

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA  
ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**



**RESERVA DE CARBONO EN BOFEDALES Y SU RELACIÓN CON LA  
FLORÍSTICA Y CONDICIÓN DEL PASTIZAL**

**Presentada por:**

**ANGELA YENNY LEÓN TINOCO**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**Lima-Perú**

**2016**

## **DEDICATORIA**

### ***A Dios***

*Por haberme dado el privilegio de estudiar la maestría y haber provisto todo lo necesario desde el inicio al final.*

### ***A mi familia***

*Por su incondicional amor, comprensión y apoyo en todo tiempo.*

### ***A mis amigos***

*Por sus muestras de afecto y ánimos en los momentos difíciles de mi vida.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) y al Ph. D. Javier Ñaupari por su apoyo en éstos dos años de estudio como coordinador de la maestría.*

*Al Ph.D. Enrique Flores y al Ph. D. Julio Alegre por su importante contribución para la realización de esta tesis y a la Ph. D. Lucrecia Aguirre por su sabia orientación para la culminación de este estudio.*

*A los amigos, compañeros y colegas del Laboratorio de Utilización de Pastizales (LUP) por el constante apoyo y ánimos en los momentos necesarios.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	2
2.1 Estructura y función de los humedales.....	2
2.2 Bofedales y su Importancia .....	3
2.2.1 Clases de Bofedales.....	4
2.2.2 Servicios ambientales proveídos por los bofedales.....	6
2.3 Captura de C en el suelo.....	6
2.3.1 La materia orgánica del suelo.....	7
2.3.2 Factores que influyen en el contenido de la materia orgánica en el suelo .....	7
2.3.3 Comunidades de plantas hidrofíticas y especies dominantes en los bofedales .....	9
2.3.4 Características de los suelos de bofedales.....	11
2.3.5 Calidad de la materia orgánica .....	12
2.4 Estado de los humedales altoandinos a escala regional .....	14
2.5 Impacto del pastoreo sobre los bofedales.....	14
2.5.1 Efecto del sobrepastoreo sobre la cantidad de C almacenado.....	15
2.5.2. Relación entre la cantidad de carbono almacenado y la condición del pastizal.....	16
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	17
3.1 Área de Estudio .....	17
3.1.1 El Parque Nacional del Huascarán (Ancash) .....	17
3.1.2 Comunidad de Santa Ana y Pucapampa (Huancavelica) .....	17
3.1.3 Pampa de Tocra (Arequipa) .....	20
3.1.4 Comunidad de Mazocruz (Puno).....	20
3.2 Técnicas y Enfoque de muestreo.....	20
3.3 Parámetros Evaluados .....	21

3.3.1 Condición Ecológica .....	21
3.3.2 Carbono almacenado .....	23
3.4 Análisis Estadístico .....	24
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>26</b>
4.1 Caracterización de los bofedales .....	26
4.1.1 Caracterización de los bofedales de Ancash .....	26
4.1.2 Caracterización de los bofedales de Huancavelica .....	34
4.1.3 Caracterización de los bofedales de Arequipa .....	42
4.1.4 Caracterización de los bofedales de Puno .....	49
4.2 Cantidad de carbono almacenado y la condición del bofedal .....	58
4.3 Relación entre la especie dominante y el C almacenada en el suelo.....	61
4.4 Relación entre la calidad de materia orgánica y la condición de los bofedales .....	63
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>67</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>68</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>77</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los bofedales evaluados por departamento.....	19
Tabla 2. Composición florística y deseabilidad de los bofedales estudiados en Ancash.....	27
Tabla 3. Condición para el pastoreo de vacunos de los bofedales de Ancash .....	28
Tabla 4.Descripción de la topografía del bofedal N°1 .....	29
Tabla 5. Propiedades físicas y químicas del suelo del bofedal N°1 .....	31
Tabla 6. Descripción de la topografía del bofedal N°2 .....	32
Tabla 7. Propiedades físicas y químicas del suelo del bofedal N° 2.....	33
Tabla 8. Composición florística y deseabilidad de los bofedales en Huancavelica .....	35
Tabla 9. Condición para el pastoreo de alpacas de los bofedales de Huancavelica .....	36
Tabla 10. Descripción de la topografía del bofedal N°3 .....	37
Tabla 11. Propiedades físicas y químicas del suelo del bofedal N°3 .....	38
Tabla 12. Descripción de la topografía del bofedal N°4 .....	39
Tabla 13. Propiedades físicas y químicas del suelo del bofedal N°4 .....	40
Tabla 14. Composición florística y deseabilidad de los bofedales de Arequipa.....	42
Tabla 15. Condición para el pastoreo de alpacas de los bofedales de Arequipa.....	43
Tabla 16. Descripción de la topografía del nofedal N°5 .....	44
Tabla 17. Propiedades físicas y químicas del suelo del bofedal N°5 .....	45
Tabla 18. Descripción de la topografía del bofedal N°6 .....	46
Tabla 19. Propiedades físicas y químicas del suelo del bofedal N°6.....	47
Tabla 20.Composición florística y deseabilidad de los bofedales estudiados en Puno.....	49
Tabla 21. Evaluación de la condición para el pastoreo de alpacas de los bofedales de Puno.....	50
Tabla 22. Descripción del paisaje y topografía del N°7.....	51
Tabla 23. Propiedades físicas y químicas del suelo del bofedal N°7 .....	53
Tabla 24. Descripción de la topografía del bofedal N° 8 .....	54

Tabla 25. Propiedades físicas y químicas del suelo del bofedal N°8 .....	54
Tabla 26.Descripción de la topografía del bofedal N°9 .....	55
Tabla 27. Propiedades físicas y químicas del suelo del bofedal N° 9.....	57
Tabla 28. Cantidad de carbono almacenado y la condición de 6 bofedales .....	60
Tabla 29. Principales especies vegetales de cada bofedal y su deseabilidad .....	62
Tabla 30. Plantas deseables y el % de materia orgánica en el primer horizonte.....	63

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Perfil del suelo del bofedal N°1 .....	30
Foto 2. Perfil del suelo del bofedal N°2 .....	32
Foto 3. Perfil del suelo del bofedal N°3 .....	38
Foto 4. Perfil del suelo del bofeal N°4 .....	39
Foto 5. Perfil del suelo del bofedal N°5 .....	44
Foto 6. Perfil del suelo del bofedal N°6 .....	46
Foto 7. Perfil del suelo del bofedal N°7 .....	52
Foto 8. Perfil del suelo del bofedal N°8 .....	54
Foto 9. Perfil del suelo del bofedal N°9 .....	56

## RESUMEN

Se evaluaron un total de 9 bofedales en las regiones de Ancash, Arequipa, Huancavelica y Puno a más de 3800 msnm durante la época de secano y de lluvia. Los objetivos de este estudio fueron: determinar la condición para pastoreo, evaluar la composición florística y estimar la cantidad de C así como la calidad de la materia orgánica almacenada en el suelo. La condición para pastoreo y la composición florística fue evaluada a través del método Parker modificado por Florez y Malpartida mediante 4 indicadores: la deseabilidad de las plantas, el índice forrajero, la cobertura vegetal y el índice de vigor. El porcentaje de materia orgánica fue evaluada con el método de Walkey y Black y la calidad se evaluó a través de la proporción de las sustancias húmicas: ácido húmico, ácido fúlvico y huminas usando la metodología de Kononova. Los resultados indican que los bofedales evaluados en su mayoría son de condición buena y regular ya que presentan mayor cantidad de plantas deseables y poco deseables tales como *Distichia muscoides*, *Plantago tubulosa*, *Alchemilla diplophylla* y *Werneria Pygmaea* y los de condición pobre presentaron *Oxychloe andina*, *Aciachne acicularis* y *Plantago rigida*. En los bofedales de mejor condición se encontró menor cantidad de C almacenado pero mayor calidad de la materia orgánica, lo cual puede estar relacionado a que al presentar mayor cantidad de plantas deseables son más pastoreados y por tanto, hay mayor consumo de los herbívoros lo cual ocasiona menor retorno de C al suelo y promueve una mayor incorporación de N soluble lo cual mejora la relación C:N de la materia orgánica.

*Palabras clave: bofedales, sustancias húmicas, condición, pastoreo*

## SUMMARY

A total of 9 bofedales were evaluated in the regions of Ancash, Arequipa, Huancavelica and Puno at an altitude higher than 3800 m.a.s.l during the dry season and rainy season. The objectives of this study were to determine the condition of grazing, evaluate the floristic composition and estimate the amount of C as well as the quality of organic matter stored in the soil. The grazing condition of the bofedales was evaluated using Parker's procedure modified by Florez and Malpartida, which considers the acceptability of plants, forage index, vegetation cover and vigor index. The percentage of organic matter was estimated using the Walkey and Black method whereas the C quality was assessed using the ratio of humic substances which are humic acid, fulvic acid and humin by the Kononova methodology. The results indicate that the majority of the bofedales have a good or fair condition because they presented more desirable plants than undesirable such as *Distichia muscoides*, *Plantago tubulosa*, *Alchemilla diplophylla* and *Werneria Pygmaea*. Poor bofedales presented undesirable plants such as *Oxychloe andina*, *Aciachne acicularis* and *Plantago rigida*. On the other hand, bofedales with better conditions for grazing have lower stock of C stored but high organic matter quality which may be related to the presence of more desirable plants on good bofedales that are grazed more and therefore there is greater consumption by herbivores than a poor bofedal which causes less C return to the ground and promotes greater incorporation of soluble N which improves the C: N ratio of organic matter and as a consequence the quality of the matter organic is higher.

*Key words: wetlands, humic substances, condition, grazing*

## I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la definición de la Convención Ramsar, los humedales son extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces o saladas; incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda seis metros (Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 2004). Los humedales son importantes sumideros de carbono (C) ya que almacenan más del 10% del C global a pesar de representar menos del 3% del área total de los biomas del mundo (IPCC, 2000). Debido a que son sistemas muy eficientes contribuyen a mitigar los efectos del cambio climático, por tanto, deben ser protegidos pues su funcionamiento es un aspecto crítico para el ambiente como soporte de un alto nivel de productividad y diversidad biológica, proveen de hábitat para la flora y fauna (incluyendo especies y comunidades amenazadas), mantiene los regímenes hidrológicos regionales y locales, remueven nutrientes y contaminantes, actúan como almacén de lluvias e inundaciones; y son soporte para las actividades humanas (Texeira-Leite y Macfarlane, 2013).

En la ecorregión Puna, las turberas son llamadas “bofedales” proveen servicios ambientales claves tales como el incremento de la diversidad regional y contribuyen con el bienestar de las poblaciones altoandinas al ser fuente de forraje para el pastoreo y de combustible. En la actualidad hay una mayor necesidad para la conservación y el uso sostenible de los bofedales; sin embargo, no se puede conservar y manejar adecuadamente lo que no se conoce. Por tanto, el primer paso en la conservación y uso sostenible de un recurso es estudiarlo y entenderlo. La información relevante sobre los bofedales de la puna peruana así como sus características y funciones es todavía muy escasa (Salvador et al., 2014). La presente investigación tiene como objetivos; en primer lugar, determinar la condición para pastoreo de los bofedales; en segundo lugar, evaluar la composición florística de cada bofedal; y por último, determinar la cantidad de C así como la calidad de la materia orgánica almacenada en el suelo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Estructura y función de los humedales

Brack y Mendiola (2004) definen al ecosistema como una serie de interacciones entre el conjunto de los organismos vivos (factores bióticos) y el medio físico (factores abióticos) donde éstos se desarrollan dando lugar a flujos constantes de energía. Los ecosistemas se pueden clasificar de acuerdo a las características estructurales o funcionales que presenten. Un esquema de clasificación es mediante los biomas, que se definen como un sistema ampliamente usado basados en las características estructurales macroscópicas evidentes y siempre presentes. En la tierra, la vegetación suele constituir una macrocaracterística fácilmente reconocible que “integra”, por así decirlo, organismos, suelos y clima. Se reconocen 12 tipos de biomas, las cuales son: tundra, desierto, taiga, selva tropical, chaparral, arrecifes de coral, agua dulce, pastizales, océanos, sabanas, bosque templados y humedales.

Los humedales son áreas donde el agua es el factor primario controlador del ambiente, así como de la vida animal y vegetal asociada. Son reconocidos como una transición entre ambientes acuáticos y terrestres donde el nivel freático se encuentra en o cerca de la superficie del suelo y a la vez este es cubierto por agua a una profundidad no mayor a 6 pies (Yarrow, 2009). Los ecosistemas de humedales cumplen diversas funciones y procesos, los cuales comprenden el flujo de energía, el ciclo de nutrientes y el ciclo hídrico o balance del agua.

El flujo de energía (productor-herbívoro-carnívoro) es particularmente productivo en los sistemas de los humedales. Además, poseen otro importante sistema energético llamado cadena alimentaria de detritus, en el cual se encuentran los organismos que descomponen las plantas y los animales muertos. Ambas cadenas alimenticias son muy eficientes en su funcionamiento, incrementando la productividad de muchos humedales. En humedales donde los niveles de agua son relativamente estables y las fluctuaciones son limitadas, se acumula la

materia orgánica, y el potencial productivo es almacenado en el fondo de sedimentos (Yarrow, 2009).

El ciclo de nutrientes se lleva a cabo a través del ecosistema, donde los herbívoros tienen una limitada capacidad de retener los nutrientes que consumen, por lo tanto, la mayor parte de ellos retornan al ambiente en forma de heces u orina. Al suelo también se incorpora el mantillo (Alegría, 2013), el cual se forma por desechos orgánicos, esencialmente materia orgánica recién caída o biomasa vegetal levemente descompuesta (Frost y Ruyle, 1993). El proceso de descomposición de los materiales orgánicos involucra a un amplio rango de organismos que convierten el material orgánico en humus, un material estable sujeta a lenta descomposición que comprende dos grandes procesos: el primero, la humificación que involucra procesos físicos, químicos y biológicos para transformar la materia orgánica en humus; y el segundo, la mineralización, proceso mediante el cual el humus se transforma en compuestos solubles asimilables por las plantas (Alegre et al 2014).

Finalmente, el balance del agua se refiere al equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan y salen del sistema en un determinado intervalo (PNUMA, 2010). Para la mayoría de los humedales, las fuentes de ingresos (precipitación, flujo superficial, flujo de agua subterránea, mareas) y salidas (evotranspiración, flujo superficial, flujo de agua subterránea, mareas) cambian con el tiempo (Cherry, 2011). Los humedales funcionan como esponjas naturales de agua que atrapan y liberan lentamente dicho elemento de manera superficial, subterránea, lluvias y otros flujos. La vegetación de los humedales también pueden disminuir los flujos de agua sobre el suelo (EPA, 2002).

## **2.2 Bofedales y su Importancia**

Los bofedales son humedales de altura y se consideran praderas nativas de la región andina, poco extensa y con humedad permanente. Los bofedales llamados también oconales o turberas, constituyen ecosistemas hidromórficos distribuidos a manera de parches en la región andina, a partir de 3800 m.s.n.m.; principalmente en la zona sur y la zona central del país. Ocupan una superficie aproximada de 509 381 ha (0.40% de la superficie nacional), sin incluir las áreas menores a 25 ha (MINAM, 2013).

Los bofedales u oconales son formaciones altoandinas que generalmente ocupan terrenos inmediatos a lagunas o aguas de corriente lenta, en ellas el suelo está empapado en agua, completamente saturado, en estas vegas o sitios semipantanosos se desarrolla una vegetación higrófila siempre verde (Gómez, 1966). Algunos bofedales forman turbas en la primera capa del suelo formadas por los residuos vegetales, las cuales son de lenta descomposición, de colores pardo oscuro a negro, de alto contenido de materia orgánica y con erosión nula (UNAP, 2001).

Los bofedales son importantes pues proveen de servicios ecosistémicos que son aquellos que las personas recibimos y a la vez mantienen directa o indirectamente nuestra calidad de vida. En el estudio La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MA, 2005) se clasifican en cuatro tipos de servicios ecosistémicos: primero, servicio de provisión (alimentos, agua, energía); segundo, servicios de regulación (como la purificación del agua y la regulación climática); tercero, servicios culturales (educación, ocio) y por último; servicios de soporte, que mantienen todos los demás servicios (ciclo de nutrientes, formación del suelo).

Los humedales son importantes en la mitigación del efecto invernadero porque se encargan de secuestrar y almacenar carbono a través del suelo. A pesar de representar menos del 3% de la superficie de biomas a nivel mundial se sabe que almacenan cerca del 10% del C global (IPCC, 2000). Al ser las turberas una clase de humedal que acumula materia orgánica en distintos estados de degradación anaeróbica y estar ubicadas en lugares donde la precipitación es alta y la evaporación baja; juegan un rol importante en la regulación del ciclo hídrico y almacenamiento de carbono (Díaz et al., 2005).

### **2.2.1 Clases de Bofedales**

Los bofedales actualmente son clasificados por diversos criterios, tales como el piso altitudinal, la ubicación, las condiciones climáticas, el almacenamiento de agua entre otros. A continuación se presentan dos clasificaciones (Alzérreca, 2001):

Los bofedales se diferencian en función de la altura de su ubicación, la calidad, la cantidad y la permanencia del agua que los riega. Así, los bofedales se ubican en el Altoandino semihúmedo, el Altiplano semihúmedo, el Altiplano semiárido y el Altoandino semiárido y árido.

También, se puede clasificar los bofedales en: bofedales naturales, producidos por los deshielos o corrientes de agua, dando la impresión que no son tan extensos como los artificiales; y bofedales artificiales, que cuentan con riego permanente en grandes extensiones para lo cual se construyen canales que derivan las aguas de los ríos. En este caso el terreno debe ser plano o con una ligera pendiente para evitar que el agua discurra rápidamente.

Buttolph (1998) clasifica a los bofedales de la localidad de Cosapa (provincia Sajama, Oruro) en función de la abundancia del agua en: bofedales de mayor humedad, se caracterizan por permanecer permanentemente inundados por ello presentan dominancia de *Distichia muscoides* y *Oxychloe andina*; bofedales de humedad intermedia, son áreas salinizadas que reciben suficiente agua durante gran parte del año y están dominados por *Werneria pygmaea*, *Plantago tubulosa*, *Juncus stipulatus* y *Puccinellia oresigena*; y por último, bofedales de menor humedad que reciben humedad semipermanente hacia intermitente razón por la cual durante el invierno pueden estar secos, entre las especies dominantes encontramos *Calamagrostis curvula*, *Distichlis humilis* y *Carex sp.*

Fiorio (1996), asegura que dentro de un bofedal se pueden distinguir tres zonas o áreas: la central, que es la más húmeda e inundable con características hidromórficas donde predominan las especies acuáticas (Juncos y Carex) y las gramíneas raramente están presentes. Por lo general en esta zona siempre se encuentra presente un cauce que actúa como drenaje del agua y su profundidad está en relación proporcional al estado de conservación de la cuenca. En estos sitios con características hidromórficas ocurren procesos de desnitrificación que lo convierten en lugares con poca aptitud forrajera. La zona intermedia es la de mayor producción forrajera, con predominio de gramíneas y leguminosas (poas y tréboles); es el sitio donde hay mayor actividad biológica y en consecuencia bien dotado de fertilidad debido a que la presencia de humedad permite cumplir con la liberación de nitrógeno y su mineralización. Se puede observar una tendencia a perder fósforo y azufre solubles por las constantes lavadas que cuando son aportados por fertilización modifican notablemente la presencia de leguminosas, aumentando rápidamente la abundancia de éstas. Por último, la zona periférica que se encuentra influenciada por Stipas y otras especies pertenecientes a la estepa, constituyéndose en un sitio de equilibrio muy frágil.

## 2.2.2 Servicios ambientales proveídos por los bofedales

Tomando en cuenta los servicios ecosistémicos considerados por el PNUMA (Programa de las naciones unidas para el desarrollo) los bofedales en el Perú proveen bienes y servicios de suma importancia. A continuación se presenta (Cuadro 1) las funciones y servicios de los bofedales (Arenas, 2013):

Cuadro 1. Servicios ambientales que proveen los bofedales y sus funciones

<b>Servicios Ambientales</b>	<b>Funciones</b>	<b>Ejemplos</b>
Regulación de gases	Regulación de composición química atmosférica	Balance CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>
Regulación de clima	Regula temperatura global, precipitación y otros procesos climáticos globales y locales	Regulación de gases de efecto invernadero (Captura de C)
Regulación de disturbios	Capacidad del ecosistema de dar respuesta y adaptarse a fluctuaciones ambientales	Protección de sequías, respuesta del hábitat a cambios ambientales
Oferta de agua	Almacenamiento y retención de agua	Provisión de agua provenientes de acuíferos
Retención de sedimentos y control de la erosión	Detención del suelo dentro del ecosistema	La cobertura del bofedales previene la pérdida del por vientos. Almacenamiento de agua en los bofedales
Refugio de especies	Hábitat para poblaciones residentes y migratorias	Semilleros, hábitats de especies migratorias, locales
Materia prima	Producción bruta primaria extractable de materias primas	Producción de forrajes
Recreación	Proveer oportunidades para actividades recreacionales	Ecoturismo
Cultural	Proveer oportunidades para usos no comerciales	Estética, artística, educacional, espiritual, valores científicos del ecosistema

## 2.3 Captura de C en el suelo

El almacenamiento de C en los suelos es el balance entre la incorporación de material vegetal muerto (desecho de hojas y raíces) y las pérdidas de los procesos de descomposición y mineralización. Bajo condiciones aeróbicas, la mayor parte del C que se incorpora a los suelos es lábil y, por lo tanto, es devuelto a la atmósfera a través de los procesos conocidos como respiración del suelo o flujo de CO<sub>2</sub> (el resultado de la respiración de las raíces –la respiración autotrófica– y la descomposición de la materia orgánica -respiración heterotrófica) según la

FAO (2007). Los suelos de los humedales se encuentran saturados de agua lo cual trae como consecuencia poca o nula presencia de O<sub>2</sub>, formándose un ambiente anaeróbico en el cual las tasas de descomposición son bajas y favorecen, de esta manera, a la acumulación de grandes cantidades de C (Hernández, 2010). Más del 90% del C almacenado en los humedales se encuentra fijado a través del suelo según el IPCC (2000).

### **2.3.1 La materia orgánica del suelo**

El C se encuentra almacenado en el suelo en forma de materia orgánica (Gallego et al., 2012). La materia orgánica del suelo (MOS) es un complejo de una variada mezcla de sustancias orgánicas incorporadas al suelo, las cuales contienen carbono que en promedio abarca alrededor de la mitad de su composición en peso. La MOS incluye residuos de plantas y animales en varios estados de descomposición (Alegre et al 2014) y comprende 4 categorías: primero, residuos de plantas caídas (no reconocidas como material vegetal); segundo, microorganismo y microflora en descomposición; tercero, subproductos del crecimiento microbiano y en descomposición; y finalmente, una fracción conocida como humus o fracción orgánica estabilizada. El humus posee de 50 a 55% de C, 4-5% de nitrógeno y 1% de azufre; es una sustancia relativamente estable que puede persistir durante un número de años en el suelo, particularmente cuando se asocia con componentes minerales como el limo y arcilla (Amlinger et al 2007).

### **2.3.2 Factores que influyen en el contenido de la materia orgánica en el suelo**

El contenido de materia orgánica en el suelo es controlado por el tipo de vegetación, el clima y la textura del suelo (Burke et al., 1989; Jobbágy y Jackson, 2000) que se detallan a continuación:

#### **a. Especies vegetales**

El estudio sobre “Características de los bofedales en el ámbito boliviano” (Alzérreca et al., 2001) señala que las especies dominantes son *Oxychloe andina*, *Werneria pygmaea*, *Carex incurva* var. *misera*, *Hypochoeris taraxacoides*, *Festuca risgescens*, *Werneria pinnatifida*, *Agrostis tolucensis*, *Azolla filiculoides* y *Werneria spathulata*. En aquellos sectores de bofedal deteriorado por falta de riego dominan *Hypochoeris taraxacoides*, *Carex incurva* var. *misera* y *Deyeuxia curvula*. En aquellos lugares donde la napa freática se encuentra a mayor profundidad, dominan gramíneas (poaceas) perennes de los géneros *Deyeuxia* y *Festuca*.

Salvador et al (2014) encontró bofedales dominados por sólo *Distichia muscoides*, con contenido de materia orgánica en el suelo de  $69 \pm 14\%$  mientras que en áreas dominadas por *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa* fue de  $56 \pm 26\%$ . En áreas menos comunes dominados por *Plantago tubulosa* y *Plantago rigida*, el contenido de materia orgánica fue 63% y 21 % respectivamente. En otras muestras tomadas de áreas dominadas por *Oxychloe andina* se encontró 78% de materia orgánica. Palomino y Cabrera (2008) encontraron diferencias en el contenido de materia orgánica del suelo en humedales dominadas por *Scirpus americanus* Pers, *Schoenoplectus californicus*, *Paspalum vaginatum* Swartz y *Slicornia fruticosa* Linneo reportando valores de 5.2%, 0.5%, 0.6% y 0.3% respectivamente (Sotomayor et al., 1990).

#### b. Clima

Factores climáticos como precipitación y temperatura influyen en la cantidad y tipo de vegetación así como en la velocidad de descomposición de la materia orgánica (Grunwald, 2014). En varios estudios de campo se ha demostrado que la temperatura es un factor clave para el control del rango de descomposición de residuos de plantas. La descomposición normalmente es más rápida en áreas tropicales que en áreas templadas (FAO, 2005). En general, el clima frío y árido tienden a ralentizar los procesos microbianos en el suelo, particularmente los procesos de descomposición y mineralización (Grunwald, 2014).

El cambio climático afectará directamente al suelo a través de las modificaciones del patrón de lluvias y una creciente evotranspiración que generará un clima más extremo y condiciones más propicias para extender la degradación del suelo. Las propiedades físicas y bioquímicas tales como el carbono orgánico, la materia orgánica, la profundidad, pH, salinidad entre otros del suelo se verán afectadas (Gardi et al., 2014).

#### c. Suelos

El contenido de materia orgánica en el suelo está estrechamente relacionado con la densidad aparente, la proporción de carbono orgánico, la proporción de tierra fina y la profundidad. Este último valor es el que tiene mayor efecto en la estimación de la cantidad de C almacenado. El contenido de carbono orgánico en porcentaje es mayor en las primeras capas del suelo y va disminuyendo de acuerdo a la profundidad (Figura 1). Según Gardi et al., (2014) en el primer

metro de profundidad de los suelos de América Latina y el Caribe se almacenan aproximadamente 185 Gt de carbono orgánico.

La textura del suelo también influye en el contenido de materia orgánica, por ejemplo, los suelos arenosos, que son aireados y tienden a tener un bajo contenido de humedad poseen bajos contenidos de materia orgánica. Por otro lado, los suelos arcillosos, que son menos aireados y tienden a presentar mayor contenido de humedad, poseen mayor contenido de materia orgánica (Grunwald, 2014). En suelo donde hay condiciones de anaerobiosis la mineralización es mucho más lenta, la materia orgánica se va acumulando y puede dar lugar a la formación de turbera (Histosol). La acidez también frena la mineralización, al predominar los hongos frente a las bacterias (Porta et al., 2003).

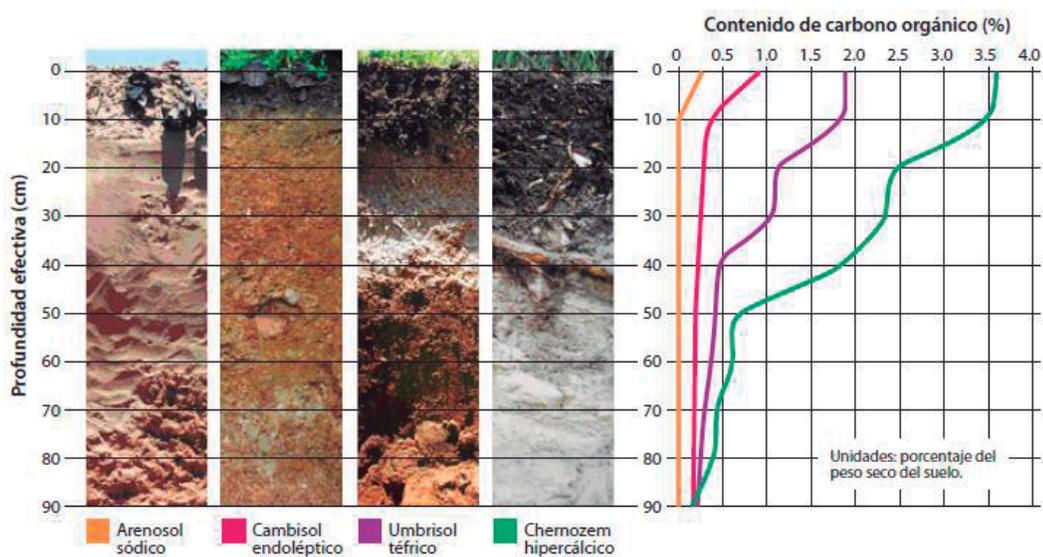


Figura 1. Contenido de materia carbono orgánico (%) de acuerdo a la profundidad efectiva (m) del suelo (Gardi et al., 2014)

### 2.3.3 Comunidades de plantas hidrofíticas y especies dominantes en los bofedales

Weberbauer (1945) citado por Fonkén (2015) describe 5 comunidades de plantas hidrofíticas que pueden estar asociados con los bofedales típicos en el Perú, los cuales son: bofedales de *Distichia*, bofedales con musgos y arbustos, prados con turbas y bofedales con pastizales.

#### a. Bofedales de *Distichia*

La *Distichia muscoides* es una especie ampliamente distribuida en los bofedales peruanos, considerada como forraje deseable para alpacas, llamas, ovejas y para

caballos, como altamente deseable. Por tanto, este forraje es sobrepastoreado de manera frecuente (Fonkén, 2015). Cooper et al., 2010 indica que esta especie, en forma de cojín al igual que *Plantago tubulosa*, *Oreobolus*, *Werneria pygmaea*, *Distichia acicularis* y *Achiachne pulvinata* son las más comunes y presentan suelos con el más alto contenido de C que otras comunidades en el sur de Chile (30 a 40%).

*Plantago rigida* y *Oreobolus cleefii* también son plantas en forma de cojín y junto con la *Distichia muscoides* son dominantes en los bofedales de los Andes de Colombia (Cleef, 1981 citado por Cooper et al., 2010).

b. Bofedales con musgos y arbustos

Estas comunidades se caracterizan por la presencia abundante de musgos, en especial de la especie *Sphagnum* y arbustos ericaceous dispersos. Dichas comunidades son poco comunes en el Perú, pudiéndose encontrar en el este y norte del país (Weberbauer 1945 citado por Fonkén 2014) se le asocia con páramos y jalcas.

c. Prados con turbas

Estas comunidades se caracterizan por la presencia de muchas especies de la familia Poaceae, se encuentran en los paisajes interandinos y en las laderas occidentales de los Andes en el Perú (Weberbauer 1945 citado por Fonkén 2014). Las plantas vasculares dominantes son típicamente Cyperaceae (*Carex*, *Eleocharis*, *Phylloscirpus* y *Scirpus*), Juncaceae (*Juncus* y *Luzula*) o pastos altos tales como la *Festuca* o *Calamagrostis*. La abundancia de Cyperaceae y Juncaceae es generalmente adecuado para el pastoreo, aunque es importante señalar que la calidad del forraje va a variar de acuerdo al valor nutritivo de los pastos en cada sitio.

d. Bofedales con pastizales

En estas comunidades se encuentran pastos de porte bajo que forman una alfombra, se encuentran frecuentemente en las riberas (Weberbauer 1945 citado por Fonkén 2014) o alrededor de fuentes de agua o en zonas de humedad alta. Las plantas características son *Plantago tubulosa* Decne y *Werneria pygmaea* Gillies junto con otras especies de Asteraceae, Cyperaceae y Juncaceae. *Plantago tubulosa* en una especie indeseable para

alpacas, llamas y ovejas (Fonkén 2010 citado por Fonken 2014), entonces cuando dicha planta es dominante el sitio es de bajo valor para pastoreo. Es importante señalar que esta planta es considerada como deseable para las alpacas y poco deseable para vacunos y ovinos según Flores (1992).

Fonkén (2014) indica que pueden encontrarse otras comunidades de bofedales pero que son menos comunes que los señalados por Weberbauer (1945), tales como los bofedales en el sur del Perú que se encuentran dominados por *Oxychloe andina*. Loza et al., 2000 indica que *O. andina* se puede encontrar en las laderas de los bofedales, es decir, es resistente a ambientes secos tal como la *Festuca dolicophylla*. También señala que la *Distichia muscoides* así como *Phylloscirpus boliviensis* se encuentran principalmente en el interior de los bofedales y son intolerantes a la falta de agua. Además, que fuertes sequías podrían llegar hasta comunidades dominadas por gramíneas tales como *Achiachne pulvinata*, *Festuca spp* y *Phylloscirpus desertícola* que no tiene la misma capacidad de almacenar agua y formar suelos orgánicos.

En los estudios realizados en Puno, se encontraron en los bofedales de áreas reducidas *Distichia muscoide* es dominante pero en zonas más extendidas es *Lilaeopsis andina*, la cual es una hierba que adopta porte erecto cuando se encuentra sumergida en agua estancadas y se mantiene postrada fuera de ella. *Lucillia tunariensis*, es codominante de esta asociación (Astorga, 2001).

En relación al valor forrajero de los bofedales, estos son considerados de mucha importancia debido a su alta productividad de hierbas y gramíneas, deseables al ganado. Destacan *Distichia muscoides*, *Scirpus sp*, *Alchemilla pinnata*, *Wernera Pygmaea*, *Ranunculus spp.*, y varias gramíneas de los géneros *Poa* y *Calamagrostis*.

#### **2.3.4 Características de los suelos de bofedales**

Los suelos de los humedales contienen grandes cantidades de C en forma de MOS (Jurado et al, 2013). La acumulación de materia orgánica es debido a la mayor tasa de producción de biomasa respecto a las tasas de descomposición (Kuhry et al., 1996). Por sus altos niveles de materia orgánica, se piensa que los suelos de bofedales son orgánicos en sentido estricto, es decir Histosols; sin embargo, esto no es cierto puesto que los contenidos de C orgánico de muchos de ellos no son lo suficientemente elevados como para incluirlos en ese grupo. En

algunos bofedales se pueden encontrar capas de origen mineral en los estratos inferiores, de manera que se pueden encontrar suelos que pertenecen a los grupos Andosols, Cambisols, Chernozems, Kastanozems y Gleysols (Gardi, 2014).

Miranda (1989), en los bofedales de Quimsachata (Puno) de origen artificial encontró 0.9-5.76% de materia orgánica, pH 7.72-6.95 y nitrógeno de 0.35-0.12%. Por otro lado, INIA-TECNOSERVE (2001) reporta que en los bofedales de Mazocruz que poseen suelos de textura franco arenosa, presentan 0.78% de materia orgánica, bajo contenido de nitrógeno 0.9% y pH 6.44. Por otro lado, con respecto al pH de los suelos depende de la naturaleza de la roca madre. En la sierra altoandina, por ejemplo, la presencia de rocas calcáreas como la caliza hace que los suelos sean desde ligeramente ácidos a básicos (Gardi., 2014).

### **2.3.5 Calidad de la materia orgánica**

La MOS es un indicador clave de la calidad del suelo puesto que mejora la productividad de las plantas y, desde el punto de vista ambiental; mediante el secuestro de carbono y la biodiversidad. La MOS es un factor determinante en la actividad biológica del suelo, la cual a su vez, tiene un impacto primordial sobre las propiedades químicas y físicas de los suelos (Robert, 1996). Comprende sustancias húmicas y componentes biológicamente activos, incluyendo materiales de rápida descomposición, mantillo y raíces, así como también organismos vivos y muertos (Gregorich et al, 1994). Las sustancias húmicas constituyen el grupo de forma orgánica de carbono más abundante y más ampliamente distribuido tanto en medios terrestres como acuáticos, ya que aproximadamente la mitad de la materia orgánica del suelo se encuentran en esa forma (Tinoco, 2000). Entre las sustancias húmicas se incluyen los ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF), y huminas (HU) (Song , 2014). Estas sustancias macromoleculares son de color oscuro, de naturaleza mayoritariamente hidrofílica, con propiedades de superficie, carga variable y con pesos moleculares elevados (Gregorich et al, 1994).

Los ácidos húmicos se encuentran en el suelo en mayor cantidad que los demás compuestos húmicos, son insolubles a los ácidos y los alcoholes y tienen un peso molecular intermedio (100000 Daltons). Está compuesto por finísimas láminas planas unidas entre sí que permite una mayor retención de agua y nutrientes. También es el principal factor en la génesis del

suelo, en la formación de una buena estructura y una mayor disponibilidad de ciertos nutrientes para las plantas (Crovetto, 1999).

El ácido fúlvico por ser de menor peso molecular (2000 Daltons) es menos resistente a la biodegradación, por consiguiente su permanencia en el suelo es baja. Por último, la humina es la fracción más resistente en el suelo ya que es insoluble a los agentes degradantes siendo su peso molecular hasta de 300000 Daltons. Este es el compuesto húmico más deseables en el suelo por su gran estabilidad y capacidad de intercambio de cationes (Crovetto, 1999).

Las sustancias húmicas y fúlvicas mejoran el crecimiento de las plantas directamente a través de efectos fisiológicos y nutricionales, e indirectamente mediante la modificación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (FAO, 2005). La proporción entre ácidos húmicos y ácidos fúlvicos (AH/AF) refleja la movilidad del carbono en el suelo, cuando la relación es cercano a 1 indica buena calidad de materia orgánica, puede mejorar las propiedades físicas del suelo y el crecimiento de la planta, mientras que la proporción mayor a 1 indica pérdida de fracciones de AF; lo cual es muy común en suelos arenosos, por tanto, la mayor cantidad de AF indica bajos rangos de humificación. La proporción de los ácidos húmicos y fúlvicos entre huminas (AH+AF)/HU pueden proveer información sobre la pérdida de materia orgánica a través del perfil del suelo (Vieira et al, 2013). Una proporción de (AH+AF)/HU menor a 1 podría estar relacionado a una fuerte interacción entre la materia orgánica y la parte mineral del suelo que representa una alta estabilidad de la materia orgánica según Canellas et al (2008) citado por Vieira et al (2013).

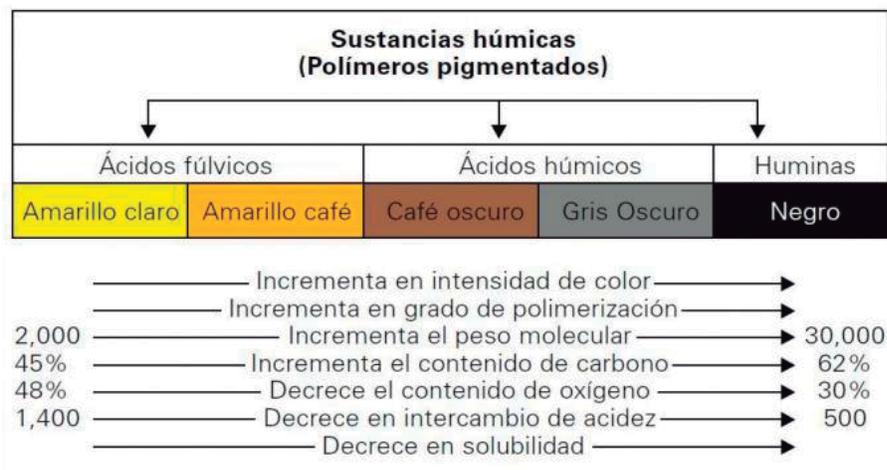


Figura 2. Propiedades y diferencias entre las sustancias húmicas (Stevenson, 1982)

## **2.4 Estado de los humedales altoandinos a escala regional**

Los bofedales sin duda representan uno de los ecosistemas más vulnerables en el mundo, ya que su localización y fragmentación dentro de una matriz ambiental seca (Anthelme et al., 2014) hace que sean extremadamente sensibles al cambio climático (cambio del caudal de los glaciares, impacto de la elevación de las temperaturas) y al disturbio humano (cambio del uso del suelo, quema, actividad minera, drenaje) (Squeo et al., 2006).

A pesar de que los humedales altoandinos constituyen un recurso de gran valor biológico, ecológico, económico, social, cultural y recreativo, ellos no han recibido la atención necesaria por parte de los gobiernos y el sector privado, entre otros actores, por lo que se están convirtiendo rápidamente en uno de los ambientes más amenazados.

Las causas más relevantes que llevan a la degradación de estos humedales son: la extracción de agua para usos agrícolas y mineros, la fragmentación de los sistemas acuáticos, los intensos procesos de urbanización, las quemas, la contaminación y la construcción de grandes obras de infraestructura, además del alto crecimiento de la población humana y una sectorizada y poco integral planificación del desarrollo. Salvador et al., (2014) encontró que las principales fuentes de disturbación en bofedales de Puna fueron: el pastoreo, la extracción de turba y la construcción de caminos. Sin embargo, las disturbaciones más severas (drenaje, erosión, deposición de sedimentos de minerales) fueron halladas en áreas de minería, donde los bofedales son especialmente vulnerables ya que no se encuentran bajo protección legal.

## **2.5 Impacto del pastoreo sobre los bofedales**

El pastoreo es un importante disturbante y de control crítico para el funcionamiento de los pastizales, los cuales cubren la mitad de los suelos a nivel mundial (Menke y Bradford, 1992 citados por Piñeiro et al., 2006). En el Perú, todos los bofedales han sido o están siendo pastoreados, el grado de impacto puede variar de acuerdo al tipo y número de animales (Maldonado-Fonken, 2015). Varios autores indican que los bofedales se encuentran sobrepastoreados (Maldonado-Fonken, 2015; Salvador et al., 2014; Ramirez, 2011)

Las comunidades ganaderas al tener establecido el uso de sus bofedales en forma comunitaria, realizan un pastoreo continuo, lo cual ocasiona la compactación del suelo, especialmente de la capa orgánica. Por otro lado, las plantas al ser consumidas muy tiernas no completan su ciclo

vegetativo ocasionando poca o nula producción de semillas. Cabe resaltar que el sobrepastoreo es uno de los problemas en los bofedales que reduce la cobertura vegetal, dejando al suelo más susceptible a la erosión y por otro lado, la selectividad animal induce un cambio en la composición botánica en la pradera ya que disminuye la proporción de las especies más palatables (Olivares, 1988).

Salvador et al., (2014) indica que el pastoreo con especies no nativas tales como ganado vacuno, cerdos o caballos causan mayor grado de erosión debido a la disminución de la protección de la cobertura vegetal y la compactación del suelo. También señalan que la presencia de algunas plantas tales como *Calamagrostis rigescens*, *Eleocharis albibracteata* y *Aciachne pulvinata* son indicadoras de campos sobrepastoreados, y que los estudios sobre los efectos del pastoreo en los bofedales peruanos son aún muy escasos.

### **2.5.1 Efecto del sobrepastoreo sobre la cantidad de C almacenado**

Los efectos del pastoreo sobre la cantidad de C almacenado son particularmente muy controversiales. De acuerdo a estudios realizados por diferentes autores indican que el pastoreo puede aumentar, disminuir o no tener efecto alguno sobre el contenido de la materia orgánica (Milchunas y Lauenroth 1993, Lavado et al., 1995, Chaneton y Lavado 1996, Frank y Evans 1997, Franzluebbbers et al., 2000, Schuman et al., 2002, Henderson et al., 2004). Milchunas y Lauenroth (1993) después de revisar 236 estudios no encontraron una relación clara entre la cantidad de C almacenado y otras características en los suelos de áreas pastoreadas y no pastoreadas. Por su parte, Herderson et al.,(2004) tampoco indica una respuesta consistente de C del suelo frente al pastoreo.

Sin embargo, se conoce que los herbívoros pueden afectar el contenido y calidad de la materia orgánica a través de 3 formas. En primer lugar, con la alteración de la productividad primaria y la liberación de C a través de su respiración, disminuyendo las entradas de C al suelo (Piñeiro et al., 2006). En segundo lugar, pueden aumentar o disminuir la cantidad de nutrientes para las raíces (Kauffman et al., 2004). Por último, pueden cambiar la calidad del mantillo y alterar los rangos de descomposición a través del cambio en las proporciones de C:N (Allar et al., 2003). El pastoreo puede promover el ciclaje de nutrientes a través de las heces y orina los cuales proveen de nitrógeno soluble disponible para las plantas, promoviendo la mineralización de la materia orgánica (McNaughton et al., 1997).

Algunos reportes sobre la cantidad de C almacenado en los suelos indican que los bofedales pueden contener 243 y 142 t C/ha como en Ecuador (Castro, 2011). En el Perú, Medrano et al., (2012) determinó que en los suelos de los bofedales del lago Chinchaycocha se fija 685 t C/ha y según estudios realizados por el MINAM (2013) el suelo almacena entre 92 y 829 t C/ha.

### **2.5.2. Relación entre la cantidad de carbono almacenado y la condición del pastizal**

Flores (1992) define la condición del pastizal como el estado de salud del campo. Se evalúa la condición de un campo determinando su estado con respecto a lo que este puede producir en las mejores condiciones de manejo. La condición de un campo para pastoreo no sólo dependerá de la condición del suelo, sino también de la composición de plantas de pastizal (Huerta, 2001). Florez y Malpartida (1987) presentan cuatro componentes utilizados en la evaluación y clasificación de la condición de un pastizal para fines de pastoreo, dichos componentes son: la composición de especies, el índice forrajero, la cobertura del suelo y el índice de vigor. Mediante estos componentes se puede determinar la condición del pastizal en 5 categorías: excelente, muy buena, buena, regular y pobre. En base a esta metodología, las informaciones estadísticas señalan que más del 60% de los pastos naturales aptos para el pastoreo se encuentran en condición pobre y muy pobre (Florez y Malpartida, 1987) siendo el sobrepastoreo la principal causa de este estado. Sin embargo, los ecosistemas altoandinos no sólo son importantes para la ganadería, sino que también proveen de servicios ambientales como la captura y almacenamiento de carbono así como la regulación del flujo hídrico.

Los pastizales en el mundo son cerca de 3400 millones de hectáreas, por tanto, debido a su gran extensión son un gran potencial como sumideros de carbono. A través de la restauración y buenas prácticas de manejo de los pastizales, éstos podrían almacenar entre 100 a 800 Mt de CO<sub>2</sub>-eq por año (IPCC, 2007 citado en por FAO, 2008). Schuman et al., (2001) también indica que el manejo adecuado de los pastizales en Estados Unidos podría incrementar el secuestro de carbono en el suelo de 0.1 a 0.3 t/ha/año. Con respecto a esto, Hernández (2012) a través de la evaluación en pastizales semiáridos encontró mayor cantidad de carbono en el suelo de zonas pastoreadas que en áreas excluidas. También Jurado et al., (2013) encontró diferencias en el porcentaje de carbono en el suelo entre matorrales de condición pobre y regular, siendo mayor en condición regular. Recomendando la implementación de buenas prácticas de manejo como parte importante para el almacenamiento de carbono en el suelo.

En el caso de los humedales, de acuerdo a Benavides y León (2014), las turberas responden de manera rápida a perturbaciones ambientales, ya que en un período menor a un año las tasas de descomposición de la materia orgánica superficial se pueden duplicar. Un pastoreo simulado en o cerca de las turberas tiene efectos marcados como el aparente beneficio de un incremento de la productividad del 50% por adicionar sustratos fértiles naturales, contrasta con la disminución de la productividad de *Sphagnum* y el incremento de casi tres veces de las tasas de descomposición. También se observó una disminución de la cobertura de *Sphagnum* y la aparición de diferentes especies de plantas vasculares como *Juncus*, *Sisyrinchium* y *Paepalanthus*. Por tanto, los efectos del pastoreo y otras disturbaciones disminuyen la cantidad de carbono almacenado en las turberas.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Área de Estudio**

El presente estudio se llevó a cabo en las regiones de Ancash, Arequipa, Puno y Huancavelica, donde se evaluaron bofedales con diferentes especies dominantes y condición a más de 3800 msnm (Figura 3). A continuación se hará la descripción de cada uno de los sitios evaluados:

##### **3.1.1 El Parque Nacional del Huascarán (Ancash)**

El estudio se llevó a cabo en la quebrada Quillcayhuanca perteneciente al Parque Nacional del Huascarán que se encuentra localizado en la región de Ancash. La quebrada se encuentra a altitudes que oscilan entre los 2400 y 6768 m.s.n.m.(SERNANP, 2015). El clima es muy húmedo y frío, con una temperatura anual que fluctúa entre 0°C y 7°C y con un promedio de precipitación total anual que varía entre 500 y 1200 mm, con ocurrencia de temperaturas de congelación diarias. De acuerdo a éstas características los bofedales se encuentran en la zona de vida páramo muy húmedo-Subalpino Subtropical (pmh\_SaS) según Holdridge (1987).

La quebrada es pastoreada principalmente por ganado vacuno por lo cual la evaluación de la condición se realizó tomando en cuenta esta especie. La ubicación de los dos bofedales N°1 y N°2 se muestra en la Tabla 1.

##### **3.1.2 Comunidad de Santa Ana y Pucapampa (Huancavelica)**

Las comunidades de Santa Ana y Pucapampa pertenecen al distrito de Santa Ana, provincia de Castrovirreyna, región Huancavelica. La precipitación promedio anual es 612 mm y la temperatura mínima es 2.08°C y la máxima 3.52°C en el distrito de Santa Ana (EIA, 2011). De acuerdo a éstas características los bofedales se encuentran en la zona de vida páramo muy húmedo-Subalpino Subtropical (pmh\_SaS) según Holdridge (1987). En la comunidad de Santa Ana, el estudio se realizó en el bofedal N°3 y en la comunidad de Pucapampa, el bofedal N° 4 (Tabla 1). En ambas comunidades la evaluación de la condición se realizó con las alpacas por ser la especie más pastoreada.

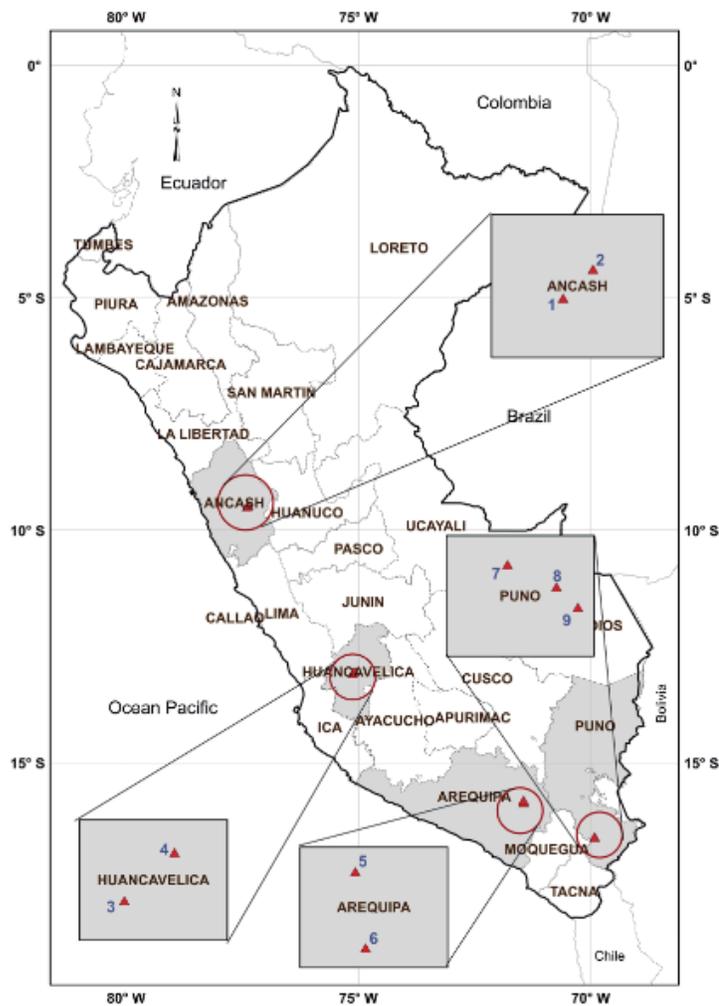


Figura 3. Mapa del Perú, donde se identifican los bofedales estudiados lo cuales son identificados por un triángulo ( $\Delta$ ).

Tabla 1. Descripción de los bofedales evaluados por departamento

Departamento	Altitud (msnm)	Coordenadas		Especie dominante	Bofedal N°
		Latitud	Longitud		
Ancash	3991	9°27'31.38"S	77°22'21.13"W	<i>Aciachne acicularis</i>	1
	3887	9°29'4.85"S	77°23'57.56"W	<i>Carex crinalis</i>	2
Huancavelica	4454	13° 4'35.52"S	75° 7'51.82"W	<i>Alchemilla diplophylla</i>	3
	4585	13° 1'59.95"S	75° 5'9.81"W	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	4
Arequipa	4280	15°48'0.82"S	71°26'55.94"W	<i>Lilaeopsis andina</i>	5
	4285	15°50'52.95"S	71°26'32.82"W	<i>Distichia muscoides</i>	6
Puno	4316	16°35'26.54"S	69°55'14.82"W	<i>Plantago tubulosa</i>	7
	4292	16°35'33.47"S	69°54'59.63"W	<i>Oxychloe andina</i>	8
	4278	16°35'39.81"S	69°54'52.98"W	<i>Plantago tubulosa</i>	9

### **3.1.3 Pampa de Tocra (Arequipa)**

Los bofedales están ubicados en el margen derecho de la carretera Arequipa-Chivay; en la pampa de Tocra, en el distrito de Yanque de la provincia Caylloma (región de Arequipa) a una altitud entre los 4200 y 4300 m. El valor promedio de temperatura mínima en la provincia de Caylloma es 3.6°C y 6°C es el promedio de temperatura máxima. La precipitación anual está alrededor de 782 mm (EGASA, 2003). De acuerdo a éstas características los bofedales se encuentran en la zona de vida páramo muy húmedo-Subalpino Subtropical (pmh\_SaS) según Holdridge (1987) Se evaluaron los bofedal N°5 y N°6 (Tabla 1).

### **3.1.4 Comunidad de Mazocruz (Puno)**

El distrito de Mazocruz, ubicado en la provincia El Collao, región de Puno. El clima en promedio es -4 a 5°C como mínimo y de 7 a 10°C como máxima y precipitación entre 400 y 500 mm anual en las zonas de sierra y Puna (Palacios, 2013). De acuerdo a éstas características los bofedales se encuentran en la zona de vida páramo húmedo-Subalpino Subtropical (ph\_SaS) según Holdridge (1987). Estos bofedales tradicionalmente son pastoreados con llamas por lo cual se ha considerado a esta especie para la evaluación de su condición para el pastoreo. En este departamento se evaluaron los bofedales N°8, N°9 y N°10 (Tabla 1).

## **3.2 Técnicas y Enfoque de muestreo**

Las muestras se tomaron en áreas representativas de bofedales de diferentes condiciones ecológicas, las evaluaciones se realizaron de manera sistemática mediante la técnica de muestreo de la Transecta Lineal. Las cuales fueron de 30 m, realizándose la evaluación en cada tramo de 1.5 m mediante el uso del marco puntual modificado el cual señala cinco puntos sobre el suelo registrándose la presencia de plantas, mantillo, musgo, suelo desnudo, roca o pavimento y cada 3m se midió el vigor de las plantas claves. En la parte central de cada transecta se hizo una calicata cuya altura fue de acuerdo a la profundidad de la napa freática y se extrajo 1 Kg de muestras de suelo por cada horizonte, el cual fue determinado a través de la evaluación visual tomando como criterio la diferencia de la coloración del suelo, para su posterior análisis en el Laboratorio de Suelos de la UNALM para determinar el % de C y la

cantidad de sustancias húmicas asimismo de evaluó la densidad aparente en cada horizonte y se registró la profundidad de los suelos.

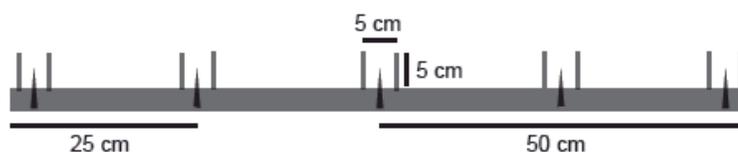


Figura 4. Marco Puntual Modificado

### 3.3 Parámetros Evaluados

#### 3.3.1 Condición Ecológica

La condición de los bofedales es definido por Flores (1992) como el estado de salud del campo con las mejores condiciones de manejo. Florez y Malpartida (1987) presentan cuatro componentes utilizados en la evaluación y clasificación de la condición de un pastizal para fines de pastoreo:

$$\text{Puntaje (0-100\%)} = 0.5 (\%D) + 0.2 (\%IF) + 0.2 (\%CV) + 0.1 (\%IV)$$

Donde:

D (%): Porcentaje de especies deseables para la especie pastoreada

IF (%): Porcentaje de índice forrajero (especies deseables y poco deseables)

CV(%): Porcentaje de cobertura vegetal

IV(%): Porcentaje de índice de vigor de las plantas claves

#### a) Clasificación de las plantas

La clasificación consistió en la identificación de las plantas encontradas en los bofedales en sus correspondientes familias y especies a través de la apreciación visual. Posteriormente se procedió a una clasificación funcional de acuerdo al grado de deseabilidad o palatabilidad de las plantas con la especie pastoreada.

La clasificación por el grado de deseabilidad fue de la siguiente manera (Flores, 1992):

- Plantas deseables

Son consumidas por los animales todo el año. Se les encuentra en campos bien drenados, son perennes y tiene sistemas radiculares profundos. A esta categoría pertenecen especies claves de gramíneas, hierbas y arbustos forrajeros que requieren un manejo cuidadoso.

- Plantas poco deseables

Son especies de importancia secundaria en campos de buena condición. Se encargan de reemplazar a las deseables cuando la condición del pastizal desmejora y reemplazan a las indeseables cuando la condición mejora. Son plantas menos palatables pero más resistentes al pastoreo.

- Plantas indeseables

Son las especies más pobres, suelen estar presentes en campos con sobrepastoreo, en muchos casos consisten en plantas invasoras tóxicas, duras y espinosas.

b) Cobertura vegetal

Se define como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomásas con diferentes características fisionómicas y estados fenológicos (Bureau of Land Management, 1996). Está conformado por todas las cubiertas orgánicas del suelo, incluyendo a las especies indeseables o malezas y al mantillo. La cobertura vegetal se determinó a partir de los datos proporcionados por cada transecta lineal.

c) Índice de vigor

Se refiere al grado de desarrollo de las plantas en comparación con su máximo potencial de desarrollo. Los datos con respecto al vigor se recogieron a lo largo de las transectas de manera sistemática cada 3m.

El vigor se definió como el porcentaje de la altura máxima de dicha especie en una condición clímax. Su cálculo se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{Vigor} = \frac{\sum_{i=0}^n h}{H} \times 100\%$$

Donde:

n= número de datos

h= Altura de la planta clave

H=Altura máxima de la planta clave en condición clímax

Una vez obtenido el puntaje para cada bofedal se utilizó la siguiente tabla para determinar su condición:

Condición	Puntaje %
Excelente	81-100
Bueno	61-80
Regular	41-60
Pobre	21-40
Muy pobre	0-20

### 3.3.2 Carbono almacenado

Para determinar la cantidad de C en el suelo se halló el % de C, la profundidad y la densidad aparente del suelo. La ecuación usada fue la siguiente:

$$COS_{(t/ha)}=A * \%C * \rho_a * P$$

A = Área en hectáreas

COS = Carbono orgánico en suelo

$\rho_a$  = Densidad aparente del suelo ( $t/m^3$ )

P = Profundidad del suelo (m)

a) Porcentaje de C

Para estimar la cantidad de carbono, se determinó el porcentaje de la materia orgánica (%MO), con el método de Walkey y Black, en el cual la MO fue oxidada con una mezcla de  $K_2CrO_7$ . La dilución concentrada se calentará con  $H_2SO_4$  y  $K_2CrO_7$ , la cual fue la fuente exclusiva de calor. El exceso de  $K_2CrO_7$  será determinado por titulación con  $FeSO_4$  ó con  $(NH_4Fe)_2(SO_4)_3$ .

b) Densidad aparente

La densidad aparente se define como el peso seco del suelo por unidad de volumen de suelo inalterado, tal cual se encuentra en su emplazamiento natural, incluyendo el espacio poroso.

Para medir la densidad aparente, se utilizó el método del cilindro que comprende la toma en el campo de una muestra de suelo de volumen conocido y se seca en el horno a 105°C, hasta alcanzar un peso constante. La densidad aparente se calculó dividiendo el peso seco del suelo por el volumen que ocupaba en el campo (Gutiérrez, 2010).

### **3.3.3 Sustancias húmicas**

Las sustancias húmicas se determinaron usando la metodología de Kononova (1982). En este método las muestras se sometieron a una extracción alcalina para obtener el extracto húmico total y posteriormente se precipitaron en este extracto los ácidos húmicos a pH 1. Las sustancias húmicas evaluadas fueron las siguientes:

#### **a. Ácidos fúlvicos**

Son moléculas de bajo peso molecular (relativamente), extremadamente complejas, solubles en agua, ya sea a pH ácido o básico. Sus colores varían de amarillo a amarillo-marrón, son producidos en las primeras etapas de la formación del humus. Tienen un mayor contenido de O, pero más bajo contenido de C que los ácidos húmicos que tienen un alto peso molecular. Así también la acidez total de los ácidos fúlvicos (900 -1400 meq/100g) es considerablemente mayor que la de los ácidos húmicos (500 - 870 meq/100g).

#### **b. Ácidos húmicos**

Son moléculas solubles bajo condiciones alcalinas, de color marrón oscuro para negro. Se consideran un marcador natural del proceso de humificación que puede reflejar la condición de la formación así como de manejo del suelo.

#### **c. Huminas**

Las huminas incluyen una amplia gama de compuestos químicos insolubles en medio acuoso y contienen, además, compuestos no húmicos como largas cadenas de hidrocarburos, ésteres, ácidos y estructuras polares, íntimamente asociados a los minerales del suelo (Hayes y Clapp, 2001).

## **3.4 Análisis Estadístico**

En este estudio se utilizó la regresión lineal para evaluar la relación entre la condición del bofedal con la cantidad y calidad de C almacenado en el suelo.

La regresión lineal fue:

$$\hat{Y}_{ij} = a + bx + e_{ij}$$

$\hat{Y}_{ij}$  = Cantidad de C almacenado (t/ha); calidad de C almacenado

X = Condición del bofedal

$e_{ij}$  = Error estadístico

A partir de la regresión lineal se obtuvieron  $R^2$  y los coeficientes de correlación entre las variables.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Caracterización de los bofedales

Los bofedales son ecosistemas que por su naturaleza biótica y abiótica proveen servicios ecosistémicos importantes tales como la retención y almacenamiento de agua así como la captura y almacenamiento de carbono (MA, 2005). Estos ecosistemas se desarrollan bajo condiciones abióticas específicas como: permanente saturación de agua, altitud mayor a 3800 msnm, bajas temperaturas y vegetación predominante hidrofítica. Estas condiciones favorecen a la acumulación por lo que son considerados como stock de C en el suelo (Díaz et al., 2005; IPCC, 2000). La caracterización del ecosistema bofedal desde el punto de vista de las condiciones de clima, características de vegetación y suelo que presentan son datos que contribuyen a comprender el rol que éstos ecosistemas cumplen en relación a la acumulación de carbono.

#### 4.1.1 Caracterización de los bofedales de Ancash

##### a. Composición Florística-Condición

La composición florística del bofedal N°1 presenta como planta dominante *Aciachne acicularis* (33.33%) y *Carex crinalis* (16.09%) (Tabla 2). Las especies dominantes le confieren al bofedal características desfavorables desde el punto de vista forrajero ya que son consideradas como indeseable para los vacunos. También se presentan *Werneria nubigena* y *Phylloscirpus deserticola* como indeseables pero en menor proporción (2.3% y 3.45%, respectivamente). Esta estructura florística influye de forma negativa en la evaluación de la condición ya que el % de especies deseables así como el índice forrajero son bajos y representan el 70% de la evaluación, por lo cual la condición para el pastoreo de alpacas es calificada como pobre (Tabla 3). *Aciachne acicularis* es indicadora de pastos sobrepastoreados y el pastoreo con especies no nativas como los vacunos causan mayor erosión por la disminución de la cobertura vegetal y compactación del suelo (Salvador et al., 2014); sin embargo, esto no se encontró en el estudio del bofedal ya que

la cobertura vegetal fue muy alta (97%) y la Da (Tabla 5) incluso menor a los esperados. La composición florística del bofedal N°2 presenta en su estructura florística el 79.01% constituido por la especie dominante *Calamagrostis rigescens* (36.05%), *Alchemilla pinnata* (22.09) y *Plantago rigida* (20.93%) (Tabla 35). Las dos especies principales *Calamagrostis rigescens* y *Alchemilla pinnata* son consideradas como poco deseables para los vacunos y *Plantago rigida* es considerada como indeseable. Esta estructura florística le confiere al bofedal características negativas para el pastoreo de vacunos, por tanto, en la evaluación de la condición para pastoreo de vacunos este bofedal es calificado como pobre ya que no presenta especies deseables (0%) y el índice forrajero está constituido solo por especies poco deseables(66%) (Tabla 3). En este bofedal tampoco se observa compactación del suelo (Tabla 7) y la cobertura vegetal es alta (Tabla 3) a pesar que también es pastoreado por vacunos.

Tabla 2. Composición florística y deseabilidad de los bofedales estudiados en Ancash

Nombre científico	Clave	Deseabilidad	Cobertura relativa (%)	
			Bofedal N°1	Bofedal N°2
<i>Aciachne acicularis</i>	Acac	I	33.33	-
<i>Alchemilla pinnata</i>	Alpi	PD	13.79	22.09
<i>Agrostis breviculmis</i>	Agbre	PD	13.79	2.33
<i>Bromus lannatus</i>	BroLa	D	5.75	-
<i>Carex ecuadorica</i>	Caec	PD	3.45	-
<i>Carex crinalis</i>	Cacri	I	16.09	-
<i>Calamagrostis rigescens</i>	Carig	PD	1.15	36.05
<i>Dissanthelium macusaniense</i>	Dima	PD	3.45	-
<i>Eleocharis albibracteata</i>	Elal	PD	1.15	-
<i>Festuca weberbaueri</i>	Fewe	D	1.15	-
<i>Gentianella roseolilacina</i>	Gero	PD	1.15	-
<i>Geranium sessiliflorum</i>	Gese	PD	-	2.33
<i>Lobelia Oligophylla</i>	Loboli	PD	-	4.65
<i>Oreobolus obtusangulus</i>	Orob	I	-	1.16
<i>Plantago rigida</i>	Plari	I	-	20.93
<i>Plantago tubulosa</i>	Platu	PD	-	10.47
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	Phyde	I	3.45	-
<i>Werneria nubigena</i>	Wenu	I	2.3	-
	<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>

D: Planta deseable ■, PD: Planta poco deseable ■ e I: Planta indeseable ■

Tabla 3. Condición para el pastoreo de vacunos de los bofedales de Ancash

	<b>Bofedal N°1</b>	<b>Bofedal N°2</b>
Deseables (%P)	6	0
Índice Forrajero (%IF)	39	66
Cobertura vegetal (%C)	97	93
Índice de Vigor (%IV)	19	30.1
Puntaje	32	34.81
<b>Condición</b>	<b>Pobre</b>	<b>Pobre</b>

### **b. Suelo**

La vegetación está fuertemente influenciada por los patrones de temperatura, precipitación y naturaleza del suelo. El suelo a su vez es el resultado de la interacción de factores como la roca madre, clima organismos vivos y el tiempo (Porta et al., 2003). Cada uno de estos factores influye en la formación del perfil del suelo, en el cual el carbono se presenta a través del contenido de materia orgánica. La materia orgánica varía en función a la profundidad, la textura, la composición química, y además, la topografía del suelo. En relación a la profundidad, en la superficie se encuentra mayor cantidad de carbono y en relación a la topografía, zonas de valles presentan mayor cantidad de carbono que en zonas de pendiente (Áviles- Hernández et al., 2009).

Ambos bofedales estudiados en Ancash se ubican sobre depósitos fluvioglaciales con presencia de morrenas, extensos mantos de arenas y gravas. Se encuentran cerca de rocas intrusivas o plutónicas que presentan el batolito de la cordillera blanca cuya litología predominante es granodiorita/tonalita (Ingemmet, 2001d). Entre los minerales que presenta granodiorita se encuentran el feldespato potásico y plagioclasa que darán origen a suelos ácidos ( $\text{SiO}_2 > 66\%$ ) y/o intermedios ( $66\% > \text{SiO}_2 > 52\%$ ) con alto contenido de K, Na y Al (UGR, 2012).

## Descripción del perfil del suelo

El bofedal se encuentra en pendiente o ladera con un paisaje circundante ondulado lo cual propicia que presente erosión leve y pedregosidad superficial de 3 a 15% (Tabla 4). Pero, a pesar de encontrarse en pendiente, la cobertura vegetal fue muy alta (Tabla 3) lo cual hace que los procesos erosivos sean amortiguados. Este bofedal fue evaluado en la época de sequo y se observó que se encontraba saturado de agua, lo que indica la presencia de flujo subterráneo que alimenta al bofedal y hace posible que la cobertura vegetal sea alta.

Tabla 4. Descripción de la topografía del bofedal N° 1

Posición Topográfica	Pendiente o Ladera Convexa
Paisaje circundante	Ondulado (lomado)
Pendiente	Ligeramente inclinada (2 a 5%)
Erosión	Leve
Pedregosidad superficial	3 - 15 %
Afloramiento rocoso	< 2 %
Textura	Franco arcilloso
Estructura	Bloque
Profundidad	Superficial 25 - 50 cm

El perfil del suelo del bofedal N° 1 presenta 4 horizontes: el primer horizonte (0-10 cm) formado por suelo orgánico, el segundo horizonte (10-55 cm) formado por suelo de textura franco, el tercer horizonte (55-80 cm) formado por suelo orgánico y el último horizonte (80-100 cm) formado por suelo de textura franco arenoso (Foto 8). El perfil muestra que ha existido proceso de enterramiento de un horizonte orgánico (55-80 cm) sobre el cual se ha depositado suelo franco (10-55cm) y se ha desarrollado otro horizonte orgánico (0-10 cm).

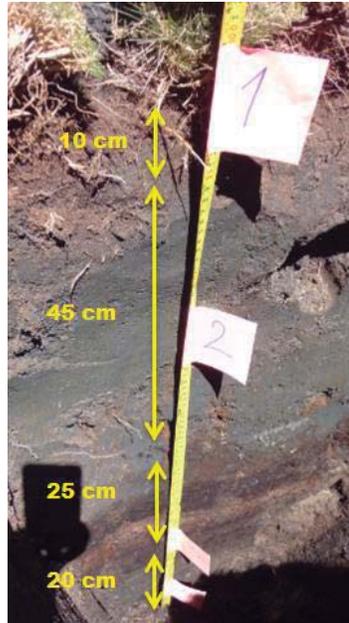


Foto 1. Perfil del suelo del bofedal N°1  
(tomada el 06/14 en la época de secano)

La  $D_a$  es baja ( $0.25-1.17 \text{ g/cm}^3$ ) siendo esos valores menores a los suelos minerales que fluctúan entre  $1.3-1.5 \text{ g/cm}^3$ , lo cual indica que el suelo no se encuentra compactado y las raíces pueden desarrollarse a gran profundidad (Tabla 5). La  $\Theta_v$  fue 27% en la superficie y se fue incrementando a mayor profundidad, siendo en el último horizonte 66%, lo cual indica que el espacio poroso del suelo se encuentra saturado con agua y esto proporciona un medio anaeróbico en el suelo. La materia orgánica, en el primer horizonte fue alta (26.46%), el pH fue extremadamente ácido (2.24), la CIC fue alto (30 meq/100g) y la SB medio (41%). El pH bajo hace que los nutrientes presentes sean indisponibles para las raíces de las plantas, también frena la mineralización, al predominar los hongos frente a las bacterias. En el segundo horizonte, el pH fue muy fuertemente ácido (4.88), la CIC fue bajo (3 meq/100g) y la SB fue de nivel medio (54%) ya que presenta menor cantidad de materia orgánica (0.82%). La cantidad de Al aumenta desde la superficie (0.4 meq/100g) hasta el horizonte más profundo (2.2 meq/100g) como se indicó anteriormente los suelos cercanos contienen minerales con alto contenido de Al. El tercer horizonte presentó 32% de materia orgánica y el cuarto horizonte 23% a pesar de presentar suelo mineral de textura franco arenoso. En éstos dos últimos horizontes se encontraron niveles altos de CIC (60-42 meq/100g) pero baja SB (5%) y pH

extremadamente ácido (3.8-3.6). El alto contenido de materia orgánica en los dos últimos horizontes hace que se liberen iones  $H^+$  a la solución suelo y el pH baja, por lo cual, los nutrientes tales como el Ca y Mg no son disponibles para las raíces de las plantas pero aumenta la disponibilidad de elementos tóxicos como el Al que impide la absorción de nutrientes y agua, lo cual limita el desarrollo radicular de las plantas.

Tabla 5. Propiedades físicas y químicas del suelo del bofedal N°1

Prof. (cm)	D.A. (g/cm <sup>3</sup> )	$\Theta_v$ (%)	pH (1:1)	M.O (%)	Textura	CIC	Al <sup>3+</sup>	SB	AH	AF	HU	C (t/ha)
						(meq/100g)	(%)					
0-10	0.33	27	4.24	26.5	Orgánico	30	0.4	41	20	9	71	51
10-55	1.17	25	4.88	0.8	Fr.	3.2	0.2	25	2	49	49	25
55-80	0.17	60	3.79	32.1	Orgánico	60	1.5	5	34	5	61	79
80-100	0.25	66	3.6	23.3	Fr.A.	42.4	2.2	5	46	5	49	68
<b>Total</b>											<b>223</b>	

### Carbono

La calidad de la materia orgánica, en general, fue baja debido a que la proporción de (AH+AF)/HU fue menor a 1, lo cual indica que hay mayor proporción de huminas respecto de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos por lo cual el C permanecerá estable por mucho mayor tiempo en el suelo (Tabla 5). La cantidad de C en el primer horizonte fue 51 t/ha, en el segundo horizonte se halló 25 t/ha, en el tercer horizonte 79 t/ha, y en el cuarto horizonte 68 t/ha, sumando un total de 223 t/ha (Tabla 5).

### Descripción del perfil del suelo del bofedal N° 2

El bofedal se encuentra en pendiente o ladera con un paisaje circundante ondulado lo cual propicia que presente erosión leve y pedregosidad superficial de 3 a 15% (Tabla 6). Pero, a pesar de encontrarse en pendiente, la cobertura vegetal fue muy alta (Tabla 3) lo cual hace que los procesos erosivos sean amortiguados. Este bofedal fue evaluado en la época de secano y se observó que se encontraba saturado de agua, lo que indica la presencia de flujo subterráneo que alimenta al bofedal y hace posible que la cobertura vegetal sea alta.

Tabla 6. Descripción de la topografía del bofedal N°2

Posición Topográfica	Pendiente o Ladera Convexa
Paisaje cicundante	Ondulado (lomado)
Pendiente	Ligeramente inclinada (2 a 5%)
Erosión	Leve
Pedregosidad superficial	3 - 15 %
Afloramiento rocoso	< 2 %
Textura	Franco arcilloso
Estructura	Bloque
Profundidad	Superficial 25 - 50 cm

El perfil del suelo del bofedal N° 2 presenta 3 horizontes: el primer horizonte (0-15 cm) formado por suelo orgánico, el segundo horizonte (15-30 cm) formado por suelo mineral de textura franco arenoso (Fr. A.) y el tercer horizonte (30-50 cm) formado por suelo orgánico (Foto 9). La presencia de suelo orgánico enterrado muestra que ha existido proceso de erosión hídrica, y mediante el agua se acarrearon partículas de suelo que luego formaron el segundo y primer horizonte.

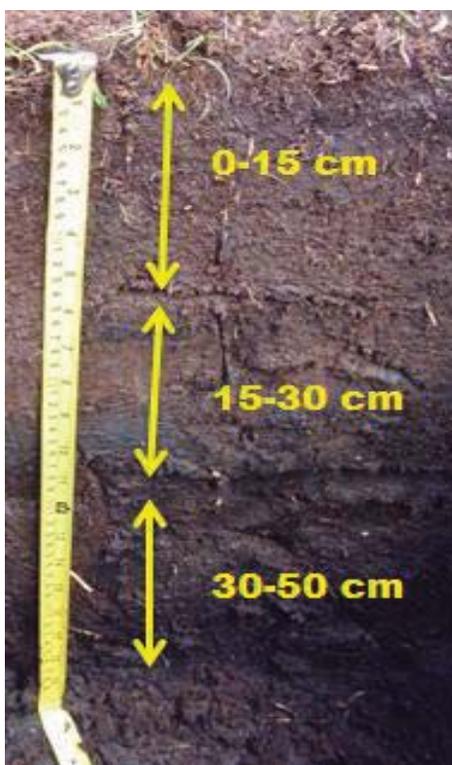


Foto 2. Perfil del suelo del bofedal N°2 (tomada el 06/14 en la época de secano)

La DA fue 0.29 g/cm<sup>3</sup> en el primer horizonte, 0.39 g/cm<sup>3</sup> en el segundo horizonte y 0.13 g/cm<sup>3</sup> en el tercer horizonte, lo cual demuestra que el suelo no se encuentra compactado y es adecuado para el crecimiento de las raíces de las plantas (Tabla 7). La  $\Theta_v$  varió de 57 a 78%, lo cual indica que el espacio poroso se encuentra saturado de agua. Lo que le confiere al suelo un medio anaeróbico que favorece al almacén de C. El contenido de materia orgánica fue alto (36%, 17% y 23%) en todos los horizontes, lo que contribuye a la baja densidad aparente. Por tanto, los valores de CIC también fueron muy altos (>20 meq/100g) en todo el perfil, a pesar de ello, los cationes se encuentran poco disponibles para las plantas ya que el pH es de fuertemente a moderadamente ácido, lo cual disminuye la disponibilidad de los nutrientes. Desde el primer horizonte al último se observa un aumento de Al<sup>3+</sup>, y este elemento tóxico se hace más disponible en medio ácido e impide la absorción de nutrientes y agua a las raíces lo cual limita el desarrollo radicular de las plantas (Tabla 7).

Tabla 7. Propiedades físicas y químicas del suelo del bofedal N° 2

Prof. (cm)	D.A. (g/cm <sup>3</sup> )	$\Theta_v$ (%)	pH (1:1)	M.O (%)	Textura	CIC	Al <sup>3+</sup>	SB	AH	AF	HU	C (t/ha)
						(meq/100g)						
0-15	0.29	57	5.86	36	Orgánico	62	0.1	75	12	8	80	91
15-30	0.39	68	5.8	17	Fr.A.	37	0.1	68	26	8	66	59
30-50	0.13	78	5.04	23	Orgánico	47	0.4	33	24	3	73	123
<b>Total</b>											<b>185</b>	

### Carbono

La calidad de la materia orgánica fue baja ya que a que la proporción de (AH+AF)/HU fue menor a 1, lo cual indica que probablemente haya una fuerte interacción entre la materia orgánica y la parte mineral del suelo que representa una alta estabilidad de la materia orgánica según Canellas et al (2008) citado por Vieira et al (2013) por lo que se deduce que no se encuentra disponible para las raíces como fuente de nutrientes (Tabla 7). La C fue mayor en el tercer horizonte (123 t/ha) ya que este presenta mayor profundidad, en el primer horizonte se halló 91 t/ha y en el segundo horizonte 59 t/ha (Tabla 7).

### **c .Análisis de las características de los bofedales estudiados en Ancash**

Los dos bofedales, presentan las mismas características climáticas, topográficas y roca madre aunque cabe resaltar que el primer bofedal se encuentra a mayor altura (100 m aprox.) presentan similares perfiles de suelo. En relación a la composición florística, en ambos bofedales se encontró menor cantidad de plantas deseables para los vacunos, por lo cual fueron considerados como de condición pobre para vacunos. A pesar que son continuamente pastoreados por vacunos, estos bofedales no presentan compactación del suelo ya que poseen alto contenido de materia orgánica y humedad volumétrica. En estos bofedales se halla alta cobertura vegetal a pesar de estar ubicados en pendiente o ladera, por la constante provisión de agua aún en épocas de secano ya que provienen de fuentes subterráneas. En relación a su perfil del suelo, ambos bofedales presentan un horizonte orgánico enterrado posiblemente debido a procesos erosivos en el pasado, los cuales fueron acarreado partículas de suelo de sitios cercanos y los horizontes superficiales fueron enterrado, desarrollándose sobre éstos otro suelo orgánico en la superficie. El pH en el primer bofedal es extremadamente y muy fuertemente ácido (3.6-4.88) y en el segundo bofedal es de fuertemente a moderadamente ácido (5.04-5.86) esto influye a que en ambos bofedales predomine la presencia de hongos frente a las bacterias y la tasa de mineralización disminuya, es decir, los nutrientes estarán menos disponibles para las plantas. El primer bofedal presentó mayor cantidad de C respecto al segundo bofedal, ya que presentó mayor profundidad (0-100cm) y el segundo (0-50 cm) aunque ambos presentaron alta cantidad de materia orgánica. En relación a la calidad, en ambos bofedales se encontró baja calidad de la materia orgánica ya que presentaron mayor cantidad de huminas respecto a ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, lo cual indica que existe una fuerte interacción entre la materia orgánica y la fracción mineral del suelo lo cual indica que el C en el bofedal se mantendrá estable por mucho mayor tiempo.

#### **4.1.2 Caracterización de los bofedales de Huancavelica**

##### **a. Composición Florística y Condición**

La composición florística del bofedal N°3 de Huancavelica presenta en su estructura el 58.69 % constituido por la especie dominante *Alchemilla diplophylla* (21.74%), *Werneria pygmaea* (20.65%) como subdominante y *Distichia muscoides* (16.30%) como sub-subdominante

(Tabla 8). Esta estructura le confiere al bofedal características medianamente favorables desde el punto de vista forrajero ya que dos de las principales especies (*Alchemilla diplophylla* y *Distichia muscoides*) junto con otras especies constituyen el 46% de especies deseables para las alpacas y el resto, es decir, 54% de las especies son consideradas como poco deseables (Tabla 8). Esta estructura del bofedal influye directamente en la evaluación de la condición ya que el % de especies deseables así como el índice forrajero son de valor medio, los cuales representan el 70% del puntaje total, por lo cual la condición para el pastoreo de alpacas es regular (Tabla 9).

Tabla 8. Composición florística y deseabilidad de los bofedales en Huancavelica

Nombre científico	Clave	Deseabilidad	Cobertura relativa (%)	
			Bofedal N°3	Bofedal N°4
<i>Aciachne pulvinata</i>	Acpu	PD	1.09	-
<i>Alchemilla diplophylla</i>	Aldi	D	21.74	4.21
<i>Alchemilla pinnata</i>	Alpi	D	1.09	3.16
<i>Carex ecuadorica</i>	Caec	D	1.09	3.16
<i>Calamagrostis brevifolia</i>	Cabre	D	-	3.16
<i>Calamagrostis rigescens</i>	Carig	PD	10.87	11.58
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Cavi	PD	1.09	-
<i>Carex sp.</i>	Casp	D	-	1.05
<i>Distichia muscoides</i>	Dimu	D	16.3	14.74
<i>Eleocharis albibracteata</i>	Elal	D	-	3.16
<i>Gentianella vaginalis</i>	Geva	PD	-	1.05
<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	Hyta	PD	-	3.16
<i>Juncus stipulatus</i>	Justi	PD	-	1.05
<i>Lobelia Oligophylla</i>	Loboli	PD	3.26	4.21
<i>Oritrophium limnophilum</i>	Orlim	PD	-	6.32
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	Phyde	PD	-	26.32
<i>Plantago rigida</i>	Plari	I	-	2.11
<i>Plagiocheilus soliviformis</i>	Plaso	PD	-	1.05
<i>Plantago tubulosa</i>	Platu	D	5.43	-
<i>Plagiocheilus soliviformis</i>	Plaso	PD	13.04	-
<i>Veronica arvensis</i>	Vear	PD	4.35	-
<i>Werneria pygmaea</i>	Wepy	PD	20.65	10.53
		<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Tabla 9. Condición para el pastoreo de alpacas de los bofedales de Huancavelica

	<b>Bofedal N°3</b>	<b>Bofedal N°4</b>
Deseables (%P)	42	31
Índice Forrajero (%IF)	92	93
Cobertura vegetal (%C)	100	97
Índice de Vigor (%IV)	7.6	45.6
Puntaje	60	58
<b>Condición.</b>	<b>Regular</b>	<b>Regular</b>

La composición florística del bofedal N°4 de Huancavelica presenta en su estructura el 52.64% constituido por la especie dominante *Phylloscirpus deserticola* (26.32%), *Distichia muscoides* (14.74) y *Calamagrostis rigescens* (11.58%), el resto se encuentra conformado por 14 especies entre las cuales se encuentra *Plantago rigida* (2.11%) que es una especie indeseable para las alpacas pero en menor aunque en menor porcentaje (Tabla 8). *Phylloscirpus deserticola* y *Calamagrostis rigescens* son consideradas como poco deseables para las alpacas, en conjunto con otras especies también poco deseables representan el 66% de la composición florística. Dicha estructura le confiere al bofedal características medianamente favorables desde el punto de vista forrajero dado que el % de deseables e índice forrajero son relativamente de valor medio el bofedal es considerado de condición regular para el pastoreo de alpacas(Tabla 9).

#### **b. Suelo**

El bofedal N°3 estudiado se desarrolló sobre los depósitos fluvio-glaciales y cerca de la formación auquivilca que presenta como roca madre a rocas ígneas piroclásticas en la base pero en la parte superior presenta depósitos lacustres. El bofedal N°4 pertenece a la formación Casapalca, que presenta como roca madre a rocas sedimentarias y posee intercalaciones de areniscas, lutitas, limoarcillitas y conglomerados calcáreos (Ingemmet, 2001b). Las lutitas darán tendencias arcillosa y limosa al suelo mientras que las areniscas tendencias arenosas (Porta, 2003).

### Descripción del perfil del suelo del bofedal N°3

El bofedal se encuentra en pendiente ligeramente inclinada con un paisaje circundante ondulado (Tabla 19). A pesar de encontrarse en pendiente, este bofedal presenta alta cobertura vegetal (Tabla 16) lo cual impide que el bofedal presente fuertes procesos de erosión, pero si se observa erosión leve. Este bofedal fue evaluado en la época de secano y se observó que se encontraba saturado de agua lo que indica que el bofedal es alimentado a través de flujo subterráneo. La provisión permanente de agua aún en la época de secano hace posible que la cobertura vegetal sea alta y ha propiciado el desarrollo de una capa gruesa de turba (Foto 4).

Tabla 10. Descripción de la topografía del bofedal N°3

Posición Topográfica	Pendiente o Ladera Convexa
Paisaje circundante	Ondulado (lomado)
Pendiente	Ligeramente inclinada (2 a 5%)
Erosión	Leve
Pedregosidad superficial	3 - 15 %
Afloramiento rocoso	< 2 %
Textura	Franco arcilloso
Estructura	Bloque
Profundidad	Superficial 25 - 50 cm

El perfil del bofedal N°3 una capa gruesa orgánica constituida por turba de una profundidad de 50 cm que se encuentra saturado de agua (Foto 4). La densidad aparente ( $0.04 \text{ g/cm}^3$ ) fue muy baja ya que sólo se encontraron raíces en estado de descomposición con 93% de materia orgánica (Tabla 20). En relación a la cantidad de C se encontró que el bofedal almacena 100 t C/ha a una profundidad de 50 cm (Tabla 20).

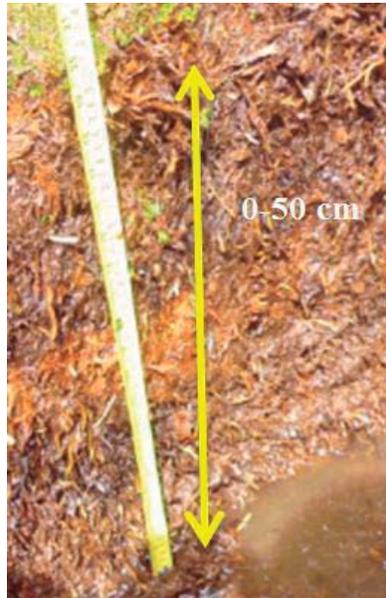


Foto 3. Perfil del suelo del bofedal N°3  
(tomada el 08/15 en la época de secano)

Tabla 11. Propiedades físicas y químicas del suelo del bofedal N°3

<b>Prof. (cm)</b>	<b>D.A. (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>M.O. (%)</b>	<b>C (t/ha)</b>
0-15	0.03	93	24
15-30	0.04	91	32
30-50	0.04	93	44
		<b>Total</b>	<b>100</b>

#### **Descripción del perfil del suelo del bofedal N°4**

El bofedal se encuentra en pendiente ligeramente inclinada con un paisaje circundante ondulado (Tabla 12). A pesar de encontrarse en pendiente, este bofedal presenta alta cobertura vegetal (Tabla 9) lo cual impide que el bofedal presente fuertes procesos de erosión, pero si se observa erosión leve. Este bofedal fue evaluado en la época de secano y se observó que se encontraba saturado de agua lo que indica que el bofedal es alimentado a través de flujo

subterráneo. La provisión permanente de agua aún en la época de secano hace posible que la cobertura vegetal sea alta.

Tabla 12. Descripción de la topografía del bofedal N°4

Posición Topográfica	Pendiente o Ladera Convexa
Paisaje circundante	Ondulado (lomado)
Pendiente	Ligeramente inclinada (2 a 5%)
Erosión	Leve
Pedregosidad superficial	3 - 15 %
Afloramiento rocoso	< 2 %
Textura	Franco arcilloso
Estructura	Bloque
Profundidad	Superficial 25 - 50 cm

El perfil del bofedal N°4 presenta 4 horizontes de suelo mineral (0-100 cm), dos de ellos de textura franco arcillo arenoso (Fr. Ar.A.), franco arcilloso (Fr. Ar.) y arcilloso (Ar.) que se encontraron saturados de agua (Foto 5). La presencia de arcilla en el suelo propicia la acumulación de agua así como de materia orgánica (Grunwald, 2014).

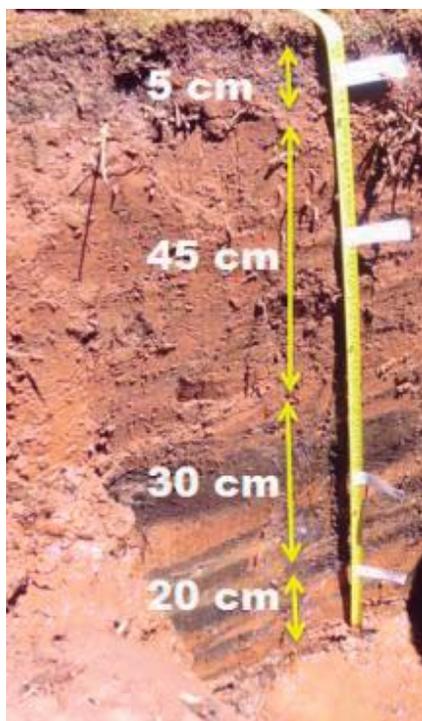


Foto 4. Perfil del suelo del bofedal N°4 (tomada el 8/15 en época de secano)

La Da fluctuó entre 0.25 y 1.01 g/cm<sup>3</sup> lo cual está por debajo a los valores de suelo minerales que oscilan entre 1.3 y 1.5 g/cm<sup>3</sup> por la alta presencia de materia orgánica y  $\Theta_v$  que varió entre 45 y 66%, lo cual indica que el espacio poroso del bofedal presenta agua y el suelo se encuentra en condiciones de anaerobiosis que propicia la acumulación de materia orgánica (Tabla 13). Entre las propiedades químicas, el pH, en todos los horizontes evaluados, fue de ligeramente ácido a ligeramente alcalino lo cual promueve la mayor presencia de bacterias frente a hongos lo cual promueve la descomposición y mineralización de la materia orgánica, pero por las condiciones de anaerobiosis dichos procesos se desarrollan de una manera mucho más lenta. La CIC en el segundo horizonte fue medio (14 meq/100g) aunque en los demás fue muy alto (23-48 meq/100g) y la SB, en todo el perfil, fue muy alto (100%). En relación a la cantidad de materia orgánica, en el primer y tercer horizonte fue muy elevado (16-18%), en el segundo horizonte fue bajo (1.6%) y en el tercer horizonte fue medio (3.5%). Las cantidades de materia orgánica se relacionan con la textura del suelo, un suelo franco arcilloso puede tener como máximo 40% de arcilla en cambio un suelo arcilloso un 100% de arcilla, por tanto, el suelo arcilloso presenta mayor cantidad de materia orgánica que un suelo franco arcilloso. El alto contenido de materia orgánica, no sólo en la capa superficial sino también en el tercer horizonte parecen indicar que a causa de las precipitaciones, en las épocas lluviosas, hubieron procesos de erosión hídrica y el agua acarrió restos vegetales y animales de otras zonas y los depositó en este bofedal aumentando en gran medida la cantidad de materia orgánica formándose lo que se observa como el tercer horizonte, el cual en algún momento fue la capa superficial pero fue enterrado formándose encima lo que ahora es el segundo y primer horizonte.

Tabla 13. Propiedades físicas y químicas del suelo del bofedal N°4

Prof. (cm)	D.A. (g/cm <sup>3</sup> )	$\Theta_v$ (%)	pH (1:1)	M.O. (%)	Textura	CIC (meq/ 100g)	SB	AH AF HU			C (t/ha)
								(%)			
0-5	0.39	63	7.64	16	Fr.Ar.A.	23.2	100	9	5	86	18
5-50	1.01	45	7.73	1.6	Fr.Ar.	13.6	100	30	10	60	41
50-80	0.25	72	6.3	18	Fr.Ar.A.	48	100	15	6	79	80
80-100	0.44	66	7.02	3.5	Ar.	32.32	100	16	14	70	18
<b>Total</b>											<b>157</b>

## **Carbono**

La calidad de la materia orgánica en todos los horizontes fue baja ya que la proporción de (AH+AF)/HU fue menor a 1 (los valores fluctuaron entre 0.16 y 0.43) lo cual puede indicar una fuerte interacción entre la materia orgánica y la parte mineral del suelo que representa una alta estabilidad de la materia orgánica según Canellas et al (2008) citado por Vieira et al (2013) (Tabla 22). En el primer y segundo horizonte (0-50 cm) se encontró 50 t C/ha y en el tercer y cuarto horizonte (50-100 cm) se encontró 80 t C/ha, esta diferencia es marcada principalmente por el tercer horizonte el cual posiblemente es un horizonte enterrado.

### **c. Análisis de las características de los bofedales estudiados en Huancavelica**

Los dos bofedales evaluados poseen las mismas condiciones climáticas aunque el segundo bofedal se encuentra a mayor altura y ambos bofedales presentan diferentes orígenes geológicos, lo cual influye a que sus perfiles de suelo sean diferentes; y además presentan diferente composición florística. El primer bofedal proviene de depósitos fluvioglaciales, y presenta suelo orgánico constituido por turba (0-50 cm) mientras que el segundo bofedal, proviene de rocas sedimentarias y presenta suelo mineral (0-100 cm). En relación a la composición florística, en ambos bofedales prevaleció la presencia de especies poco deseables frente a las deseables, por lo cual, la condición fue regular para alpacas. En relación a la posición topográfica, ambos bofedales a pesar que estar ubicados en pendientes presentaron erosión leve y poca pedregosidad superficial ya que presentaron alta cobertura vegetal. Ambos bofedales se encontraron saturados con agua, a pesar que fueron estudiados en la época de secano, lo cual indica que son alimentados por fuente de agua subterránea. En el segundo bofedal, la Da en el suelo mineral fue muy baja debido principalmente a la alta cantidad de materia orgánica. El pH fue ligeramente ácido a ligeramente alcalino, a pesar del alto contenido de materia orgánica, posiblemente porque procede de rocas sedimentarias con conglomerados calcáreos a diferencia de los bofedales de Puno en los cuales el pH fue fuertemente ácido los cuales proceden de rocas ígneas extrusivas. En relación a la cantidad de C almacenado, en el segundo bofedal se encontró mayor cantidad de C comparado al primero, lo cual se debió principalmente a que el segundo bofedal presenta mayor profundidad y mayor cantidad de materia seca por volumen aunque el porcentaje de C es menor. En comparación con los bofedales de Puno, el N°7 presenta mayor cantidad de carbono que el N°8 a pesar que

ambos presentan suelo orgánico constituido de turba lo cual se puede deber a la mayor profundidad, Puno (0-40 cm) y Huancavelica (0-50 cm) así como a la mayor precipitación, en el bofedal de Puno hay mayor precipitación lo cual promueve el crecimiento de plantas pero también condiciones de anaerobiosis disminuyen las tasas de mineralización.

#### 4.1.3 Caracterización de los bofedales de Arequipa

##### a. Composición Florística-Condición

La composición florística del bofedal N°5 presenta en su estructura el 82.66% constituido por la especie dominante *Lilaeopsis andina* (40.82%), como subdominante a *Carex sp.* (23.47%) y como sub-subdominante *Plantago tubulosa* (19.39%) (Tabla 14). Las tres principales especies son consideradas como típicas de los bofedales (Astorga, 2001; Buttolph, 1998) pero presentan son diferentes en cuanto a la deseabilidad para alpacas. *Lilaeopsis andina* es poco deseable para alpacas mientras que *Lilaeopsis andina* y *Carex sp.* son consideradas como deseables. La estructura florística de este bofedal reúne características favorables para el pastoreo de alpacas ya que las especies deseables representan el 43% del total de la composición florística y el índice forrajero es el 98%, la condición para el pastoreo de alpacas es considerada como buena (Tabla 15).

Tabla 14. Composición florística y deseabilidad de los bofedales de Arequipa

Nombre científico	Clave	Deseabilidad	Cobertura relativa (%)	
			Bofedal N°5	Bofedal N°6
<i>Alchemilla diplophylla</i>	Aldi	D	-	2.2
<i>Carex sp</i>	Casp	D	23.47	20.88
<i>Plantago tubulosa</i>	Platu	D	19.39	27.47
<i>Calamagrostis rigescens</i>	Carig	PD	1.02	15.38
<i>Lilaeopsis andina</i>	Lian	PD	40.82	-
<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	Hyta	PD	2.04	-
<i>Ranunculus flagelliformis</i>	Rafla	PD	5.1	-
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	Phyde	PD	7.14	5.49
<i>Distichia muscoides</i>	Dimu	PD	1.02	28.57
		<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Tabla 15. Condición para el pastoreo de alpacas de los bofedales de Arequipa

	<b>Bofedal N°5</b>	<b>Bofedal N°6</b>
Deseables (%P)	43	72
Índice Forrajero (%IF)	98	91
Cobertura vegetal (%C)	98	100
Índice de Vigor (%IV)	32	28.50
Puntaje	64	77.05
<b>Condición.</b>	<b>Bueno</b>	<b>Bueno</b>

La composición florística del bofedal N°6 de Arequipa estuvo dominado por *Distichia muscoides* (28.57%), *Plantago tubulosa* (27.47%) y *Carex sp.* (20.88%) (Tabla 14). Las tres principales especies son consideradas como típicas de los bofedales (Buttolph, 1998). *Distichia muscoides* es considerada como poco deseable para alpacas mientras que *Plantago tubulosa* y *Carex sp.* son consideradas como deseables. La estructura florísticas de este bofedal reúne características favorables para el pastoreo de alpacas ya que el 72% de las especies son consideradas como deseables, y el índice forrajero es 91%, por lo cual, es considerada de condición buena para el pastoreo de alpacas (Tabla 15).

#### **b.Suelo**

El bofedal N°5 se formó sobre el grupo barroso del complejo volcánico Huarancante que está formado principalmente por andesíticas, traquíticas y traquiandesitas (Ingemmet, 2001c), las cuales son rocas intermedias que contienen minerales ferromagnesianos (Porta, 2003) que darán origen a suelos de ligeramente ácido a básico. Se encuentra cerca de depósitos coluviales que presenta fragmentos caóticos de rocas volcánicas en matriz arenosa (Ingemmet, 2001c). El bofedal N°6 también pertenece al grupo barroso pero forma parte del complejo Ancasi y presenta minerales como las andesitas porfíricas y afiricas fluviales (Ingemmet, 2001c).

#### **Descripción del perfil del suelo del bofedal N°5**

El bofedal se encuentra en una planicie con un paisaje circundante montañoso (Tabla 16). Este bofedal fue evaluado en la época lluviosa, por lo cual el suelo fue encontrado saturado de

agua. La cobertura vegetal fue alta (Tabla 15) lo cual protege al suelo de procesos erosivos, por tanto, no se encontró erosión y tampoco se presentó pedregosidad superficial (Tabla 16).

Tabla 16. Descripción de la topografía del nofedal N°5

Posición Topográfica	Planicie
Paisaje circundante	Montañoso
Pendiente	Casi a nivel o nivel (0 a 2%)
Erosión	Ninguna
Pedregosidad superficial	< 0.01%
Afloramiento rocoso	< 2 %
Textura	Franco arcilloso
Estructura	Bloque
Profundidad	Profundo > 75 cm

El perfil del bofedal N°5 se encuentra saturado de agua y presenta en la superficie un horizonte de suelo orgánico (0-14 cm) seguido de 4 horizontes de suelo mineral (14-44 cm), tres de los cuales presenta el suelo de textura franco arenoso (Fr.A.) y el último presenta textura arena franca (A.Fr.) (Foto 6). Por la presencia de arena, el suelo tiende a acumular menor cantidad de materia orgánica (Grunwald, 2014).

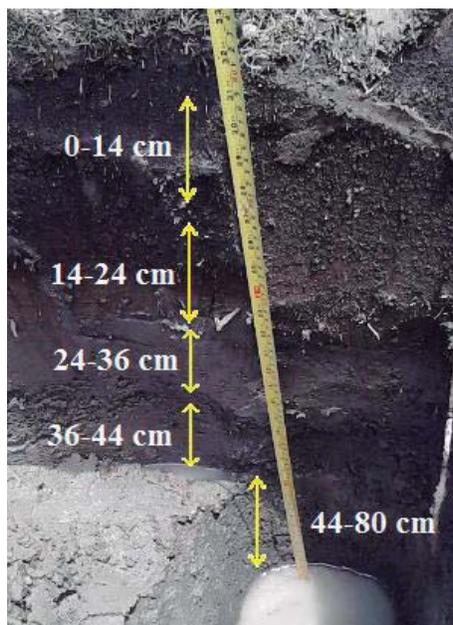


Foto 5. Perfil del suelo del bofedal N°5 (tomada el 12/14 en época lluviosa)

La Da fue aumentando desde el primer horizonte de 0.13 g/cm<sup>3</sup> hasta 1.15 g/cm<sup>3</sup> en el último horizonte, debido a que el primer horizonte presenta alta cantidad de materia orgánica (39.52%) lo cual promueve una mayor retención de humedad (66%), ambos factores aumentan el volumen del suelo y la densidad aparente resulta baja. En cambio, en el último horizonte, hay baja cantidad de materia orgánica (0.15%) lo cual promueve una menor retención de la humedad (30%) y la densidad aparente es mayor (1.15 g/cm<sup>3</sup>) (Tabla 17). El pH fue muy fuertemente alcalino en el primer horizonte y en los demás horizontes (14-80 cm) fue de neutro a ligeramente alcalino, lo cual puede deberse a la roca madre que es considerada como una roca intermedia y puede dar origen a suelos de ligeramente ácido a básico (Porta, 2003). La CIC fue alto en los dos primeros horizontes (0-24 cm) y se va reduciendo a mayor profundidad a medida que el contenido de materia orgánica también va disminuyendo y la SB fue alto (86-100%) en todos los horizontes.

Tabla 17. Propiedades físicas y químicas del suelo del bofedal N°5

Prof. (cm)	D.A. (g/cm <sup>3</sup> )	Θ <sub>v</sub> (%)	pH (1:1)	M.O. (%)	Textura	CIC (meq /	SB	AH	AF	HU	C (t/ha)
							(%)				
0-14	0.13	66	9.1	39.52	Orgánico	43.5	100	8	10	82	40
14-24	0.25	65	7.2	17.77	Fr.A	31.2	100	12	7	81	26
24-36	0.84	39	6.8	1.23	Fr.A	10.7	86	27	12	61	7
36-44	1.09	33	6.9	0.18	Fr.A	8.8	97	33	6	61	1
44-80	1.15	30	7.3	0.15	A.Fr	6.08	100	20	40	40	3
										<b>Total</b>	<b>77</b>

### Carbono

La calidad de la materia orgánica, en general, fue baja debido a que la proporción (AH+AF)/HU fue menor a 1 (0.22 a 0.64), lo cual indica que probablemente haya una fuerte interacción entre la materia orgánica y la parte mineral del suelo que representa una alta estabilidad de la materia orgánica según Canellas et al (2008) citado por Vieira et al (2013) por lo que se deduce que no se encuentra disponible para las raíces como fuente de nutrientes (Tabla 17). La mayor cantidad de C (40 t/ha) se encontró en el primer horizonte (0-14 cm), en el segundo horizonte fue 26 t C/ha y en los demás horizontes la cantidad total de C fue 11 t/ha (Tabla 17).

## Descripción del perfil del suelo bofedal N°6

El bofedal se encuentra en una planicie con un paisaje circundante montañoso (Tabla 18). Este bofedal fue evaluado en la época lluviosa, por lo cual el suelo fue encontrado saturado de agua. La cobertura vegetal fue alta (Tabla 15) lo cual protege al suelo de procesos erosivos, por tanto, no se encontró erosión y tampoco presentó pedregosidad superficial (Tabla 18).

Tabla 18. Descripción de la topografía del bofedal N°6

Posición Topográfica	Planicie
Paisaje circundante	Montañoso
Pendiente	Casi a nivel o nivel
Erosión	Ninguna
Pedregosidad superficial	< 0.01%
Afloramiento rocoso	< 2 %
Textura	Franco arcilloso
Estructura	Bloque
Profundidad	Profundo > 75 cm

El perfil del bofedal N°6 se encuentra saturado de agua y presenta en la superficie un horizonte de suelo orgánico (0-11 cm) seguido de 5 horizontes de suelo mineral (11-70 cm), tres de los cuales presenta suelo de textura franco arenoso (Fr.A.) y los dos últimos presentan textura franca (Fr.) (Foto 7).

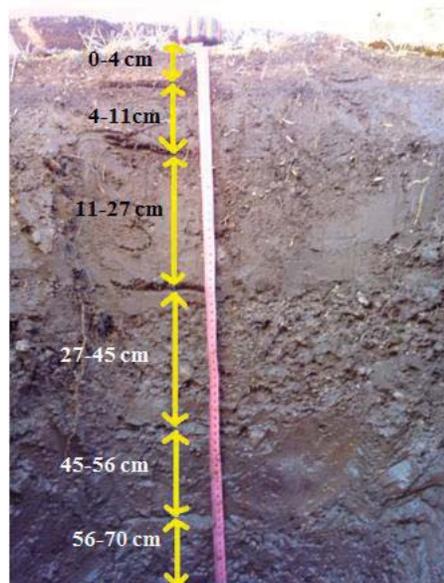


Foto 6. Perfil del suelo del bofedal N°6 (tomada el 12/14 en la época lluviosa)

El primer horizonte (0-4 cm) presentó baja Da ( $0.17 \text{ g/cm}^3$ ) y la  $\Theta_v$  fue 29%, los siguientes 3 horizontes (4-45 cm) presentaron diferentes valores de Da ( $0.73$  a  $1.26 \text{ g/cm}^3$ ) a pesar de presentar la misma textura, los dos últimos horizontes presentaron igual Da ( $1.02 \text{ g/cm}^3$ ) y la  $\Theta_v$  varió de 26 a 46%. En el primer horizonte se presentó alta cantidad de materia orgánica (43.37%) por lo cual la Da fue menor y en el resto de los horizontes la Da fue mayor ya que presentaron menor cantidad de materia orgánica (3.4-0.3%) (Tabla 19). El pH varió de moderadamente ácido a ligeramente ácido (5.9-6.2) en todos los horizontes, probablemente debido a que estuvo influenciado por la roca madre la cual es considerada como roca intermedia que da origen a suelos ligeramente ácidos. La capa superficial es ligeramente ácido, lo cual promueve la mayor presencia de bacterias frente a hongos con lo cual se promueve la descomposición de la materia orgánica, pero debido a las condiciones de anaerobiosis que presenta la alta  $\Theta_v$  este proceso se desarrolla de manera mucho más lenta. La cantidad de materia orgánica fue mayor en el primer horizonte (43%) y disminuyó en los siguientes horizontes (4-70 cm) de 3.4 a 0.3%. La CIC fue alta (45 meq/100g) en el primer horizonte por la alta cantidad de materia orgánica y la SB fue media (60-72%) en los dos primeros horizontes y alto (83-100%) en los demás horizontes.

Tabla 19. Propiedades físicas y químicas del suelo del bofedal N°6

Prof. (cm)	D.A. ( $\text{g/cm}^3$ )	$\Theta_v$ (%)	pH (1:1)	M.O. (%)	Textura	CIC (meq/ 100g)	SB	AH AF HU			C (t/ha)
								(%)			
0-4	0.17	29	6.1	43.37	Orgánico	45	60	11	13	76	17
4-11	0.73	46	5.9	3.4	Fr.A	20	72	32	20	48	10
11-27	1.11	35	6.1	0.77	Fr.A	8	100	43	21	36	8
27-45	1.26	27	6.2	0.58	Fr.A	6.7	94	22	31	47	8
45-56	1.02	26	6.2	0.36	Fr.	8.3	91	64	31	5	2
56-70	1.02	33	6.2	0.3	Fr.	9.9	83	67	27	6	2
<b>Total</b>											<b>47</b>

## **Carbono**

La calidad de la materia orgánica fue baja en el primer horizonte (0-4 cm) ya que la proporción de  $[(AH+AF)/HU=0.32]$  fue menor a 1, lo cual indica que probablemente haya una fuerte interacción entre la materia orgánica y la parte mineral del suelo que representa una alta estabilidad de la materia orgánica según Canellas et al (2008) citado por Vieira et al (2013) por lo que se deduce que no se encuentra disponible para las raíces como fuente de nutrientes (Tabla 19). En cambio, en los demás horizontes (11-70cm) la proporción de  $(AH+AF)/HU$  fue mayor a 1, lo cual indica que hay mayor proporción de ácidos fúlvicos y ácidos húmicos los cuales pueden mejorar las propiedades físicas del suelo y el crecimiento de la planta (Vieira et al, 2013). La cantidad de C en el primer horizonte (0-4 cm) fue 17 t/ha, en los siguientes tres horizontes (11-45cm) fue 26 t/ha y en los dos últimos horizontes (45-70cm) fue 4 t/ha, sumando un total de 47 t C/ha (Tabla 19).

### **c. Análisis de las características de los bofedales estudiados en Arequipa**

Los dos bofedales estudiados comparten los mismos patrones de precipitación y temperatura, la misma posición topográfica y la roca madre, por lo cual sus perfiles de suelo son muy parecidos, ambos poseen una horizonte superficial formado por suelo orgánico seguido de horizontes constituidos por suelo mineral de textura franco arenoso. En relación a la composición florística y condición, en ambos bofedales se encontraron mayor cantidad de plantas consideradas como deseables para las alpacas que poco deseables y no se encontraron especies indeseables, por lo cual, fueron calificadas como de condición buena para las alpacas. El relación al pH, los suelos de los bofedales estudiados fueron calificados de moderadamente ácidos a fuertemente alcalinos, en cambio en Puno los bofedales fueron fuertemente ácidos, lo cual se puede deber a la roca madre ya que los bofedales estudiados en Puno poseen como roca madre a rocas ígneas extrusivas que dan origen a suelos ácidos y en Arequipa presentan como roca madre a rocas intermedias que dan origen a suelos de ligeramente ácidos a alcalinos. Con respecto al contenido de materia orgánica, ambos bofedales, presentan la mayor cantidad de materia orgánica (43 y 39%) en el primer horizonte, y va descendiendo en los horizontes mas profundos. La cantidad de C en el primer bofedal fue mayor al segundo bofedal, debido a que presenta mayor profundidad y mayor contenido de materia orgánica.

Finalmente, En relación a la calidad de la materia orgánica, en el primer bofedal la calidad es baja por la mayor presencia de huminas frente a los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos lo cual indica que el C se mantendrá estable por mucho mayor tiempo, en el segundo bofedal, sólo en el primer horizonte la materia orgánica presenta mayor cantidad de huminas, pero en el resto del perfil la calidad es buena, lo cual indica que la materia orgánica está contribuyendo al crecimiento de las plantas.

#### 4.1.4 Caracterización de los bofedales de Puno

##### a. Composición Florística-Condición

La composición florística del bofedal N°7 de Puno estuvo dominado por *Plantago tubulosa* (44.87%) y *Distichia muscoides* (43.59%) las cuales son consideradas como plantas típicas de este ecosistema (Tabla 20). Las dos especies constituyen el 88.46% de la florística, lo cual confiere a este bofedal características favorables desde el punto de vista forrajero ya que estas especies son consideradas como deseables para alpacas (Tabla 20). Esta estructura florística del bofedal influye favorablemente en la evaluación de la condición ya que el % de especies deseables así como el índice forrajero son altos, los cuales representan el 70% de la evaluación final, por lo cual la condición para el pastoreo de alpacas es excelente (Tabla 21).

Tabla 20. Composición florística y deseabilidad de los bofedales estudiados en Puno

Nombre científico	Clave	Deseabilidad	Cobertura relativa (%)		
			Bofedal N°7	Bofedal N°8	Bofedal N°9
<i>Alchemilla pinnata</i>	Alpi	D	1.28	-	-
<i>Arenaria sp.</i>	Arsp	PD	-	1.11	-
<i>Calamagrostis curvula</i>	Cacu	PD	-	5.56	-
<i>Calamagrostis rigescens</i>	Carig	PD	-	-	1.23
<i>Carex sp.</i>	Casp	D	1.28	1.11	-
<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo	D	5.13	1.11	8.64
<i>Eleocharis albibracteata</i>	Elal	D	1.28	1.11	-
<i>Plantago tubulosa</i>	Platu	D	44.87	1.11	53.09
<i>Plagiocheilus soliviformis</i>	Plaso	PD	2.56	-	-
<i>Distichia muscoides</i>	Dimu	D	43.59	-	35.8
<i>Oxychloe andina</i>	Oxyan	I	-	87.78	1.23
<i>Werneria nubigena</i>	Wenu	D	-	1.11	-
		<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Tabla 21. Evaluación de la condición para el pastoreo de alpacas de los bofedales de Puno

	<b>Bofedal N°7</b>	<b>Bofedal N°8</b>	<b>Bofedal N°9</b>
Deseables (%P)	76	5	79
Índice Forrajero (%IF)	78	11	80
Cobertura vegetal (%C)	92	100	100
Índice de Vigor (%IV)	119	67	19
Puntaje	84	31	77.4
<b>Condición.</b>	<b>Excelente</b>	<b>Pobre</b>	<b>Bueno</b>

En cambio, en la composición florística del bofedal N°8 de Puno es notoria la dominancia de una especie *Oxychloe andina* que alcanza el 87.78% de la composición florística y se encontró *Calamagrostis curvula* como la especie subdominante, sin embargo su % es bajo comparado con la especie dominante (Tabla 20). La especie dominante le confiere a este bofedal características desfavorables desde el punto de vista forrajero ya que es considerada como indeseable para alpacas (Tabla 21). Esta estructura florística influye de forma negativa en la evaluación de la condición ya que el % de especies deseables así como el índice forrajero son bajos y representan el 70% de la evaluación, por lo cual la condición para el pastoreo de alpacas es calificada como pobre (Tabla 21).

La composición florística del bofedal N°9 de Puno presenta en su estructura el 88.89% constituido por la especie dominante *Plantago tubulosa* (53.09%) y *Distichia muscoides* (35.80%), ambas especies son deseables para alpacas; sin embargo se observó la presencia de una especie indeseable (*Oxychloe andina*) aunque en bajo porcentaje (1.23%) lo que podría sugerir que la comunidad aún puede restringir el ingreso de invasores (Tabla 20). La estructura florísticas de este bofedal reúne características que favorecen a la condición de este ecosistema dado que el % de deseables e índice forrajero es alto, por tanto el bofedal es considerado de condición buena para el pastoreo de alpacas (Tabla 21).

## **b.Suelo**

Los bofedales muestreados en Mazocruz presentan como roca madre a las rocas ígneas extrusivas como la toba blanca y la dacita porfírica (Ingemmet, 2001a). Dichas rocas son de tipo ácidas (UGR, 2012), por tanto, los suelos que formarán posiblemente sean ácidos. Cerca de éstos bofedales se encuentran depósitos de bofedales con deposiciones inconsolidadas, arcillita y turba (Ingemmet, 2001a).

### **Descripción del perfil del suelo del bofedal N°7**

El bofedal se encuentra en fondo de valle con un paisaje circundante montañoso, lo cual propicia la entrada y acumulación de agua superficial, este bofedal fue evaluado en la época de secano y se observó que se encontraba saturado de agua, lo que indica la presencia de flujo subterráneo que alimenta al bofedal y no se encuentran ríos o lagunas cercanos (Ingemmet, 2001a). La presencia de agua aún en época de secano propicia que la cobertura vegetal sea muy alta (Tabla 3) y protege al suelo de la erosión, aunque a pesar de ello, se observó erosión leve y pedregosidad de 3 a 15% en la evaluación visual del paisaje, que indica que ha habido procesos de erosión o arrastre de suelo por acción del agua.

Tabla 22. Descripción del paisaje y topografía del N°7

Posición Topográfica	Fondo de Valle
Paisaje cicundante	Montañoso
Pendiente	Ligeramente inclinada (2 a 5%)
Erosión	Leve
Pedregosidad superficial	3 - 15 %
Afloramiento rocoso	< 2 %
Textura	Franco arcilloso
Estructura	Bloques
Profundidad	Superficial 25 - 50 cm

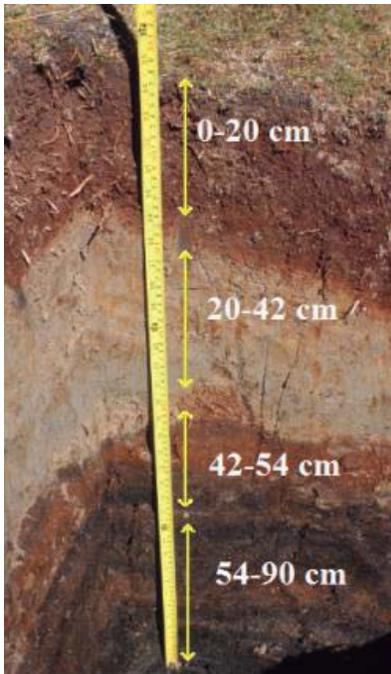


Foto 7. Perfil del suelo del bofedal N°7  
(tomada el 06/15 en época de secano)

El perfil del bofedal N°7 presenta dos horizontes de suelo mineral (0-42 cm) que se encuentran sobre un horizonte constituido de turba en proceso de putrefacción (42-90 cm), lo que indica que este suelo ha atravesado procesos de disturbación, como la erosión hídrica que arrastró suelo mineral de sitios cercanos (como de las montañas) y se fueron acumulando en el fondo de valle (Foto 8).

Los dos primeros horizontes son de textura franco arenoso (0-20 cm) y franco limoso (20-42 cm) (Tabla 23). La densidad aparente (DA) fue 0.34 y 0.93 g/cm<sup>3</sup>, valores muy por debajo de los rangos para suelos minerales que fluctúan entre 1.3-1.5 g/cm<sup>3</sup> y la humedad volumétrica ( $\Theta_v$ ) es alta, lo cual indica que el espacio poroso se encuentra saturado de agua y el suelo posee condiciones anaeróbicas lo cual propicia la acumulación de carbono. Entre las propiedades químicas (tabla 23) tenemos que el pH es fuertemente ácido (5.11-5.16) lo cual disminuye la actividad microbiana y propicia la predominancia de hongos, además de frenar la tasa de mineralización permitiendo de esta manera la acumulación de materia orgánica. El primer horizonte (0-20 cm) tiene alto contenido de materia orgánica lo cual hace que disminuya la densidad aparente, y a su vez aumenta la capacidad de intercambio catiónico

(CIC), resultando ser alta en el primer horizonte pero baja en el segundo horizonte donde el contenido de materia orgánica también es bajo.

Tabla 23. Propiedades físicas y químicas del suelo del bofedal N°7

Prof. (cm)	D.A. (g/cm <sup>3</sup> )	Θ <sub>v</sub> (%)	pH (1:1)	M.O. (%)	Textura	CIC (meq/100g)	SB	AH	AF	HU	C (t/ha)
0-20	0.34	45	5.16	5.90	Fr.A	28.8	44	53	40	7	23
20-42	0.93	46	5.11	0.99	Fr.L.	5.6	49	43	22	35	12
42-54	0.07	58		63.18	Turba						31
54-90	0.08	76		80.82	Turba						135
<b>Total</b>											<b>201</b>

### Carbono

La cantidad de C en los dos horizontes superiores de suelo mineral (0-42 cm) fue 35 t C/ha y en el horizonte constituido por turba (42-90 cm) fue 166 t C/ha (Tabla 23). La calidad de la materia orgánica en el primer horizonte de suelo mineral fue buena debido a que la proporción de AH/AF es cercano a 1 lo cual indica que puede mejorar las propiedades físicas del suelo y el crecimiento de la planta (Vieira et al, 2013).

### Descripción del perfil del suelo del bofedal N°8

El bofedal se encuentra en fondo de valle con un paisaje circundante montañoso, lo cual propicia la entrada y acumulación de agua superficial (Tabla 24). Este bofedal fue evaluado en la época de secano y se observó que se encontraba saturado de agua, lo que indica la presencia de flujo subterráneo que alimenta al bofedal y no se encuentran ríos o lagunas cercanos (Ingemmet, 2001a). La presencia de agua aún en época de secano propicia que la cobertura vegetal sea muy alta (Tabla 21) y protege al suelo de la erosión. A diferencia del bofedal anterior, en este bofedal no se encontró erosión y la pedregosidad superficial fue casi nula.

Tabla 24. Descripción de la topografía del bofedal N° 8

Posición Topográfica	Fondo de Valle
Paisaje cicundante	Montañoso
Pendiente	Ligeramente inclinada (2 a 5%)
Erosión	Ninguna
Pedregosidad superficial	0.1 - 3 %
Afloramiento rocoso	< 2 %
Textura	Franco arcilloso
Estructura	Bloque
Profundidad	Profundo > 75 cm

Tabla 25. Propiedades físicas y químicas del suelo del bofedal N°8

Prof.	D.A.	M.O.	C
0-20	0.03	96.06	33
20-40	0.04	90.73	43
		<b>Total</b>	<b>75</b>

El perfil del bofeal N°8 muestra dos horizontes orgánicos constituidos de turba hasta una profundidad de 40 cm, que se encuentra saturado de agua (Foto 9). A diferencia del bofedal anterior, éste bofedal presenta turba fresca donde aún se pueden visualizar las raíces.

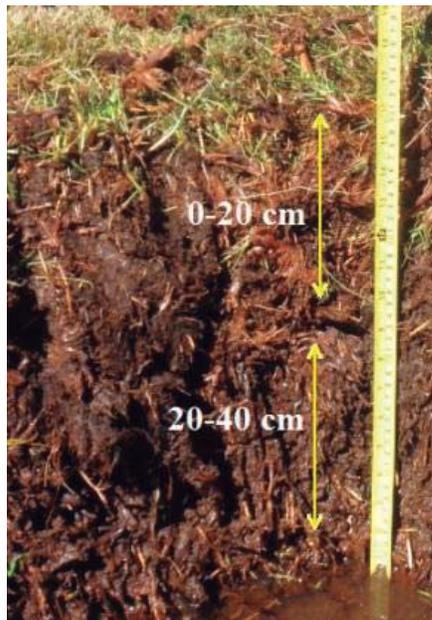


Foto 8. Perfil del suelo del bofedal N°8 (tomada el 06/15 en época de secano)

La DA ( $0.03 \text{ g/cm}^3$ ) fue muy baja ya que sólo se encontraron raíces saturadas con agua y el contenido de la materia orgánica fue 96% (Tabla 25). Estas características le confieren al bofedal una mayor resistencia a la compactación del suelo como resultado del pastoreo. Con respecto a cantidad de C, a una profundidad de 40 cm se encontró 75 t C/Ha (Tabla 25).

### Descripción del perfil del suelo del bofedal N°9

El bofedal se encuentra en pendiente con un paisaje circundante ondulado lo cual propicia que presente erosión leve y pedregosidad superficial de 3 a 15% (Tabla 26). Pero, a pesar de encontrarse en pendiente, la cobertura vegetal fue muy alta (Tabla 21) lo cual hace que los procesos erosivos sean amortiguados. Este bofedal fue evaluado en la época de secano y se observó que se encontraba saturado de agua, lo que indica la presencia de flujo subterráneo que alimenta al bofedal y no se encuentran ríos o lagunas cercanos (Ingemmet, 2001a). El suministro de agua al bofedal aún en la época de secano hace que la cobertura vegetal sea alta.

Tabla 26. Descripción de la topografía del bofedal N°9

Posición Topográfica	Pendiente o Ladera
Paisaje circundante	Ondulado (lomado)
Pendiente	Ligeramente inclinada (2 a 5%)
Erosión	Leve
Pedregosidad superficial	3 - 15 %
Afloramiento rocoso	< 2 %
Textura	Franco arcilloso
Estructura	Bloque
Profundidad	Superficial 25 - 50 cm

El perfil del bofedal N°9 muestra 3 horizontes de suelo mineral (0-60 cm) de diferentes profundidades pero igual textura franco arenosa que se encuentran saturados de agua (Foto 3). La textura de este suelo al presentar mayor cantidad de arena que de arcilla hace que la acumulación de materia orgánica sea baja (Grunwald, 2014).

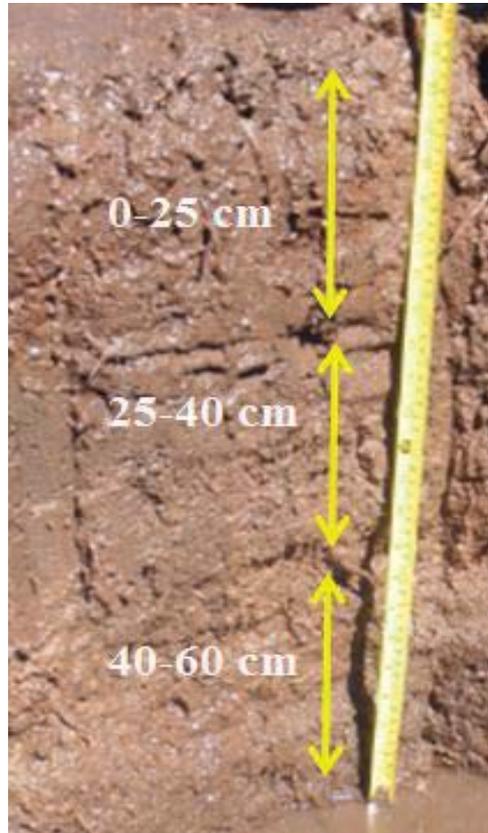


Foto 9. Perfil del suelo del bofedal N°9  
(tomada el 06/15 en época de sequo)

EL primer horizonte (0 a 25 cm), el segundo horizonte (25 a 40 cm) y el tercer horizonte (40 a 60 cm), presentan textura franco arenoso (Tabla 27). La DA en todos los horizontes fue menor al esperado para suelos minerales cuyo rango fluctúa entre 1.3-1.5 g/cm<sup>3</sup> y la  $\Theta_v$  es alta, lo cual indica que el espacio poroso del bofedal presenta agua y el suelo se encuentra en condiciones de anaerobiosis que propicia la acumulación de materia orgánica. Entre las propiedades químicas el pH fue muy fuertemente ácido, el contenido de materia orgánica fue media (2%) en el primer horizonte y en los siguientes fue baja (0.64% y 0.41%), por lo cual la CIC también fue baja (9.9-9.3 meq/100g) y la SB fue media en un rango de 73 a 80% (Tabla 27). Esto indica que hay pocos nutrientes disponibles para las raíces de las plantas

Tabla 27. Propiedades físicas y químicas del suelo del bofedal N° 9

Prof. (cm)	D.A. (g/cm <sup>3</sup> )	Θ <sub>v</sub> (%)	pH (1:1)	M.O (%)	Textura	CIC (meq/ 100g)	SB	AH	AF	HU	C (t/ha )
							(%)				
0-20	0.96	44	5.14	2	Fr.A	9.9	76	28	23	49	22
20-35	0.94	45	5.15	0.64	Fr.A	9.6	80	50	39	11	5
35-60	0.93	48	5.22	0.41	Fr.A	9.3	73	56	34	10	6
<b>Total</b>											<b>33</b>

### Carbono

La calidad de la materia orgánica fue alta en todos los horizontes ya la proporción de (AH+AF)/HU en todos los horizontes fue mayor a 1, lo cual indica que la suma de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos superó a la cantidad de huminas, lo que indica que la materia orgánica le da una buena estructura al suelo y mejor disponibilidad de nutrientes (Tabla 27). El contenido de C fue mayor en el primer horizonte, ya que presentó 22 t C/ha, en los siguientes dos horizontes fue 5 y 6 t C/ha, respectivamente (Tabla 27).

#### c. Análisis de las características de los bofedales estudiados en Puno

Los 3 bofedales estudiados en Puno, a pesar de encontrarse cercanos, y tener las mismas condiciones climáticas así como el mismo origen geológico, muestran diferencias en relación a la vegetación y el suelo. En relación a la composición florística, el primer y el tercer bofedal presentan mayormente especies deseables lo cual hace que su condición sea buena o excelente para el pastoreo, en cambio, el segundo bofedal presenta como dominante una especie indeseable y su condición para el pastoreo es pobre. Sin embargo, es importante mencionar que en todos los bofedales estudiados la cobertura vegetal fue muy alta debido principalmente a la constante provisión de agua aún en época de sequía. Con respecto a la ubicación topográfica, el primer y segundo bofedal se encuentran en fondo de valle y el tercer bofedal en pendiente. Esta ubicación podría haber propiciado que los dos primeros bofedales puedan haber desarrollado un horizonte orgánico en su perfil a diferencia del tercer bofedal que tiene en su perfil únicamente horizontes minerales. En relación a las características físicas y químicas, la densidad aparente en los suelos minerales de todos los bofedales fue menor al

esperado por la alta y media cantidad de materia orgánica (5.9 y 2%, respectivamente) y  $\Theta_v$  (44-46%). El primer y tercer bofedal presentaron la misma textura de suelo superficial, con la diferencia que el primer bofedal presentó alto contenido de materia orgánica y el otro contenido medio posiblemente esto es influenciado por la posición topográfica de valle y pendiente (Áviles- Hernández et al., 2009). La diferencia en el contenido de materia orgánica influyó en que el primer bofedal tenga menor DA en comparación con el tercer a pesar de haber presentado similar humedad volumétrica. El pH fue ácido en el primer y tercer bofedal, posiblemente por la roca madre y la cantidad de materia orgánica. La CIC en el tercer bofedal fue baja mientras que en el primer bofedal fue alta, debido a la mayor cantidad de materia orgánica que aumenta la CIC (Porta et al., 2003). Tanto en el primer como en el tercer bofedal la calidad de la materia orgánica es buena, pero cabe resaltar que el primer bofedal presenta mayor cantidad de nutrientes para la planta respecto al tercero. En relación a la cantidad de C, el primer y segundo bofedal presentaron mayor cantidad respecto al tercero, lo cual pudo estar influenciado por la posición topográfica (Áviles- Hernández et al., 2009). Sin embargo, entre el primer y segundo bofedal, el primero presenta mayor cantidad de C, lo cual se puede deber principalmente a la presencia de turba enterrada mientras que el segundo bofedal, a pesar de presentar turba sólo se muestreó a una profundidad de 0-40 cm presentando un total de 75 t C/ha vs 201 t C/ha en el primer bofedal.

#### **4.2 Cantidad de carbono almacenado y la condición del bofedal**

Para evaluar la relación entre la cantidad de carbono almacenado y la condición de los bofedales, se tomó en cuenta 6 bofedales del total, ya que éstos presentan suelo mineral como característica en común ya que los otros bofedales presentan turba en su perfil, con el fin de poder evaluar entre bofedales más homogéneos. Cerca del 70% de los 6 bofedales fueron de condición regular a bueno para el pastoreo de alpacas, y el resto de condición pobre para el pastoreo de vacunos (Tabla 28). La cantidad de C almacenado que presentaron varió entre 33 y 223 t/ha (Tabla 28). Los resultados obtenidos en relación a la cantidad de C, en su mayoría se encuentran dentro de los reportes de estudios previos (con excepción de los valores más bajos). Algunos reportes tales como los de Castro (2011) que estimó 243t C/ha en los bofedales de Oña-Nabon-Saraguro-Yacuambi y 142t C/ha en bofedales del Frente Suroccidental de Tungurahua. También el MINAM (2013) en Huancavelica reporta valores

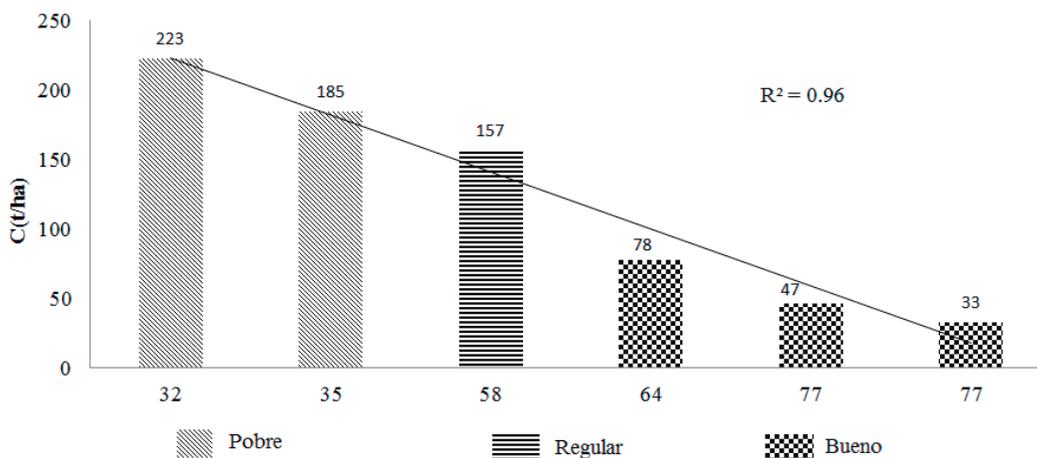
de 92 a 829 t de C/ha. Los bofedales estudiados en Ancash fueron los que presentaron mayor cantidad de C (185 t/ha y 223 t/ha) y fueron calificados de condición pobre para el pastoreo de vacunos, en el análisis de dichos bofedales se observó que en el perfil del suelo (Foto 1 y Foto 2) presentan suelo orgánico enterrado con alto contenido de materia orgánica lo cual no se observa en los otros bofedales y contribuye de manera importante a la cantidad de C almacenado. Esta región, a diferencia de las otras, presenta los mayores rangos de fluctuación de precipitación (500 a 1200 mm por año), dichas precipitaciones pudieron contribuir al arrastre de suelo superficial orgánico de sitios cercanos que enterraron muchos años atrás el horizonte con suelo orgánico que ahora se observa en el perfil. En estos bofedales también se registran los más bajos niveles de temperatura (de 0°C a 7°C) en comparación con las otras regiones, lo cual contribuye a que la descomposición de la materia orgánica sea muy lenta (Grunwald, 2014). Por otro lado, a pesar de presentar alta cobertura vegetal (Tabla 3) las especies que predominan son consideradas como indeseables o poco deseables para los vacunos por lo que se les consideraron de condición pobre. Estos bofedales, posiblemente hayan sido sobrepastoreados hace muchos años, lo cual no ocasionó la disminución de la cobertura vegetal pero sí que las especies deseables disminuyeran y las poco deseables o indeseables emergieran como respuesta del ecosistema al sobrepastoreo. A consecuencia de ello, lo más probable es que actualmente sean muy poco pastoreadas ya que la estructura florística que presentan no es favorable para el pastoreo de vacunos, por tanto, existe muy poco consumo de la parte aérea de las plantas la cual retorna al suelo contribuyendo al aumento de la cantidad de C en el suelo (Piñeiro et al., 2006). El bofedal N°4 presenta 157 t C/ha y fue considerado de condición regular para el pastoreo de alpacas (Tabla 9), este bofedal presenta suelo mineral a una profundidad entre 50 a 80 cm (Tabla 13) que presenta alta cantidad de materia orgánica (18%) además del horizonte superficial que presenta 16% de materia orgánica, lo cual parece indicar que también a causa de las precipitaciones hubieron procesos de erosión hídrica que acarreó restos vegetales así como de animales de otras zonas y fueron depositados en el bofedal, lo cual hace que la acumulación de C en el perfil sea mayor. Además, este bofedal se ubica a mayor altitud que Arequipa y Puno, y presenta temperaturas más frías que dichas regiones, lo cual hace que la tasa de descomposición de la materia orgánica sea más lenta en esta región y se pueda acumular mayor cantidad de C.

Tabla 28. Cantidad de carbono almacenado y la condición de 6 bofedales

<b>Bofedal</b>	<b>Condición para el pastoreo</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Prof. (cm)</b>	<b>C* (%)</b>	<b>C (t/Ha)</b>
N°9	Bueno	77	60	1	33
N°6	Bueno	77	70	5	47
N°5	Bueno	64	80	7	77
N°4	Regular	58	100	6	157
N°2	Pobre	35	50	15	185
N°1	Pobre	32	100	12	223

\*El % de C es el promedio de todo el perfil

La condición regular hace suponer que este bofedal es menos pastoreado que los bofedales de Arequipa y Puno que tienen condición buena, debido a que presenta menor cantidad de plantas deseables para las alpacas. Por tanto, en estos bofedales habrá un retorno mayor de C al suelo debido a la menor ingesta de la parte aérea de las plantas (Piñeiro et al., 2006). Los bofedales de Arequipa presentan condición buena para el pastoreo de alpacas y almacenan 47 y 77 t C/ha (Tabla 17 y Tabla 19), éstos a diferencia de Puno presentan menores temperaturas y mayor precipitación anual, lo cual contribuye de manera positiva a la mayor acumulación de C respecto a Puno, ya que la tasa de descomposición de la materia orgánica será mucho menor (Grunwald, 2014). Adicionalmente, a pesar que los bofedales de Arequipa y Puno fueron consideradas de condición buena para el pastoreo de alpacas, se observa que el bofedal de Puno presenta mayor cantidad de plantas deseables (79%) y menor cantidad de C (33 t/ha) por lo cual se puede suponer que es más pastoreado que el bofedal N°5 de Arequipa que presenta 43% de plantas deseables, pero en el bofedal N°6 de Arequipa donde la cantidad de especies deseables 72% casi similar a Puno, la cantidad de C es menor (47 t/ha) posiblemente debido al mayor pastoreo y consumos de la parte aérea de las plantas.



Gráfica 1. Cantidad de C (t/ha) y la condición de los bofedales

Existe una alta correlación ( $r^2=96\%$ ) entre la cantidad de C y la condición de los bofedales es decir, los bofedales de buena condición presentan menor cantidad de C en comparación a los bofedales de pobre condición (Gráfica 1). Estos resultados contrastan con Schuman et al., (2002) y Jurado et al., (2013) ya que ellos encontraron que el mejoramiento de la condición de los ecosistemas incrementa la fijación y almacenamiento de C en los suelos. Por otra parte, según Milchunas y Lauenroth (1993) los pastizales pastoreados pueden aumentar, disminuir o no tener efecto alguno sobre la cantidad de C en suelo. De acuerdo a este estudio, los bofedales que tienen buena condición y por tanto se podría deducir que son los más pastoreados (debido a que poseen mayor cantidad de plantas deseables) presentan menor cantidad de C posiblemente a que hay mayor consumo de la biomasa aérea y por ende, menor retorno de C al suelo (Piñeiro et al., 2006). Mientras que los bofedales de menor condición son aquellos que presentan más plantas indeseables o poco deseables para los animales, por tanto, hay poco o nulo consumo de la biomasa aérea, el cual retorna al suelo para contribuir con el almacenamiento de C (Piñeiro et al., 2006), según este estudio, el pastoreo podría disminuir la cantidad de C almacenado en el suelo.

#### 4.3 Relación entre la especie dominante y el C almacenada en el suelo

Los bofedal dominados por *Aciachne acicularis* y *Calamagrostis rigescens* presentan la mayor cantidad de C (223 t/ha) y los bofedales dominado por *Plantago tubulosa* y *Distichia muscoides* la menor cantidad de C (33 t/ha) (Tabla 29). También se observa que el porcentaje

de materia orgánica disminuye mientras que la deseabilidad de la especie vegetal es más deseable. En esta evaluación es importante mencionar que los bofedales de Ancash y Huancavelica fueron los que presentaron horizontes orgánicos enterrados, por lo cual, también se encontró mayor cantidad de C a diferencia de los bofedales de Arequipa en el cual no se encontraron horizontes con suelo orgánico enterrados y en Puno donde no se encontró suelo orgánico. Por tanto, el tiempo así como los otros factores del suelo como la roca madre, factores climáticos y geomorfología que influyen en la formación del suelo, también influyeron de manera importante en la cantidad de C almacenado en el suelo.

Tabla 29. Principales especies vegetales de cada bofedal y su deseabilidad

Región	Especies principales	%	Deseabilidad	M.O. *	C (t/Ha)
Ancash	<i>Aciachne acicularis</i>	33	I	21	223
	<i>Calamagrostis crinalis</i>	16	I		
Ancash	<i>Calamagrostis rigescens</i>	36	PD	26	185
	<i>Alchemilla pinnata</i>	22	PD		
Huancavelica	<i>Phylloscirpus desertícola</i>	26	PD	10	157
	<i>Calamagrostis rigescens</i>	12	PD		
Arequipa	<i>Lilaeopsis andina</i>	40	PD	12	77
	<i>Carex sp</i>	23	D		
Arequipa	<i>Distichia muscoides</i>	26	D	8	47
	<i>Plantago tubulosa</i>	25	D		
Puno	<i>Plantago tubulosa</i>	53	D	1	33
	<i>Distichia muscoides</i>	36	D		

\*El % de materia orgánica es el promedio de todo el perfil.

Salvador et al., 2014 reporta un rango de materia orgánica de 20-87% entre 25 a 50 cm en bofedales de Junín y Arequipa, siendo los bofedales dominados por *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa* los que presentaron los mayores valores, a diferencia de este estudio, el rango es menos amplio, de 1 a 26% (Tabla 42), y dichas especies presentaron menor cantidad de materia orgánica. Con respecto a los bajos porcentajes de materia orgánica, Miranda (1989) también reporta bajos niveles (0.9-5.76%) y el INIA-TECNOSERVA (2001) reporta en Puno 0.78% de materia orgánica en suelos de textura franco arenosa de manera similar a este estudio. Los herbívoros a través del consumo de las plantas disminuyen las entradas de C al suelo (Piñeiro et al., 2006) principalmente esto afectará al primer horizonte del suelo; sin

embargo esta relación precisamente no se cumple ya que como indican algunos autores el pastoreo podría no afectar el contenido de materia orgánica en el suelo (Milchunas y Lauenroth, 1993) (Tabla 30).

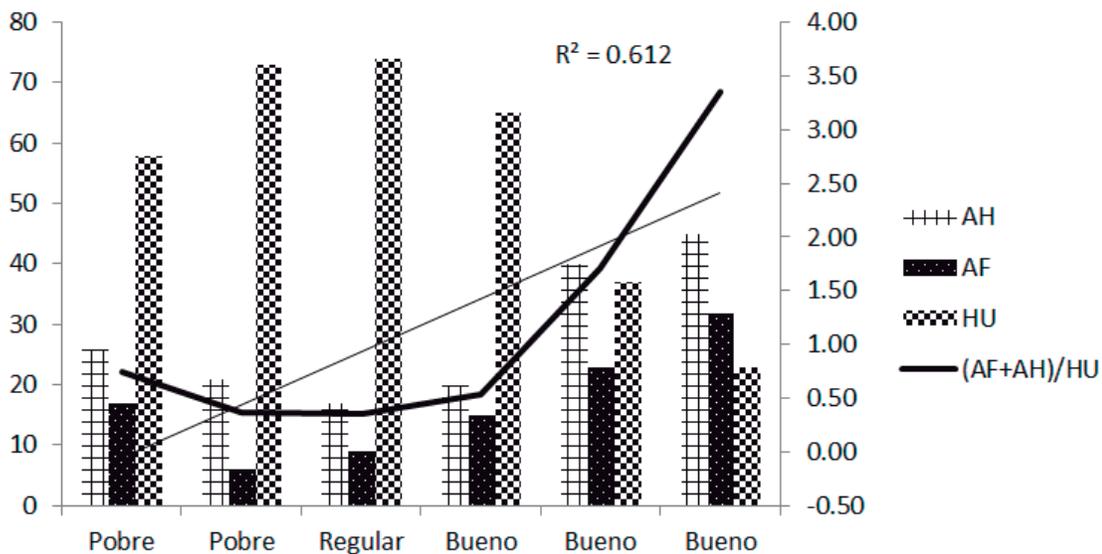
Tabla 30. Plantas deseables y el % de materia orgánica en el primer horizonte

<b>Bofedal</b>	<b>%D</b>	<b>MO* (%)</b>
N°9	79	2
N°6	72	43
N°5	43	40
N°4	31	16
N°2	0	36
N°1	6	26

#### **4.4 Relación entre la calidad de materia orgánica y la condición de los bofedales**

Finalmente, respecto a los resultados sobre la condición del bofedal y calidad de materia orgánica (Gráfica 2), se observa que en hay una correlación positiva ( $r^2=0.612$ ), es decir, la variabilidad del 61.2% de la calidad de sustancias húmicas de debe a la condición de los bofedales. Los bofedales con mayor puntaje de condición presentan buena calidad de materia orgánica ya que presentan mayor cantidad de ácidos húmicos y fúlvicos respecto a huminas, lo cual favorece la disponibilidad de los nutrientes presentes en el suelo hacia la planta y contribuyen a una buena estructura del suelo (Crovetto, 1999). Por otro lado, los bofedales de menor puntaje tienden a presentar mayor cantidad de huminas, lo cual indica que los nutrientes del suelo así como el C se van a mantener estables por mucho mayor tiempo debido a una fuerte interacción con el suelo, lo cual favorece a mantener el stock de carbono (Canellas et al., 2008) pero disminuye la disponibilidad de nutrientes a las plantas. Los bofedales con mayor cantidad de plantas deseables y por tanto más pastoreados, tienden a tener los valores más bajos de stock de C pero poseen buena calidad de la materia orgánica, lo cual puede deberse a las entradas de N soluble a través de la orina y heces que es disponible para las plantas (McNaughton et al., 1997), y que a su vez mejoran la relación de C: N del mantillo (Allar et al., 2003), es decir, la materia orgánica va a ser descompuesto por los microorganismos en menor tiempo. Por el contrario, los bofedales de menor condición,

tienden a presentar mayor stock de C y la calidad de la materia orgánica presente es baja indicando esto una mayor estabilidad del C en el suelo, ya que se podría asumir que al no ser pastoreados, el mantillo tendrá mayor proporción de C que de N, lo cual hace que sea más difícil de ser descompuesto por los microorganismos del suelo.



Gráfica 2. Relación entre la calidad de materia orgánica y la condición de los bofedales

## V. CONCLUSIONES

- Los bofedales estudiados en Puno, a pesar que proceden de la misma roca madre (rocas ígneas extrusivas) y presentan condiciones climáticas similares, otros factores principalmente como el tiempo y la posición topográfica pudieron haber influenciado a que los 3 bofedales presenten diferentes características de perfiles de suelo, composición florística, cantidad de C almacenado y condición para el pastoreo aunque presentaron buena calidad de materia orgánica.
- En la región de Huancavelica, los bofedales evaluados presentaron diferentes perfiles y cantidad de C a pesar de tener las mismas condiciones climáticas y posición topográfica, ya que poseen principalmente diferente origen geológico y tiempo de desarrollo. En relación con la composición florística, ambos bofedales presentaron principalmente plantas deseables y poco deseables por lo cual su condición fue regular.
- Los bofedales estudiados en Arequipa provienen de rocas ígneas intermedias y presentan las mismas condiciones climáticas, en este caso, se puede deducir que su tiempo de desarrollo es también similar ya que sus perfiles de suelo son muy semejantes. Presentan en común plantas deseables y poco deseables por lo cual su condición fue regular, la cantidad de C fue muy cercano (77 y 47 t C/ha) y la calidad de la materia orgánica fue baja en la capa superficial.
- Los bofedales de Ancash provienen de depósitos fluvioglaciales, poseen las mismas condiciones climáticas y sus perfiles de suelo son semejantes, por tanto, se podría deducir que su tiempo de desarrollo también es similar, a diferencia de Arequipa en estos bofedales se encontraron menor cantidad de plantas deseables por lo cual su condición fue pobre. No obstante presentan mayor cantidad de C almacenado (223 y 185 t C/ha) y la calidad de la materia orgánica es de regular a baja.

- Los bofedales evaluados en su mayoría son de condición buena y regular para el pastoreo ya que presentan mayor cantidad de plantas deseables y poco deseables tales como *Distichia muscoides*, *Plantago tubulosa*, *Alchemilla diplophylla* y *Werneria Pygmaea*. Y el resto de los bofedales fueron de condición pobre para el pastoreo ya que en los cuales predomina *Oxychloe andina*, *Aciachne acicularis* y *Plantago rigida* consideradas como indeseables o poco deseables para el ganado.
- Los bofedales con mejor condición fueron los que presentaron menor cantidad de C pero presentaron mayor calidad de la materia orgánica en los bofedales que presentaron suelo mineral.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- El estudio sobre la calidad de la materia orgánica es muy importante ya que permite conocer el estado en el cual se encuentra el C almacenado en el suelo, es decir, se puede determinar si el C se almacenará y mantendrá estable por mucho más tiempo.
- Realizar trabajos de investigación sobre la cantidad y calidad de C almacenado en el suelo de bofedales de diferentes condiciones para el pastoreo de manera sistematizada dentro de cada región ya que esto permitirá aumentar la confiabilidad de los resultados obtenidos.
- Realizar investigaciones para estimar la salud de los bofedales haciendo uso de metodologías que evalúen sus atributos ecológicos ya que esto permitirá establecer la relación entre la salud ecológica de los bofedales y el almacenamiento de C.
- Realizar más estudios para determinar la cantidad de C almacenado tanto en la parte aérea como subterránea de cada especie vegetal para poder determinar su aporte de C al suelo.
- En investigaciones de este tipo se recomienda utilizar los equipos necesarios que permitan acceder a una mayor profundidad total de los bofedales a fin de estimar con mayor precisión la cantidad de C almacenado por superficie de bofedal.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

ALEGRE, J; GARCÍA, S; GUERRA, P; LAO, C; VEGA, R. 2014. Manual de la materia orgánica en los sistemas agroforestales. VLIR-UNALM. 24 p.

ALEGRÍA, F. 2013. Inventario y Uso Sostenible de Pastizales en la zona colindante a los depósitos de la Relavera de Ocroyoc-Comunidad San Antonio de Rancas-Pasco. Tesis Mag. Sc. Lima, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú. 161 p.

ALZÉRRECA, H. 2001. “Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano. Proyecto de Conservación de la Biodiversidad en la Cuenca del Lago Titicaca-Desaguadero-Poopo-Salar de Coipasa”. Tesis Mag. Sc. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 141p.

AMLINGER, F; PEYR, S; GESTI, J; DREHER, P; WEINFURTHER, K; NORTCLIFF, S. 2007. Beneficial Effects of Compost Application on Fertility and Productivity of Soils (en línea). Ministerio Federal de Agricultura y Silvicultura, Medio Ambiente y Manejo de Agua. Austria. Consultado 15 ene. 2015. Disponible en [www.bmlfuw.gv.at](http://www.bmlfuw.gv.at)

ANTHELME, F; Cavieres, L; Dangles, O. 2014. Facilitation among plants in alpine environments in the face of climate change. *Frontiers in Plant Science* 5(1): 387. Consultado 15 ene. 2015. Disponible en [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4130109/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4130109/)

ARENAS, F. 2013. Valoración Económica Ambiental de los bofedales de la Subcuenca del Río Ferrobamba-Apurímac. Tesis Ing. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 138p.

ALT (Autoridad Binacional de Lago Titicaca). 1993. Estudio de suelos y erosión. Plan Director Global Binacional de Protección-Prevención de Inundaciones y Aprovechamiento de los Recursos del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Lago Salar de Coipasa (Sistema T.D.P.S.). La Paz, Bolivia. 14 p.

ASTORGA, J. 2001. Evaluación de las características y distribución de los bofedales en el ámbito peruano boliviano del sistema TDPS (en línea). Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Consultado 10 feb. 2015. Disponible en [www.altperubolivia.org/Web\\_Bio/PROYECTO/Docum\\_peru/21.12%20P1.pdf](http://www.altperubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/Docum_peru/21.12%20P1.pdf)

ÁVILES-HERNÁNDEZ, V; VELÁZQUEZ-MARTÍNEZ, A; ANGELES-PEREZ, G; ETCHEVERS-BARRA, J; DE LOS SANTOS-POSADAS, H; LLANDERAL, T. 2009. Variación en almacenes de carbono en suelos de una toposecuencia (en línea). *Agrociencia* 43(5). Consultado 10 feb. 2015. Disponible en [www.scielo.org.mx/pdf/agro/v43n5/v43n5a1.pdf](http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v43n5/v43n5a1.pdf)

BENAVIDES, J; LEÓN, M. 2014. Dinámica del carbono en turberas altoandinas de Colombia: el efecto de las perturbaciones humanas (en línea). *Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos*, CONDESAN. Consultado 20 dic. 2014. Disponible en [www.condesan.org/ppa/sites/default/files/recursos/archivos/5%201%20Cambio\\_Benavides%20Turberas%20LpS.pdf](http://www.condesan.org/ppa/sites/default/files/recursos/archivos/5%201%20Cambio_Benavides%20Turberas%20LpS.pdf)

BRACK, A; MENDIOLA, C. 2004. *Ecología del Perú* (en línea). Consultado 12 nov. 2014. Disponible en [www.peruecologico.com.pe/libro.htm](http://www.peruecologico.com.pe/libro.htm)

BURKE, I; YONKER, C; PARTON, W; COLE, C; FLACH, K; SCHIMEL, D. 1989. Texture, climate, and cultivation effects on soil organic content in U. S. grassland soils (en línea). *Alliance of crop, soil, and environment science societies* 53: 800-805 p. Consultado 10 feb. 2015. Disponible en [webdoc.agsci.colostate.edu/soilcrop/Course/SOCR571\\_Reading6.pdf](http://webdoc.agsci.colostate.edu/soilcrop/Course/SOCR571_Reading6.pdf)

BUTTOLPH, L. 1998. *Rangeland Dynamics and Pastoral Development in the High Andes: The Camelids Herders of Cosapa, Bolivia*. Ph.D. Thesis. Logan, EEUU, Utah State University. 286 p.

CASTRO, M. 2011. Una valoración económica del almacenamiento de agua y carbón en los bofedales de los páramos ecuatorianos-la experiencia en Oña-Nabon-Saraguro-Yacuambi y el Frente Suroccidental de Tungurahua (en línea). *EcoCiencia/ Wetlands International/*

UTPL/MAE. Consultado ene. 2015. Disponible en [www.ecociencia.org/archivos/BOFEDALESFINALHIGHQUALITY-110916.pdf](http://www.ecociencia.org/archivos/BOFEDALESFINALHIGHQUALITY-110916.pdf)

CHANETON, E. LAVADO, R. 1996. Soil nutrients and salinity after long-term grazing exclusion in a flooding pampa grasslands. *Journal Range Manage* 49:182–187.

CHERRY, J. 2011. Ecología de los sistemas de humedales: agua, sustrato y vida (en línea). *Natural education knowledge* 3 (10): 16. Consultado 10 ene. 2015. Disponible en [www.nature.com](http://www.nature.com)

CROVETTO, C. 1999. Agricultura de conservación: el grano para el hombre, la paja para el suelo. 3ed. España, Madrid. Editorial Eumedia 1999 Madrid (España). 316 p.

DÍAZ, M. ZEGERS, G. LARRAÍN, J. 2005. Antecedentes sobre la importancia de las turberas y el Pompoñ en la isla de Chiloé (en línea). Fundación Senda Darwin. Consultado 10 ene. 2015. Disponible en [www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/Turberas.pdf](http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/Turberas.pdf)

EIA (Estudio del Impacto Ambiental). 2011. Estudio del impacto ambiental semidetallado. Proyecto de Exploración Picomachay (en línea). Minera Calipuy S.A.C. Consultado 20 ene. 2015. Disponible en [www.regionhuancavelica.gob.pe/](http://www.regionhuancavelica.gob.pe/)

EGASA (Empresa de Generación eléctrica de Arequipa, S.A). 2003. Caracterización hidrológica e hidrogeológica para el EIA de las centrales hidroeléctricas de Lluta y Lluclla (en línea). Consultado 20 may. 2016. Disponible en <http://s06938d77ebd85b76.jimcontent.com/download/version/1402705888/module/5476812869/name/WP--Lluta-Final2-word2003.pdf>.

EPA (Environmental Protection Agency, US). 2002. Methods for Evaluating Wetlands Condition: Introduction to Wetland Biological Assessment (en línea). Consultado 10 ene. 2015. Disponible en <http://water.epa.gov/type/wetlands/upload.pdf>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2005. The importance of soil organic matter (en línea). Consultado 10 ene. 2015. Disponible en [www.fao.org/3/a-a0100e.pdf](http://www.fao.org/3/a-a0100e.pdf)

FAO. 2009. Review of evidence on dryland Pastoral System and Climate Change: Implications and Opportunities for Mitigation and Adaptacion (en línea). Consultado 10 ene. 2015. Disponible en [www.fao.org/3/a-i1135e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i1135e.pdf)

FIORIO, D. 1996. Manejo de Agua y Conservación de Bofedales. Seminario Taller Manejo Sostenible de Praderas Nativas Andinas. Programa de Autodesarrollo Campesino-Fase Consolidación, Foro Boliviano para el Medio Ambiente y Desarrollo (PAC-C, FOBOMADE). Potosí, Bolivia. 131-138 p.

FLORES, E. 1992. Naturaleza y Evaluación de Pastizales. Lima. Programa TTA, pp. 1-15

FLOREZ, A; MALPARTIDA, E. 1987. Determinación de la Capacidad de Carga de los pastizales naturales de la zona rígida de Pampas Galeras. Programa de Forrajes de la Universidad Nacional Agraria La Molina. no 21. Lima, Perú.

FRANK, D; EVANS, R. 1997. Effects of native grazers on grassland N cycling in Yellowstone National Park (en línea). *Ecology* 78(7): 2238– 2248. Consultado 16 mar. 2015. Disponible en [http://franklab.syr.edu/\\_PDFs/ECOLOGY,%201997.PDF](http://franklab.syr.edu/_PDFs/ECOLOGY,%201997.PDF)

FRANZLUEBBERS, A; STUEDEMANN, J; SCHOMBERG, H; WILKINSON, S. 2000. Soil organic C and N pools under long-term pasture management in the Southern Piedmont USA (en línea). *Soil Biology and Biochemistry* 32:469-478. Consultado 16 feb. 2015. Disponible en [www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/66120900/SoilManagementAndCarbonSequestration/2000ajfJ01.pdf](http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/66120900/SoilManagementAndCarbonSequestration/2000ajfJ01.pdf)

FROST, B; RUYLE, G. 1993. Range Management Terms and Definitions. Arizona Rancher's Management Guide. Arizona: Arizona Cooperative Extension. 15-25 p.

GALLEGO, A; GÓNZALES, I; SÁNCHEZ, B; FERNÁNDEZ, P; GARCINUÑO, R; BRAVO, J; PRADANA, J; NAVARRO, R; DURAND, J. 2012. Contaminación atmosférica (en línea). UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia). Editorial UNED. 441p. Consultado 10 ene. 2015. Disponible en <http://portal.uned.es/Publicaciones/htdocs/pdf.jsp?articulo=6101305GR01A01>

GREGORICH, M; CARTER, M; ANGERS, D; MONREAL, M; ELLERT, B. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils(en línea). Canadian Journal of Soil Science 74(4):367-385. Consultado 10 ene. 2015. Disponible en <http://pubs.aic.ca/doi/pdf/>

GRUNWALD, S. 2014. Soil Organic Matter. University of Florida (en línea). Soil and Water Science Department. Consultado el 10 ene. 2015. Disponible en <https://soils.ifas.ufl.edu/faculty/grunwald/teaching/eSoilScience/organic.shtml>

GÓMEZ, J. 1966. Notas sobre la vegetación del valle de Marca. Biota 6(47):93-123

HENDERSON, D; ELLERT, B; NAETH, M. 2004. Grazing and soil carbon along a gradient of Alberta rangeland (en línea). Journal of Range Management 57:402-410. Consultado 10 ene. 2015. Disponible en <https://journals.uair.arizona.edu/index.php/jrm/article/viewFile/12456/11735>

HOLDRIDGE, L.R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. Agroamérica, 216 pp.

HUERTA, L. 2001. Formulación de herramientas de gestión integral para el manejo sostenible de las praderas altoandinas: Estudio de caso en la cabecera de microcuenca Quitaracza-Cuenca Santa, Sihuas-Anchash. Tesis Ing. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.

INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, PE).2001a. Carta Geológica Nacional (en línea). Consultado 17 ene. 2016. Disponible en <http://geocatminapp.ingemmet.gob.pe/complementos/descargas/Mapas/Geologia100/Franjas/imagenes/geo34x4.jpg>

INGEMMET. 2001b. Carta Geológica Nacional (en línea). Consultado 20 may. 2016. Disponible en <http://geocatminapp.ingemmet.gob.pe/complementos/descargas/Mapas/Geologia100/Franjas/imagenes/geo27m.jpg>

INGEMMET. 2001c. Carta Geológica Nacional (en línea). Consultado 20 may. 2016. Disponible en <http://geocatminapp.ingemmet.gob.pe/complementos/descargas/Mapas/Geologia100/Franjas/imagenes/geo32t.jpg>

INGEMMET. 2001d. Carta Geológica Nacional (en línea). Consultado 20 may. 2016. Disponible en <http://geocatminapp.ingemmet.gob.pe/complementos/descargas/Mapas/Geologia100/Franjas/imagenes/geo19i.jpg>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2000. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC (en línea). Consultado 10 ene. 2015. Disponible en [www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/099.htm](http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/099.htm)

JOBÁGY, E. G; JACKSON, R. B. 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation (en línea). *Ecol. Appl.*10: 423– 436. Consultado 10 ene. 2015. Disponible en [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/10510761\(2000\)010%5B0423:TVDOS0%5D2.0.CO%3B2/abstract](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/10510761(2000)010%5B0423:TVDOS0%5D2.0.CO%3B2/abstract)

JURADO, P; SAUCEDO, R; MORALES, C; MARTINEZ, M. 2013. Almacén y captura de carbono en pastizales y matorrales de Chihuahua (en línea). Centro de Investigación Regional Norte Centro Sitio Experimental La Campana Aldama, Chihuahua. INIFAP. Consultado 10 ene. 2015. Disponible en [www.inifap-nortecentro.gob.mx](http://www.inifap-nortecentro.gob.mx)

KAUFFMAN, J; THORPE, J; THORPE, S; BROOKSHIRE, E. 2004. Livestock exclusion and belowground ecosystem responses in riparian meadows of eastern Oregon. *Ecology Appl.*14:1671– 1679.

KUHRY, P; VITT, D. 1996. Fossil Carbon/nitrogen ratios as a measure of peat decomposition (en línea). *Ecology* 77(1): 271-275. Consultado 10 may. 2015. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/271686453\\_Fossil\\_CarbonNitrogen\\_Ratios\\_as\\_a\\_Measure\\_of\\_Peat\\_Decomposition](https://www.researchgate.net/publication/271686453_Fossil_CarbonNitrogen_Ratios_as_a_Measure_of_Peat_Decomposition)

LOZA, F; MOREAU, S; LIBERMAN, M; LIZECA, J.L; GASC, F. 2000. Zonificación de las Áreas Propicias para la Crianza de Camélidos en el Altiplano Central y Norte de Bolivia. Informe Final de la Asociación Boliviana de Teledetección y Medio Ambiente (ABTEMA). Unidad Ejecutora de Proyectos en Camélidos (UNEPCA). La Paz, Bolivia. 38 p.

LUP (Laboratorio de Utilización de Pastizales). 2008. Guía metodológica para la evaluación de pastizales-Documento interno. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, 15 p.

MCNAUGHTON, S.J; BANYIKWA, F.F; MCNAUGHTON, M.M. 1997. Promotion of the cycling of diet-enhancing nutrients by African grazers (en línea). *Science* 278: 1798-1800. Consultado 10 ene. 2015. Disponible en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.455.4972&rep=rep1&type=pdf>

MEDRANO, R; CHUPAN, L; VILA, M. 2012. Almacenamiento de carbono en especies predominantes de flora en el lago Chinchaycocha (en línea). *Apuntes de ciencia y sociedad*. Consultado 10 ene. 2015. Disponible en [www.ucci.edu.pe/revista-apuntes](http://www.ucci.edu.pe/revista-apuntes).

MILCHUNAS, D; LAUENROTH, W. 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monograph* 63:327-366.

MINAM (Ministerio del Ambiente, PE). 2013. Dirección General de Diversidad Biológica (en línea). Consultado 10 ene. 2015. Disponible en [www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/convencion-ramsar](http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/convencion-ramsar)

OLIVARES, A. 1988. Experiencias de Investigaciones en Pradera Nativa en un Ecosistema Frágil. Primera Reunión Nacional en Praderas Nativas de Bolivia. Programa de Autodesarrollo Campesino, Corporación Desarrollo de Oruro (PAC, CORDEOR). Oruro, Bolivia. 265- 291p.

PALACIOS, F. 2013. Estudio de pre inversión a nivel de perfil para el proyecto de mejoramiento de la carretera DV. Humajalso-Desaguadero y Tacna-Tarata-Capazo-Mazocruz por niveles de servicio (en línea). Departamentos de Moquegua, Tacna y Puno. Informe final. Estudio de Impacto Ambiental. Consultado 17 may. 2016. Disponible en [http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2015/CP\\_36/Perfil%20Aprobado/Vol%20III%20-%205%20EIA.pdf](http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2015/CP_36/Perfil%20Aprobado/Vol%20III%20-%205%20EIA.pdf)

PALOMINO, D; CABRERA, C. 2008. Estimación del servicio ambiental de captura del CO<sub>2</sub> en la flora de los humedales de Puerto Viejo (en línea). *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG* 10 (20): 49-59. Consultado 5 ene. 2015. Disponible en <http://sisbib.unmsm.edu.pe>

PNUMA (Programa de las naciones unidas para el desarrollo). 2010. Manejo integrado de agua y áreas costeras (en línea). Consultado 5 ene. 2015. Disponible en [www.pnuma.org/aguamiaac/pdf](http://www.pnuma.org/aguamiaac/pdf).

PIÑEIRO, G; PARUELO, J; JOBBÁGY, E; JACKSON, R; OESTERHELD, M. 2006. Grazing effects on belowground C and N stocks along a network of cattle exclosures in temperate and subtropical grasslands of South America. *Global biochemical cycles* 23.

PORTA, J; LÓPEZ-ACEVEDO, M; ROQUERO, C. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3 ed. España. 929 p.

RAMIREZ, D. 2011. Flora vascular y vegetación de los humedales de Conococha, Ancash, Perú. Tesis Biol. Lima, Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 110 p.

ROBERT, M. 1996. Le sol. Interface dans l'environnement, ressource pour le développement (en línea). Consultado 5 ene. 2015. Disponible en <http://prodinra.inra.fr>

SALVADOR, F; MONERRIS, J; ROCHEFORT, L. 2014. Peatlands of the peruvian puna ecoregion: types, characteristics and disturbance (en línea). *Mires and Peat* 15(3):1-17. Consultado 5 may. 2014. Disponible en [www.mires-and-peat.net/](http://www.mires-and-peat.net/)

SCHUMAN, G; JANZEN, H; HERRICK, J. 2001. Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands (en línea). *Environmental Pollution* 116: 391-396. Consultado 14 may. 2014. Disponible en [www.nrel.colostate.edu/pdf](http://www.nrel.colostate.edu/pdf)

SCHUMAN, G; JANZEN, H; HERRICK, J. 2002. Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands, *Environment Polluted* 116: 391–396.

SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas protegidas por el estado, PE). Parque Nacional del Huascarán (en línea). Consultado 20 ene. 2015. Disponible en <http://www.sernanp.gob.pe/huascarán>

STEVENSON, F. 1982. Humus chemistry genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons. 2 ed. New York. 516 p

SONG, X. 2014. Carbon sequestration in soil humic substances under long-term fertilization in a wheat-maize system from North China (en línea). *Journal of Integrative Agriculture* 13(3): 562-569. Consultado 14 may. 2015. Disponible en [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

SOTOMAYOR, M; CANAHUA, F; VARGAS, B. 1990. Tecnología campesina en el pastoreo Altoandino. *Proyectos Alpacas (INIAA CORPUNO-COTESU/IC)*. Puno-Perú. 143 p.

SQUEO, F. A; WARNER, B.G; ARAVENA, R; ESPINOZA, D. 2006. Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes. *Revista Chilena de Historia Natural* 79:245-255.

TINOCO, M. 2000. Caracterización molecular de la materia orgánica de suelos afectados por distintos tipos de degradación en la comunidad de Madrid (en línea). Tesis Doctoral. Madrid, España, Universidad Autónoma de Madrid. Consultado 5 may. 2015. Disponible en <http://digital.csic.es>

UNAP (Universidad Nacional del Altiplano de Puno). ALT (Autoridad del Lago Titicaca). PNUD (Programa de las naciones unidas para el desarrollo). 2001. Evaluación de las características y distribución de los bofedales en el ámbito peruano del sistema TDPS (en línea). Consultado 20 may. 2014. Disponible en [www.alt-perubolivia.org/Web\\_Bio/PROYECTO/Docum\\_peru/21.12%20P1.pdf](http://www.alt-perubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/Docum_peru/21.12%20P1.pdf)

UGR (Universidad de Granada, ES). 2012. Petrología: Rocas ígneas (en línea). Consultado 17 may. 2015. Disponible en [www.ugr.es/~agcasco/msecgeol/secciones/petro/pet\\_mag.htm](http://www.ugr.es/~agcasco/msecgeol/secciones/petro/pet_mag.htm)

VIEIRA, D; SILVA, M; OLIVEIRA, T; LIMA, T; DA SILVA, N; SILVA, M. 2013. Soil organic matter pools and carbon fractions in soil under different land uses (en línea). *Soil and Tillage Research*. 126: 177-182. Consultado 5 may. 2015. Disponible en [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

YARROW, G. 2009. *Wetland Ecology: Value and Conservation* (en línea). Clemson University. Consultado 15 nov. 2015. Disponible en [www.clemson.edu](http://www.clemson.edu)

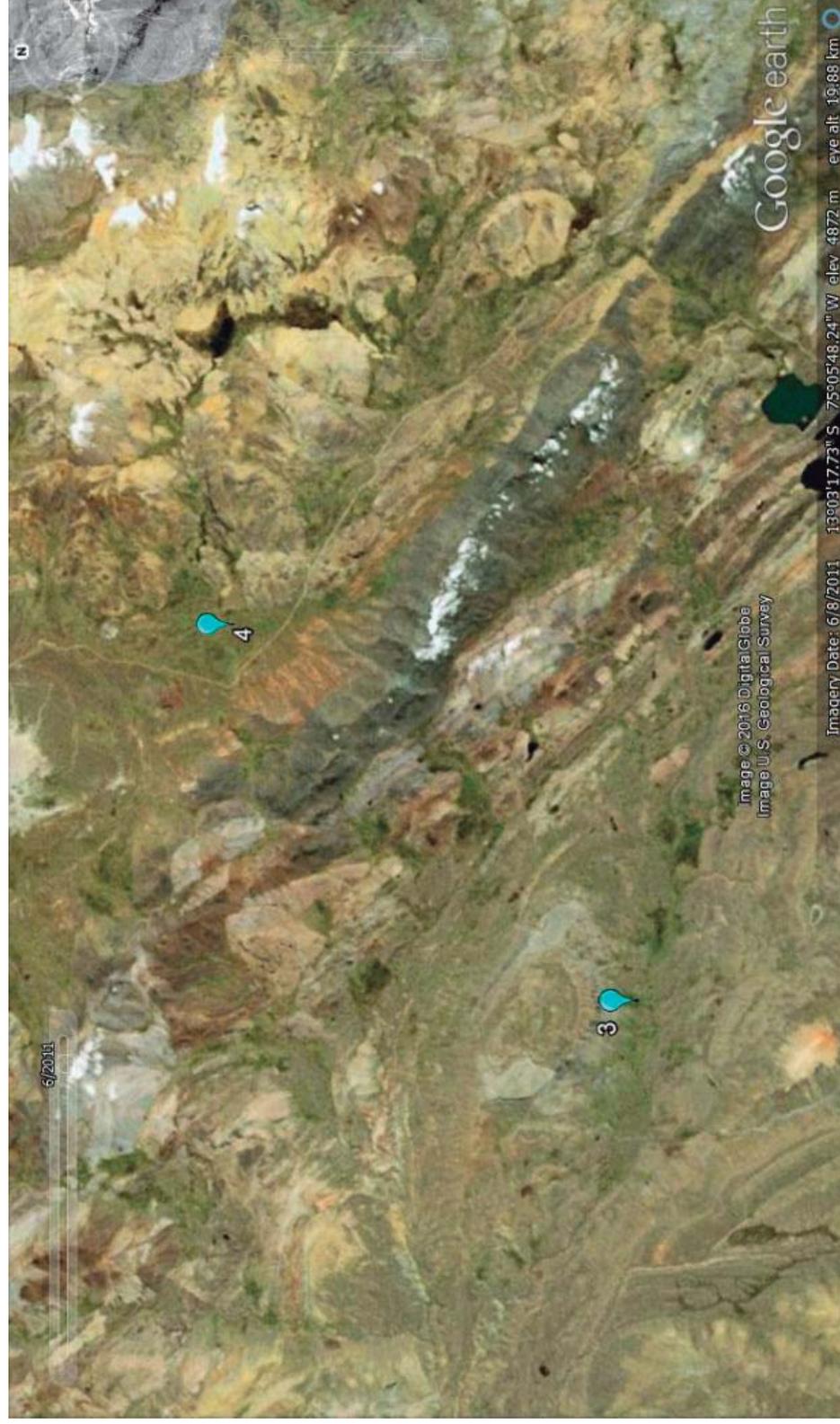
## **VIII. ANEXOS**

ANEXO 1. Localización de los bofedales N°1 y N°2 estudiados en la quebrada de Quillcayhuanca (Parque Nacional del Huascarán-Ancash)



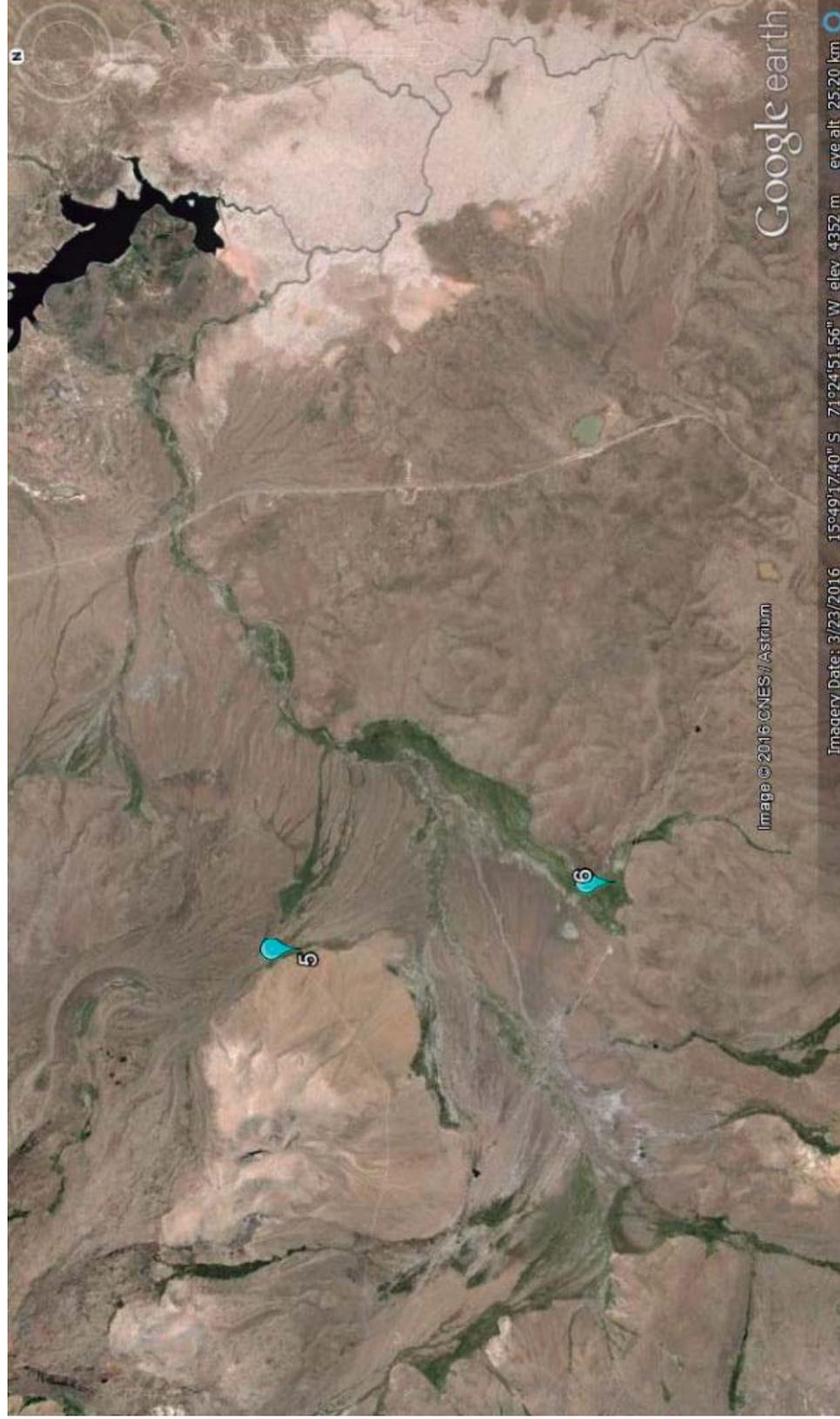
Fuente: Google Earth, 2013

ANEXO 2. Localización del bofedal N°3 en la comunidad de Santa Ana y N°4 en la comunidad de Pucapampa de la región de Huancavelica



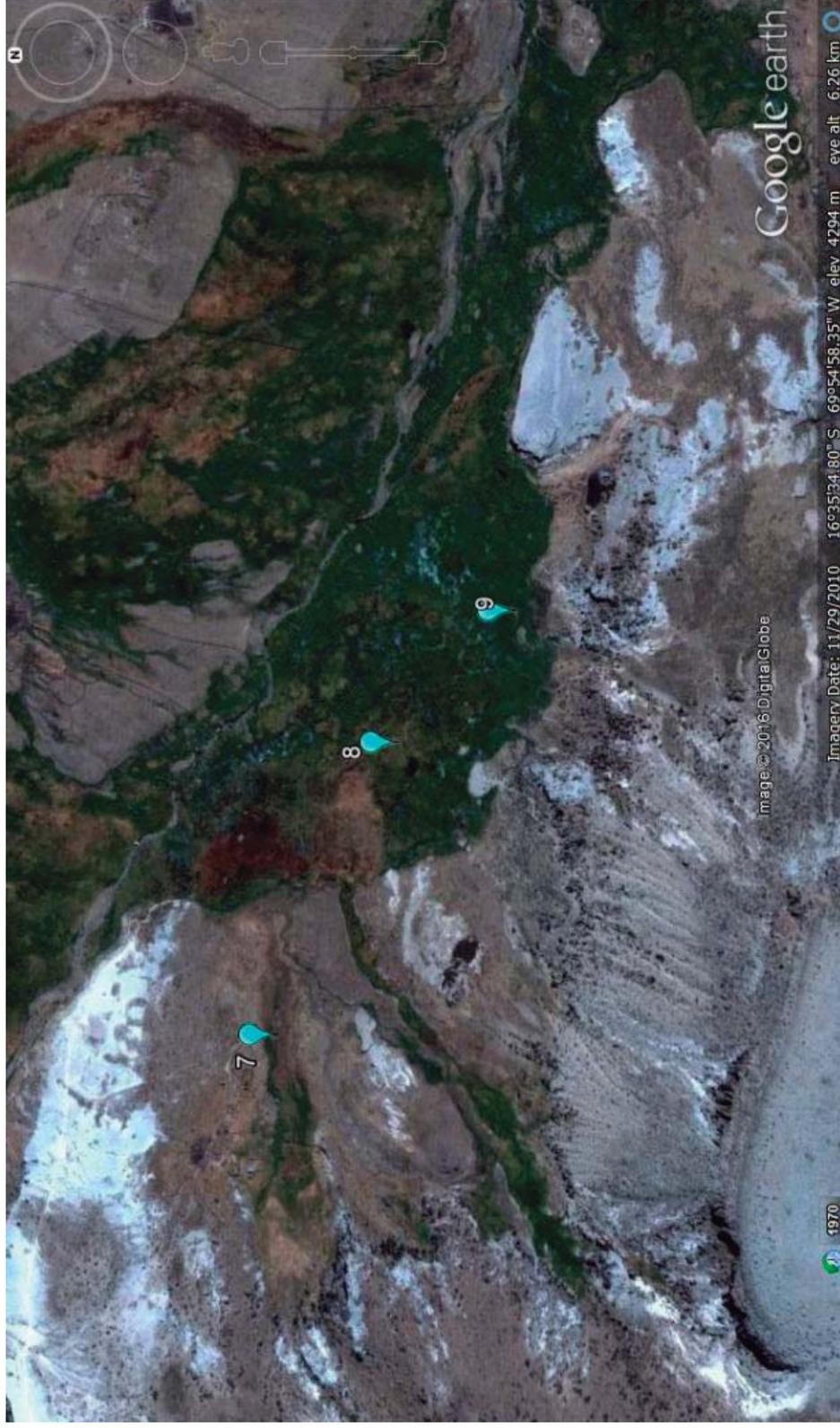
Fuente: Google Earth, 2011

ANEXO 3. Localización de los bofedales N°5 y N°6 en Pampa de Tocra en la región de Arequipa



Fuente: Google Earth, 2016

ANEXO 4. Localización de los bofedales N°7, N°8 y N°9 en la comunidad de Mazocruz de la región de Puno



Fuente: Google Earth, 2010

ANEXO 5. Formato de Censo de Vegetación

Registro de la Composición Florística

Sitio:

Fecha:

Altura:

Comunidad:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	71	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Fuente: LUP, 2008

ANEXO 6. Caracterización de las muestras de suelos de los bofedales N°1 (clave: C3C1-C3C4) y N°2 (clave: C2C1-C2C3) evaluados en Ancash



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



### ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Departamento : ANCASH

Districto : HUANUCO

Referencia : H.R. 46583-087C-14

Provincia : HUARAZ  
 Predio : PARQUE NACIONAL  
 HUASCARAN  
 Fecha : 05/09/14

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g					Suma de de Cationes	Suma de de Bases	% Sat. De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
15102	C1	4.37	0.07	0.00	7.96	5.0	85	71	24	5	Fr.A.	13.60	1.75	0.48	0.26	0.37	0.80	3.65	2.85	21
15103	C2C1	5.86	0.23	0.00	36.07	10.6	383				Suelo Orgánico	62.00	36.35	7.71	0.95	1.30	0.10	46.41	46.31	75
15104	C2C2	5.80	0.02	0.00	17.29	4.1	180	71	22	7	Fr.A.	36.80	19.65	4.10	0.54	0.79	0.10	25.18	25.08	68
15105	C2C3	5.04	0.03	0.00	23.33	3.9	129				Suelo Orgánico	46.88	12.19	2.17	0.37	0.52	0.40	15.65	15.25	33
15106	C3C1	4.24	0.27	0.00	26.46	13.8	234				Suelo Orgánico	30.00	7.63	2.79	0.78	1.11	0.40	12.71	12.31	41
15107	C3C2	4.88	0.09	0.00	0.82	8.5	94	45	36	19	Fr.	3.20	0.80	0.27	0.28	0.38	0.20	1.93	1.73	54
15108	C3C3	3.79	0.17	0.00	32.11	6.6	60				Suelo Orgánico	60.00	2.18	0.58	0.17	0.20	1.50	4.62	3.12	5
15109	C3C4	3.60	0.25	0.00	23.33	15.6	60	59	22	19	Fr.A.	42.40	1.23	0.38	0.15	0.21	2.20	4.18	1.98	5



*Prof. Lady García Bendeja*  
 Jefe del Laboratorio

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;  
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

ANEXO 7. Análisis de las sustancias húmicas de las muestras de suelo de los bofedales N°1 (clave: C3C1-C3C4) y N°2 (clave: C2C1-C2C3) evaluados en Ancash



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



## INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
 PROCEDENCIA : ANCASH/ HUARAZ/ PARQUE NACIONAL HUASCARAN  
 REFERENCIA : H.R. 46683  
 FECHA : 05/09/2014

Lab	Número Muestra		Acidos Húmicos %	Acidos Fúlvicos %	Huminas %
	Claves				
15102	C1		1.32	1.50	5.14
15103	C2C1		4.24	2.78	29.05
15104	C2C2		4.58	1.32	11.39
15105	C2C3		5.71	0.60	17.02
15106	C3C1		5.33	2.30	18.83
15107	C3C2		0.02	0.40	0.40
15108	C3C3		11.06	1.67	19.38
15109	C3C4		10.62	1.05	11.66



**Sacha García Bendezo**  
 Jefe del Laboratorio

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

ANEXO 8. Caracterización de la muestras de suelo del bofedal N°4 (clave: HC3C1-HC3C4) evaluado en Huancavelica



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



**ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION**

Solicitante : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Departamento : HUANCAMELICA  
 Distrito : SANTA ANA/ PUCAPAMPA  
 Referencia : H.R. 46582-087C-14

Provincia : HUANCAMELICA  
 Predio :  
 Fecha : 05/09/14

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico		Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meqr/100g			Suma de Cationes Bases	% Sat. De Bases				
								Arena %	Limo %			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>			Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>		
15093	HC1C1	6.45	0.13	0.00	1.82	3.8	43	57	32	11	Fr.A.	30.72	23.29	6.97	0.19	0.28	0.00	30.72	30.72	100
15094	HC1C2	6.70	0.09	0.00	2.71	2.7	36	53	30	17	Fr.A.	33.60	25.74	7.42	0.18	0.26	0.00	33.60	33.60	100
15095	HC1C3	6.27	0.06	0.00	0.99	2.6	25	33	44	23	Fr.	36.80	23.87	6.65	0.10	0.15	0.00	30.77	30.77	84
15096	HC1C4	4.47	0.04	0.00	0.87	2.1	30	35	50	15	Fr.L.	31.36	15.97	4.72	0.12	0.17	3.40	24.37	20.97	67
15097	HC1C5	4.76	0.09	0.00	1.97	1.2	42	33	44	23	Fr.	41.60	22.30	5.43	0.23	0.31	1.00	29.27	28.27	68
15098	HC3C1	7.64	0.59	0.00	16.19	5.2	110	59	18	23	Fr.Ar.A.	23.20	18.54	3.79	0.37	0.50	0.00	23.20	23.20	100
15099	HC3C2	7.73	0.64	0.00	1.56	2.8	51	41	32	27	Fr.Ar.	13.60	11.13	1.83	0.26	0.37	0.00	13.60	13.60	100
15100	HC3C3	6.30	0.93	0.00	18.39	4.6	84	49	18	33	Fr.Ar.A.	48.00	42.66	4.38	0.40	0.57	0.00	48.00	48.00	100
15101	HC3C4	7.02	0.50	0.00	3.48	1.2	64	35	16	49	Ar.	32.32	27.91	3.47	0.40	0.55	0.00	32.32	32.32	100

A = Arena ; A.Fr. = Franco Arenoso ; Fr.A. = Franco Arcilloso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcilloso Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcilloso Limoso ; Ar.A. = Arcilloso Arenoso ; Ar.L. = Arcilloso Limoso ; Ar. = Arcilloso

*Dr. Sady García Bendeza*  
 Jefe del Laboratorio

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

ANEXO 9. Análisis de las sustancias húmicas de la muestra de suelo del bofedal N°4 (clave: HC3C1-HC3C4) evaluado en Huancavelica



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



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
 PROCEDENCIA : HUANCAVELICA/ HUANCAVELICA/ SANTA ANA - PUCAPAMPA  
 REFERENCIA : H.R. 46582  
 FECHA : 05/09/2014

Lab	Número Muestra		Acidos	Acidos	Huminas
	Claves		Húmicos	Fúlvicos	
			%	%	%
15093	HC1C1		0.47	0.29	1.06
15094	HC1C2		0.65	0.47	1.59
15095	HC1C3		0.27	0.11	0.61
15096	HC1C4		0.38	0.27	0.22
15097	HC1C5		0.59	0.33	1.05
15098	HC3C1		1.43	0.88	13.88
15099	HC3C2		0.47	0.17	0.92
15100	HC3C3		2.68	1.05	14.66
15101	HC3C4		0.56	0.47	2.45



*Sady García Benítez*  
 Jefe del Laboratorio

---

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
 Telf: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 348-5622  
 e-mail: labuero@lamolina.edu.pe

ANEXO 10. Análisis de la cantidad de materia orgánica presente en la turba del bofedal N°3 en Huancavelica



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



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
PROCEDENCIA : HUANCAVELICA/ HUANCAVELICA/ SANTA ANA  
MUESTRA DE : RAICES DE BOFEDALES  
REFERENCIA : H.R. 46584  
FECHA : 09/08/14

N° LAB	CLAVES	M.O. %
626	C2, 0-15	93.00
626	C2, 15-30	91.00
627	C2, 30-50	93.93



  
Dr. Sady García Bendezú  
Jefe de Laboratorio

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

ANEXO 11. Caracterización de la muestras de suelo del bofedal N°5 (clave: CA1C1-CA1C5) evaluado en Arequipa




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

**ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION**

Solicitante : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Departamento : AREQUIPA

Districto : AREQUIPA

Referencia : H.R. 48926-021C-15

Provincia : AREQUIPA

Predio : 15

Fecha : 16/03/15

Número de Muestra Lab	Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	% Sat. De Bases	
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>			Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>
2673	CA1C1	9.13	3.00	0.00	39.52	53.0	5850	Suelo Orgánico			43.52	18.49	8.05	7.44	9.54	0.00	43.52	43.52	100
2674	CA1C2	7.18	0.66	0.00	17.77	26.0	1631	60	30	10	Fr.A.	31.20	21.29	6.13	3.28	0.50	31.20	31.20	100
2675	CA1C3	6.82	0.10	0.00	1.23	3.8	495	58	24	18	Fr.A.	10.72	4.53	3.12	1.41	0.15	9.20	9.20	86
2676	CA1C4	6.87	0.08	0.00	0.18	6.3	213	72	20	8	Fr.A.	8.80	4.17	3.70	0.64	0.04	8.55	8.55	97
2677	CA1C5	7.27	0.09	0.00	0.15	3.5	177	80	14	6	A.Fr.	6.08	2.41	3.05	0.50	0.12	6.08	6.08	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;  
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra Lab	Claves	Acidos Húmicos %	Acidos Fúlvicos %	Huminas %
2673	CA1C1	3.09	3.77	32.66
2674	CA1C2	2.06	1.18	14.53
2675	CA1C3	0.33	0.15	0.76
2676	CA1C4	0.06	0.01	0.12
2677	CA1C5	0.03	0.06	0.06



*Socdy Garcia Bendeza*  
**Jefe del Laboratorio**

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

ANEXO 12. Caracterización de la muestras de suelo del bofedal N°6 (clave: CA2C1-CA2C6) evaluado en Arequipa



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

**ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION**



Solicitante : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Departamento : AREQUIPA

Distrito : AREQUIPA

Referencia : H.R. 48926-021C-15

Provincia : AREQUIPA

Predio : AREQUIPA

Fecha : 16/03/15

Número de Muestra Lab	Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	% Sat. De Bases		
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>			Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>	
2678	CA2C1	6.11	0.68	0.00	43.37	62.0	2269	Suelo Orgánico			45.28	16.40	6.03	4.05	0.61	0.00	27.09	27.09	60	
2679	CA2C2	5.98	0.22	0.00	3.40	6.5	884	62	32	6	Fr.A.	19.52	7.90	3.75	2.30	0.11	14.17	14.07	72	
2680	CA2C3	6.07	0.11	0.00	0.77	3.5	413	66	24	10	Fr.A.	8.00	4.12	2.62	1.19	0.07	0.00	8.00	8.00	100
2681	CA2C4	6.16	0.11	0.00	0.58	5.8	276	70	22	8	Fr.A.	6.72	3.48	1.95	0.83	0.06	0.00	6.32	6.32	94
2682	CA2C5	6.16	0.07	0.00	0.36	13.8	351	52	34	14	Fr.	8.32	4.02	2.58	0.88	0.09	0.00	7.57	7.57	91
2683	CA2C6	6.20	0.06	0.00	0.30	7.6	381	46	34	20	Fr.	9.92	4.45	2.80	0.88	0.12	0.00	8.25	8.25	83

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;  
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra Lab	Claves	Acidos		Huminas %
		Húmicos %	Fúlvicos %	
2678	CA2C1	4.80	5.28	33.28
2679	CA2C2	1.08	0.67	1.65
2680	CA2C3	0.33	0.16	0.27
2681	CA2C4	0.13	0.18	0.27
2682	CA2C5	0.23	0.11	0.01
2683	CA2C6	0.20	0.08	0.03



*Sady García Bendeza*  
 Jefe del Laboratorio

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

ANEXO 13. Caracterización de la muestras de suelo del bofedal N°7 (clave: C3C1-C3C2) y N° 9 (clave: C2C1-C2C3) evaluados en Puno




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

### ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Departamento : PUNO

Distrito : PUNO

Referencia : H.R. 50719-087C-15

Provincia : PUNO

Predio : PUNO

Fecha : 07/08/15

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clasificación Textural	C/C	Cationes Cambiables meq/100g			Suma de Cationes Bases	% Sat. De Bases			
								Avena	Limo	Arcilla			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>			Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>	
9777	C2C1	5.14	0.24	0.0	2.00	1.8	230	65	28	7	Fr. A.	9.92	5.46	1.37	0.66	0.04	0.30	7.83	7.53	76
9778	C2C2	5.15	0.11	0.0	0.64	2.4	168	69	22	9	Fr. A.	9.60	5.39	1.72	0.56	0.03	0.20	7.91	7.71	80
9779	C2C3	5.22	0.08	0.0	0.41	3.0	153	75	18	7	Fr. A.	9.28	4.81	1.52	0.42	0.03	0.10	6.88	6.78	73
9780	C3C1	5.16	0.32	0.0	5.90	8.4	186	75	20	5	Fr. A.	28.80	9.74	2.28	0.36	0.13	0.40	12.93	12.53	44
9781	C3C2	5.11	0.08	0.0	0.99	1.2	33	27	68	5	Fr. L.	5.60	2.15	0.47	0.07	0.03	0.20	2.92	2.72	49



Dr. Saúl García Bendejū  
Jefe del Laboratorio

A. = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L. = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Ar. = Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

ANEXO 14. Análisis de las sustancias húmicas de las muestras de suelo del bofedal N°7 (clave: C3C1-C3C2) y N° 9 (clave: C2C1-C2C3) evaluados en Puno



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



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
 PROCEDENCIA : PUNO  
 REFERENCIA : H.R. 50719  
 FACTURA : 29308  
 FECHA : 28/08/2015

Lab	Número Muestra		ÁCIDOS HÚMICOS	ÁCIDOS FÚLBICOS	HUMINAS
	Claves		%	%	%
9777	C2C1		0.55	0.46	0.99
9778	C2C2		0.32	0.25	0.07
9779	C2C3		0.23	0.14	0.04
9780	C3C1		3.18	2.37	0.38
9780	C3C2		0.43	0.22	0.34



*[Signature]*  
**Dr. Sady García Bendezú**  
 Jefe del Laboratorio

---

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

ANEXO 15. Análisis de la cantidad de materia orgánica presente en la turba del bofedal N°8 en Puno



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



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
PROCEDENCIA : PUNO  
MUESTRA : RAICES  
REFERENCIA : H.R. 50720  
FECHA : 17/08/2015

N Lab	CLAVE DE CAMPO	C %
3880	C1 C1 PUNO	55.72
3881	C1 C2 PUNO	52.63
3882	C3 C3 PUNO	36.65
3883	C3 C4 PUNO	46.88

  
Dra. Sady García Bendezú  
Jefe de Laboratorio



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