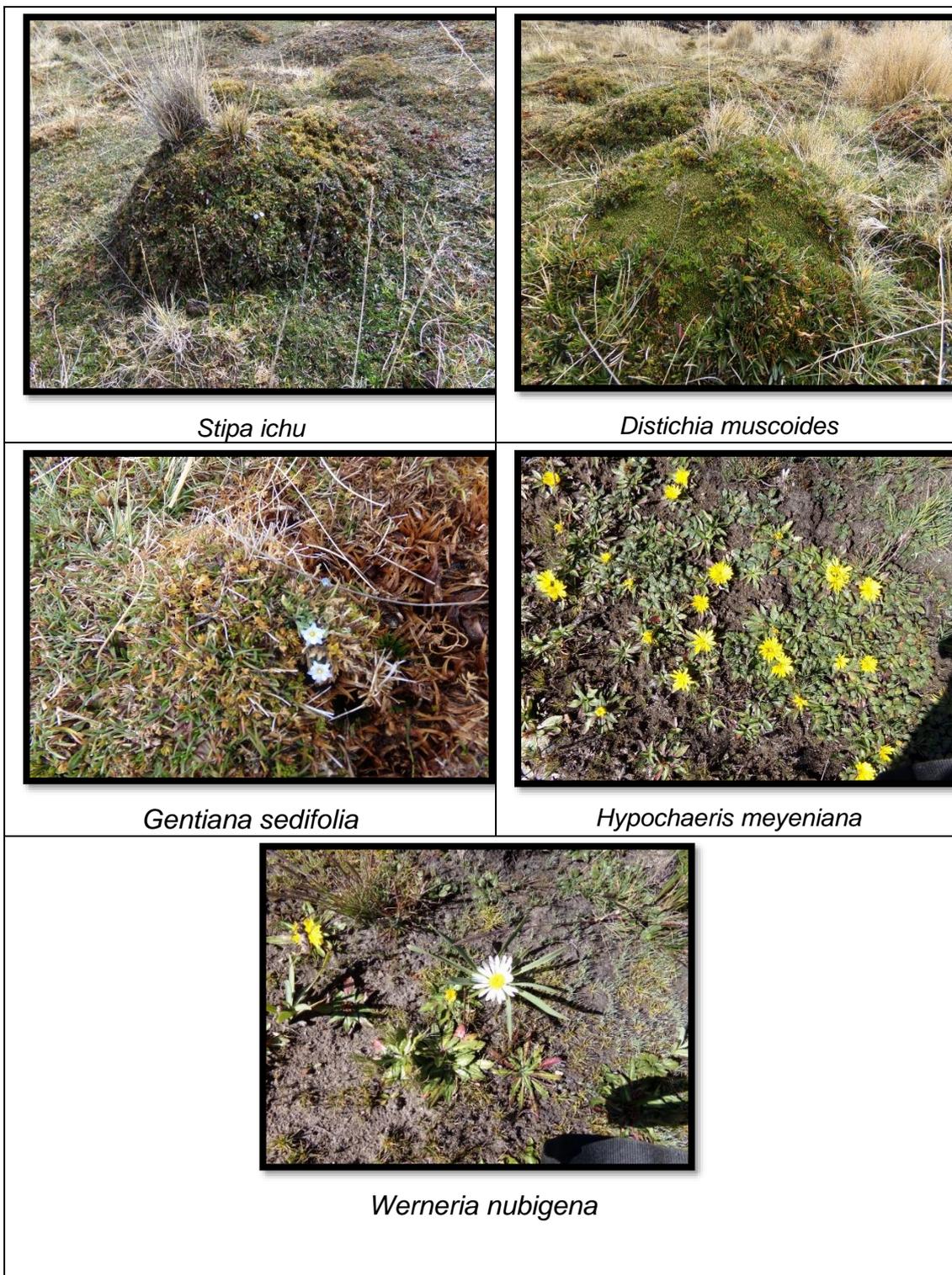
Identificación de flora dentro del área de estudio

Flora	Nombre común	Predominancia
<i>Gentiana sedifolia</i>	Flor del Hielo	-
<i>Werneria nubigena</i>	Chicoria de cerro	-
<i>Hypochaeris meyeniana</i>	Waca siki, waña siki, condor siki	-
<i>Stipa ichu</i>	Ichu, Paja Ichu	-
<i>Distichia muscoides</i>	Cojín de agua	Flora predominante
<i>Astragalus sp</i>	Chinchín, chinchine, garbancillo, hierba loca, hierba plata y sonadora	-
<i>Sphagnum</i>	musgos de turbera	-

Es un bofedal caracterizado por la presencia de las especies de plantas mencionadas, principalmente *Distichia muscoides*, *Gentiana sedifolia*, *Werneria nubigena*, *Hypochaeris meyeniana*, *Stipa ichu*, *Distichia muscoides*, *Astragalus sp* y *Sphagnum*.

Figura 9

Flora identificada en el área de estudio y área de estudio





Sphagnum sp



Astragalus sp

En este pueden diferenciarse el hábitat acuático dentro de un ecosistema de humedal de alta montaña; la vegetación dominante: La especie dominante en este bofedal sería *Distichia muscoides*, una planta herbácea de la familia Juncaceae, que forma céspedes densos y compactos. Esta planta se encuentra adapta a condiciones de alta humedad y tiene una apariencia similar a un musgo. Del mismo modo, se destaca vegetación acuática como el *Sphagnum sp*, destacando la probabilidad de que el bofedal contenga agua estancada o de flujo lento, lo que permitiría el crecimiento de otras especies acuáticas, se debe de tener en cuenta que este musgo esponjoso puede formar tapices flotantes y actuar como un reservorio de agua. Del mismo modo, destacan plantas de montaña, como *Gentiana sedifolia*, una planta perenne de la familia Gentianaceae que se encuentra en zonas de alta montaña, y *Werneria nubigena*, una especie de hierba que se adapta a condiciones alpinas.

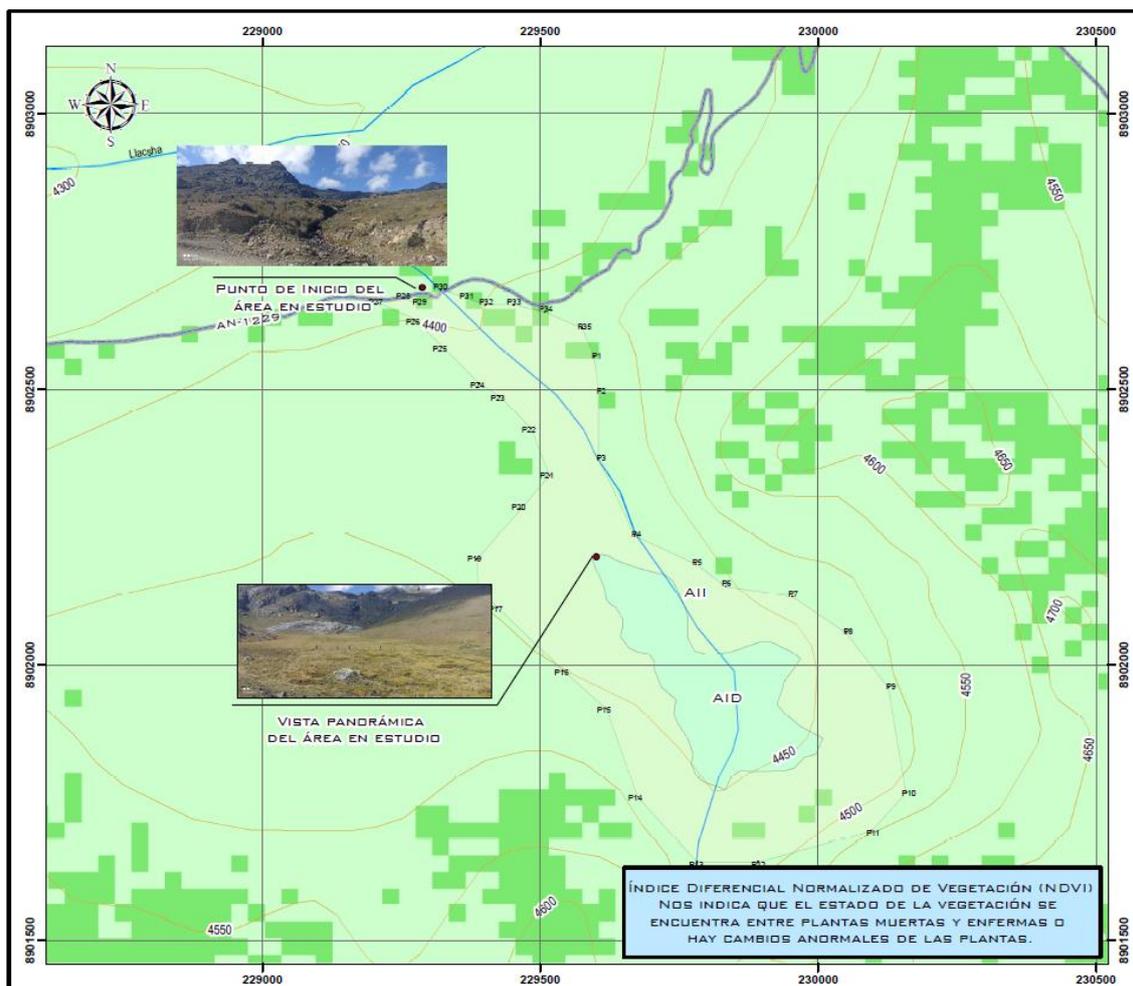
La presencia de *Hypochaeris meyeniana* y *Stipa ichu* indica que el bofedal tiene áreas abiertas con pastizales de altura. *Hypochaeris meyeniana* es una planta herbácea con flores amarillas que se encuentra en pastizales de montaña, mientras que *Stipa ichu*, también conocida como "ichu" o "paja brava", es una especie de pasto que forma densos manchones en áreas de alta montaña en los Andes.

La presencia de *Astragalus sp* se refiere a un género de plantas de la familia Fabaceae, que incluye numerosas especies. Su presencia en el bofedal podría aportar diversidad y contribuir a la fijación de nitrógeno en el suelo.

En resumen, un bofedal caracterizado por las especies mencionadas tiene un entorno húmedo y acuático, con la presencia de *Distichia muscoides* como la especie dominante.

Figura 10

Mapa de NVDI del lugar de estudio



Si bien se caracterizó la flora del lugar, de acuerdo con el Índice Diferencial Normalizado de Vegetación (NVDI) fue igual a 0.1 lo cual nos indica que el estado de la vegetación se encuentra entre plantas muertas y enfermas o hay cambios anormales en la vegetación, debe de tenerse en cuenta que la mayoría de plantas del área de estudio se encuentra entre plantas muertas y enfermas; probablemente por el incendio forestal que hubo en el lugar. En cuanto a la presencia de hojarasca, esta estuvo constituida en su mayor cantidad por la biomasa incendiada.

Cuantificar la concentración de carbono en la biomasa aérea del humedal

Tabla 6

Concentración de biomasa arbustiva/herbácea

PARCELA	Cálculo de la biomasa arbustiva/Herbácea(t/ha)			
	BA/H	PSM	PFM	PFT
V-1-1	24.84	60.14	150.22	6204.43
V-1-2	26.62	52.45	115.11	5841.56
V-2-1	30.90	42.32	81.42	5945.35
V-2-2	28.15	51.64	115.42	6292.48
V-3-1	26.96	57.71	131.11	6124.35
V-3-2	44.85	87.55	112.41	5758.21
V-4-1	33.35	42.14	75.15	5947.84
V-4-2	28.02	42.92	93.92	6132.48
V-5-1	33.39	47.33	84.31	5948.38
V-5-2	51.90	63.78	73.71	5998.14
Promedio	32.90	54.80	103.28	6019.32

Para la cuantificación de la biomasa arbustiva, herbácea, se determinó en campo el peso fresco de la muestra por metro cuadrado, variando estas de 5758.21 a 6292.48 gramos (g), del mismo se guardó una porción en bozas ziploc PFM; que variaron de 75.15 a 150.22 g, del mismo modo, los pesos después del secado PSM variaron de 42.14 a 87.55 g, finalmente se llevó a cabo el cálculo de la biomasa arbustiva/herbácea en toneladas por hectárea aplicando la fórmula: BA/H(t/ha) que fue igual a $((PSM/PFM) \times PFT)$ por el factor de conversión de 0.01; encontrando que los BA/H variaron desde 24.84 a 51.90 t/ha, con un promedio de 32.90 t/ha.

Tabla 7*Cálculo de la biomasa de hojarasca*

Cálculo de la biomasa de hojarasca(t/ha)				
PARCELA	BA/H	PSM	PFM	PFT
H-1-1	45.7305405	65.18	132.18	2318.45
H-1-2	49.2986078	62.45	112.40	2218.24
H-2-1	69.1837346	55.00	68.12	2142.18
H-2-2	40.567258	54.18	119.25	2232.21
H-3-1	42.8947099	59.18	132.18	2395.16
H-3-2	57.4353895	77.45	114.16	2116.47
H-4-1	66.6185329	59.18	79.18	2228.31
H-4-2	54.7095939	59.48	95.12	2187.28
H-5-1	63.74746	62.18	89.24	2287.24
H-5-2	69.7617715	64.15	84.13	2287.24
Promedio	55.99	61.84	102.60	2241.28

Para el cálculo de la biomasa de la hojarasca en la tabla 7, se determinó un promedio de 55.99 t/ha, con un peso seco promedio de 61.84 g y peso fresco de 102.60 g.

Cuantificar la concentración de carbono de la biomasa subterránea del humedal

Tabla 8*Concentración de biomasa subterránea*

Biomasa subterránea o biomasa de las raíces				
PARCELA	BS (t/ha)	PSM	PFM	PFT
R-1-1	87.67	71.41	175.34	5381.37
R-1-2	78.09	32.52	87.19	5234.45
R-2-1	177.44	54.71	63.42	5141.83
R-2-2	158.34	65.31	89.43	5420.32
R-3-1	168.47	62.44	78.91	5322.51
R-3-2	185.21	63.52	70.42	5133.69
R-4-1	156.98	52.44	66.14	4949.52
R-4-2	109.55	39.51	72.49	5024.35
R-5-1	129.04	42.73	65.32	4931.42
R-5-2	192.66	54.92	61.41	5386.41
Promedio	144.34	53.95	83.01	5192.59

Para el cálculo de la biomasa subterránea se llevó a cabo el mismo procedimiento; la diferencia es que el área es menor, puesto que solo se colecta muestra para el cuadrante de 0.5 m, es así que el peso en campo o PFT vario de 4931.42 a 5420.32 gramos; del mismo modo, se colecto solo una submuestra PFM varió 61.41 a 175.34g; además, el PSM varió de 32.52g a 71.41g; para el cálculo de BS (t/ha) se aplicó $((PSM/PFM) \times PFT)$ por el factor de conversión igual a 0.04; donde la biomasa subterránea varió entre 78.09 a 185.21 t/ha.

Tabla 9

Densidad aparente para el suelo

Calculo de la densidad aparente del suelo(g/cc)			
PARCELA	DA(g/cc)	PSN	VCH
D-1-1-1	0.88	402.381	456.04
D-1-1-2	0.92	419.312	456.04
D-1-2-1	0.67	305.415	456.04
D-1-2-2	0.79	362.313	456.04
D-2-1-1	0.86	391.415	456.04
D-2-1-2	0.92	421.318	456.04
D-2-2-1	0.69	315.915	456.04
D-2-2-2	0.86	391.716	456.04
D-3-1-1	1.11	505.416	456.04
D-3-1-2	1.25	570.561	456.04
D-3-2-1	0.85	388.521	456.04
D-3-2-2	0.92	419.221	456.04
D-4-1-1	0.81	371.45	456.04
D-4-1-2	0.92	421.221	456.04
D-4-2-1	0.78	356.785	456.04
D-4-2-2	0.86	391.421	456.04
D-5-1-1	0.91	412.751	456.04
D-5-1-2	1.04	472.656	456.04
D-5-2-1	0.66	302.789	456.04
D-5-2-2	0.94	427.526	456.04

Del mismo modo, se determinó por medio de la división entre el PSN y el VCH; determinando densidades variables entre; 0.67 y 1.25 g/cc; se debe de tener en cuenta que el volumen VCH es el volumen del barrenador o cilindro usado durando el muestreo y este no variará.

Tabla 10*Peso del volumen por horizonte de muestreo*

Cálculo del peso del volumen de suelo (t/ha), por horizonte de muestreo

PARCELA	PVs(t/ha)	DA	Ps	10000
D-1-1-1	8823.43	0.88	1	10000
D-1-1-2	9194.69	0.92	1	10000
D-1-2-1	6697.15	0.67	1	10000
D-1-2-2	7944.82	0.79	1	10000
D-2-1-1	8582.97	0.86	1	10000
D-2-1-2	9238.68	0.92	1	10000
D-2-2-1	6927.40	0.69	1	10000
D-2-2-2	8589.57	0.86	1	10000
D-3-1-1	11082.78	1.11	1	10000
D-3-1-2	12511.29	1.25	1	10000
D-3-2-1	8519.51	0.85	1	10000
D-3-2-2	9192.70	0.92	1	10000
D-4-1-1	8145.17	0.81	1	10000
D-4-1-2	9236.55	0.92	1	10000
D-4-2-1	7823.60	0.78	1	10000
D-4-2-2	8583.10	0.86	1	10000
D-5-1-1	9050.82	0.91	1	10000
D-5-1-2	10364.42	1.04	1	10000
D-5-2-1	6639.57	0.66	1	10000
D-5-2-2	9374.81	0.94	1	10000

En función de la densidad aparente, se calculó el peso del volumen del suelo (t/ha) o PVs (t/ha), tomando en cuenta el espesor del horizonte del suelo muestreado con barrenador; es así que se multiplica la DA, el Ps o espesor del horizonte muestreado y 10000 que es una constante de conversión; se encontró que el PVs (t/ha) varió desde los 6639.57 t/ha hasta los 12511.29 t/ha; se debe de tener en cuenta que se consideró 1 metro pues es la altura máxima a la que se realizó el muestreo.

Tabla 11*Concentración de carbono en el suelo*

PARCELA	Cálculo de carbono en el suelo (CS)		
	CS(t/ha)	PVs	%Clab
D-1-1-1	373.23	8823.43	4.23
D-1-1-2	284.12	9194.69	3.09
D-1-2-1	209.62	6697.15	3.13
D-1-2-2	370.23	7944.82	4.66
D-2-1-1	235.17	8582.97	2.74
D-2-1-2	271.62	9238.68	2.94
D-2-2-1	200.89	6927.40	2.9
D-2-2-2	205.29	8589.57	2.39
D-3-1-1	473.23	11082.78	4.27
D-3-1-2	390.35	12511.29	3.12
D-3-2-1	270.92	8519.51	3.18
D-3-2-2	457.80	9192.70	4.98
D-4-1-1	226.44	8145.17	2.78
D-4-1-2	278.02	9236.55	3.01
D-4-2-1	240.97	7823.60	3.08
D-4-2-2	210.29	8583.10	2.45
D-5-1-1	314.97	9050.82	3.48
D-5-1-2	328.55	10364.42	3.17
D-5-2-1	279.53	6639.57	4.21
D-5-2-2	414.37	9374.81	4.42
Promedio	301.78	8826.15	3.41

Finalmente se determinó el carbono del suelo (CS); a partir del porcentaje de carbono encontrado en laboratorio; este por medio del laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde estos variaron de 2.39 % a 4.98%, el CS se calculó multiplicando el PVs con él %Clab y dividiendo el resultado entre el factor de conversión que para este caso fue de 100, el CS varió entre 200.89 t/ha y 473.23 t/ha, con un promedio de 301.78 t/ha.

Cuantificar las reservas totales de carbono en el humedal Marca Cunca

Tabla 12

Concentración de carbono en la biomasa vegetal

Cálculo del carbono en la biomasa vegetal total (t/ha)		
CBV(t/ha)	BVT	0.45
104.95	233.23	0.45

Finalmente se calculó el carbono de la biomasa vegetal total (CBV) en toneladas por hectárea; donde se multiplico la biomasa vegetal total (BVT), por el factor 0.45; determinando 104.95 t/ha.

Tabla 13

Concentración de carbono total dentro del área de estudio

Cálculo del carbono total del bofedal(t/ha)		
CT(t/ha)	CBV	CS
406.73	104.95	301.78

Además el carbono total se determinó por medio de la suma entre este resultado y el carbono encontrado en el suelo haciendo un total de 406.73 t/ha, en el bofedal en mención.

5. DISCUSION DE RESULTADOS

La descripción de las características del humedal revela que *Distichia muscoides* es la especie predominante en esta área, lo que sugiere una adaptación específica de la vegetación a las condiciones húmedas y acuáticas presentes en el humedal. Además, es importante destacar que la presencia de esta especie puede estar influenciada por las condiciones climáticas y el posible origen del humedal, posiblemente derivado de depósitos fluvioglaciales, según observado en estudios previos (León, 2016; Maldonado, 2015).

Asimismo, el Índice Diferencial Normalizado de Vegetación (NDVI) se utiliza como una medida para evaluar el estado de la vegetación en el humedal. En este caso, se obtuvo un valor de 0.1, lo que sugiere un estado de la vegetación que se encuentra entre plantas muertas y enfermas, o que muestra cambios anormales. Este resultado puede atribuirse al impacto de un incendio forestal previo en el área de estudio. Los incendios pueden tener efectos significativos en los ecosistemas acuáticos y pueden alterar la estructura y composición de la vegetación (Cruz et al., 2019). Es importante tener en cuenta que los incendios forestales pueden tener consecuencias a largo plazo en la recuperación de la vegetación y, por lo tanto, pueden afectar la dinámica del humedal a medida que se recupera de dicha perturbación.

Es crucial destacar la importancia de los humedales como sumideros de carbono. Los humedales actúan como reservorios naturales de carbono orgánico, lo que contribuye a la mitigación del cambio climático (Convención Ramsar, 1972). No obstante, la degradación de los humedales puede liberar grandes cantidades de carbono a la atmósfera, exacerbando el problema del calentamiento global. Aunque el estudio actual no se centra específicamente en

la cantidad de carbono liberada en el lugar, es relevante considerar que la degradación de los humedales puede tener consecuencias a nivel global en términos de cambios en la temperatura y en el balance de gases de efecto invernadero. Investigaciones futuras podrían abordar esta cuestión para proporcionar una evaluación más completa de los impactos ambientales resultantes de la degradación de este humedal específico.

Otro aspecto importante a resaltar es la respuesta de la flora y fauna en los humedales a los cambios en los niveles de agua. Los humedales son ecosistemas altamente sensibles a las fluctuaciones en el agua, y pequeñas alteraciones en los niveles pueden tener efectos significativos en las comunidades biológicas presentes. La pérdida de vegetación observada en el humedal estudiado puede ser consecuencia de la disminución en los niveles de agua debido al incendio forestal u otros factores ambientales. Sin embargo, es alentador observar que la recuperación de la vegetación en la sierra parece ser más rápida, lo que indica cierta capacidad de resiliencia de este ecosistema ante perturbaciones.

En conclusión, el análisis del humedal caracterizado como un bofedal dominado por *Distichia muscoides* revela la influencia de un incendio forestal en el estado de la vegetación y subraya la importancia de los humedales como sumideros de carbono

En lo que respecta a la cuantificación de la concentración de carbono en la biomasa aérea, se determinó que la concentración promedio de carbono en la biomasa aérea del humedal es de 32.90 toneladas por hectárea (t/ha) para la biomasa arbustiva/herbácea y 55.99 t/ha para la biomasa de hojarasca. Estos valores están en consonancia con las conclusiones de Medrano, Chupan y Vila (2012), quienes también identificaron niveles bajos de carbono en bofedales, con un promedio de 6.46 toneladas de carbono por hectárea (tC/ha). Estas cifras sugieren que la capacidad de almacenamiento de carbono en el humedal estudiado podría ser relativamente limitada en comparación con otros tipos de ecosistemas.

Sin embargo, es importante destacar que la concentración de carbono varía según las especies vegetales presentes en el humedal. Algunos estudios, como el de Palomino (2007), han encontrado valores más elevados de carbono en la biomasa aérea de ciertas especies. Por ejemplo, se registraron concentraciones de 40.6 toneladas de CO₂ por hectárea (t CO₂/ha) para el junco (*Scirpus americanus*) y 40.4 toneladas de CO₂ por hectárea (t CO₂/ha) para la grama (*Paspalum vaginatum*). Estos resultados resaltan la importancia de considerar la composición de especies vegetales al evaluar el almacenamiento de carbono en un humedal específico.

Es relevante mencionar el estudio realizado por Hidalgo, Espinoza y Tuya (2011), que arrojó resultados similares en términos de biomasa vegetal y concentración de carbono. Su investigación informó una concentración de carbono de 27.67 toneladas por hectárea (tC/ha) en bofedales, lo cual respalda los hallazgos del presente estudio.

Es fundamental tener en cuenta que la concentración de carbono en la biomasa aérea está estrechamente relacionada con la vegetación presente en el humedal. Las diferencias en la composición de especies y la productividad vegetal pueden influir en la capacidad de almacenamiento de carbono de un humedal en particular. Por lo tanto, es esencial considerar la diversidad de especies y las características específicas del humedal al evaluar su contribución al ciclo del carbono y su papel como sumidero de carbono.

En resumen, los resultados obtenidos revelan una concentración promedio de carbono en la biomasa aérea del humedal de 32.90 t/ha y 55.99 t/ha de biomasa de hojarasca, lo cual coincide con investigaciones anteriores que también han encontrado niveles relativamente bajos de carbono en bofedales. No obstante, es importante destacar que la concentración de carbono puede variar según las especies vegetales presentes. Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar la composición de especies y la productividad vegetal al evaluar el almacenamiento de carbono en un humedal específico.

En cuanto a la cuantificación de la concentración de carbono en la biomasa subterránea, los resultados obtenidos indican una concentración de 144.34 toneladas por hectárea (T/ha) en el humedal. Estos hallazgos se alinean con investigaciones previas, como las realizadas por Medrano, Chupan y Vila (2012), quienes encontraron concentraciones elevadas de carbono en el suelo de bofedales, con un promedio de 684.58 toneladas de carbono por hectárea (tC/ha). Además, se hace referencia al estudio de Guzmán (2004), que informó un almacenamiento de carbono en el suelo de 532-631 T/ha. Estos resultados respaldan la noción de que el suelo es el componente con el mayor almacenamiento de carbono en los bofedales.

Es importante destacar que, si bien los valores de concentración de carbono podrían haber sido aún más altos en el humedal, también es relevante considerar que el sistema se encuentra en proceso de recuperación, lo que sugiere la posibilidad de que en el futuro pueda captar mayores cantidades de carbono.

En lo que respecta a la cuantificación de la concentración de carbono en el suelo, se registró una concentración de 301.78 T/ha. Estos resultados concuerdan con los hallazgos presentados en estudios previos realizados por Hidalgo, Espinoza y Tuya (2011), quienes identificaron una concentración de carbono en el suelo de 680.80 T/ha en bofedales, respaldando la idea de que el suelo es el principal reservorio de carbono en el ecosistema del humedal.

Además, se hace referencia al estudio de Tacarpo (2018), que encontró reservas de carbono similares, alcanzando 383.800 T/ha. No obstante, es relevante tener en cuenta que este estudio se llevó a cabo en un ecosistema diferente al del presente estudio, lo que podría explicar las diferencias en las concentraciones de carbono encontradas.

En resumen, los resultados revelan elevadas concentraciones de carbono tanto en la biomasa subterránea como en el suelo del humedal estudiado. Estos hallazgos son coherentes con investigaciones previas en bofedales que indican que el suelo constituye el principal reservorio de carbono en estos ecosistemas. Es importante destacar que el humedal se encuentra en proceso de recuperación, lo que sugiere que en el futuro podría captar aún mayores cantidades de carbono. Estos datos son fundamentales para comprender el papel de los bofedales en el ciclo del carbono y su contribución a la mitigación del cambio climático.

Finalmente, para la cuantificación de las reservas totales de carbono en el humedal Marca Cunca, se determinó que ascienden a 104.95 toneladas por hectárea (t/ha) para la biomasa total vegetal y 406.73 t/ha para el carbono total del bofedal. Estos resultados se asemejan a los hallazgos de Medrano, Chupan y Vila (2012), quienes identificaron una concentración de carbono de 684.58 tC/ha en bofedales. Sin embargo, las diferencias entre los estudios podrían atribuirse a la ubicación del estudio y al estado del humedal. El presente estudio se realizó en un humedal en estado de deterioro tras un incendio, lo que podría explicar las diferencias en las concentraciones de carbono.

Es interesante mencionar el trabajo de Baldoce (2001), quien determinó una tasa promedio de secuestro de carbono de 9.26 t C/ha/año en su zona de estudio. Sería relevante comparar el secuestro de carbono en el bofedal estudiado en condiciones precarias después del incendio y en condiciones de recuperación. Esto proporcionaría información adicional sobre la capacidad de almacenamiento y recuperación del carbono en el humedal.

Debe destacarse que el suelo es el componente de mayor almacenamiento de carbono, lo cual es coherente con los hallazgos de Guzmán (2004), quien informó un almacenamiento de carbono en el suelo de 532-631 t/ha. También se menciona el estudio de Hidalgo, Espinoza y Tuya (2011), que encontró una concentración de carbono de 680.80 tC/ha en el suelo de un humedal en Yanayacu. Estos resultados respaldan la idea de que el suelo juega un papel fundamental en el almacenamiento de carbono en los bofedales.

Es relevante destacar que las diferencias en las concentraciones de carbono entre los estudios pueden estar relacionadas con las especies vegetales estudiadas. Algunas plantas tienen una mayor capacidad de acumular carbono

que otras, especialmente aquellas asociadas con ambientes acuáticos. Además, se menciona el estudio de Tacarpo (2018), que encontró una concentración total de carbono en la biomasa vegetal y el suelo de 383.800 tC/ha, similar a los resultados del presente estudio.

En resumen, las reservas totales de carbono en el humedal Marca Cunca son comparables a hallazgos anteriores en bofedales. Esto respalda la hipótesis planteada: el humedal Marca Cunca, a pesar de haber sufrido un incendio forestal, sigue siendo un importante sumidero de carbono, destacando el papel crucial del suelo como el principal almacén de carbono en el humedal. Además, se mencionan las diferencias en las concentraciones de carbono relacionadas con las especies vegetales presentes, la materia orgánica y los efectos del incendio forestal. Estos datos subrayan la complejidad de los bofedales y la necesidad de considerar múltiples factores al evaluar su contribución al ciclo del carbono, así como su capacidad de almacenamiento y recuperación.

6. CONCLUSIONES

La descripción de las características del humedal revela que *Distichia muscoides* es la especie dominante en esta área. Además el NDVI con valor de 0.1, sugiere un estado de la vegetación entre plantas muertas y enfermas, o con cambios anormales vegetativos.

La cuantificación de la concentración de carbono en la biomasa aérea para el humedal fue de 32.90 toneladas por hectárea (t/ha) para la biomasa arbustiva/herbácea y 55.99 t/ha para la biomasa de hojarasca.

La cuantificación de la concentración de carbono fue de 144.34 toneladas por hectárea (T/ha) en la biomasa subterránea del humedal.

La cuantificación de la concentración de carbono en el suelo revela una concentración de carbono de 301.78 T/ha.

Las reservas totales de carbono en el humedal Marca Cunca se determinaron en 104.95 toneladas por hectárea (t/ha) para la biomasa total vegetal y 406.73 t/ha para el carbono total del bofedal, respondiendo la hipótesis planteada; el volumen de las reservas totales de carbono del humedal Marca Cunca, distrito de Cotaparaco - provincia de Recuay – Áncash 2022, constituyen grandes reservas netas de carbono orgánico para ser considerado como sumidero de carbono.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Alegría, F. (2013). *Inventario y uso sostenible de pastizales en la zona colindante a los depósitos de relavera de Ocroyoc - comunidad San Antonio de Rancas – Pasco*. Lima, Perú – 2013. Pág. 21.
- Anderson, T. (2018). *Estimación Del Potencial De Captura De Carbono De Las Especies De Flora Predominante De La Parte Alta Del Bosque De La Comunidad Campesina De Tumpa – Provincia De Yungay, 2018*. Huaraz.
- Aponte, H., Corvacho, M., Lertora, G., & Ramírez, D. (2021). Reserva de carbono en un humedal del desierto costero de Sudamérica. *Gayana. Botánica*, 78(2), 184-190.
- Arévalo, L; Alegre, J. & Palm, C. (2003). *Manual Determinación de las Reservas Totales de Carbono en los Diferentes Sistemas de uso de la tierra en Perú*. Lima. Perú.
- Arroyo, M., & Ramírez, A. (2020). *Dióxido de carbono, sus dos caras*. *Anales de Química de la RSEQ*, 116(2), 81-81.
- Ávila, E. (2013). *Importancia de los Pastizales Naturales para la ganadería*. Editor INTA San Juan AER Cauce. Esc. Agroindustrial de Dpto. 25 de Mayo San Juan, Argentina.
- Censo Nacional Agropecuario. (1994). *III Censo Nacional Agropecuario – Resultados Definitivos en Instituto Nacional de Información e Informática*.
- Céspedes, F.; Fernández, J.; Gobbi, J. & Bernardis, A. (2012). *Reservorio de carbono en suelo y raíces de un pastizal y una pradera bajo pastoreo*. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 35 (1): 79 – 86.
- Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América (CICEANA). (2001).
- Choque, M. (2021). *Cambio climático y desarrollo sostenible*. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 1(1), 82-90.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). 1992.
- Fernandez, C., Escaff, D., & Cisternas, J. (2019). *Spiral vegetation patterns in high-altitude wetlands*. *Ecological Complexity*, 37, 38-46.
- Figuroa, N.; Etchevers, B.; Velásquez, M. & Acosta, M. (2005). *Concentración de carbono en diferentes tipos de vegetación de la sierra norte de Oxaca*. *Terra Latinoamericana* 23: 57- 64.

- Flores, E. (2004). *Gestión ambiental y uso racional de la tierra*. Lima: Centro de Investigación y Capacitación Campesina, pp. 1-13.
- Florez, A. (2005). *Manual de pastos y forrajes altoandinos*. Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N°2005-3760. Lima - Perú, 53 pág.
- Gonzáles, I. (2015). *Evaluación de la diversidad florística y la condición de pastizales altoandinos en el ámbito de Pachacoto – distrito de Cátac – Provincia de Recuay – Ancash, 2013*. Facultad de Ciencias del Ambiente, UNASAM. Pág. 35.
- Guzman, W. (2004). *Valoración Económica de los beneficios Ambientales en el manejo sostenible de humedales: Estudio del caso de manejo sostenible del sistema de "Aguajal" en la comunidad de Parinani, Reserva Nacional de Pacaya samiria*. Lima-Perú: INRENA.
- Hidalgo C., Espinoza T., & Tuya C. (2011). *Cuantificación de las reservas de carbono del humedal de Yanayacu-Cátac, Ancash-Perú*. Aporte Santiaguino, 5(2), 33-40.
- Hidalgo, P.; Espinoza, P. & Tuya, E. (2012). *Cuantificación de las reservas de carbono del humedal de Yanayacu – Cátac*. Facultad de Ciencias del Ambiente. Departamento Académico de Ciencias del Ambiente. Huaraz – Ancash.
- Huang, S., Tang, L., Hupy, J., Wang, Y., & Shao, G. (2021). *A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing*. Journal of Forestry Research, 32(1), 1-6.
- Job, N., & Sieben, E. (2022). Factors controlling wetland formation. In *Fundamentals of tropical freshwater wetlands* (pp. 25-41). Elsevier.
- Joint Research Center (Centro Común de Investigación de la Comisión Europea) (JRC). (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe suelos y cambio climático en LAC*.
- León, A. (2016). *Reserva de carbono en bofedales y su relación con la florística y condición del pastizal*.
- Luccini, E., Flores, M., Ramírez, K., Pérez Pinedo, H., Herrera, L. A., Parodi, M., & Calcagno, G. (2018). *Análisis comparativo de la captura y almacenamiento de CO2 por especies vegetales de tres ecosistemas en Perú*.
- Maldonado, M. (2015). *Introducción a los bofedales de la región Altoandina Peruana*.
- Márquez, J. (2002). *Distribución altitudinal de gramíneas de páramo como respuesta a las rutas metabólicas y los mecanismos de resistencia a las*

- bajas temperaturas*. Trabajo de grado para optar al título de Magister Scientiae. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, Postgrado en Ecología Tropical. Mérida.
- Méndez, C., & Moreno, M. (2022). *Humedales de Venezuela frente al cambio climático*. Acta Biologica Venezuelica, 42(1).
- Mendoza, M. (2020). *Características de la comunidad vegetal del humedal de Tambo de Mora–Chincha, Ica Perú*. Ñawparisun-Revista de Investigación Científica, 2(4).
- Ministerio De Agricultura (MINAGRI). (2012). *Pastos Naturales*.
- Mita, M. (2020). *Evaluación de la captura de carbono en los bofedales de la laguna de conococha en base a la especie de flora predominante del área de estudio-provincia de Recuay-departamento de Ancash–2018*.
- Montoya, L. (2019). *Estimación de la actividad microbiana asociada al carbono en suelos del complejo de humedales de la quebrada Dalí*.
- Mora, L., & Andrade, G. (2019). *Construcción de vulnerabilidad en humedales altoandinos integrados con sistemas ganaderos. Evidencia a través de un modelo socioecológico de cambio entre 1980 y 2010, en el valle de Sibundoy, Putumayo, Colombia*. Biodiversidad en la Práctica, 4(1), 2-29.
- Ore, E. (2020). *Estimación de la Captura de CO₂, en el humedal Caucato del área de conservación regional Ica*.
- Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). (2007). *Cambio climático. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra, Suiza, 104 págs.
- Palomino, D. & Cabrera, C. (2007). *Estimación del servicio ambiental de captura del CO₂ en la flora de los humedales de Puerto Viejo*. Revista del Instituto de Investigaciones de la FIGMMG - Vol. 10 N° 20 – UNMSM. ISSN: 1561-0888.
- Prăvălie, R., Sirodoev, I., Nita, I., Patriche, C., Dumitrașcu, M., Roșca, B., & Birsan, M. (2022). *NDVI-based ecological dynamics of forest vegetation and its relationship to climate change in Romania during 1987–2018*. Ecological Indicators, 136, 108629.
- Polk, M., Young, K., Cano, A., & León, B. (2019). *Vegetation of Andean wetlands (bofedales) in Huascarán National Park, Peru*. Mires & Peat, 24.

- Recharte, J.; Albán, L.; Arévalo, R.; Flores, E.; Huerta, L. & Orellana, M. (2009) *Instituciones y acciones en beneficio de comunidades y ecosistemas alto andinos*. Lima: El grupo Páramos/Jalcas y Punas del Perú.
- Shine, K.; Fuglestedt, J.; Hailemariam, K.; & Stuber, N. (2005). *Alternatives to the global warming potential for comparing climate impacts of emissions of greenhouse gases*. *Climatic Change* 68: 281-302.
- Sierra, C., Mendoza, C., Figueroa, C., Yepes, G., & Leal, J. (2020). *Estado del arte del marco jurídico de protección de los humedales frente el cambio climático*. *Jurídicas*, 17(2), 321-336.
- Vómer, P.; Palm, C.; Alegre, J.; Castilla, C; Cordeiro, D.; Hairia, K; Kotto-Same, J.; Moukam, A.; Ricse, A.; Rodríguez, V. & Van Noordwijk, M. (2000). *Slash and burn effects on carbon stocks in the humid tropics*. Edited by in: *R. Lal, J. M. Kimble and B. A. Stewart*. *Global Climate Change and Tropical Ecosystem*: 99-115. CRC Press, Inc. Boca RATON. FLA. USA.
- Walsh, S., Moody, A., Allen, T., & Brown, D. (2023). *Scale dependence of NDVI and its relationship to mountainous terrain*. In *Scale in remote sensing and GIS* (pp. 27-55). Routledge.
- Yaranga, R. & Custodio, M. (2013). *Almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos*. Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional del Centro del Perú, Carretera central km 4.5 Huancayo Perú.

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de consistencia

“CUANTIFICACIÓN DE LAS RESERVAS TOTALES DE CARBONO EN EL HUMEDAL MARCA CUNCA, DISTRITO DE COTAPARACO - PROVINCIA DE RECUAY – ANCASH, 2022”

Autor: Velásquez Alejandro, David Daniel

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	dimensiones	indicadores	diseño metodológico
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables			NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Básica. TIPO DE INVESTIGACIÓN: Básica, Correlacional METODO DE LA INVESTIGACIÓN:
¿Cuál es el volumen de las reservas totales de carbono en el humedal Marca Cunca, distrito de Cotaparaco - provincia de Recuay – Áncash, 2022?	Cuantificar las reservas totales de carbono en el humedal Marca Cunca, distrito de Cotaparaco - provincia de Recuay – Áncash, 2022.	H0: El volumen de las reservas totales de carbono del bofedal es inferior a las 250 t/ha, constituyendo grandes reservas netas de carbono orgánico para ser considerado como sumidero de carbono.	Variable independiente - Características del humedal	-Características del humedal	- Flora en el humedal - Cobertura existente - Presencia de hojarasca	Descriptivo.
	Objetivos específicos					



	<ul style="list-style-type: none"> - Describir las características del humedal Marca Cunca, distrito de Cotaparaco - provincia de Recuay – Áncash. -Cuantificar la concentración de carbono en la biomasa aérea del humedal Marca Cunca. -Cuantificar la concentración de carbono de la biomasa subterránea del humedal Marca Cunca. -Cuantificar la concentración de carbono en el suelo. 	<p>H1: El volumen de las reservas totales de carbono del bofedal es superior a las 250 t/ha, constituyendo grandes reservas netas de carbono orgánico para ser considerado como sumidero de carbono.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>- Reservas totales de carbono.</p>	<p>- Volumen total de carbono almacenado en la extensión total en hectáreas del área de estudio</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Carbono de la biomasa herbácea - Carbono de la biomasa de hojarasca - Carbono de la biomasa de raíces - Carbono del suelo 	<p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</p> <hr/> <p>No experimental.</p> <p>TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: Metodología ICRAF</p>
--	--	--	---	---	--	--



ANEXO 2. Resultados de laboratorio



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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : VAGREEN S.A.C.
PROCEDENCIA : ANCASH/ RECUAY/ COTAPARACO/ HUMEDAL MARCA CUNCA
REFERENCIA : H.R. 78789
FACTURA : 9623
FECHA : 10/02/2023

Lab	Número Muestra Claves	C %
098	S-1-1-1, 0-50 cm	4.23
099	S-1-1-2, 50-100 cm	0.70
100	S-1-2-1, 0-50 cm	3.09
101	S-1-2-2, 50-100 cm	0.98
102	S-2-1-1, 0-50 cm	1.84
103	S-2-1-2, 50-100 cm	2.39
104	S-2-2-1, 0-50 cm	1.21
105	S-2-2-2, 50-100 cm	1.25
106	S-3-1-1, 0-50 cm	3.49
107	S-3-1-2, 50-100 cm	0.98
108	S-3-2-1, 0-50 cm	4.68
109	S-3-2-2, 50-100 cm	1.80
110	S-4-1-1, 0-50 cm	2.74
111	S-4-1-2, 50-100 cm	1.06
112	S-4-2-1, 0-50 cm	2.94
113	S-4-2-2, 50-100 cm	1.08
114	S-5-1-1, 0-50 cm	2.90
115	S-5-1-2, 50-100 cm	1.41
116	S-5-2-1, 0-50 cm	3.13
117	S-5-2-2, 50-100 cm	0.35



Constantino Calderón Mendoza
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
Celular: 946-505-254
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe





**RESULTADOS DE ANALISIS DE PESO FRESCO Y SECO DE LAS SUB
MUESTRAS DE LA BIOMASA HERBASEA**

SOLICITANTE : Bach. David Daniel Velásquez Alejandro
MUESTRA : Biomasa Herbacea.
PROCEDENTE : Humeral Marca Cunca – Sector Cotaparaco - C.C.Catac- Recuay - Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN: 16-01-23
FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 16-01-23
FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 18-01-23

CODIGO DE LA MUESTRA	Peso fresco sub muestra (gr.)	Peso seco sub muestra (gr.)
V-1-1	150.220	60.138
V-1-2	115.112	52.447
V-2-1	81.418	42.317
V-2-2	115.418	51.642
V-3-1	131.112	57.713
V-3-2	112.413	87.552
V-4-1	75.151	42.137
V-4-2	93.915	42.918
V-5-1	84.313	47.331
V-5-2	73.713	63.778

ENSAYOS

1.- Determinación de peso seco

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomada por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

CONCLUSIONES

- Se ha obtenido los resultados en la Estufa a una temperatura de 75 °C por 24 horas.

Huaraz, 19 de enero del 2023.



Ing. M.Sc. Guillermo Casiano Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANALISIS
DE SUELOS Y AGUAS



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



**RESULTADOS DE ANALISIS DE PESO FRESCO Y SECO DE LAS SUB
MUESTRAS DE LA BIOMASA RAICES**

SOLICITANTE : Bach. David Daniel Velásquez Alejandro
MUESTRA : Biomasa Raíces.
PROCEDENTE : Humeral Marca Cunca – Sector Cotaparaco - C.C.Catac- Recuay - Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN: 16-01-23
FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 16-01-23
FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 18-01-23

CODIGO DE LA MUESTRA	Peso fresco sub muestra (gr.)	Peso seco sub muestra (gr.)
R-1-1	175.342	71.412
R-1-2	87.186	32.517
R-2-1	63.417	54.711
R-2-2	89.431	65.314
R-3-1	78.913	62.442
R-3-2	70.420	63.515
R-4-1	66.137	52.439
R-4-2	72.489	39.512
R-5-1	65.315	42.728
R-5-2	61.412	54.915

ENSAYOS

1.- Determinación de peso seco

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomada por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

CONCLUSIONES

- Se ha obtenido los resultados en la Estufa a una temperatura de 75 °C por 24 horas.

Huaraz, 19 de enero del 2023.



Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS
DE SUELOS Y AGUAS



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



RESULTADOS DE ANALISIS DE DENSIDAD APARENTE

SOLICITANTE : Bach. David Daniel Velásquez Alejandro
MUESTRA : Suelos
PROCEDENTE : Humeral Marca Cunca – Sector Cotaparaco - C.C.Catac- Recuay - Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN: 16-01-23
FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 16-01-23
FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 18-01-23

CODIGO DE LA MUESTRA	PROFUNDIDAD DEL HORIZONTE (cm.)	Peso seco de la muestra a 105 °C x 24 Hrs.	VOLUMEN DEL CILINDRO (CC)	DENSIDAD APARENTE g/cm ³
D-1-1-1	0-50	402.381	456.037	0.882
D-1-1-2	50 -100	419.312	456.037	0.919
D-1-2-1	0-50	305.415	456.037	0.670
D-1-2-2	50 -100	362.313	456.037	0.794
D-2-1-1	0-50	391.415	456.037	0.858
D-2-1-2	50 -100	421.318	456.037	0.924
D-2-2-1	0-50	315.915	456.037	0.693
D-2-2-2	50 -100	391.716	456.037	0.859
D-3-1-1	0-50	505.416	456.037	1.108
D-3-1-2	50 -100	570.561	456.037	1.251
D-3-2-1	0-50	388.521	456.037	0.852
D-3-2-2	50 -100	419.221	456.037	0.919
D-4-1-1	0-50	371.45	456.037	0.815
D-4-1-2	50 -100	421.702	456.037	0.925
D-4-2-1	0-50	356.785	456.037	0.782
D-4-2-2	50 -100	391.421	456.037	0.858
D-5-1-1	0-50	412.751	456.037	0.905
D-5-1-2	50 -100	472.656	456.037	1.036
D-5-2-1	0-50	302.789	456.037	0.664
D-5-2-2	50 -100	427.526	456.037	0.937

ENSAYOS

1.- Determinación de densidad aparente

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomada por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

Huaraz, 19 de enero del 2023.

Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS



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



RESULTADOS DE PESOS DE MUESTRA DE HOJARASCAS

SOLICITANTE : Bach. David Daniel Velásquez Alejandro
MUESTRA : Hojarasca
PROCEDENTE : Humedal Marca Cunca – Sector Cotaparaco - C.C.Catac- Recuay - Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN: 16-01-23
FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 16-01-23
FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 18-01-23

PARCELA	PSM	PFM
H-1-1	65.18	132.18
H-1-2	62.45	112.40
H-2-1	55.00	68.12
H-2-2	54.18	119.25
H-3-1	59.18	132.18
H-3-2	77.45	114.16
H-4-1	59.18	79.18
H-4-2	59.48	95.12
H-5-1	62.18	89.24
H-5-2	64.15	84.13

ENSAYOS

1.- Determinación de pesos de hojarasca.

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomada por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

Huaraz, 19 de enero del 2023.

FCA
CIUDAD UNIVERSITARIA - SHANCAYAN
HUARAZ - REGIÓN ANCASH

ANEXO 3. Planos del Lugar



VISTA PANORAMICA DE PARTE DEL AREA EN LA QUE SE UBICAN LOS INTERSECTOS, EN LA QUE SE DETALLA SUS DATOS CARTOGRAFICOS PARA UNA MEJOR UBICACION EN LA ZONA DE ESTUDIO.

ID	LAYER	IDENTIDAD	AREA (M2)	PERIMETRO (M)	CENTROIDE	
					ESTE	NORTE
1	TRANSECTO 01	T01	7265.7322	403.99	229534.4921	8902447.3528
2	TRANSECTO 02	T02	20232.4538	413.33	229581.8852	8902482.1448
3	TRANSECTO 03	T03	28958.8540	1303.54	229726.1824	8902578.1811
4	TRANSECTO 04	T04	27203.7442	1169.80	229872.8828	8901921.1827
5	TRANSECTO 05	T05	24728.5719	1049.18	229913.1523	8901762.8527



UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

TÍTULO: "CUANTIFICACIÓN DE LAS RESERVAS TOTALES DE CARBONO EN EL HUMEDAL MARCA CUNCA SECTOR COTAPARACO - COMUNIDAD CAMPESINA DE CATAQ, PROVINCIA DE RECUYAY - ANCASH, 2022"

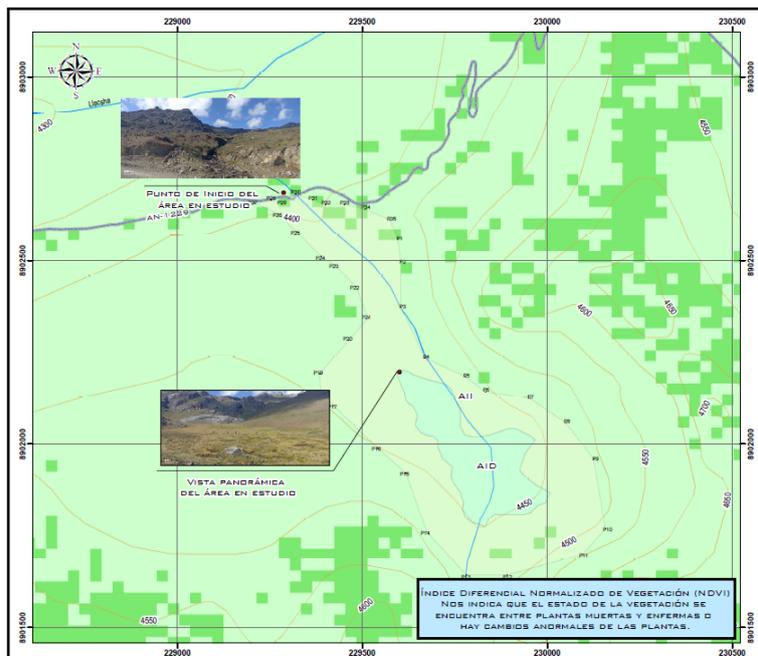
MAPA: MAPA DE UBICACIÓN DE INTERSECTOS

DEPARTAMENTO: ANCASH. PROVINCIA: RECUYAY. DISTRITO: COTAPARACO.

DATUM: WGS 84. ZONA GEOGRAFICA: 18 SUR. LATITUD: SUR

ESCALA: INDICADA. ELABORADO POR: AANJ. FECHA: JUNIO 2023.

LÁMINA: **UI**



VERTICE	LADO	DIST	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1-P2	62.32	164° 45' 40"	229506.5207	8902519.1315
P2	P2-P3	123.81	172° 45' 15"	229604.3809	8902497.3100
P3	P3-P4	153.86	205° 04' 45"	229604.3809	8902373.5048
P4	P4-P5	131.24	219° 52' 48"	229689.5972	8902234.1513
P5	P5-P6	67.32	168° 02' 40"	229779.4450	8902182.8229
P6	P6-P7	121.49	208° 23' 51"	229833.2173	8902142.3218
P7	P7-P8	117.67	154° 17' 31"	229953.3395	8902124.1630
P8	P8-P9	124.48	161° 51' 20"	230050.5434	8902057.8439
P9	P9-P10	103.43	15° 54' 00"	230126.4099	8901959.1546
P10	P10-P11	92.92	128° 08' 51"	230138.2277	8901788.2547
P11	P11-P12	111.77	147° 51' 56"	230005.5863	8901699.2152
P12	P12-P13	108.12	164° 31' 10"	229891.4966	8901643.1927
P13	P13-P14	159.62	132° 18' 21"	229782.3793	8901643.1927
P14	P14-P15	169.32	157° 13' 39"	229674.9419	8901781.2408
P15	P15-P16	103.05	208° 00' 26"	229618.2386	8901920.8170
P16	P16-P17	165.63	177° 45' 49"	229541.4964	8901989.4953
P17	P17-P18	50.73	178° 00' 10"	229426.4114	8902194.6114
P18	P18-P19	50.73	137° 40' 40"	229387.1890	8902141.1178
P19	P19-P20	120.15	137° 35' 03"	229385.7266	8902191.8261
P20	P20-P21	79.61	180° 00' 00"	229464.1631	8902182.8327
P21	P21-P22	91.65	242° 00' 33"	229516.3395	8902343.3662
P22	P22-P23	81.59	203° 02' 24"	229483.1214	8902428.7871
P23	P23-P24	43.68	192° 45' 57"	229426.4499	8902487.1884
P24	P24-P25	94.25	168° 07' 40"	229389.4900	8902510.9449
P25	P25-P26	69.69	180° 00' 00"	229322.5624	8902577.4450
P26	P26-P27	71.62	199° 59' 29"	229273.1296	8902626.5820
P27	P27-P28	44.80	35° 00' 25"	229208.1241	8902616.6332
P28	P28-P29	32.12	150° 00' 13"	229252.2150	8902664.5720
P29	P29-P30	46.88	235° 19' 34"	229282.4347	8902653.6656
P30	P30-P31	47.78	125° 07' 54"	229230.5800	8902680.8446
P31	P31-P32	37.31	179° 59' 00"	229345.6622	8902665.0469
P32	P32-P33	51.00	199° 21' 25"	229400.8446	8902652.4801
P33	P33-P34	57.44	167° 02' 54"	229451.8628	8902652.4801
P34	P34-P35	73.43	169° 31' 10"	229507.8434	8902639.8057
P35	P35-P1	55.71	135° 54' 52"	229575.2184	8902610.6051



UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

TÍTULO: "CUANTIFICACIÓN DE LAS RESERVAS TOTALES DE CARBONO EN EL HUMEDAL MARCA CUNCA SECTOR COTAPARACO - COMUNIDAD CAMPESINA DE CATAQ, PROVINCIA DE RECUYAY - ANCASH, 2022"

MAPA: INDICE DE VEGETACION DE DIFERENCIA NORMALIZADA (NDVI)

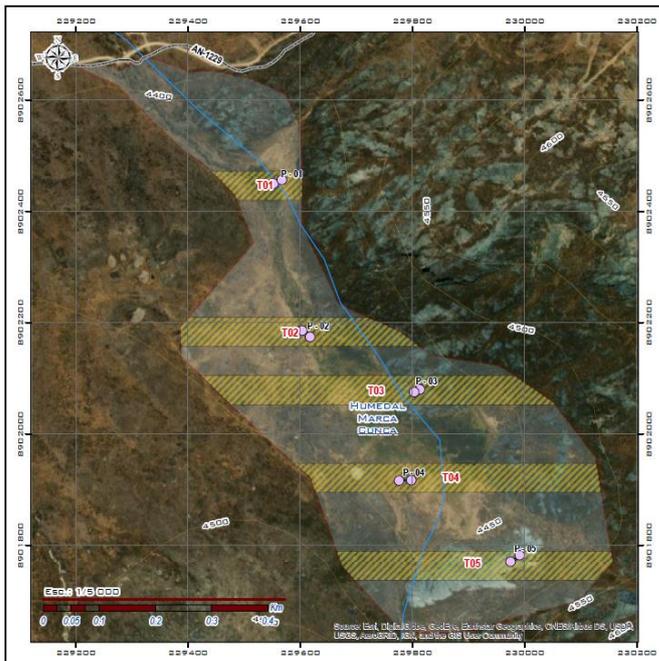
DEPARTAMENTO: ANCASH. PROVINCIA: RECUYAY. DISTRITO: COTAPARACO.

DATUM: WGS 84. ZONA GEOGRAFICA: 18 SUR. LATITUD: SUR

ESCALA: INDICADA. ELABORADO POR: AANJ. FECHA: JUNIO 2023.

LÁMINA: **IV**





PARCELA	MUESTRA	COORDENADAS UTM		
		ESTE	NORTE	ALTITUD
P - 01	MS - 01	229553.2604	8902450.0100	4457
	MS - 02	229567.4289	8902456.3982	4457
P - 02	MS - 01	229617.9723	8902174.3395	4460
	MS - 02	229603.9494	8902185.9283	4460
P - 03	MS - 01	229813.5792	8902080.2111	4468
	MS - 02	229803.0620	8902075.1840	4468
P - 04	MS - 01	229798.0966	8901917.0880	4471
	MS - 02	229776.4669	8901916.4530	4471
P - 04	MS - 01	229991.5630	8901781.8958	4473
	MS - 02	229974.8942	8901770.4129	4473

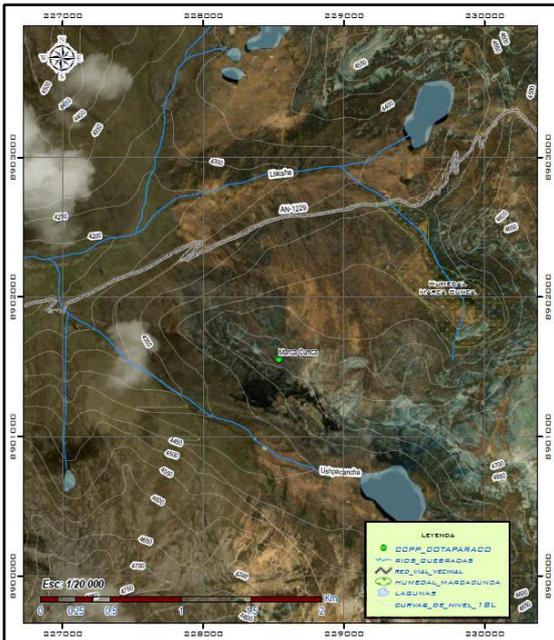


**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"**
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
ESUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

MAPA DE PUNTOS DE MUESTREO DE SUELOS

DEPARTAMENTO: ANCASH. DATUM: WGS 84. ESCALA: INDICADA.
PROVINCIA: RECUAY. ZONA GEOGRAFICA: 1B SUR. ELABORADO POR: AANJ
DISTRITO: COTAPARACO. LATITUD: SUR. FECHA: JUNIO 2023.

LÁMINA:
MS



COMPONENTE	AREA (HA)	PERIMETRO (M)	CENTRIDE	
			ESTE	NORTE
HUMEDAL MARCA CUNCA	385609.3767	3297.62	229708.8341	8902114.9614



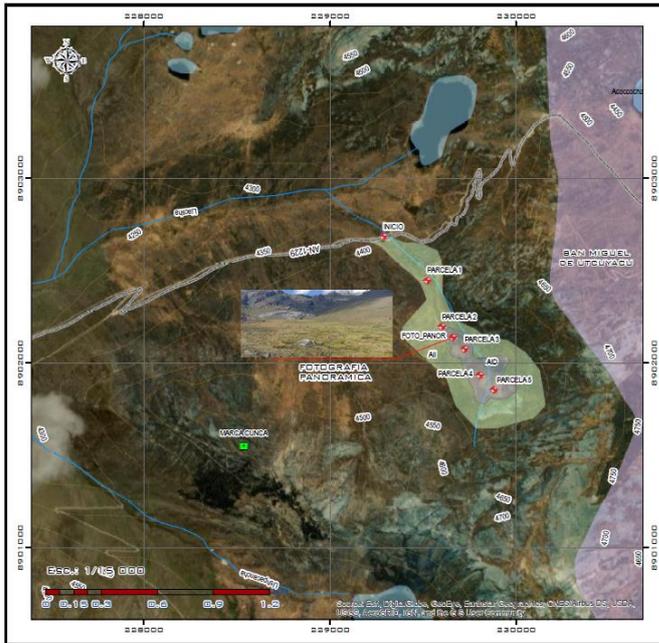
**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"**
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
ESUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

MAPA DE UBICACIÓN - LOCALIZACIÓN

DEPARTAMENTO: ANCASH. DATUM: WGS 84. ESCALA: INDICADA.
PROVINCIA: RECUAY. ZONA GEOGRAFICA: 1B SUR. ELABORADO POR: AANJ
DISTRITO: COTAPARACO. LATITUD: SUR. FECHA: JUNIO 2023.

LÁMINA:
U





LEYENDA

- + PTOS_MONITOREO
- DOPP_COTAPARACCO
- ~ RIDS_QUEBRADAS
- RVV_EJE
- CURVAS_DE_NIVEL_1 BL
- AID
- AII
- ZDI-LAGOS
- MINAGRI COMUNIDADES CAMPESINAS

ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA (AID)
 EN ESTE CASO, DADAS LAS CONDICIONES DE LA ZONA, DONDE SE SITUA EL ESTUDIO Y DONDE SE TOMARÁN LAS MUESTRAS PARA LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO, SE OPTA POR UN ÁREA DE 59.034,59 M² Y PERÍMETRO DE 1.447,52 M.

ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA (AII)
 EL ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA ES EL ÁREA SECUNDARIA DEL ÁREA DE ESTUDIO, EN LA CUAL TENDRÁ EFECTOS O IMPACTOS MINIMOS EN LA TOMA DE MUESTRAS O SE DESARROLLAN ACTIVIDADES SECUNDARIAS A LA TOMA DE MUESTRAS. CONSTA DE UN ÁREA DE 28.5984 HA.

COMPONENTE	ÁREA (HA)	PERÍMETRO (M)	CENTROIDE	
			ESTE	NORTE
AID	59.034.59	1.447.52	239200.1131	8901979.1610
AII	28.5984.81	4745.14	239700.8701	8903126.7809

LOS DATOS QUE SE PRESENTAN EN LOS MAPAS TEMÁTICOS CORRESPONDEN A DATOS DE LOS GEOPORTALES INSTITUCIONALES COMO DEL MINAM, MTC, MINEDU, ENTRE OTROS.



UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TÍTULO: "CUANTIFICACIÓN DE LAS RESERVAS TOTALES DE CARBONO EN EL HUMEDAL MARCA CUNCA SECTOR COTAPARACCO - COMUNIDAD CAMPESINA DE DATAS, PROVINCIA DE RECUAY - ANCASH, 2022"

TÍTULO: MAPA DE ÁREA DE INFLUENCIA

DEPARTAMENTO: ANCASH.
 PROVINCIA: RECUAY.
 DISTRITO: COTAPARACCO.

DATUM: WGS 84
 ZONA GEOGRÁFICA: 18 SUR
 LATITUD: SUR

ESCALA: INDICADA.
 ELABORADO POR: AANJ
 FECHA: JUNIO 2023.

LÁMINA:

AI



ANEXO 4. Registro fotográfico

Figura 11

Profundidad de calicata de muestreo en campo



Figura 12

Medición de transecto de 4 x 25m



Figura 13

Cuadrante 1 x 1m



Figura 14

Deterioro del bofedal por quema



Figura 15

Cuadrante de 1 x 1m y 0.5 x 0.5 m



Figura 16

Muestreo del tesista en campo para pesado



Figura 17

GPS en el cuadrante de muestreo



Figura 18

Transecto en lugar sin deterioro



Figura 19

Cuadrante dentro del transecto



Figura 20

Cuadrantes dentro del transecto



Figura 21

Muestras en estufa para secado



Figura 22

Muestras en estufa para secado 2

