

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA



Determinación de humedad de suelo para la conservación de los
humedales altoandinos-sector Moyobamba, Yauyos

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORA

Graciela Rebeca Palacios Domínguez

ASESOR

Francisco Alejandro Alcántara Boza

Huaura, Perú

2021

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 018- 2020/UCSS/FIA/DI

Siendo las 09:00 a.m. del día 03 de agosto de 2020 - Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis, integrado por:

- | | |
|---------------------------------------|-----------------|
| 1. Julián Alberto Álvarez Paredes | presidente |
| 2. Maximiliana Irene Castro Medina | primer miembro |
| 3. Wilfredo Mendoza Caballero | segundo miembro |
| 4. Francisco Alejandro Alcántara Boza | asesor |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada: **Determinación de humedad de suelo para la conservación de los humedales altoandinos-sector Moyobamba, Yauyos**, que presenta la bachiller en Ciencias Ambientales, **Graciela Rebeca Palacios Domínguez** cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

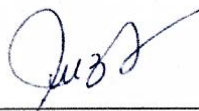
Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado acuerda:

APROBAR

DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **BUENA** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare **EXPEDITA** para conferirle el **TÍTULO** de **INGENIERO AMBIENTAL**.

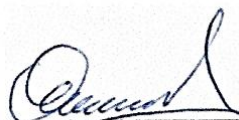
Lima, 03 de agosto de 2020.



Julián Alberto Álvarez Paredes
PRESIDENTE



Maximiliana Irene Castro Medina
1^{er} MIEMBRO



Wilfredo Mendoza Caballero
2° MIEMBRO



Francisco Alejandro Alcántara Boza
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado las fuerzas de seguir adelante y protegerme en cada paso que doy.

A mis padres, Julio Palacios y Yola Domínguez que siempre me han apoyado para culminar mis estudios en la Universidad.

A mis hermanos Judith, Yover, Edwin, Horacio y Milagros por apoyarme incondicionalmente en todo momento, así como brindarme consejos y motivarme para culminar mi carrera profesional.

A la Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS) que me brindó conocimientos y motivación para seguir a través de los profesores

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios, por la sabiduría y las virtudes, a mi familia y a todas las personas que me apoyaron en realizar mi trabajo de investigación.

A mi alma mater la Universidad Católica Sedes Sapientiae por haber permitido lograr una de mis metas, estudiar una carrera profesional.

A mi asesor Dr. Francisco Alejandro Alcántara Boza, quien me ayudo de principio a fin en la redacción de mi tesis.

A mi maestra Lic. Norma L. Quinteros Camacho, por brindarme la oportunidad de integrar al grupo de tesis por el convenio entre la UCSS, el Patronato de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (en especial a la Blga. Carmela Landeo), CORBIDI y el SERNANP (los Guardaparques de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cocha).

A la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cocha por permitir el desarrollo de la investigación, en el marco del proyecto de investigación “**Ecología vegetal de bofedales**” aprobado por Resolución Jefatural N° 008-2008- SERNAP-JFP.

Finalmente agradecer a mis compañeros y maestros que han sido mis pilares para seguir adelante.

INDICE GENERAL

	Pág.
Indice de general.....	v
Indice de tablas	viii
Indice de figura.....	x
Indice de apendices.....	xi
Resumen... ..	xii
Abstract.....	xiii
INTRODUCCION.....	1
Objetivos.....	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Bases teóricas especializadas.....	9
1.2.1. Humedales altoandinos o bofedal.....	9
1.2.2. Importancia del bofedal.....	10
1.2.3. Clases de bofedal.....	12
1.2.4. Almacenamiento de agua en el suelo de los bofedales.....	13
1.2.5. El agua del suelo.....	13
1.2.6. Conservación de bofedal	13
1.2.7. Servicios ecosistémicos que proveen los bofedales.	18
1.2.8. Reserva paisajista Nor Yauyos Cochas	21
1.2.9. Riesgos y amenazas de los bofedales altoandinos.....	21
1.2.10. Estrategias de Conservación y Mejora de los bofedales altoandinos	23
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	19
2.1. Diseño de la Investigación.....	19

2.2.	Lugar y fecha	19
a.	Características climáticas.....	20
2.3.	Población y muestra.....	22
2.4.	Descripción de la investigación.....	22
2.4.2.	Fase de campo.....	23
2.4.3.	Fase de laboratorio.....	24
2.4.4.	Fase de gabinete.....	25
2.5.	Identificación de variables y su mensuración.....	25
2.5.1.	Materia orgánica	25
2.5.2.	Humedad del suelo.....	26
2.5.3.	Textura.....	26
2.5.4.	Porosidad	26
2.5.5.	Conductividad Eléctrica.....	27
2.5.6.	pH.....	27
2.5.7.	Precipitación (mm)	28
2.5.8.	Temperatura (°C).....	28
2.6.	Análisis estadístico de datos.....	28
CAPÍTULO III: RESULTADOS		29
3.1.	Porcentaje de humedad de suelo en zonas asociados a un canal de drenaje.....	29
3.2.	Resultados de los promedios de los parámetros físicos.....	31
3.2.1.	Valores de materia orgánica presente en suelos evaluados	33
3.2.2.	Valores porcentuales de porosidad del suelo presente en suelos evaluados.....	35
3.2.3.	Valores promedio de temperatura del suelo	36
3.3.4.	Valores promedio del pH del suelo	38
3.2.5.	Valores promedio de la conductividad del suelo.....	40

3.2.6. Valores promedio del nivel freático del suelo	42
3.2.7. Textura de suelo.....	44
3.2.8. Análisis de la Correlación de Pearson	45
3.2.9. Relación de humedad de suelo con el nivel freática.....	48
3.2.10. Relación de humedad de suelo con Materia Orgánica	49
3.2.11. Variabilidad de los parámetros físicos.....	50
3.3. Determinar los factores antrópicos, ambientales y la humedad del suelo para la conservación de los bofedales altoandinos	61
CAPÍTULO IV: DISCUSIONES	56
4.1. Porcentaje de humedad de suelo en zonas asociados a un canal de drenaje.....	62
4.2. Los parámetros físicos del suelo y su relación con la humedad del suelo.....	63
4.3. La relación de los factores antrópicos y ambientales con la humedad del suelo.....	66
CAPITULO V: CONCLUSION.....	56
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
TERMINOLOGÍA	70
APÉNDICES	79

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla1. <i>Principales amenazas enfrentadas por los bofedales</i>	22
Tabla2. <i>Estrategias y prácticas de mejora de acuerdo a los estados de salud</i>	23
Tabla 3. <i>Coordenadas de los puntos de muestreo</i>	30
Tabla 4. <i>VARIABLES, UNIDADES DE MEDIDA Y MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-MECÁNICAS QUÍMICAS A EVALUAR</i>	35
Tabla 5. <i>Promedio de los resultados de las Propiedades físicas del suelo a 0 m del canal de drenaje en el Bofedal de Moyobamba</i>	37
Tabla 6. <i>Promedio de las propiedades físicas del suelo a 5 m del canal de drenaje en el Bofedal de Moyobamba</i>	39
Tabla 7. <i>Valores porcentuales de humedad del suelo Recuperado de los diferentes periodos y distancias con respecto al canal de drenaje</i>	40
Tabla 8. <i>Valores porcentuales de materia orgánica Recuperado de los diferentes periodos y distancias con respecto al canal de drenaje. (Promedio ± DS)</i>	41
Tabla 9. <i>Valores porcentuales de porosidad del suelo Recuperado de los diferentes periodos y distancias con respecto al canal de drenaje</i>	43
Tabla 10. <i>Valores promedio de Temperatura (°C) del suelo Recuperado de los diferentes periodos y distancias con respecto al canal de drenaje</i>	44
Tabla 11. <i>Valores promedio de pH suelo Recuperado de los diferentes periodos y distancias con respecto al canal de drenaje</i>	46
Tabla 12. <i>Valores promedio de la conductividad ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) del suelo Recuperado de los diferentes periodos y distancias con respecto al canal de drenaje</i>	48
Tabla 13. <i>Valores promedio del nivel freático (cm) del suelo Recuperado de los diferentes periodos y distancias con respecto al canal de drenaje</i>	50
Tabla 14. <i>Textura del suelo de los bofedales Recuperado de los diferentes periodos y distancias con respecto al canal de drenaje, (Fr.Ar=Franco Arcilloso, A.Fr=Arena Franca, Fr.A=Franco Arenoso)</i>	52

Tabla 15. <i>Valores de correlación de Pearson entre las variables % Humedad (%H), % Materia orgánica (%M.O), Conductividad eléctrica (C.E), Nivel freático (N.F), pH y % de Porosidad (%P)</i>	53
Tabla 16. <i>Correlación de Humedad de Suelo con las características fisicoquímicos</i>	54
Tabla 17. <i>Factores antrópicos y ambientales de los bofedales altoandinos</i>	60

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Mapa de ubicación de la RPNYC.....	25
<i>Figura 2.</i> Ubicación del bofedal Moyobamba.....	26
<i>Figura 3.</i> Ubicación de los puntos de muestreo de suelos del Bofedal.....	27
<i>Figura 4.</i> Características de los puntos de muestreo.....	29
<i>Figura 5.</i> Valores promedios del porcentaje de humedad del suelo a diferentes distancias del canal de drenaje.....	38
<i>Figura 6.</i> Valores promedios de materia orgánica obtenida del análisis de suelos a diferentes periodos y a distintas distancias del canal de drenaje.....	42
<i>Figura 7.</i> Valores promedios de temperatura a diferentes periodos y a distintas distancias del canal de drenaje.....	45
<i>Figura 8.</i> Valores promedios de pH a diferentes periodos y a distintas distancias del canal de drenaje.....	47
<i>Figura 9.</i> Valores promedios de conductividad eléctrica a diferentes periodos y a distintas distancias del canal de drenaje.....	49
<i>Figura 10.</i> Valores promedio del nivel freático de los suelos a diferentes periodos y a distintas distancias del canal de drenaje.....	51
<i>Figura 11.</i> Humedad de suelo con nivel freática.....	55
<i>Figura 12.</i> Humedad de suelo con materia orgánica.....	56
<i>Figura 13.</i> Variabilidad de datos de humedad de suelo de 0 a 5 metros del canal de drenaje.....	57
<i>Figura 14.</i> Variabilidad de datos de nivel freático temporada seca, humedad e interceptaciones.....	58
<i>Figura 15.</i> Variabilidad de datos de materia orgánica temporada seca, humedad e interceptaciones.....	59
<i>Figura 16.</i> Variación de humedad de suelo a los 0 y 5 metros del canal de drenaje.....	61

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Análisis de la varianza de la materia orgánica (%) en los diferentes periodos y distancias.....	79
Apéndice 2. Análisis de la varianza de la humedad (%) en los diferentes periodos y distancias.....	80
Apéndice 3. Informe de análisis de textura del suelo.....	81
Apéndice 4. Registro fotográfico de la investigación.....	82

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la humedad del suelo para la conservación de los bofedales altoandinos, en el sector Moyobamba Tanta de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (RPNYC). La investigación tuvo una duración de 16 meses, iniciando en febrero de 2017 y culminado en mayo de 2018, la cual fue desarrollada en el sector comprendido de la RPNYC, a una altitud de 4600 m.s.n.m. La metodología de muestreo se definió en 10 puntos, de los cuales cinco puntos se ubicaron a 0 m del canal de drenaje y cinco puntos a 5 m del canal de drenaje, se extrajeron las muestras a una profundidad de 25 cm, desarrollándose en dos estaciones y dos transiciones (estación seca, transición y estación húmeda). Se determinaron *in situ* la temperatura, nivel freático y muestras de suelo de cada punto de muestreo. Así como los parámetros de conductividad eléctrica y pH utilizando el multiparámetro, la humedad del suelo se determinó mediante el método gravimétrico en la Estación Biológica de Tanta y en el Laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad Católica Sedes Sapientiae Sede-Huaura se determinó el contenido de materia orgánica por método de calcinación y la porosidad, también se determinó los factores antrópicos y ambientales, como el pastoreo y los canales de drenaje que influyen en la humedad de suelos de bofedales. Se obtuvo como resultado valores promedio altos de porcentaje de humedad de suelo a 0 m ($70,82 \pm 10,44$ %) y a 5 m ($79,16 \pm 10,18$) y materia orgánica a 0 m ($42,68 \pm 28,60$) 5 m ($60,88 \pm 35,46$). Los valores de temperatura oscilaron entre 6,34 y 9,36 °C, los valores de pH entre 6,24 y 7,96, la conductividad eléctrica estuvo entre 0,002 y 0,26 $\mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$ y el nivel freático estuvo entre 6,3 y 19,8 cm. Las correlaciones realizadas a los parámetros físicos determinaron una significancia entre la humedad del suelo y materia orgánica, humedad de suelo y nivel freático y así como el pH y la conductividad eléctrica, en cuanto a las actividades antrópicas y ambientales la influencia en la humedad de suelo fue mínima. La cantidad porcentual de humedad determinada, así como el alto valor de materia orgánica registrada en los suelos de los bofedales en distintos y distancias del canal de drenaje (0 a 5 metros) permite mantener el estado de conservación de los suelos de bofedales del sector Moyobamba-Tanta-Yauyos para el periodo 2017-2018.

Palabras Clave: bofedal, Reserva Paisajista Nor Yauyos Cochas ANP, humedad de suelos, materia orgánica de suelos.

ABSTRACT

The present study aimed to determine soil moisture for the conservation of the high Andean wetlands, in the Moyobamba Tanta sector of the Nor Yauyos Cochas Landscape Reserve (RPNYC). The investigation lasted 16 months, starting in February 2017 and ending in May 2018, which was carried out in the sector comprised by the RPNYC, at an altitude of 4600 m.a.s.l. The sampling methodology was defined in 10 points, of which five points were located at 0 m from the drainage channel and five points at 5 m from the drainage channel, the samples were extracted at a depth of 25 cm, developing in two stations and two transitions (dry season, transition and wet season). Temperature, water table and soil samples from each sampling point were determined in situ. As well as the parameters of electrical conductivity and pH using the multiparameter, soil moisture was determined by the gravimetric method at the Tanta Biological Station and at the Basic Sciences Laboratory of the Universidad Católica Sedes Sapientiae Sede-Huaura, the content of Organic matter by calcination method and porosity, anthropic and environmental factors were also determined, such as grazing and drainage channels that influence the humidity of wetland soils. The result was high average values for the percentage of soil moisture at 0 m ($70.82 \pm 10.44\%$) and 5 m (79.16 ± 10.18) and organic matter at 0 m (42.68 ± 28 , 60) 5 m (60.88 ± 35.46). The temperature values ranged between 6.34 and 9.36 °C, the pH values between 6.24 and 7.96, the electrical conductivity was between 0.002 and 0.26 $\mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$ and the water table was between 6.3 and 19.8 cm. The correlations made to the physical parameters determined a significance between soil moisture and organic matter, soil moisture and water table and as well as pH and electrical conductivity, in terms of anthropic and environmental activities the influence on soil moisture minimal faith. The percentage amount of humidity determined, as well as the high value of organic matter registered in the soils of the wetlands at different and distances from the drainage channel (0 to 5 meters) allows maintaining the state of conservation of the wetlands soils of the Moyobamba sector -Tanta-Yauyos for the period 2017-2018.

Key Words: wetland, Nor Yauyos Cochas ANP Landscape Reserve, soil moisture, soil organic matter.

INTRODUCCIÓN

A partir del Siglo XX el universo afronta una serie de problemas complejos que origina un cambio climático, cuyas causas esencialmente son de origen antropogénico, es decir son procedentes por las labores de las mismas personas que habitan en el planeta tierra. Las principales contribuciones son mayormente de los países industrializados como es el caso de Estados Unidos de Norte América, China y la Unión Europea. Estos países emiten la mayor proporción de CO₂, siendo uno de los gases de efecto invernadero, causante del calentamiento global (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2007).

Uno de los ecosistemas amenazados por el calentamiento global, aparte de la implicancia en los glaciares y casquetes polares, son los humedales altoandinos, conocidos como bofedales. Loza *et al.* (2015), las variaciones anómalas de temperaturas están originando el deterioro progresivo de los glaciares, generando cambios en la regulación de los caudales de aguas superficiales y subterráneas en los bofedales, lo cual también es parte el presente estudio. Nos referimos a una importancia trascendental de los humedales altoandinos, en la regulación hídrica, las cuales son ecosistemas amenazados también por causas antropogénicas tales como infraestructuras deficientes de drenaje, construcción, sembríos, edificación de represas, construcción de nuevas carreteras, contaminación y otras formas de intervención en el sistema ecológico e hidrológico (Proquipo, 1996).

En el Perú, uno de los factores más importantes que contribuyen al estrés de los bofedales, es el uso intensivo y continuo de los bofedales para la alimentación del ganado y el sobrepastoreo, proceso analizado en los trabajos de campo de la presente investigación generando un proceso de compactación del suelo y la capa orgánica por el continuo tránsito de los animales que afectan la capacidad de absorción de agua en este ecosistema.

Los bofedales u oconales están compuestos principalmente por el agua, la turba y la flora específica que están fuertemente interconectadas entre sí (Crispin, 2015); y si alguno de estos componentes es removido o alterado, la naturaleza cambia drásticamente tanto en sus funciones como en su estructura misma, es por ello que son considerados actualmente como ecosistemas frágiles, en la misma dimensión que los páramos (Daza *et al.*, 2014).

La importancia de la conservación de estos ecosistemas está relacionada con las funciones y servicios ecosistémicos que proveen (Magno, 2017). Asimismo, se consideran importantes para la crianza de camélidos sudamericanos, pues mantienen una cobertura vegetal intermedio durante todo el año, abastecen de forraje de buena calidad a lo largo del año y son fuentes directas del agua (Cárdenas y Encina, 2002).

En función a la importancia de estos ecosistemas altoandinos, en el presente estudio se propone como objetivos determinar la humedad del suelo para la conservación de los bofedales altoandinos, en el sector Moyobamba Tanta de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, para lo cual se evaluó la humedad del suelo en la época seca y época húmeda e inter estaciones, usando una metodología gravimétrica para la determinación de humedad de suelo de tal manera nos permita inferir la conservación y/o alteración que están expuestas estos ecosistemas altoandinos. La presente investigación se ha distribuido en cinco capítulos, en principio evaluando la problemática, analizando el marco teórico, desarrollando una metodología en campo y la presentación de resultados, para finalmente presentar al mundo académico cuatro conclusiones producto de nuestra investigación.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la humedad del suelo para la conservación de los bofedales altoandinos, en el sector Moyobamba Tanta de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas.

Objetivos Específicos

- Evaluar el porcentaje de humedad de suelo en zonas asociados a un canal de drenaje del bofedal del sector Moyobamba en la época seca, húmeda e inter estaciones.
- Medir los parámetros físicos del suelo (textura, porosidad, conductividad eléctrica, pH, nivel freático, temperatura y materia orgánica) y determinar su relación con la humedad del suelo del bofedal del sector Moyobamba.
- Determinar los factores antrópicos, ambientales con la humedad del suelo en los bofedales altoandinos del sector Moyobamba

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Internacional

Los bofedales en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo (RPFCH) se encuentran amenazados principalmente por el desarrollo de actividades antrópicas. Este estudio fue abordado por Andrade (2016), con el título “Determinación del estado de conservación de la reserva de producción de fauna”, Ecuador. Este estudio tuvo como objetivo, determinar el estado de conservación de los bofedales de la RPFCH mediante la asignación de una categoría de riesgo UICN. Fue una investigación aplicada de tipo no experimental. Para estudiar el estado de conservación de los bofedales se seleccionaron 16 áreas basándose en la Metodología de Evaluación Ecológica Rápida (Sobrevilla y Bath, 1992), que incluye el análisis de información bibliográfica y salidas de campo, complementada con el Manual de Campo para el monitoreo de mamíferos utilizando los siguientes métodos, instalación de cámaras trampa, registro de huellas y observación directa al azar. Los resultados indica que el bofedal Cruz del Arenal BNI conserva el mayor número de individuos por especie (86 individuos) y el bofedal con menos registros corresponde a Pachancho BI, con una totalidad de 4 individuos. Los demás bofedales reflejan una similitud en cuanto al número de individuos registrados y las especies más recurrentes. Concluyó que, la reducción histórica de la extensión de los bofedales evidencia el uso inoportuno que se dio a este ecosistema debido que pasó de 4091,21 ha en el año 1966 a 2824,90 ha en el 2011, presentando una reducción del 30,95 % en un periodo aproximado de 50 años.

Daza *et al.* (2014), en su investigación “Efecto del uso del suelo en la capacidad de almacenamiento hídrico en el páramo de Sumapaz, Colombia”. El objetivo fue evaluar cambios en las características físicas de un suelo de páramo relacionadas con su capacidad de almacenamiento de agua cuando se someten a diferentes usos. Así se ubicaron tres catas, de las cuales se realizaron pruebas por horizonte en sus cuatro lados para evaluar las propiedades del suelo, como el mantenimiento de la humedad, el grosor de la masa, la porosidad, la diseminación de la porosidad y la sustancia de carbono natural.

El resultado fue que la capacidad de humedad del suelo disminuyó hasta en un 60 % para todos los empleos; la densidad aparente se extendió hasta un 16 % y la porosidad total disminuyó hasta en un 23 % de los suelos con diversos empleos en comparación con el suelo de tratamiento de control. Se llegó a la conclusión de que el suelo encontrado en reposo mostraba los cambios más notables en sus propiedades físicas en comparación con el suelo con vegetación local, siendo los valores más reducidos de porosidad y carbono natural, y altos valores de espesor a granel.

Palabral (2013) realizó una investigación “Relación de la composición florística y su biomasa subterránea con las variables hidrológicas en bofedales de Sajama”. Este estudio tuvo como objetivo describir la composición de especies vegetales en los bofedales de Aychuta y lagunas de la microcuenca glacial del río Sururúa, y del bofedal de Aynacha Pacoco de la microcuenca del río Ventilla. En la metodología de la investigación empleó una modificación del sistema fitosociológico de Braun-Blanquet (Matteucci y Colma ,1982) aplicado a un área de 1 m² ubicado en inmediaciones del piezómetro monitoreados por “Agua Sustentable”. Este método permitió describir las comunidades vegetales según su flora e identificó principalmente las especies dominantes en valores porcentuales. Asimismo, empleó una modificación de las “índice de Whittaker” Feinsinger (2003), en el que describió la riqueza, abundancia y equitatividad de especies presentes en cada bofedal, tomando como unidad de muestreo el valor promedio porcentual de cobertura de cada especie presente en el cuadrante de 1 m². Posteriormente, cuantificó la similitud en la composición de especies entre los bofedales empleando la similitud proporcional (SP), obteniendo como resultado 29 especies de plantas vasculares en el bofedal de Lagunas, 20 en el bofedal de Aychuta y 17 en el de Aynacha Pacoco. En tanto, los tres bofedales estuvieron compuestos por la especie dominante *Oxychloe andina*,

aunque en el caso de lagunas también halló una elevada presencia de gramíneas (*Deyeuxia spicigera*, *D. vicunarum*, *D. heterophylla*), Rosaceae (principalmente *Lachemilla diplophylla*) y una Plantaginaceae típica de bofedales en proceso de desecamiento. El autor concluyó que las características físicas y estructurales de los suelos en bofedales están fuertemente determinadas por las extremas condiciones climáticas del lugar, mismas que favorecen la acumulación y lenta descomposición de materia orgánica; y que el elevado porcentaje de materia orgánica en suelos de bofedal aumenta la capacidad de retención hídrica en sus espacios porosos y parece tener una relación positiva con el nivel piezométrico medido.

Villarroel (2010), con el título “Almacenamiento de agua y carbono en turba de los páramos del Frente Sur Occidental de Tungurahua”, Ecuador. Este estudio tuvo como objetivo determinar la cantidad de almacenamiento de agua y carbono en turba. Para determinar la cantidad de almacenamiento de agua en turba usaron el método de medición de humedad volumétrica, recolectaron diez muestras de turba codificadas del M1 al M10. Para la toma de muestras consideraron del M1 al M6 en su estado natural de conservación del humedal, mientras que las muestra del M7 al M10 fueron tomadas en un sitio intervenido, con presencia de pisoteo. Posterior a la toma de muestras, estas fueron llevadas al laboratorio para ser sometidas a un proceso de sobresaturación con agua por un lapso de 48 horas, después se expulsaron la unión y el trozo de tela permeable, pesando la prueba en el ajuste, el valor de peso húmedo (Mh), posterior al secado por completo la muestra es pesada nuevamente en la balanza y el valor obteniendo es el peso seco (Ms), con los datos procediendo a realizar los cálculos de densidad aparente (ρ) y humedad volumétrica (θ). Los resultados de las 10 muestras de turba evidenciaron que la muestra M5 fue la que obtuvo mayor valor de almacenamiento de agua ($97,7 \text{ cm}^3$ agua) y lo restante de la muestra obtuvieron menores valores de almacenamiento de agua ($0,8 \text{ cm}^3$ agua). El estudio tuvo como conclusión en que los valores de almacenamiento del recurso hídrico en la turba difieren en su volumen de almacenamiento en función del estado de conservación del lugar, ya que en los lugares mejor conservados registraron valores de humedad volumétrica superiores al 80 %, mientras que el lugar intervenido redujo significativamente los valores de almacenamiento, con un valor máximo del 64,19 %.

Nacional

Los bofedales son ecosistemas que proporcionan una serie de servicios para el bienestar humano. Este estudio fue desarrollado por, Magno (2017), con el título “Valoración económica de los servicios ecosistémicos de regulación, de los bofedales del centro poblado de Chalhuanca, Distrito de Yanque, Provincia de Caylloma, Región Arequipa”, con el objetivo de decidir la estima financiera de las administraciones del sistema biológico que controlan los bofedales de la comunidad obrera de Chalhuanca. Considerando que sus objetivos particulares consistían en distinguir entre las mercancías y las administraciones más biológicas del sistema ofrecidas por bofedales; distinguir las administraciones ambientales del control bofedal que se pueden estimar financieramente y decidir el número de hectáreas de suelo bofedal que se encuentran dentro de la región considerada. El avance de la estrategia de investigación se aisló en: tipo de investigación, prueba reconocible de factores, unidad de examen, preguntar sobre el plan.

La investigación fue descriptiva, la metodología fue aplicada en la valorización de los bienes y servicios ambientales en los bofedales del centro poblado de Chalhuanca. Posteriormente, analizó *la estrategia de* valoración particular utilizada para obtener los valores de uso indirecto de dirección bofedal, capacidad de agua y las administraciones de capacidad de carbono. El autor concluyó que los bofedales del centro poblado de Chalhuanca, eran importantes ya sea económica y ambientalmente la cual tienen el valor de proveer agua y almacenamiento de agua y carbono. Donde la provisión de agua es mayor que el servicio de almacenamiento de agua y carbono.

Los bofedales brindan servicios ambientales, provisión de agua, almacenamiento de agua y carbono y forraje para el ganado. Crispin (2015), realizaron la investigación “Valoración económica ambiental de los bofedales del distrito de Pilpichaca, Huancavelica, Perú”. El objetivo fue valorar los servicios ambientales de provisión de agua y almacenamiento de agua y carbono en los bofedales del distrito de Pilpichaca-Huancavelica. El resultado del análisis, el Valor del Servicio Ambiental Provisión del recurso hídrico fue el de mayor importancia comparada con los Servicios ambientales de Almacenamiento de agua y carbono en el suelo de los bofedales. Siendo, el valor de la productividad hídrica del bofedal en Huancavelica fue igual

0,05 USDm³ frente a un 0,03 USD/m³ y 0,02 USD/m³ en Ofta-Nabón y Tungurahua proporcionalmente, mientras que en Ferrobamba fue 0,15 USD/m³. En tanto, el valor unitario de almacenamiento de agua en Pilpichaca fue igual a 2744,39 USD/ha frente a los valores de 3196,9 USD/ha y 3299,21 USD/ha en Oña-Nabón y Tungurahua respectivamente, y el valor unitario de almacenamiento de carbono en Pilpichaca ascendió a 160,63 USD/ha frente a 13 340,62 USD/ha y 7 787,26 USD/ha Oña-Nabón y Tungurahua respectivamente. El autor concluyó que el impacto de una variedad de rango bofedal y parámetros naturales era más notable en comparación si solo variase el área de bofedal. En expansión, esta estima fue el momento más notable estimado después del suministro de agua.

García y Willems (2015), con el título “Metodología para el estudio de bofedales en cabeceras de cuenca usando datos imágenes de los sensores TM, OLI a bordo de los satélites Landsat - Caso Estudio: Bofedal Chunal, cuenca alta del río Chillón, Lima-Perú”. Este estudio tuvo como objetivo elaborar una estrategia para reconocer y evaluar el grado de los humedales, puna bofedales, que se encuentran a unos 3800 m sobre el nivel del océano, dentro del cuenco superior del arroyo Chillón, y aumentar su impacto en la dirección del agua a través de imágenes de información de los sensores TM, OLI a bordo de los satélites Landsat. Dentro de la estrategia de investigación que llevaron a cabo manos en el trabajo para reconocer y examinar una región ponderar, piloto bofedal, Chunal. También analizaron un humedal, piloto bofedal, y consideraron las características distintivas que reconocen los bofedales de la zona considerada.

Además, calcularon los registros NDVI, NDWI y NDII del cuenco del Chillón encontrando los rangos de estima en comparación con los humedales de Puna y bofedales que se encuentran dentro de las cabeceras del Chillón. Los creadores concluyeron que la ponderación de las características normales de un bofedal piloto era excepcionalmente valiosa para la teledetección de bofedales dentro del cuenco superior de la vía fluvial de Chillón. El NDVI y NDWI, NDII cuyos rangos de las listas que zonificaban los bofedales eran: para el NDVI los valores extraordinarios estaban entre 0.43 y 0.899 4, para el NDWI los valores extraordinarios estaban entre -0.874 y -0.27, y para el NDII los valores extraordinarios estaban entre 0.02 y 0.76. Al calcular la zona del piloto bofedal de los años 1997, 2011 y 2013, observando un incremento del 14,95%. Los ponders realizados señalan a un aumento del alcance del piloto bofedal.

Vila y Chupan (2015), en su investigación titulada “Valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en la comunidad campesina Villa de Junín”, tuvo como objetivo estimar el valor económico que brindan los bofedales en el almacenamiento de agua y carbono en la Comunidad Campesina Villa de Junín, Perú. La recolección de datos está basada en datos meteorológicos (temperatura y precipitación). Los resultados respecto a la precipitación anual, ha determinado $22\,367\,664\text{ m}^3\cdot\text{año}^{-1}$, del cual un 42,56 % ($9\,294\,933,67\text{ m}^3\cdot\text{año}^{-1}$) regresa a la atmósfera mediante el proceso de la evapotranspiración, quedando una oferta hídrica disponible de $13\,072\,730,33\text{ m}^3\cdot\text{año}^{-1}$, que representa un 57,44 % de la oferta hídrica total; siendo la productividad hídrica de $0,01\text{ m}^3$. El valor económico de agua y carbono de S/ 48 974 181,79 y S/. 44 305 010,31 proporcionalmente. El autor concluyó que el almacenamiento del recurso hídrico y carbono ofrecen mayores ingresos económicos a la ciudad que las labores de ganadería.

Los bofedales son ecosistemas frágiles que se encuentra en las regiones alto andino de importancia vital. Maldonado (2014), en su estudio “Introducción a los bofedales de la región Altoandina Peruana”, tuvo como objetivo relatar las áreas cuya vegetación de humedales tiene capas básicas de turba. Estas zonas fueron un recurso clave para la administración convencional de llegadas dentro de la alta zona andina ya que mantienen el agua dentro de las partes superiores de los cuencos, siendo una fuente vital de basura y agua para el ganado domesticado, así como centros de biodiversidad. El uso convencional de estos espacios desde tiempos prehispánicos ha incluido la administración de agua y animales, que son cruciales para el apoyo de estos sistemas biológicos. También describe la situación de los bofedales en la legislación peruana y su representación en las regiones características garantizadas y en los locales Ramsar. En esta línea, distingue los principales peligros para su conservación (sobrepastoreo, extracción de turba, minería y avance de fundaciones).

1.2. Bases teóricas especializadas

1.2.1. Humedales altoandinos o bofedal

En el Perú, la palabra "Bofedales" se usa para describir a varios tipos de vegetación propias de humedales altoandino, que tienen la capacidad de presentar turba. Estas áreas son un recurso clave para el manejo tradicional en la zona altoandina. Están asociados a la regulación del flujo y almacenamiento de agua en la parte alta de las cuencas, son fuentes importantes de agua y forraje para ganado, así como hotspots de la biodiversidad (Maldonado, 2014).

Según el Ministerio del Ambiente [MINAM] (2019), los Bofedales son sistemas biológicos andinos hidromórficos que incluye una vegetación herbácea hidrofílica, densa y compacta continuamente verde, con cojinete o cojinete; la fisonomía de la vegetación se compara con hierbas de 0,1 a 0,5 metros, característico de suelos llanos, en miserias o algo inclinados, que pueden ser profundos (turba). Así los bofedales se pueden diferenciar a partir de los siguientes procesos ecológicos:

a. Hidroperiodo

Diferencia los bofedales estacionales de los permanentes. Los bofedales estacionales presentan una menor profundidad de turba y que en la mayoría de los casos no llegarían a ser turberas. Por ende, tienen una menor capacidad de almacenamiento del agua e igualmente del carbono. En cambio, los bofedales estacionales pueden presentar dominancia de vegetación de cojín u otras comunidades vegetales típicas de bofedal (son llamados en inglés *wet meadow*). Los bofedales permanentes, en su gran mayoría, serían turberas.

b. Posición topográfica

Diferencia bofedales de ladera de aquellos que están en áreas planas, que son fondo de valle o planicies. Los bofedales de ladera tendrían mayor probabilidad de ser estacionales, y desarrollar turba superficial. Aunque en algunos casos, se pueden desarrollar turberas en laderas de pendiente ligera, por la presencia de una capa profunda impermeable en el

suelo, pero en general son las áreas planas o de baja pendiente, receptoras del agua que escurre en las laderas cercanas, donde se desarrollan bofedales permanentes y profundos.

1.2.2. Importancia del bofedal

Los bofedales tienen una parte principal dentro de la alta zona andina de las naciones, estos sistemas biológicos dan y almacenan agua permitiendo el mejoramiento de una planta de diferentes calidades en situaciones donde las condiciones climáticas no son favorables, haciendo ambientes bofedales y fuente de alimentación para diferentes especies (Condori, 2011).

La importancia de este entorno reside en el contenido de vegetación de calidad durante todo el tiempo, De esta manera, son utilizados por las comunidades de trabajadores adyacentes, ya que se componen de la base de alimentación de los animales de camélidos sudamericanos como alpacas, llamas, ovejas y bovinos (Cárdenas y Encina, 2002). Además, los bofedales tienen una parte principal dentro de la alta zona andina de las naciones, estos sistemas biológicos dan y almacenan agua permitiendo el mejoramiento de una planta de diferentes calidades en situaciones donde las condiciones climáticas no son favorables, haciendo ambientes bofedales y fuente de alimentación para diferentes especies (Ahumada *et al.*, 2011).

Calvo (2016) explica cuatro aspectos fundamentales que hacen importantes a los bofedales, tales son.

a. Sociocultural

Los bofedales son arreglos que tienen miles de años, por lo que, en zonas altiplánicas, secas y semiáridas, estos juegan un papel básico, ya que son rangos vitales de contacto en temporada seca. Diversas sociedades andinas han supervisado razonablemente estos sistemas biológicos y han hecho depósitos de agua dulce y canales del sistema de agua que, a pesar de haber sido construidos unos siglos antes, proceden a funcionar en unos pocos lugares. Sea como fuere, el marco de administración del agua y la innovación hídrica de estas sociedades han estado constantemente fuera de lugar desde la colonia.

b. Económico

Los bofedales incluyen un componente imperativo de la economía territorial, a través de la disposición de agua dulce para su utilización por las criaturas y las personas, así una parte significativa de la generación rural depende de los cuencos de los arroyos Altos Andinos, también dan grano a los animales, siendo la razón por la que se construyó la producción ganadera dentro de la zona como el mayor movimiento dentro en los Andes del Perú, generando salarios a los pastores a través de la reproducción y venta de la carne y otros derivados, etc. Por otro lado, estos entornos son destinos de pintoresca excelencia y escenario, con unas increíbles diferencias naturales y sociales, por lo que han llegado a ser una fascinación del visitante que producen salario por la gama.

c. Ecológico

Los bofedales enmarcan un espacio de vida perfecto para la supervivencia los vegetales, fauna silvestre y las especies de aves transitorias, también actúan como controladores de la corriente de agua de los cursos de agua, al mantener el activo de agua dentro de la temporada tormentosa, además son fabricantes de alimento verde casi todo el año circular como resultado de suelos hidromórficos acumulando una enorme suma de materia natural.

d. Geopolítico

La mayoría de los ambientes en los Andes dentro de la región de Perú han sido impactados inequívocamente por las actividades humanas, en algunos casos han terminado paisajes culturales, es decir, los sistemas biológicos que se mantienen por los ejercicios incesantes del hombre y cuya biota está formada por especies sólidas y ajustadas, la alta generación de forraje y su administración de agua, es esperanzador para la cría de camélidos, que dentro de la no asistencia de la relación bofedales-Camélidos, no habría población contigua a estos entornos.

Las interacciones de los componentes físicos, orgánicos y químicos de un bofedal, como el suelo, el agua, las plantas y las criaturas, facultan funciones esenciales como la capacidad de almacenamiento de agua; la seguridad de oleadas; el control de la desintegración; recarga de los acuíferos; descontaminación el agua mediante el mantenimiento de suplementos, toxinas y sedimentos, y estabilizan las condiciones climáticas del vecindario, especialmente las precipitaciones y la temperatura.

1.2.3. Clases de bofedal

Según Crispin (2015), hay diferentes calidades de posiciones con respecto a la clasificación de los bofedales, teniendo como base de clasificación el suelo altitudinal, el área, las condiciones climáticas, la recolección de agua, entre otros, siendo las siguientes:

- Bofedales varían de acuerdo a su tamaño de su área, calidad, cantidad y calidad perpetua del agua como los Bofedales que se encuentran dentro de los semi-húmedos Altos Andinos y semi-áridos y árido Altos Andinos.
- Para los bofedales encontrados entre 4000 y 4500 m.s.n.m., se distinguen tres tipos regulares, estacionales, húmedos permanentes y con sistema de agua fabricado. En expansión, hay tres tipos de bofedales que concurren a las condiciones del agua: el bofedal con agua durante todo el año, profundamente rentable y recuperación rápida, el bofedal transitorio que se seca brevemente y bofedal tipo halófilo con agua salada transitoria.
- Bofedales se puede clasificar por inclinación o posición topográfica: pampa bofedal y talud bofedal.
- En conclusión, los bofedales pueden clasificarse: (1) los bofedales normales, de descongelación o corrientes de agua, dando la impresión de que no son tan anchos como los bofedales falsificados; y (2) los bofedales fabricados, que tienen un sistema de intaglio en zonas enormes para las que se construyen canales que determinan las aguas de las vías navegables.

1.2.4. Almacenamiento de agua en el suelo de los bofedales

Según Franco (2016), los bofedales efectúan roles importantes en la acumulación eficiente de los activos hídricos, potenciando el avance de una amplia gama de biodiversidad y la retención de carbono como amortiguadores del cambio climático dentro del suelo que actúa como un enorme almacén característico que controla los flujos del ciclo hidrológico al disminuir los resultados negativos de las variedades. (Célleri, 2010) Por esta razón, la capacidad de dirección y mantenimiento de agua más extrema dada por los bofedales se puede comparar con toda la capacidad de un almacén o presa. Además, el control del agua permite que los aguaceros abrumadores no lleguen a ser excesivos, sin embargo, durante las estaciones secas esta suma de agua almacenada puede proporcionarse. (Castro, 2011)

1.2.5. El agua del suelo

Para García *et al.* (2001), el agua es uno de los componentes esenciales en la productividad de los ecosistemas y, por ende, en los ecosistemas agrícolas. Debe considerarse que el agua del suelo se mantiene dentro de los poros del suelo a diversos niveles de vitalidad, y que contiene sustancias naturales e inorgánicas degradadas que constituyen la disposición dentro del suelo. La ponderación del agua del suelo hace concebible entender las formas físicas, químicas y orgánicas, es decir, de la intemperie, formas de conformación, estado de vitalidad en el que está el agua, la capacidad de mantenimiento del suelo, el desarrollo y la accesibilidad para la planta, la disipación, los residuos, entre otros.

1.2.6. Conservación de bofedales

Según Cáceres (2013), la abundancia y variedad de los componentes bióticos y abióticos de los humedales los convierten en uno de los sistemas biológicos más complejos y rentables del planeta, moderando una amplia variedad de biotopos y el centro de los territorios de carretera entre las situaciones terrenales y marítimas, jugando un importante papel en la conservación de la biodiversidad y en el desarrollo económico. Para esto, debe crearse un enfoque de coordinación que tenga en cuenta los sistemas biológicos relacionados distintivos, siendo los

humedales continentales, los que resulten aludidos a las cuencas hidrográficas como unidades naturales. Gil (2011),

1.2.7. Servicios ecosistémicos que proveen los bofedales

Según Flores *et al.* (2014) y Page y Baird (2016), los principales servicios ecosistémicos de los bofedales son:

a. Servicios de provisión

- **Carroña para animales:** Los bofedales se han utilizado comúnmente para reforzar la alimentación de las alpacas, pero desde la presentación de ganado vacuno, ovino y equino, diversas gamas de bofedales son demasiado utilizados por estas criaturas.
- **Turba:** Sirve como sustrato para viveros de diversas partes y como grado de subsistencia, en zonas donde no hay otras fuentes de combustible para la población vecinal.
- **Plantas medicinales:** Algunas especies de plantas que se desarrollan dentro de las situaciones más húmedas, se utilizan como medicina natural.
- **Agua:** Dentro de las áreas inferiores de las cuencas, es una de las administraciones más estimadas, pero menos investigadas, por lo que se requiere una consideración actualmente.

b. Servicios de regulación

- **Capacidad de almacenamiento de carbono:** La existencia de turba y suelo orgánico en Bofedales suscitan mayor capacidad de fijación y almacenamiento de carbono.
- **Seguridad frente a las formas de desintegración de la turba y el suelo:** La conservación de una gran extensión de la cubierta vegetal permite que la velocidad fraccionada del agua se disminuye al moverse dentro del humedal.
- **Descontaminación del agua:** investigaciones afirman que los bofedales pueden progresar la calidad del agua, disminuyendo la sustancia metálica.
- **Almacenamiento de agua:** el material orgánico naturalmente de los bofedales desempeña función esponjosa para retener en su interior al recurso hídrico.

- **Control climático local:** se relaciona con la suma del activo de agua que es acumulado en un bofedal y el elevado calor que posee el agua como un compuesto químico, permitiendo que alrededor del bofedal con un paquete de agua, como alrededor de un estanque de marea, las temperaturas extraordinarias se debilitan.
- **Control del clima global:** Regularmente, hay un ajuste entre el carbono que las plantas capturan durante la fotosíntesis que establecen como turba, con el carbono que se descarga como metano, que no sabemos, por lo que cuando el bofedal se degrada, se descarga el carbono que se asentó en la turba, involucrando un compromiso adicional de gases de efecto invernadero, que aceleran el cambio climático.

c. Servicios de soporte

- **Refugio de fauna silvestre y de biodiversidad:** Los bofedales en todos los países tienen condiciones únicas dentro del paisaje andino, que facilita el mantenimiento de muchas especies vegetales adaptadas a estas condiciones.
- **Soporte del ciclo de suplementos:** El ciclo mundialmente conocido es el carbono.

d. Servicios culturales

Se refiere a la valoración de los Bofedales por estándares altos de conservación:

- Presencia de gallardía escénica y paisajística
- Atractivos espacios de entretenimiento y turismo

1.2.8. Reserva paisajista Nor Yauyos Cochas

La Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (Lima, Junín) es la principal región natural asegurada configurada con esta categoría, con el objetivo de proteger esos sistemas biológicos sumergidos en una escena compleja de increíble belleza y singularidad, coexistiendo en relación concordante con las actividades de los campesinos (Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA], 2006, p. 5).

a. Bofedales en la reserva paisajística

Esta unidad de vegetación ocupa una superficie cercana a 9586 ha, que representa el 4,34 % del área total estudiada. Los bofedales se encuentran situados en áreas accidentadas con mal drenaje, tanto en planicies como en superficies inclinadas. Está formada especialmente por comunidades de hierbas de porte almohadillado o en cojín, conocidas como “turbera”, las cuales permanecen siempre vivas con coloración verde durante el año gracias a la humedad permanente, se identifican especies como: *Distichia muscoides* N. y M. Le siguen con menor abundancia las siguientes especies: *Calamagrostis rigescens* J. Presl., *Calamagrostis vicunarium* W., *Plantago tubulosa* D., *Scirpus rigidus* L., *Hypochaeris meyeniana* V. y H., *Gentiana prostrata* H., *Muhlenbergia ligularis* H., *Eleocharis albibracteata* N y M, *Poa subspicata* J. entre las más comunes (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2011).

1.2.9. Riesgos y Amenazas de los bofedales altoandinos

Según Calvo (2016), la metodología de los humedales altoandinos propuesta por la Convención Ramsar, considera a un bofedal como entorno vital por su servicio de regulación, disposición de los recursos hídricos en tiempos secos, por su gran diversidad biológica, por sus condiciones de hábitat para especies debilitadas de vegetación y fauna, centros de endemismo, espacios para ejercicios turísticos y situaciones de vida para comunidades y poblaciones cercanas.

Tabla 1

Principales amenazas enfrentadas por los bofedales

Naturales	Amenazas
	Retroceso glacial
Abióticos	Contaminación ambiental
	Sequias por tiempos prolongados
	Variaciones extremas de los patrones de precipitación
	Sobrepastoreo emanado por la actividad pastoril de los campesinos
Antrópicas	Fragmentación del terreno
	Construcción de nuevos caminos y carreteras

Construcción de nuevas represas
 Introducción de especies exóticas vegetales o animales
 Contaminación ambiental
 Drenaje para expansión de agricultura o para actividades productivas y extractivas
 Expansión de la actividad agrícola Minería
 Urbanización
 Altas tasas de extracción de la vegetación y suelos orgánicos con fines de combustible y/o musgo

Fuente: Sotil y Flores (2014).

1.2.10. Estrategias de conservación y mejora de los bofedales altoandinos

Según Calvo (2016), la implementación de técnicas de conservación y mejora tiene como objetivo principal la elusión de los cambios dentro de la estructura y el funcionamiento de los bofedales que se muestran por los peligros de la especie centrada en el ser humano. Estas estrategias deben ser efectuadas con la participación de los pobladores cercanos que conocen la realidad, para que pueda generar un mayor impacto en su uso, y de esta forma asegurar la adopción y manejo sostenible de dichas estrategias.

Tabla 2

Estrategias y prácticas de mejora de acuerdo a los estados de salud

Estados de Salud del Bofedal	Estrategias	Practicas
Bofedal no saludable	Restauración y protección	Purificación de agua Represamiento Revegetación Protección de áreas para el descanso permanente o eliminación del pastoreo Defensa de las riveras, ojos de agua y manantiales

Bofedal saludable con problemas de manejo	Restauración y manejo sostenible	Protección de áreas para el descanso permanente o exclusión del pastoreo Protección de riveras, ojos de agua y manantiales Colocación de cercos y capacitación para la rotación de campos Instalación de cercos y capacitación para el descanso rotativo Instalación de cercos y capacitación para el diferimiento rotativo Reducción en número de animales y generación de mecanismos de retribución
<i>Bofedal saludable</i>	<i>Manejo sostenible</i>	Capacitación en buenas prácticas a las personas sobre el manejo de bofedales

Fuente. Flores *et al.* (2015)

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la Investigación

La investigación es de tipo descriptivo - exploratorio y no experimental porque se busca evaluar la humedad del suelo que es un tema poco estudiado en bofedales altoandinos. Para lo cual se recolectó informaciones adicionales de parámetros físicos, mismas que han sido analizados mediante el método gravimétrico en la Estación Biológica de Tanta y laboratorio de la Universidad Católica Sedes Sapientiae de la Facultad de Ingeniería Agraria-Huaura (Jiménez, 1998, p.12).

2.2. Lugar y fecha

La investigación se realizó en el lugar del sector Moyobamba perteneciente a la comunidad de Tanta, Distrito de Canchayllo, Provincia de Jauja, Región Junín ocupa un área aproximada de 10 ha está ubicada en la parte norte de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, a una altitud de 4600 m.s.n.m., registra una precipitación media anual de 800,9 mm, con una población de 530 habitantes dedicada principalmente a la ganadería de alpacas y a la confección de prendas de lana. El clima es extremo, impidiendo el desarrollo de la agricultura por lo que tienen que obtener los productos a través del comercio ancestral del trueque o del intercambio de productos con las poblaciones vecinas (INRENA, 2006).

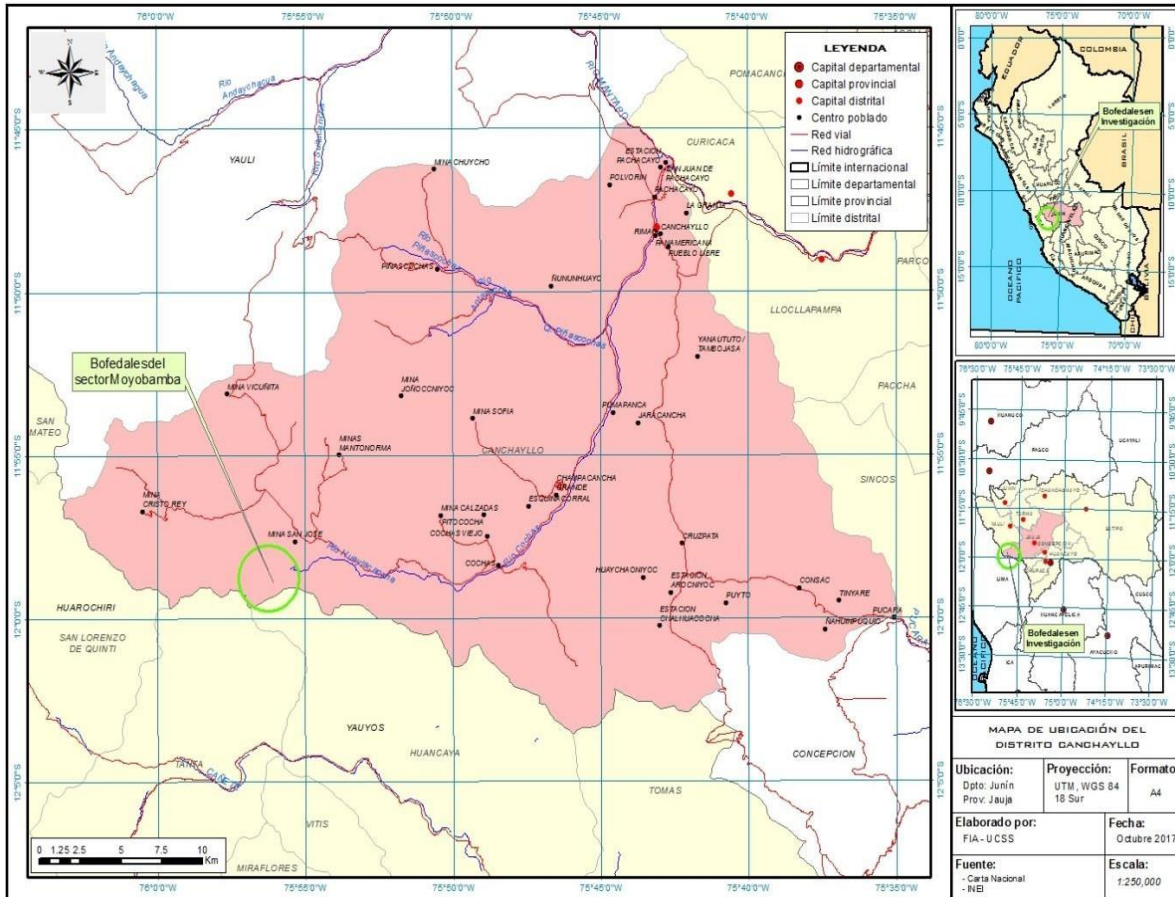


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio: Sector Moyobamba comunidad campesina de tanta Distrito de Canchayllo, Provincia de Jaén, Región Junín.

Fuente: Elaborado por FIA.UCSS

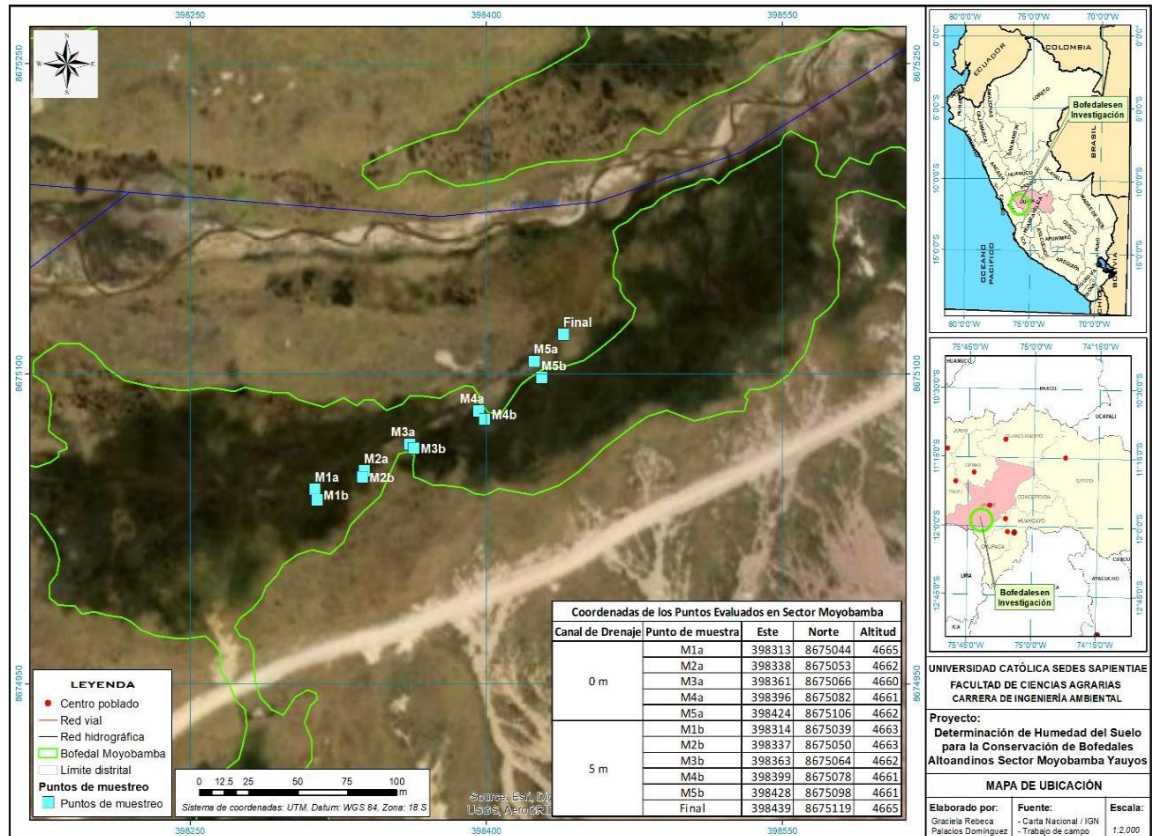
a. Características climáticas

En Nor Yauyos, el clima varía dependiendo de la elevación, la introducción de las inclinaciones de las laderas y los periodos anuales, de manera que la precipitación tiende a ser mayor a elevada altitud y dentro de las faldas situadas hacia el curso del viento, mientras que las estaciones heladas son excepcionalmente a más de 3450 m.s.n.m. (INRENA, 2006).

En el pueblo de Cochas - Pachacayo, el clima se puede clasificar como muy frío y subhúmedo. Dentro de la región de las crestas cubiertas, el tipo climático es el gélido (Clima de Nieve Incesante de Alta Montaña, de acuerdo con la codificación de Köppen;

dentro de las punas el clima es frío hielo (Tundra Seca de Alta Montaña, de acuerdo con la misma clasificación). En la porción inferior con vertientes articuladas, campos y valles conformados dentro del cuenco del arroyo Cochas o Pachacayo, el Clima es de Tipo Frío (Boreal), separados por tener inviernos secos y temperaturas normales que superan los 10 °C (INRENA, 2006).

Figura 1. Ubicación de los puntos de evaluación del sector Moyobamba



Fuente: Elaboración propia.

El presente trabajo de investigación tuvo una duración de 16 meses iniciando en febrero de 2017 y culminado en mayo de 2018.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

La población estuvo representada por los suelos del bofedal del sector de Moyobamba, ubicado en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, que se encuentra sobre los 4600 m.s.n.m. con una extensión aproximada de 10 ha (Figura 3).



Figura 2. Ubicación de los suelos de bofedales del sector Moyobamba

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2. Muestra

La muestra de suelo fue extraída de 10 puntos de muestreo 5 puntos de 0 metros de canal de drenaje y 5 puntos de 5 metros del canal de drenaje a una profundidad de 25 cm. Se tuvo como referencia el canal de drenaje principal que está representados en la figura 3. El muestreo se realizó con cinco repeticiones.

2.4. Descripción de la investigación

La investigación se realizó a través de una secuencia de diversas actividades que comprendió las siguientes etapas.

2.4.1. Fase preliminar

Esta primera fase estuvo comprendida por la recopilación, análisis y evaluación de la información existente con referencia al tema en estudio y otros aspectos importantes. Para esto se recurrió a libros, internet, mapas de la zona, artículos científicos, revistas y otros documentos en temas de humedad de los suelos en bofedales.

2.4.2. Fase de campo

En esta fase se realizó el reconocimiento general del área en estudio con la finalidad de observar las principales características edáficas, topográficas, hídricas y fisiográficas, mediante puntos de muestreo del suelo (Figura 4), que se ubicaron registrando las coordenadas con la ayuda de un GPS que muestra los datos tal como lo indica la Tabla 3. Se determinaron diez puntos de muestreos tomando como referencia el canal de drenaje, cinco muestras a cero metros del canal de drenaje y cinco muestras a cinco metros del canal de drenaje a una profundidad de 25 cm. Todas las muestras fueron debidamente codificadas

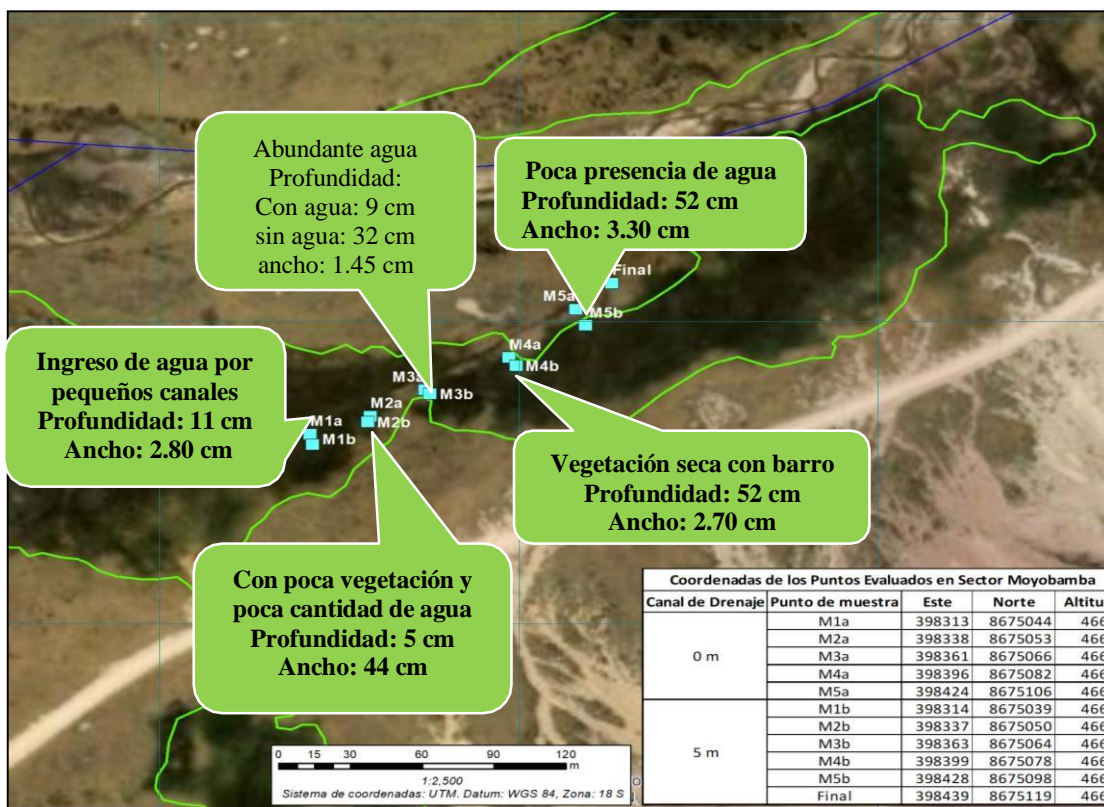


Figura 3. Características de los puntos de muestreo. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3

Coordenadas de los puntos de muestreo a una distancia de 0 y 5 metros del canal de drenaje y a una profundidad de 25 cm

Sector Moyobamba		Coordenadas UTM. Datum:		
		WGS 84, Zona: 18 S		
Canal de drenaje	Punto de muestra	X (mE)	Y (mN)	m.s.n.m
0 m	M1a	398313	8675044	4665
	M2a	398338	8675053	4662
	M3a	398361	8675066	4660
	M4a	398396	8675082	4661
	M5a	398424	8675106	4662
5 m	M1b	398314	8675039	4663
	M2b	398337	8675050	4663
	M3b	398363	8675064	4662
	M4b	398399	8675078	4661
	M5b	398428	8675098	4661
	Final	398439	8675119	4665
	Inicio	398308	8675044	4664

Fuente: Elaboración propia.

2.4.3. Fase de laboratorio

Las muestras del suelo recolectadas en campo fueron analizadas en la Estación Biológica de Tanta, donde se realizó el análisis fisicoquímico de cada una de las muestras colectadas, siendo los parámetros analizados: la humedad de suelo, conductividad eléctrica y potencial de hidrógeno. Asimismo, en el Laboratorio General de Ciencias Básicas de la Filial Huaura-Huacho de la Universidad Católica Sedes Sapientiae se realizó el análisis de materia orgánica, y porosidad, la textura del suelo se determinó *ex situ* en el Laboratorio de la Universidad Agraria La Molina.

2.4.4. Fase de gabinete

Esta fase consistió en el ordenamiento de los datos obtenidos tanto en la fase de campo (características edáficas) como en la fase de laboratorio (análisis físico - químico y mecánico de las muestras), su posterior interpretación y agrupamiento en las unidades de suelos.

2.5. Identificación de variables y su mensuración

Los parámetros físicos en la investigación, según Rucks *et al.* (2004), permitieron tener una información amplia de las propiedades físicas para entender el comportamiento del suelo estudiado.

2.5.1. Materia orgánica

Para la cuantificación de la materia orgánica (calcinación) se siguió el método presentado por (Schulte y Hopkins, 1996).

- Se pesa 5 g de muestra del suelo en crisoles de 15 ml.
- Consecutivamente se colocan en estufa por un tiempo de 24 h a 105 °C.
- Luego las muestras fueron enfriadas en desecador y pesadas.
- En seguida, se colocaron por un tiempo de 2 horas en una mufla a una temperatura de 360 °C.
- A continuación, se transfirieron a un desecador.
- Inmediatamente se deja enfriarse y se registró el peso de nuevo.
- El cálculo de MO se efectuó por diferencia de peso en las distintas temperaturas, según:

$$\% \text{ MO} = ((P1 - P2) * 100) / P2$$

Donde:

P1: peso uno antes de calcinación (105 °C)

P2: peso dos después de la calcinación (360 °C)

2.5.2. Humedad del suelo

Tal como señala Florentino (2006), el presente trabajo realizó por método directo o método gravimétrico. Tomando muestras de suelo en *in situ*, colocando en envases herméticamente cerrados y trasladando al laboratorio; se realizó el pesado del suelo húmedo, colocando en estufa a 105 ° C, por un tiempo de 24 horas, hasta llegar a un peso constante. Con esto se calcula el contenido de humedad (% H), siendo el método más utilizado para medir agua en el suelo y una técnica estándar usada comúnmente para obtener datos referenciales de contenido de agua en el suelo.

Cálculos:

% Humedad (relación entre la masa de agua y la masa de suelo seco)

$$\% H = ((Msh - Mss)/Mss)*100$$

Donde:

Msh= Masa de suelo húmedo (en g o kg)

Mss = Masa de suelo seco (en g o kg)

2.5.3. Textura

La textura se determinó *ex situ* en el Laboratorio de la Universidad Agraria La Molina teniendo en cuenta toda la información desde la obtención de la muestra hasta la entrega (rotulado y codificado respectivamente).

2.5.4. Porosidad

Este parámetro será determinado a través de la relación entre la masa del suelo seco y el volumen que ocupa ese suelo (Gabriels y Lobo, 2006).

$$\% P = (DR - DA/DR) \times 100$$

Donde:

%P: Porcentaje de porosidad

DA: Densidad aparente

DR: Densidad real

○ **Densidad aparente**

La densidad aparente fue determinada a través del método del hoyo o de excavación, el cual consiste en cavar un hoyo conservando toda la tierra retirada del hoyo como muestra, y verter un volumen de agua que vendría a ser el equivalente al volumen de la muestra de suelo retirado (V_t). La muestra de suelo retirada es secada a 105 °C por 24 horas para determinar el peso seco (M_s) (Gabriels y Lobo, 2006).

$$DA = M_s/V_t$$

○ **Densidad real**

La densidad real fue determinada con el método de la probeta, el cual se fundamenta en el principio de Arquímedes, para ello se colocó 150 ml de agua en una probeta, luego se añadió la muestra de suelo previamente pesada (M_s), seguidamente se midió el volumen desplazado (V_t).

$$DR = M_s/V_t$$

2.5.5. Conductividad Eléctrica

Esta variable fue determinada a través de un multiparámetro. Para ello se pesó 12 g de suelo seco en un recipiente, para luego agregar 30 ml de agua destilado. Se agitó durante 30 segundos y posteriormente se filtró. Se introdujo el multiparámetro y se esperó a que se estabilice para hacer la lectura.

2.5.6. pH

Para la medida de pH se siguió la técnica recomendada por Sistema de Apoyo metodológico a los laboratorios de análisis [SAMLA] (2004). Se pesaron 12 g de suelo, se añadieron 30 ml de agua, se agitó por 30 segundos, posteriormente se determinó el pH del suelo introduciendo el multiparámetro y se esperó a que se estabilice para hacer la lectura.

2.5.7. Precipitación (mm)

Este dato fue obtenido de la Estación Meteorológica del SENAMHI ubicada en Tanta.

2.5.8. Temperatura (°C)

Este variable se determinó *in situ* en cada punto de muestro utilizando un termómetro, para la estabilización se dejó en cada punto de 3 a 5 minutos, se esperó a que se estabilice para hacer la lectura.

Tabla 4

Variables, unidades de medida y métodos de análisis de los parámetros físicos a evaluar

Variable	Unidad de medida	Método
Humedad de suelo	Porcentaje	Gravimétrico
Precipitación	Milímetros	Pluviómetro
Temperatura	Grados centígrados	Termómetro
Textura de suelo	Porcentaje de arcilla	Hidrómetro de Boyyoucos
	Porcentaje limo	
	Porcentaje arena	
Porosidad	Porcentaje	Ecuación
Potencial de hidrógeno	pH	Potenciómetro
Conductividad eléctrica	dS.m ⁻¹	Conductímetro

Fuente: Elaboración propia.

2.6. Análisis estadístico de datos

Se usó el programa Microsoft Excel 2010 y SPS para el análisis de datos descriptivos y la realización de gráficos y tablas. Se hizo el análisis de la correlación entre los parámetros fisicoquímicos evaluados para determinar las variables más significantes en la investigación y el ANOVA para las variables más influyentes en la investigación.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Porcentaje de humedad de suelo en zonas asociados a un canal de drenaje

La Tabla 5, muestra los valores porcentuales promedio de humedad de suelo obtenido del análisis de suelos en diferentes estaciones y a distintas distancias del canal de drenaje. Obteniendo como valor porcentual máximo registrado a 5 metros de distancia del canal de drenaje fue de $79,16 \pm 10,18$ % correspondiente al periodo (inter-estación) colecta del mes de mayo del 2018. El valor porcentual promedio mínimo registrado a 0 metros de distancia del canal de drenaje fue de $64,46 \pm 14,7$ % correspondiente al periodo (seca) colecta del mes de julio del 2017

El valor p es menor que el nivel de significancia 0.05, entonces se concluye que los datos no siguen una distribución normal (Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks). Mientras que los resultados del análisis de la varianza (ANOVA) muestran que el porcentaje de humedad en diferentes estaciones y a diferentes distancias presentan diferencias significativas ($p = 0,000$) (Apéndice 2).

Tabla 5

Valores porcentuales de humedad del suelo obtenido de las diferentes estaciones y distancias con respecto al canal de drenaje

Distancia de canal de drenaje (m)	Estaciones			
	Julio (2017)	Noviembre (2017)	Febrero (2018)	Mayo (2018)
0	76,85	76,12	82,25	76,62
	72,43	73,22	80,79	82,36
	76,24	66,02	77,66	75,68
	48,10	63,07	56,34	59,49
	48,68	59,22	53,95	59,98
	64,46 ± 14,7	67,53 ± 7,02	70,20 ± 13,86	70,82 ± 10,44
5	73,01	81,57	86,80	82,35
	82,73	86,25	83,54	81,87
	69,55	76,33	78,03	76,84
	81,86	62,71	75,52	63,48
	52,40	55,77	65,37	91,25
	71,91 ± 12,2	72,53 ± 12,86	77,85 ± 8,27	79,16 ± 10,18

Fuente: Elaboración propia.

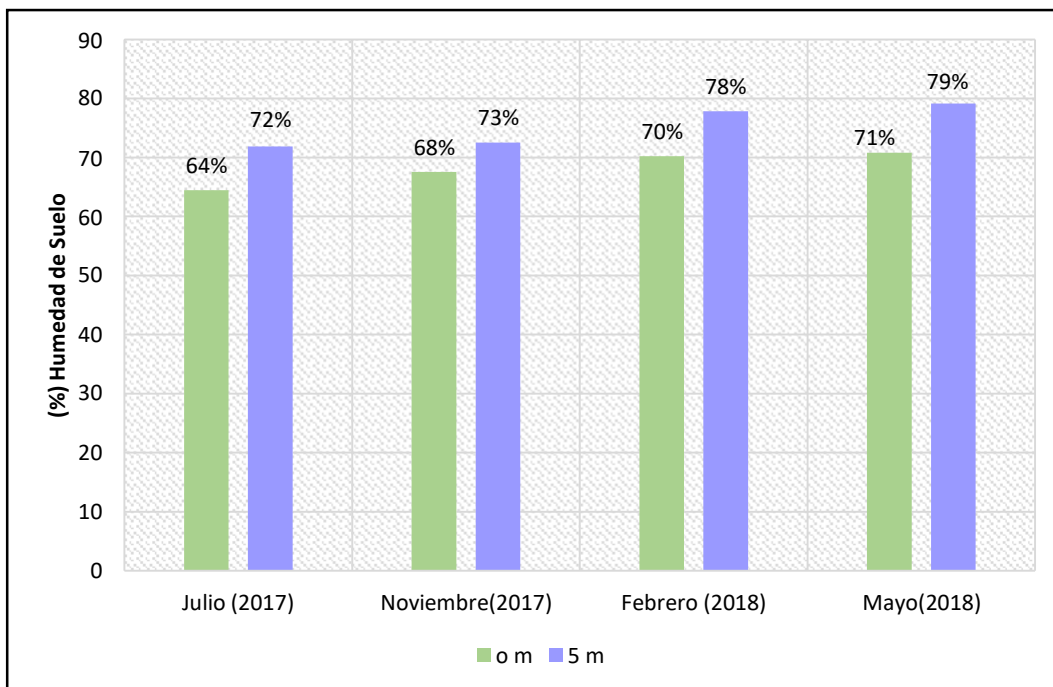


Figura 4. Valores promedio del porcentaje de humedad del suelo a diferentes distancias del canal de drenaje. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Resultados de los promedios de los parámetros físicos

En las Tablas 6 y 7, se presentan promedio de datos de las características fisicoquímicos del suelo de las cuatro estaciones de evaluación a las distintas distancias del canal de drenaje a 0 metros y 5 metros del canal.

Tabla 6

Promedio de los resultados de las Propiedades físicos del suelo a 0 m del canal de drenaje en el Bofedal de Moyobamba.

VARIABLES	Jul. (2017)	Nov. (2017)	Febr. (2018)	May. (2018)
Humedad de Suelo (%)	64,5	67,5	70,2	70,8
Materia Orgánica (%)	19,2	35,9	67,7	42,7
Nivel Freática (cm)	15,2	19,8	8,82	14
Temperatura (°C)	6,54	7,24	9,16	7,34
Porosidad (%)	58,6	58,6	58,6	58,6
Conductividad Eléctrica (mS.cm ⁻¹)	0,27	0,09	0,03	0,00
Ph	7,86	6,58	6,62	6,48
Profundidad	25	25	25	25
Textura	Franco arenoso			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7

Promedio de las propiedades físicas del suelo a 5 m del canal de drenaje en el Bofedal de Moyobamba

Variables	Jul. (2017)	Nov. (2017)	Febr. (2018)	May. (2018)
Humedad de Suelo (%)	71,2	72,5	77,9	79,2
Materia Orgánica (%)	18,4	38,0	60,9	60,0
Nivel Freática (cm)	19,4	18,4	6,3	7,2
Temperatura (°C)	6,34	7	9,36	7,18
Porosidad (%)	67,8	67,8	67,8	67,8
Conductividad Eléctrica (mS.cm ⁻¹)	0,26	0,09	0,03	0,00
pH	7,96	6,24	6,58	6,4
Profundidad	25	25	25	25
Textura	Franco Arcilloso			

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1. Valores de materia orgánica presente en suelos evaluados

La Tabla 8, muestra los valores porcentuales de materia orgánica obtenida del análisis de suelos en diferentes estaciones y a distintas distancias del canal de drenaje. El valor porcentual mínimo registrado a 5 metros de distancia del canal de drenaje fue de $18,44 \pm 14,3$ % correspondiente a la estación (seca) colecta del mes de julio del 2017 y el valor porcentual máximo registrado a 0 metros de distancia del canal de drenaje fue de $67,68 \pm 28,4$ % correspondiente a la estación (húmedo) colecta del mes de febrero del 2018.

Los resultados del análisis de la varianza (ANOVA) muestran que el porcentaje de materia orgánica en diferentes estaciones y a diferentes distancias presentan diferencias significativas ($p = 0,000$) (ver Apéndice 1).

Tabla 8

Valores porcentuales de materia orgánica obtenido de los diferentes periodos y distancias con respecto al canal de drenaje. (Promedio \pm DS)

Distancia de canal de drenaje (m)	Periodos			
	Julio (2017)	Noviembre (2017)	Febrero (2018)	Mayo (2018)
0	26,58 (%)	60,74	92,10	61,48
	14,94	43,62	80,54	83,22
	26,78	31,31	86,28	30,80
	19,63	22,31	22,78	16,97
	7,87	21,31	56,71	20,93
	19,16 \pm 8,03	35,86 \pm 16,5	67,68 \pm 28,4	42,68 \pm 28,60
5	17,67	69,73	16,69	77,33
	41,62	25,53	98,32	85,35
	19,72	56,13	94,49	46,07
	5,13	20,02	57,15	16,26
	8,06	18,84	37,78	75,10
	18,44 \pm 14,3	38,05 \pm 23,3	60,88 \pm 35,46	60,02 \pm 28,62

Fuente: Elaboración propia.

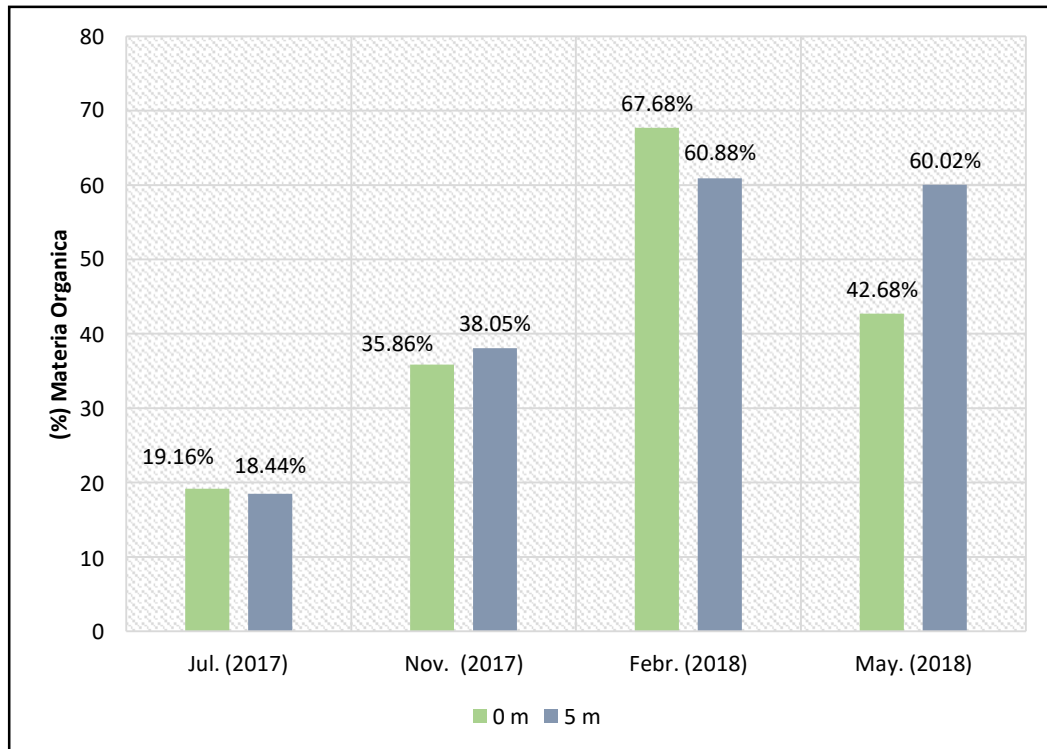


Figura 5. Valores promedio de materia orgánica obtenida del análisis de suelos a diferentes estaciones y distancias del canal de drenaje. Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Valores porcentuales de porosidad del suelo presente en suelos evaluados

La Tabla 9, muestra los valores porcentuales promedio porosidad obtenida del análisis de suelos a distintas distancias del canal de drenaje. El valor porcentual máximo registrado fue de 67,81% correspondiente a los 5 metros colecta de distancia del canal de drenaje. El valor porcentual promedio mínimo registrado fue de 58,63 % correspondiente a 0 metros de distancia del canal de drenaje.

Tabla 9

Valores porcentuales de porosidad del suelo obtenido de las diferentes estaciones y distancias con respecto al canal de drenaje

Distancia de canal de drenaje (m)	Periodos			
	Julio (2017)	Noviembre (2017)	Febrero (2018)	Mayo (2018)
0	45,45	45,45	45,45	45,45
	71,43	71,43	71,43	71,43
	60,00	60,00	60,00	60,00
	60,00	60,00	60,00	60,00
	56,25	56,25	56,25	56,25
	58,63 ± 9,31	58,63 ± 9,31	58,63 ± 9,31	58,63 ± 9,31
5	60,00	60,00	60,00	60,00
	86,67	86,67	86,67	86,67
	73,75	73,75	73,75	73,75
	50,00	50,00	50,00	50,00
	68,63	68,63	68,63	68,63
	67,81 ± 13,87	67,81 ± 13,87	67,81 ± 13,87	67,81 ± 13,87

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Valores promedio de temperatura del suelo

La Tabla 10, muestra los valores promedio de temperatura obtenida del análisis de suelos en diferentes estaciones y a distintas distancias del canal de drenaje. El valor máximo de la temperatura registrado fue de $9,36 \pm 2,21$ °C correspondiente al periodo colecta de febrero del 2018 y obtenida a 5 metros de distancia del canal de drenaje. El valor promedio mínimo registrado fue de $6,34 \pm 0,92$ °C correspondiente al periodo colecta de julio del 2017 y obtenida a 5 metros de distancia del canal de drenaje.

Tabla 10

Valores promedio de Temperatura (°C) del suelo obtenido de las diferentes estaciones y distancias con respecto al canal de drenaje

Distancia de canal de drenaje (m)	Periodos			
	Jul. (2017)	Nov. (2017)	Feb. (2018)	May. (2018)
0	7,4	6,7	8,4	6,5
	7,2	6,6	7,9	6,6
	6,6	7,7	7,5	6,9
	5,3	7,7	13,6	9,5
	6,2	7,5	8,4	7,2
	6,54 ± 0,75	7,24 ± 0,54	9,16 ± 2,5	7,34 ± 1,23
	6,5	7	8,1	6,8
	5,7	7	9,9	6,8
5	5,2	7	6,2	6,4
	6,7	7	11,6	7,7
	7,6	7	11	8,2
	6,34 ± 0,92	7 ± 0,0	9,36 ± 2,21	7,18 ± 0,74

Fuente: Elaboración propia.

La diferencia de las temperaturas tomadas en el suelo, tiene muy pequeña variación a lo largo del año, excepcionalmente el mes de febrero tiene una variación importante, luego se observa que esta diferenciación de hasta 2 o máximo tres grados estaría explicado por la variación estacional, dado que en los meses de febrero (estación de humedad, en la cordillera), genera un mayor amortiguamiento en la variabilidad de la temperatura ambiental, lo que conlleva a que se genere también un amortiguamiento en la temperatura del suelo. Y las estaciones que se tiene menor temperatura es la estación de estiaje, donde las variaciones de temperatura ambiental son mayores, lo que conlleva a caída de heladas y cielos muy despejados.

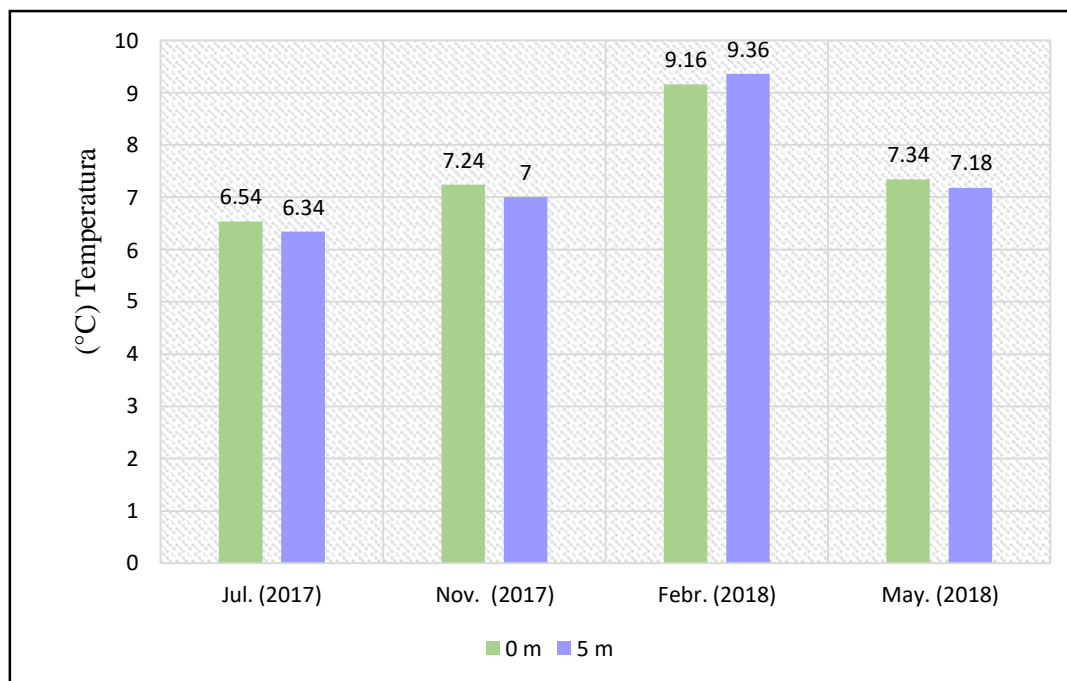


Figura 7. Valores promedio de temperatura del suelo a diferentes distancias del canal de drenaje. Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. Valores promedio del pH del suelo

La Tabla 11, muestra los valores promedio de pH obtenida del análisis de suelos a diferentes estaciones y a distintas distancias del canal de drenaje. El valor máximo del pH registrado fue de $7,96 \pm 0,31$ correspondiente al periodo colecta de julio del 2017 y obtenida a 5 metros de distancia del canal de drenaje. El valor promedio mínimo registrado fue de $6,24 \pm 0,035$ correspondiente a la colecta de julio del 2017 y obtenida a 5 metros de distancia del canal de drenaje.

Tabla 11

Valores promedio de pH suelo obtenido de las diferentes estaciones y distancias con respecto al canal de drenaje

Distancia de canal de drenaje (m)	Periodos			
	Julio (2017)	Noviembre (2017)	Febrero (2018)	Mayo (2018)
0	6,9	7,3	6,6	7,0
	7,8	6,5	6,5	6,3
	8,2	6,6	6,5	6,2
	8,1	5,9	6,7	6,4
	8,3	6,6	6,8	6,5
	7,86 ± 0,56	6,58 ± 0,04	6,62 ± 0,13	6,48 ± 0,31
5	7,5	6,7	6,6	6,7
	7,9	6,4	6,6	6,2
	7,9	6	6,3	6,3
	8,2	5,9	6,7	6,5
	8,3	6,2	6,7	6,3
	7,96 ± 0,31	6,24 ± 0,035	6,58 ± 0,16	6,4 ± 0,2

Fuente: Elaboración propia.

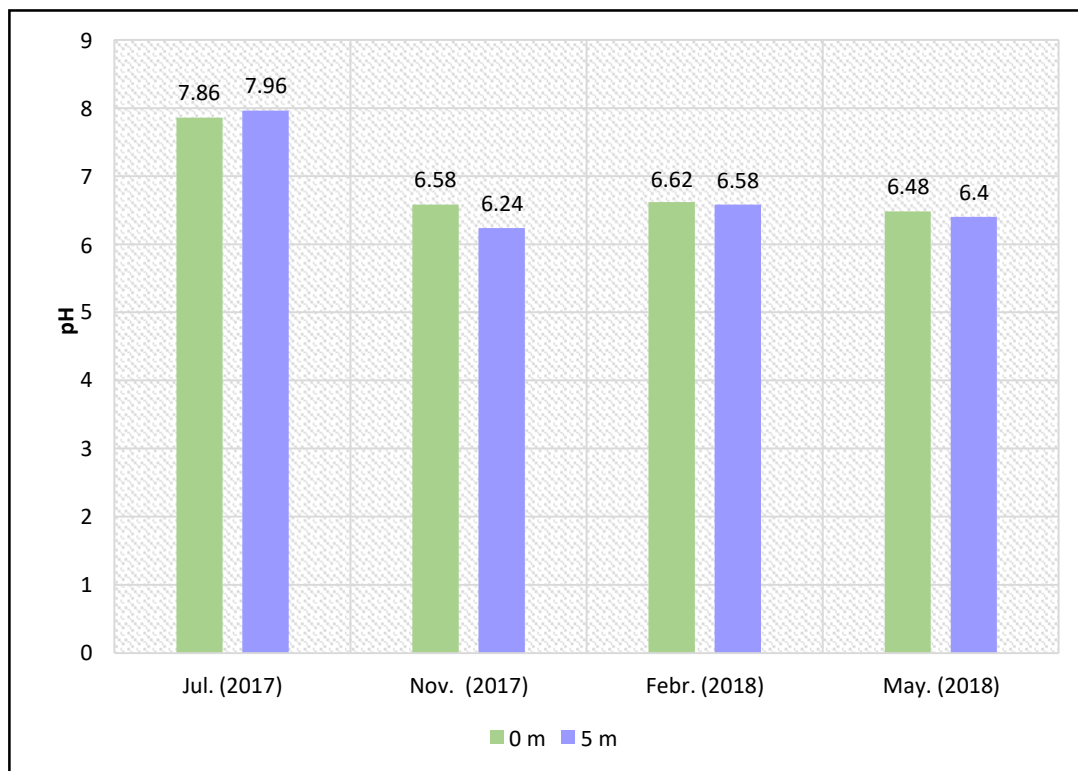


Figura 8. Valores promedio de pH del suelo a diferentes distancias del canal de drenaje.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5. Valores promedio de la conductividad del suelo

La Tabla 12, muestra los valores promedio de conductividad obtenida de los suelos a diferentes periodos y a distintas distancias del canal de drenaje. El valor máximo de la conductividad registrado fue de $0,26 \pm 0,05 \mu\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$ correspondiente colecta de julio del 2017 y obtenida a 5 metros de distancia del canal de drenaje. El valor promedio mínimo registrado fue de $0,002 \pm 0,004 \mu\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$ correspondiente colecta de mayo del 2018 y obtenida a 5 metros de distancia del canal de drenaje.

Tabla 12

Valores promedio de la conductividad ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) del suelo obtenido de las diferentes estaciones y distancias con respecto al canal de drenaje

Distancia de canal de drenaje (m)	Periodos			
	Julio (2017)	Noviembre (2017)	Febrero (2018)	Mayo (2018)
0	0,22	0,14	0,03	0,02
	0,34	0,13	0,02	0
	0,3	0,07	0,02	0
	0,2	0,03	0,02	0
	0,28	0,06	0,04	0
	0,22 ± 0,05	0,086 ± 0,04	0,026 ± 0,008	0,004 ± 0,0089
5	0,33	0,12	0,03	0
	0,26	0,11	0,03	0
	0,25	0,08	0,02	0
	0,27	0,03	0,04	0
	0,19	0,09	0,04	0,01
	0,26 ± 0,05	0,09 ± 0,035	0,03 ± 0,0083	0,002 ± 0,004

Fuente: Elaboración propia.

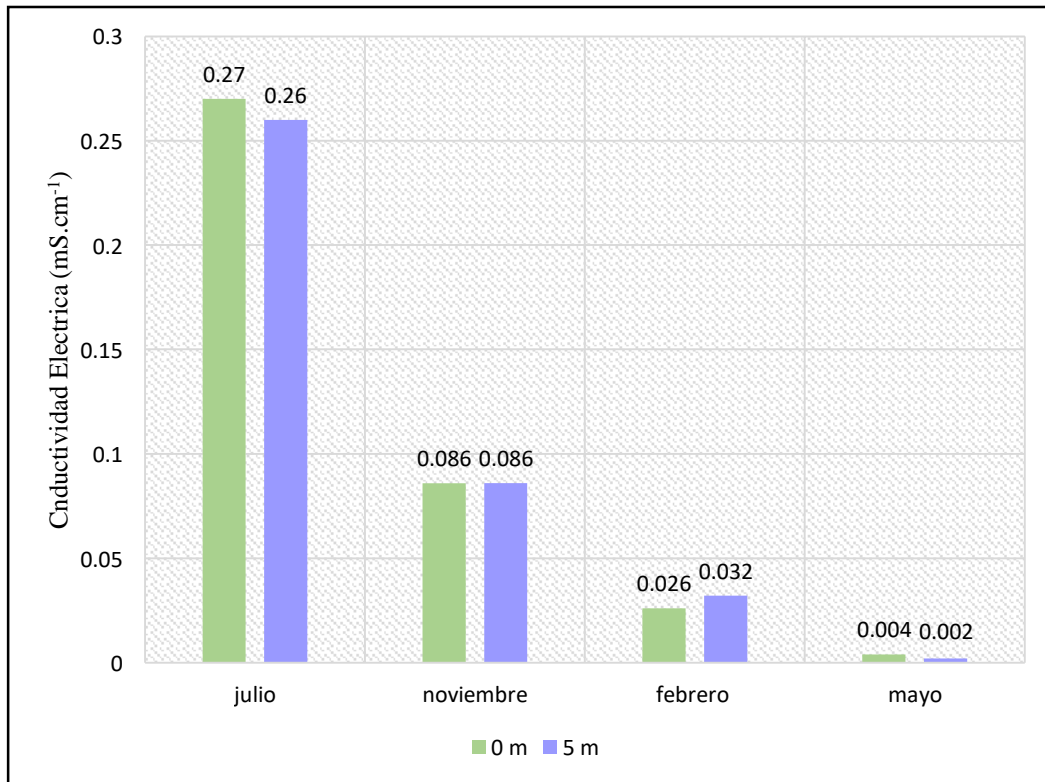


Figura 9. Valores promedio de conductividad eléctrica del suelo a diferentes distancias del canal de drenaje. Fuente: Elaboración propia.

3.2.6. Valores promedio del nivel freático del suelo

La Tabla 13, muestra los valores promedio del nivel freático de los suelos a diferentes periodos y a distintas distancias del canal de drenaje. El valor máximo del nivel freático registrado fue de $19,8 \pm 11,09$ cm correspondiente estación (inter-estación) colecta del mes de noviembre del 2017 y obtenida a 0 metros de distancia del canal de drenaje. El valor promedio mínimo registrado fue de $6,3 \pm 3,91$ cm correspondiente a la estación (húmeda) colecta del mes de febrero del 2018 y obtenida a 5 metros de distancia del canal de drenaje.

Tabla13

Valores promedio del nivel freático (cm) del suelo obtenido de las diferentes estaciones y distancias con respecto al canal de drenaje

Distancia de canal de drenaje (m)	Periodos			
	Jul. (2017) (Valores en cm)	Nov. (2017)	Feb. (2018)	May. (2018)
0	15	8	7	9
	16	12	10,4	12
	21	18	7,7	12
	28	25	7,5	6
	36	36	11,5	31
	15 ± 8,8	19,8 ± 11,09	8,8 ± 1,99	14 ± 9,82
5	16	11	4,5	6
	15	12	6,5	6
	17	15	8	14
	19	16	1	2
	30	38	11,5	12
	19,4 ± 6,1	18,4 ± 11,1	6,3 ± 3,91	8 ± 4,89

Fuente: Elaboración propia.

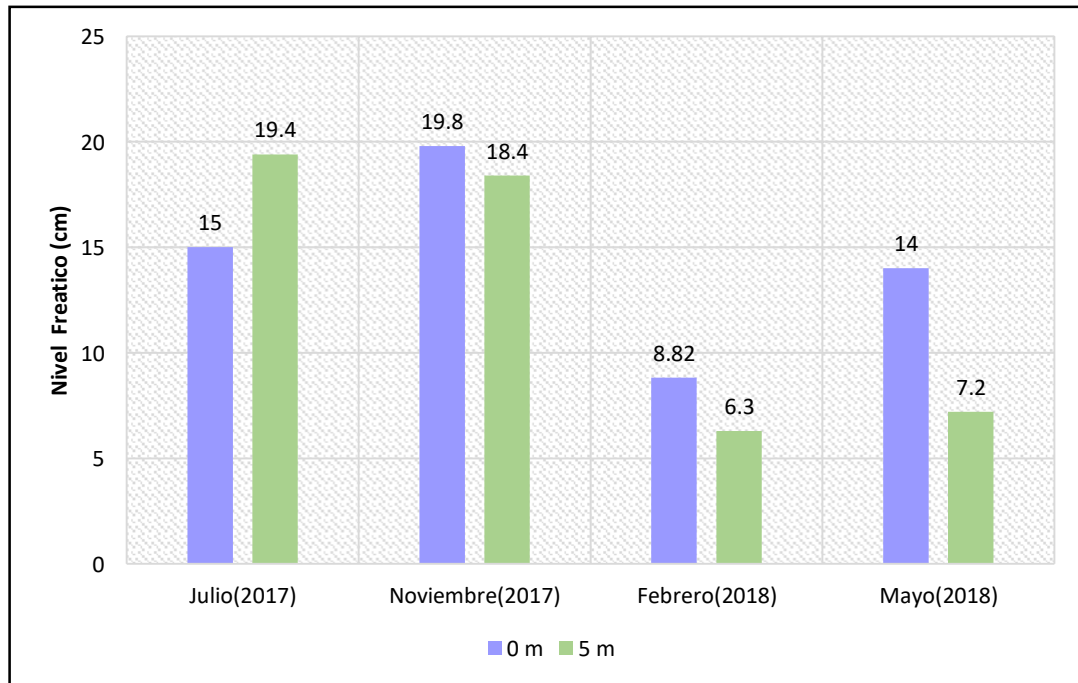


Figura 10. Valores promedio del nivel freático de los suelos a diferentes estaciones y distancias del canal de drenaje. Fuente: Elaboración propia.

3.2.7. Textura de suelo

En la Tabla 14 y el Apéndice 3 se muestran la textura del suelo del bofedal obtenido de los diferentes periodos y distancias con respecto al canal de drenaje. Se observa que las muestras de suelo extraídas de la distancia correspondiente a 0 m presentó una clase textural Franco Arenosa (Fr.A), con un porcentaje promedio de 63 % de arena, 23 % correspondiente al limo y un 14 % para arcilla. La primera muestra de suelo extraídas a 5 m presentó una clase textural Arena Franca (A.Fr), con porcentaje de 79 % de arena, 14 % de limo y un 7 % de arcilla, mientras que la segunda presentó una clase textural Franco Arcillosa (Fr.Ar), con un porcentaje de 31 % de arena, 30 % de limo y 39 % de arcilla.

Tabla 14

Textura del suelo de los bofedales obtenido de los diferentes periodos y distancias con respecto al canal de drenaje, (Fr.Ar=Franco Arcilloso, A.Fr=Arena Franca, Fr.A=Franco Arenoso)

Distancia de canal de drenaje (m)	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase textural
0	65	22	13	Fr.A
	61	24	15	Fr.A
5	79	14	7	A.Fr
	31	30	39	Fr.Ar

Fuente: Elaboración propia.

3.2.8. Análisis de la Correlación de Pearson

El índice de correlación de Pearson fue empleado para determinar las relaciones entre los valores promedio de porcentaje de humedad, materia orgánica y porosidad; así como los valores promedio del pH, conductividad eléctrica, nivel freático (Tabla 15).

Se encontraron correlaciones positivas entre el Humedad y Materia orgánica ($r=0,579$; $p=0,000$), pH y conductividad eléctrica ($r=0,83$; $p=0,000$), pH y nivel freático ($r=0,33$; $p=0,033$), conductividad eléctrica con nivel freático ($r=0,402$; $p=0,01$), Humedad y el nivel freático ($r= -0,57$; $p=0,000$), y correlaciones negativas entre la Materia orgánica y pH ($r= -0,404$; $p=0,001$), materia orgánica y nivel freático ($r= -0,523$; $p=0,001$), Materia orgánica y conductividad eléctrica ($r= -0,484$; $p=0,002$).

El parámetro pH y la conductividad eléctrica presentan una alta correlación directa significativa lo que explicaría que los cambios de pH generan una alta solubilidad de los minerales e incrementen la conductividad eléctrica de los suelos.

Tabla 15

Valores de correlación de Pearson entre las variables % Humedad (%H), % Materia orgánica (%M.O), Conductividad eléctrica (C.E), Nivel freático (N.F), pH y % de Porosidad (%P)

		Correlaciones					
		%H	% M.O	pH	C.E	N.F	% P
% H	Correlación de Pearson	1	0,579*	-0,225	-0,115	0,579*	0,275
	Sig. (bilateral)		0,000	0,163	0,479	0,000	0,086
% M.O	Correlación de Pearson	0,579**	1	-0,404*	-0,484*	-0,523*	0,232
	Sig. (bilateral)	0,000		0,010	0,002	0,001	0,149
pH	Correlación de Pearson	-0,225	-0,404*	1	0,835*	0,338*	-0,091
	Sig. (bilateral)	0,163	0,010		0,000	0,033	0,575
C.E	Correlación de Pearson	-0,115	-0,484*	0,835*	1	0,402*	0,017
	Sig. (bilateral)	0,479	0,002	0,000		0,010	0,916
N.F	Correlación de Pearson	0,579**	-0,523*	0,338*	0,402*	1	-0,014
	Sig. (bilateral)	0,000	0,001	0,033	0,010		0,933
% P	Correlación de Pearson	0,275	0,232	-0,091	0,017	-0,014	1

Sig. (bilateral)	0,086	0,149	0,575	0,916	0,933
---------------------	-------	-------	-------	-------	-------

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

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

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 16, nos muestra en cuanto a la humedad de suelo tiene mayor influencia positiva moderada con la materia orgánica y nivel freático debido que son parámetros que tiene mayor influencia que con los demás parámetros fisicoquímicos.

Tabla 16

Correlación de Humedad de Suelo con las características físicas

Estadísticas de la regresión de Humedad de Suelo con las características físicas del suelo	
Relación	R ² ajustado
% H.S + % MO	0,579
% H.S + pH	-0,225
% H.S + C.E	-0,115
% H.S + NF	0,579
% H.S + % P	0,275

Fuente: Elaboración propia.

3.2.9. Relación de humedad de suelo con el nivel freática.

En la Figura 11, se muestra la relación de humedad de suelo con el nivel freático a 0 y 5 metros del canal de drenaje. El nivel freático de mayor profundidad es 19,8 cm y el porcentaje de humedad de suelo tiende a disminuir a 67,53 % en 0 metros del canal de drenaje en época de inter-estación (noviembre), mientras que el nivel freático de menor profundidad es 6,3 cm a 5 metros del canal. El porcentaje de humedad de suelo tiende a aumentar a 77,85 % en 5 metros del canal de drenaje en época húmeda (febrero), esto puede deberse que a mayor profundidad de

nivel freático menor es el porcentaje de humedad de suelo, mientras que a menor profundidad de nivel freático mayor es el porcentaje de humedad de suelo, esto influye la profundidad de extracción de muestra a 25 cm.

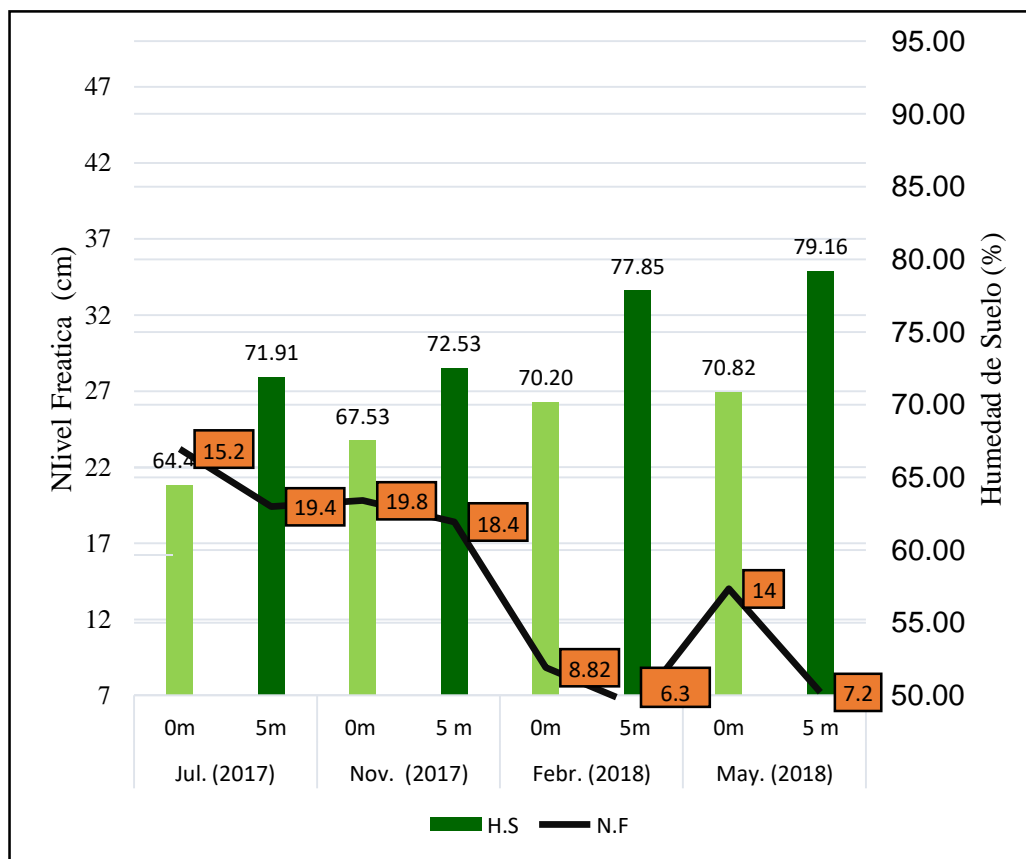


Figura 11. Humedad de suelo con nivel freático. Fuente: Elaboración propia.

3.2.10. Relación de humedad de suelo con Materia Orgánica

En la Figura 12, se muestra la relación de humedad de suelo con la materia orgánica a los 0 y 5 metros del canal de drenaje. En los meses julio y noviembre (época seca) la provisión de agua fue mínimo, por ende, la acumulación de materia orgánica es menor, mientras que en los meses

de febrero y noviembre (época húmeda) el porcentaje de agua en el suelo es mayor por ende hay mayor porcentaje de acumulación de materia orgánica.

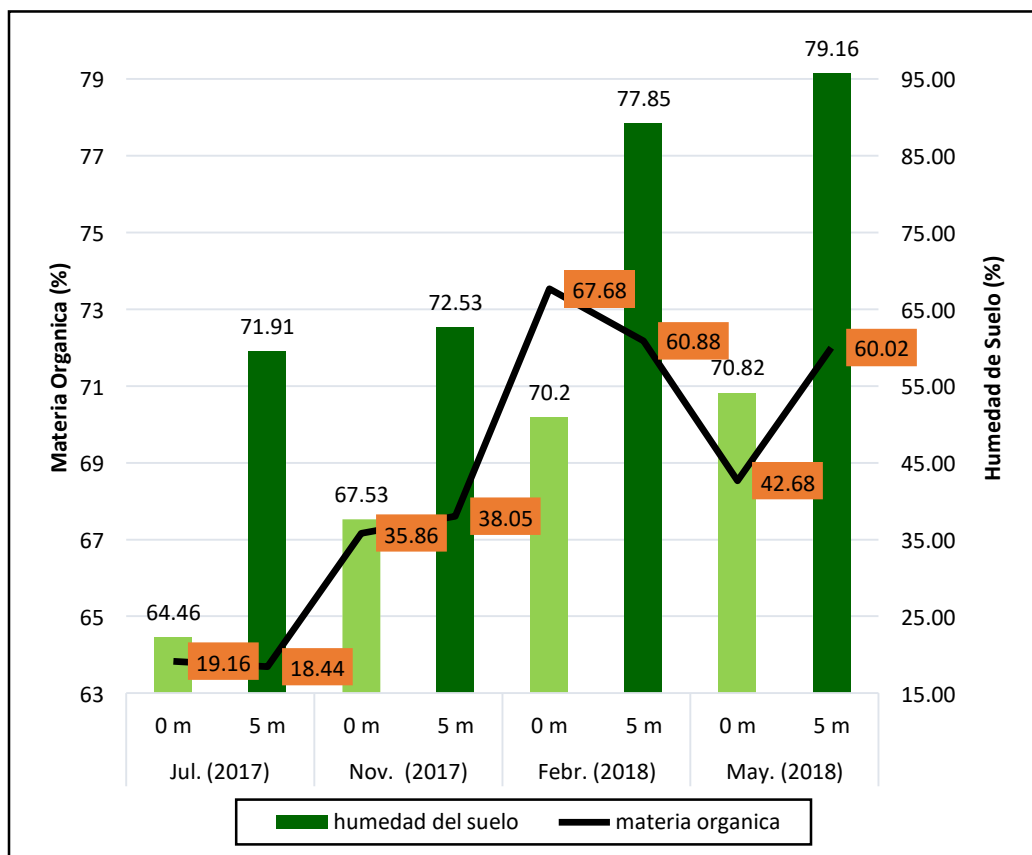


Figura 12. Humedad de suelo con materia orgánica. Fuente: Elaboración propia.

3.2.11. Variabilidad de los parámetros físicos

A continuación, los gráficos muestran las variaciones de los datos entre los 0 a 5 metros del canal de drenaje en los Bofedales de Moyobamba durante la temporada seca e inter-estación y húmeda en los años 2017 y 2018.

a. Variabilidad de humedad de suelo

En el diagrama de cajas (Figura 13), muestra la variabilidad de los datos de humedad de suelo a los 0 y 5 metros del canal de drenaje. Los valores registrados del porcentaje de humedad de suelo son de mayor variabilidad a los 0 metros del canal de drenaje, mientras que a los 5 metros del canal de drenaje los valores registrados de humedad de suelo son de menor variabilidad que los de 0 metros.

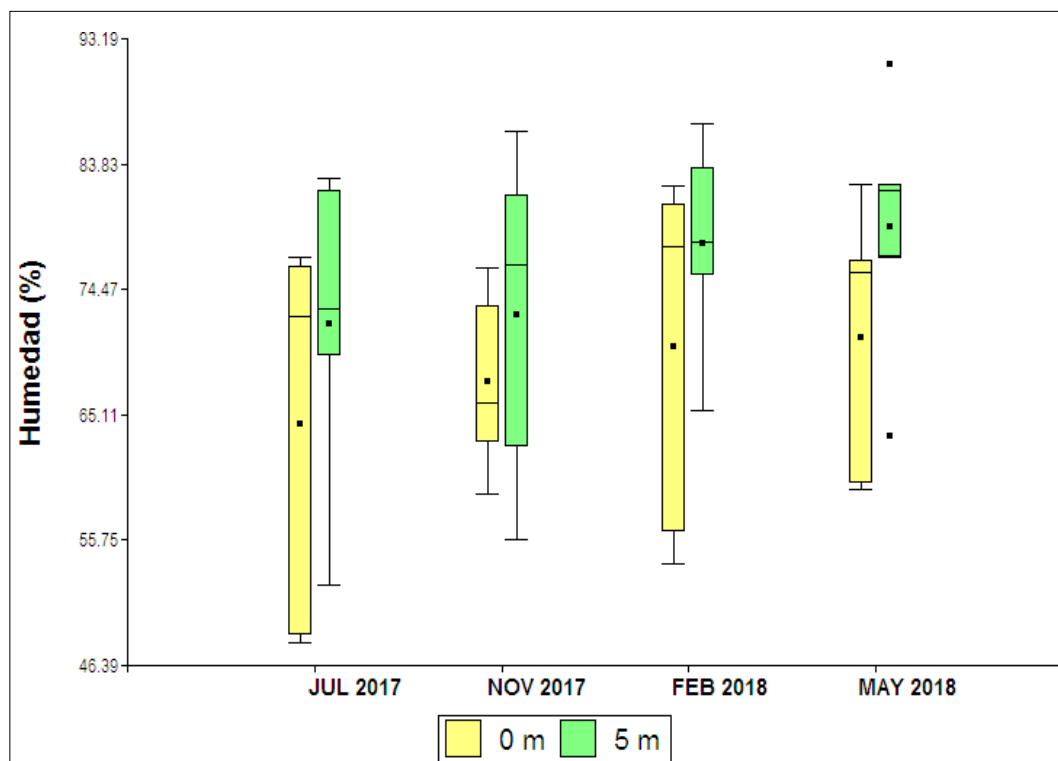


Figura 13. Variabilidad de datos de humedad de suelo de 0 a 5 metros del canal de drenaje. Fuente: Elaboración propia.

b. Variabilidad de Nivel Freática

En el diagrama de cajas (Figura 14), muestran la variabilidad de los datos del nivel freático a los 0 y a 5 metros del canal de drenaje. Los puntos con mayor dispersión de datos son los meses de julio y noviembre así mismo los puntos de menor dispersión de datos son los meses de febrero, mayo y con puntos atípicos a los 0 metros del canal de drenaje, mientras los datos fueron de menor dispersión en los cuatro meses de evaluación y con puntos atípicos a los 5 metros del canal de drenaje.

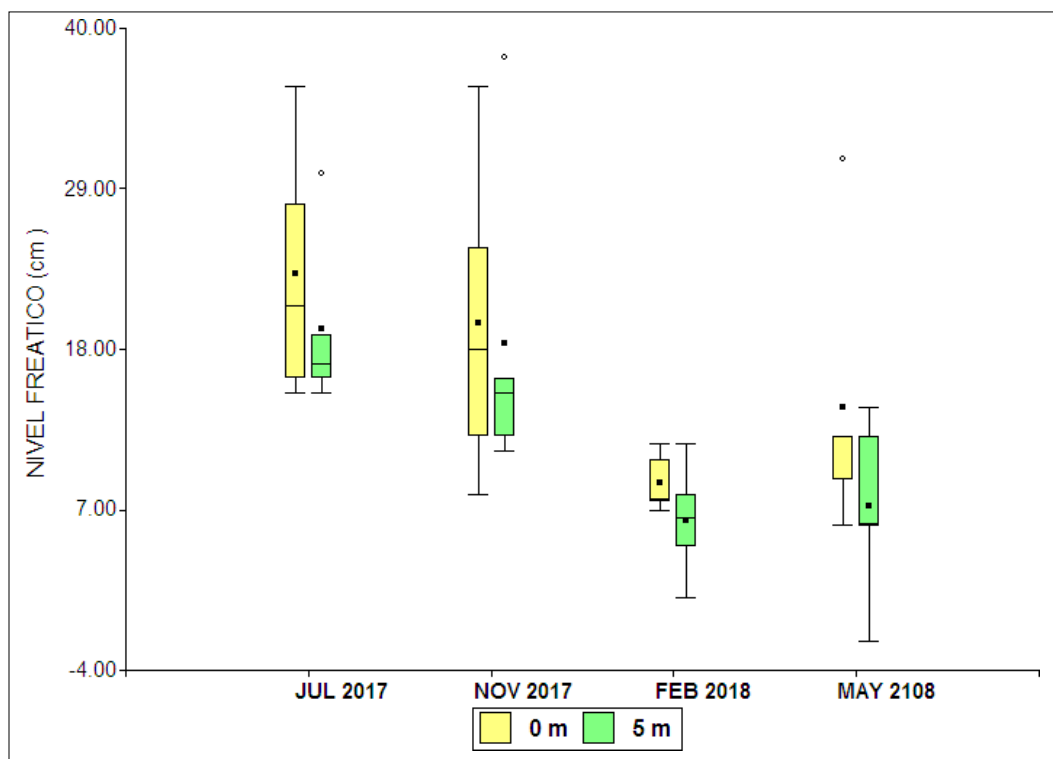


Figura 14. Variabilidad de datos de nivel freático temporada seca, humedad e interceptaciones. Fuente: Elaboración propia.

c. Variabilidad de Materia Orgánica

En el diagrama de cajas (Figura 15), muestra los datos registrados de variabilidad de la materia orgánica a los 0 y 5 metros del canal de drenaje. En los meses de febrero y mayo los datos tienden a una mayor variabilidad, mientras que en los meses de julio y noviembre los datos mantienen menor variabilidad a los 0 metros del canal de drenaje. En tanto a los 5 metros del canal de drenaje durante los meses de noviembre, febrero y mayo presentan una mayor variabilidad comparado al mes de julio, que es una época seca en la que presenta menor la variabilidad de datos y con punto atípico.

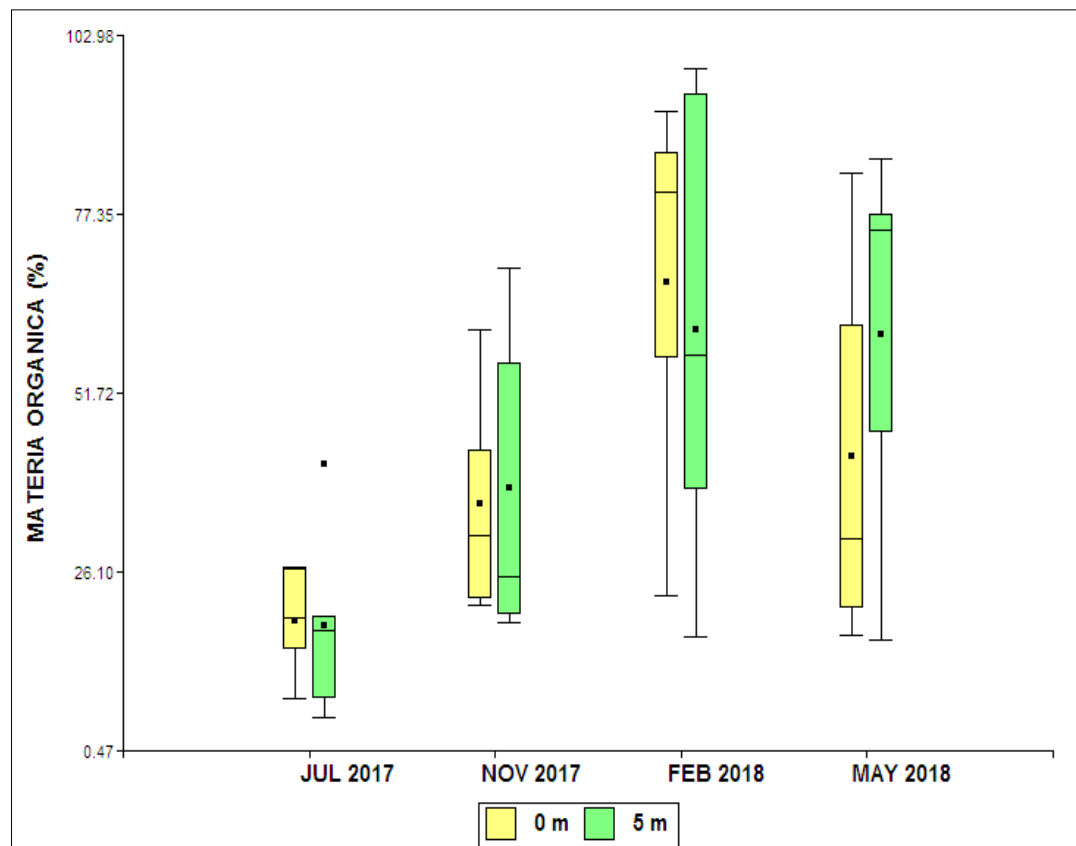


Figura 15: Variabilidad de datos de materia orgánica temporada seca, humedad e interceptaciones. Fuente: Elaboración propia.

3.3. Determinar los factores antrópicos, ambientales con la humedad del suelo en los bofedales altoandinos del sector Moyobamba

En la zona de estudio se identificaron algunos factores antrópicos y ambientales tabla 15, que están relacionados en cuanto al almacenamiento de agua en los suelos de bofedales, que son ecosistemas de importancia ambiental, debido a la gran variedad de servicios que ofrece, a ello se debe conservar ya que son hábitat altamente vulnerables por las acciones antrópicas.

Tabla 17

Factores antrópicos y ambientales de los bofedales altoandinos

Bofedales altoandinos	
Factores antrópicos	Factores ambientales
Obras de drenaje	Almacenamiento de agua
Pastoreo del ganado ovino y camélidos sudamericanos	Habitad de muchas especies
	Captura de carbono

Fuente: Elaboración propia.

Como actividad antrópica se consideró en el sector Moyobamba las obras de drenaje y el pastoreo del ganado ovino y camélidos sudamericanos, que generan un impacto mínimo en el almacenamiento de agua en los suelos de los bofedales de dicho sector, obteniendo una variación del nivel de almacenamiento de agua en relación a los diferentes distancias del canal de drenaje, donde a los 0 metros del canal de drenaje se

mostraron valores menores a 70,82 % de humedad en el suelo y a los 5 metros del canal de drenaje mostraron valores superiores a 71,91 % de humedad en el suelo, esta diferencia es debido a que el canal de drenaje afecta en la acumulación de agua en el bofedal (figura 16)

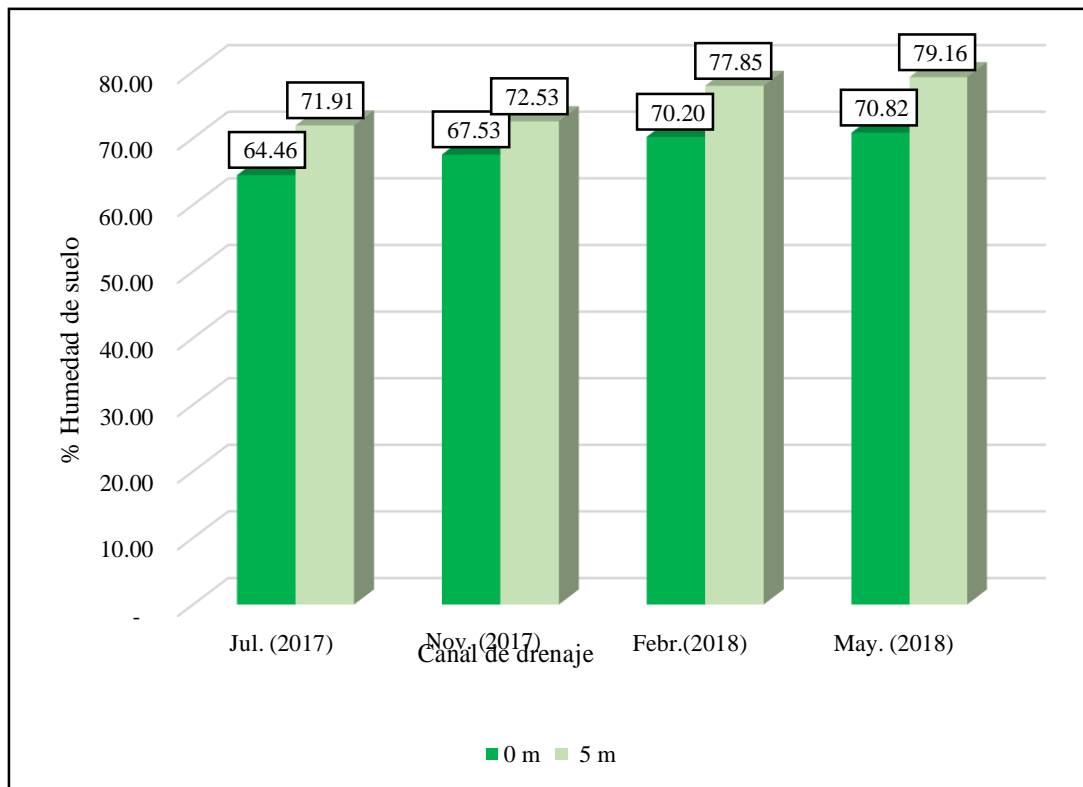


Figura 16: Variación de humedad de suelo a los 0 y 5 metros del canal de drenaje.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: DISCUSIONES

4.1. Porcentaje de humedad de suelo en zonas asociados a un canal de drenaje

Con respecto a las épocas de evaluación, el porcentaje de humedad de suelo con mayor presencia de porcentaje de humedad es 79,16 % en la época inter-estación (mayo) a 5 metros del canal de drenaje en comparación con la época seca (julio) a 0 metros del canal de drenaje, cuyo porcentaje de humedad es menor dando un valor de 64,46 %; siendo esto los meses más fríos (mayo a setiembre) y los meses más secos (junio a setiembre). Esta diferencia podría deberse a las épocas y a los cambios climáticos de la zona.

En la presente investigación el valor máximo promedio de humedad de suelo registrado fue de 79,16 %, asimismo, el valor máximo promedio de materia orgánica registrado fue de 60,88 % correspondiente a los 5 metros del canal de drenaje. En tanto para 0 metros del canal de drenaje el valor máximo promedio de humedad de suelo registrado fue de 70,82 % y el valor máximo promedio de materia orgánica registrado fue de 67,68 %. León (2016), en su estudio de la reserva de carbono en bofedales de Ancash, también registró el valor promedio de 66 % de humedad permanente del suelo asociado a un 39,52 % de materia orgánica, al igual que Caro (2010) quien reportó una humedad del 95 % con un contenido alto de materia orgánica del 50,4 % al realizar estudios de los bofedales de la reserva de Junín; de los anterior se puede inferir que la materia orgánica y el contenido de humedad del suelo tienen una relación fuertemente asociados, mientras mayor es el porcentaje de humedad de suelo será mayor el porcentaje de materia orgánica.

En las distintas distancias del canal de drenaje, se observa que a los 5 metros del canal de drenaje los valores de porcentaje de humedad de suelo fueron superiores a 71,91 % este valor indica que hay un mayor estado de conservación de bofedales, mientras que a los 0 metros del canal de drenaje los valores del porcentaje de humedad de suelo son menores a 70,82 %. Esta diferencia podría deberse que a los 0 metros del canal de drenaje ha sido intervenido por la actividad humana construyendo canales de drenaje, por ende, pierde la capacidad de almacenamiento de agua, ya que directamente drena el agua al canal. Mientras que, a los 5 metros del canal de drenaje, el suelo es plano y no hay ninguna intervención, por lo tanto, hay mayor retención y acumulación de agua.

4.2. Los parámetros físicos del suelo y su relación con la humedad del suelo

La Materia orgánica es un indicador clave de la calidad del suelo y es un factor determinante en la actividad biológica del suelo, puesto que tiene un impacto primordial sobre las propiedades físicas de los suelos (Robert, 1996), y está estrechamente vinculado con la profundidad. En la presente investigación se obtuvieron valores máximos de materia orgánica de 67,68 % presentes en el suelo, extraídos a una profundidad de 25 cm. Este valor es cercano a lo reportado por León (2016), que evaluó el contenido de materia orgánica a profundidades de 10 y 15 cm en bofedales de Ancash y Huancavelica, cuyos valores promedios fueron de 26,5 % y 93 % respectivamente. Cabe mencionar que los bofedales estudiados por León se encontraban saturados de agua, lo que indica que estos bofedales son alimentados por un flujo hídrico subterráneo, a pesar de que fueron evaluados en época de secano al igual que lo reportado en el presente estudio. León expresa que el bajo valor de materia orgánica presente en el bofedal de Ancash podría deberse a una fuerte interacción entre los minerales presentes en el suelo lo que generaría una alta estabilización de la materia orgánica y que la cantidad en los primeros horizontes siempre es mayor a las más profundas.

La porosidad del suelo superficial en gran medida decide la penetración del agua y las formas de escorrentía que afectan la desintegración del agua y el transporte de agua en el suelo, tal como lo menciona Horowitz y Walling (2005). Se han encontrado porcentajes de porosidad alrededor del 55 % a profundidades de 0 - 15 cm en suelos del bofedal Peñas del Altiplano Norte, Bolivia, tal como lo reporta Callisaya (2010). En la investigación realizada

por Palabral (2013) en el bofedal de Aynacha Pacoco-Bolivia se obtuvieron muestras de suelo a 1.4 m de profundidad conteniendo un 75 a 95 % de porosidad y estando muy relacionado con un elevado porcentaje de materia orgánica. La materia orgánica permite la captación y acumulación de agua en el suelo, para luego liberarla lentamente. Esta capacidad de retención de los suelos se debe a la porosidad tal como lo reporta Llambi *et al.* (2012), se corrobora en la presente investigación, con respecto a la porosidad del suelo el valor promedio máximo registrado fue de 67,81 % correspondiente a 5 metros del canal de drenaje y el valor promedio mínimo registrado fue de 58,63 % correspondiente a 0 metros de distancia del canal de drenaje obteniendo muestra de suelo a 25 cm de profundidad, teniendo una elevada relación con la materia orgánica ya que a los 5 metros es de 60 % de materia orgánica y a los 0 metros es de 48 % todo esto en el mes de mayo.

En la presente investigación los valores de pH obtenidos presentan rangos de pH ligeramente ácidos (6,24) a valores moderadamente alcalinos (7,96), según la clasificación dada por la Soil Survey Division [SSDS] (1993). Este valor de pH levemente ácido a ligeramente alcalino, a pesar de su elevado contenido de materia orgánica, probablemente sea porque procede de rocas sedimentarias con conglomerados calcáreos tal como lo refiere Tinoco (2016), además, el valor de pH presenta una relación estrecha con la porosidad de los suelos; así los suelos exorbitantemente ácidos suelen tener una estructura poco desarrollada y una baja porosidad. Los resultados demuestran que los altos valores de porosidad (79 %) encontrados, son señal de suelos con poca acidez.

En la investigación el nivel freático que se encontró con mínima profundidad fue de 6,3 cm a 5 metros del canal de drenaje en la época húmeda (mayo 2018). Quispe (2011) expresa que los suelos orgánicos profundos con sumersión y renovación permanente de agua, mantienen profundidades de nivel freático entre 0,05 y 0,15 m bajo el nivel de agua muy similares a los encontrados en el bofedal estudiado con Villarroel (2010) con un rango de 0,063 a 0,19 m. Similares profundidades han sido reportados por Crispin (2015), cuyo estudio mostró un nivel freático de 0,2 m en el bofedal de Yacumbi en Ecuador. Uno de los factores importantes para el desarrollo de los bofedales es el nivel freático, mientras menor es la profundidad, el bofedal se podrá desarrollar mejor.

Los bofedales presentan una gran variedad de tipos texturales, así Tinoco (2016) reportó para los bofedales de la zona alto-andina peruana suelos con textura Franca (10-55 cm), Franca arenosa (80-100 cm) y Franco Arcillosa (25-50 cm). Las muestras de la presente investigación fueron extraídas a una profundidad de 25 cm y presentaron tres tipos texturales, siendo la Franca arenosa la más representativa, seguida de la Franco Arcillosa. Esta estructura textural es muy común de los suelos alto-andinos que van generalmente del franco, franco arenoso al franco arcilloso tal como lo refiere Sotelo (1981) al hacer un inventario y clasificación de pastizales.

En cuanto a la relación de humedad de suelo con las características fisicoquímicas del suelo tales como la temperatura, pH, nivel freático, conductividad eléctrica, materia orgánica y porosidad, la humedad de suelo tiene una relación positiva y mejor comportamiento con la materia orgánica y el nivel freático, mientras que, con las demás características fisicoquímicas como la temperatura, pH conductividad eléctrica y porosidad no tiene mucha relación.

4.3. Determinar los factores antrópicos, ambientales y la humedad del suelo en los bofedales altoandinos del sector Moyobamba

Estos ecosistemas frágil viene siendo afectado por las actividades antrópicas como son: el sobrepastoreo (pérdida de la calidad del forraje), obras de drenaje para el desarrollo de actividades productivas, construcción de reservorios, represas, extracción para leña, y entre otras, según Loyola (2015), así mismo en la investigación reporto que viene siendo afectado por las actividades antrópicas que son los canales de drenaje y el pastoreo de ganado ovino y camélidos sudamericanos, afectando la capacidad de almacenamiento de agua de los bofedales.

Estos ecosistemas están entre los más productivos del mundo y son de inmensa importancia social y económica para la humanidad, pues proporcionan múltiples servicios ambientales como regulación del ciclo hidrológico, protección del suelo, produciendo pastos frescos en cantidad y de buena calidad para la crianza de ganado, que es una de las principales actividades de la zona según el estudio Alzérreca *et al.*, (2001) estos ecosistemas proveen

bienes y servicios ambientales que son claves en la seguridad alimentaria de las poblaciones locales.

Con respecto a los factores antrópicos que son las obras de drenaje y pastoreo de ganado ovino y camélidos sudamericanos se observó una variación mínima en cuanto a las épocas y distintas distancia del canal de drenaje, donde a los 0 metros del canal de drenaje se mostraron valores menores a 70,82 % de humedad de suelo mientras que a los 5 metros del canal de drenaje mostraron valores superiores a 71,91 % de humedad de suelo, esta diferencia se debe a que al canal de drenaje filtra el agua y ya no hay acumulación de agua en esa zona (Gil, 2005) Las actividades antrópicas como el pastoreo, pisoteo del ganado por su tránsito normal durante el proceso de pastoreo, va generando un cambio en la estructura del suelo convirtiéndolo en compactado, cuyo resultado a través del tiempo es la dificultad de penetración del agua sobre el perfil del suelo, la construcción de caminos y drenajes alteran el flujo normal del agua.

CAPÍTULO V: CONCLUSION

El porcentaje de humedad de suelo a los 0 y 5 metros del canal de drenaje, evidenciaron que para las zonas correspondientes a los 5 metros del canal de drenaje hay porcentajes mayores, mostrando los valores (71,91 %, 72,53 %, 77,85 % y 79,16 %), mientras que a 0 metros del canal de drenaje se presenta porcentaje menores, mostrando los valores (64,46 %, 67,53 %, 70,2 %, 70,82 %), debido que a los 5 metros del canal de drenaje el terreno ligeramente plano y por ende hay mayor acumulación de agua y a los 0 metros del canal de drenaje es menor debido a la filtración de agua al canal.

El porcentaje de humedad de suelo en cuanto a las épocas se registró con mayor presencia en la época inter-estación (mayo 2018) con valor de 79,16 % para 5 metros del canal de drenaje y con valor de 70,82 % para 0 metros del canal de drenaje, mientras que en la época seca (julio 2017) el porcentaje de humedad de suelo disminuyó llegando a un valor de 71,91 % para 5 metros del canal de drenaje y con valor de 64,46 % para 0 metros del canal de drenaje.

La humedad de suelo tiene una relación positiva alta con los parámetros físicos tales como los valores porcentuales de materia orgánica y nivel freático, mientras que, con la conductividad eléctrica, pH, temperatura y porosidad no tiene una relación positiva, por lo tanto, que estos dos parámetros tienen mayor influencia con la humedad de suelo.

Los bofedales, a pesar de su importancia, son considerados hoy ecosistemas que han perdido parte de su capacidad a consecuencia de los canales de drenaje y pastoreo también proveer bienes y servicios ambientales, son una gran variedad de servicios ecosistémicos que ofrecen, en el sector Moyobamba-Tanta, se determinó principalmente el almacenamiento de agua en el suelo de los bofedales.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

Elaborar trabajos de investigación sobre humedad de suelo en bofedales en diferentes periodos a medida que esto aumentará la calidad inquebrantable de los resultados conseguidos.

Efectuar investigaciones de medición del bienestar de los bofedales utilizando estrategias que evalúen sus cualidades ambientales, permitiendo establecer la relación entre la salud ecológica y la humedad del suelo.

Desarrollar investigaciones para determinar la cantidad de Carbono almacenado en la flora, tanto dentro de la porción aérea como subterránea de cada especie vegetal para poder decidir su compromiso de Carbono con el suelo.

Ejecutar estudios de réplicas de humedad de suelo en bofedales, en otros lugares con las mismas características.

Con referente al estudio de humedad de suelo, realizar trabajos a mayor distancia del canal de drenaje para ver las condiciones de la humedad de suelo.

REFERENCIAS

- Ahumada, M., Aguirre, F., Contreras, M., y Figueroa, A. (2011). Guía para la conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos. Chile. <http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/guiaConsSeguimientoHumedales2011.pdf>.
- Alzérreca, H. y Luna, D. (2001). Manual del Ganadero para el Manejo de Bofedales. La Paz. Bolivia. http://www.altperubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/Docum_bolivia/21.11%20VOL2.pdf.
- Andrade, J. (2016). *Determinación del estado de conservación de los bofedales de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo*. (Tesis de grado). Escuela superior politécnica de Chimborazo, Rkiobamba, Ecuador.
- Arenas, F. (2013). *Valoración económica ambiental de los bofedales de la subcuenca del río Ferrobamba*. Apurímac. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Peru.
- Cáceres, C. (2013). Protección y conservación de los bofedales y humedales en el Perú, Bolivia, España, Paraguay y Venezuela. Informe de Investigación N° 33/2013-2014, a DIDP, Lima. [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/2DC66A75EEB084C2052581140077DAB3/\\$FILE/302_INFINVES33_bofedales.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/2DC66A75EEB084C2052581140077DAB3/$FILE/302_INFINVES33_bofedales.pdf).
- Callisaya, J. (2010). *Evaluación de la influencia en la actividad antrópica en el manejo del bofedal de Peñas Altiplano Norte*. (Tesis de grado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Calvo, V. (2016). *Marco conceptual y metodológico para estimar el estado de salud de bofedales de alta montaña*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Peru.

- Cárdenas, M., y Encina, G. (2002). *Gestión sustentable de bofedales del Salar del Huasco*. Tarapaca, Chile.
[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/BC55AAE235A063F705257C6200804154/\\$FILE/Guia_Metodologica_Bofedales.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/BC55AAE235A063F705257C6200804154/$FILE/Guia_Metodologica_Bofedales.pdf)
- Célleri, R. (2010). *Estado del conocimiento técnico sobre los servicios ambientales hidrológicos generados en los Andes. Servicios ambientales para conservación de los recursos hídricos: Lección desde los Andes. Síntesis Regional CONDESAN*. doi:10.13140/2.1.4585.7602.
- Condori, R. (2011). *Evaluación de las Características y Distribución de los Bofedales en el Ámbito Peruano Del Sistema TDPS, Proyecto Conservación de la Biodiversidad en la Cuenca del Lago Titicaca – Desaguadero – Poopo - Salar le Coipasa*. Universidad Nacional del Altiplano , Puno.
- Crispin, M. (2015). *Valoración económica ambiental de los bofedales del distrito de Pilpichaca, Huancavelica, Perú*. (Tesis de Magister). Universidad Nacional Agraria - La Molina, Lima. Peru.
- Castro, M. (2011). *Una valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en los bofedales de los Paramos Ecuatorianos*. Quito, Ecuador.
- Daza, M., Hernández, F., y Alba, F. (2014). Efecto del uso del suelo en la capacidad de almacenamiento hídrico en el Páramo de Sumapaz- Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 67(1), 7189-7200.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179930032006>
- FAO. (2009). *Review of evidence on dryland Pastoral System and Climate Change: Implications and Opportunities for Mitigation and Adaptacion*. (C. Neely, y S. Bunnig, Edits.) <http://www.fao.org/3/a-i1135e.pdf>

- Florentino, A. (2006) *Métodos para medir el contenido de agua en el suelo*. (Tesis de Magister) Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.
- Flores, E., Tácuna, R., y Calvo, V. (2014). *Marco conceptual y metodológico para estimar el estado de salud de los bofedales*. Huaraz, Perú. Editorial Corporación Globalmark.
- Flores, R., Barrantes, A. y Tácuna, E. (2014). *capacidad de carga y retribución económica de bofedales sobrepastoreados*. Escuela de postgrado. una la molina
- Gabriels, D., y Lobo, D. (2006). Método para determinar granulometría y desnidad aparante del suelo. Venesuelos, 14(1).
http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_venes/article/view/982/0
- Garcia, J., y Willems, B. (2015). *Metodología para el estudio de Bofedales en cabecera de cuenca usando datos, imágenes de los sensores TM, OLI a bordo de los satélites Landsat - Caso estudio: Bofedales Chunal, Cuenca Alta del río Chillón*. Simposio Brasileno Anais XVII, 5563-5568.
<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1122.pdf>.
- García, J., Sosa, F., y Fernández, J. (2001). *El agua del suelo. Argentina*. Recuperado de <https://www.edafologia.org/app/download/7953452876/Agua+del+Suelo+X.pdf?f?t>.
- Jiménez, R. (1998). *Metodología de la investigación*. La Habana. p.12
- Horowitz, A., y Walling, D. (2005). *Sediment Budgets. International Association of Hydrological Sciences IAHS Press. International Association of Hydrological Sciences IAHS Press, 292(2), 262-270*.

- Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA]. (2006). *Reserva paisajística Nor Yauyos Cochas. Plan Maestro (2006-2011)*. Lima, Perú.
http://old.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/publicaciones/R.P._Nor_Yauyos/Plan%20Maestro%202006%20-%202011%20RP%20Nor%20Yauyos%20Cochas.pdf
- IPCC (2007) *Informe de Síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático*. Editores Pachauri R y Reisinger A. Switzerland: Geneva
- Korswagen, E. S. (2016). *Análisis espacial del hábitat de la vicuña en la comunidad campesina de Tanta, en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas*. Espacio y Desarrollo, (28), 103-128.
<https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201601.005>
- León, A. (2016). *Reserva de carbono en bofedales y su relación con la florística y condición del pastizal*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Peru.
- Llambi, L., Soto, A., Célleri, R., De Bievre, B., Ochoa, D., y Borja, P. (2012). *Ecología, hidrología y suelos de páramos. Proyecto Páramo Andino. CONDESAN*. 294.
- Loyola, R. (2007). *Valoración del servicio de ambiental de provisión de agua con la base en la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca – cuenca del río Chili*. Arequipa: PROFONANPE.
- Loza, S., Meneses, R., y Anthelme, F. (2015). *Comunidades vegetales de los bofedales de la Cordillera Real (Bolivia) bajo el calentamiento global*. Ecología en Bolivia, 50(1). http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282015000100004

- Magno, B. (2017). *Valoración económica de los servicios ecosistémicos de regulación, de los bofedales del Centro Poblado de Chalhuanca, Distrito de Yanque, Provincia de Caylloma, Región Arequipa*. Tesis de grado, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4697/ECmamabc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Maldonado, M. (2014). *An introduction to the bofedales of the Peruvian High Andes*. International Mire Conservation Group, Lima, Peru. International Mire Conservation Group, 5, 1-13. http://mires-and-peat.net/media/map15/map_15_05.pdf
- Matteucci, S.D. y Colma, A. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Secretaría General de la Organización de Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington DC. pp. 168.
- Meza, M., y Díaz, Y. (2014). Efectos de la variabilidad climática sobre fluctuaciones del nivel de las aguas y actividad ganadera en humedales altoandinos. *Revista Ciencia y Tecnología de América*, 39(9), 651-658. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5507094>.
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2011) Guía de evaluación del estado del ecosistema de bofedal. Perú: Pag. (14) file:///C:/Users/IREPAIR/Desktop/guia_bofedal_opt.pdf
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2011) *Inventario y evaluación del Patrimonio Natural en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cocha*. Peru. Pag. (104). <http://www.minam.gob.pe/direccion/wp-content/uploads/sites/6/2013/09/patrimonio-natural.pdf>
- Palabral, A. (2013). *Relación de la composición florística y su biomasa subterránea con las variables hidrológicas en bofedales de Sajama, Bolivia. Temática Bofedales*. Bolivia.

https://www.weadapt.org/sites/weadapt.org/files/2017/november/relacion_de_la_composicion_floristica.pdf

Programa de Servicios Agrícolas Provinciales [PROSAP]. (s.f.). (R016) *Determinación de la humedad antes y después del riego.*
[http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20\(R016\)%20Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20humedad%20antes%20y%20despu%C3%A9s%20del%20riego.pdf](http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20(R016)%20Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20humedad%20antes%20y%20despu%C3%A9s%20del%20riego.pdf)

Proquipo. (1996). Manejo de bofedales Camélidos. Programa quinua Potosí. Bolivia.

Reserva Pasajística Nor yauyos Cochas (2011). Peru: *Boletín informativo*. Lima:RPNYC
<http://rpnycperu.blogspot.com/2011/04/para-tomar-en-cuenta-para-su-viaje>.

Robert, M. (1996). *Le sol.interfase dans lenvironnement ressource pour le developpment.*
Recuperado de <http://prodinra.inra.fr>

Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., y Hill, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo.* Facultad de Agronomía - UDELAR.
<http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>

Sarmiento, F. (2000). Diccionario de ecología: paisajes, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamerica. *Front Cover*. Abya Yala.

Schulte, E., & Hopkins, B. (1996). Estimation of organic Matter by weight Loos-on-Ignition. In: Magdoff, F.R., *et al.*, Eds., Soil Organic Matter: Analysis and Interpretation. *SSSA special publitation, 46*, 21-31.

Sistema de Apoyo Metodológico a los Laboratorios de Análisis [SAMLA]. (2004). pH del suelo. *SAGyP Asociación Argentina de la Ciencia del suelo.*

Soil Sciencie Division Staff. (1993). Soil Survey Manual. *United States Departament of Agriculture, 18*, 493.

- Sotil, J. y Flores, E. (2014). *lineamientos para el desarrollo de proyectos de inversión pública en recuperación de bofedales*. convenio laboratorio de ecología y utilización de pastizales y ministerio del medio ambiente. 56 pp.
- Sotelo, J. (1981). *Inventario, Clasificación de la condición de los Pastizales y Mapeo Agroto-Edafológico de la S.A.I.S. Ramón Castilla*. (Tesis de grado), Universidad Nacionan Agraria, Lima.
- Tinoco, A. (2016) Reserva de carbono en bofedales y su relación con la florística y condición del pastizal. Universidad Nacional Agraria la Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2749/L02-L4-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vila, M., y Chupan, L. (2015). Valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en la comunidad campesina Villa de Junín. *Ciencia y Sociedad*, 5(2). <https://journals.continental.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/330/33>.
- Villarroel H. (2010). Almacenamiento de agua y carbono en turba de los páramos del Frente Sur Occidental de Tungurahua, Ecuador. <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/783967/891135/Almacenamiento+de+agua+y+carbono+en+turba+de+los+p%C3%A1ramos+del+Frente+Sur+Occidental+de+Tungurahua.pdf/c85ce7e2-a08e-4b3b-90a1-d9b7eb6478dd;jsessionid=AkR91GEA6sU4Yd6vjUHAKFre>

TERMINOLOGÍA

Los términos básicos han sido extraídos del “Diccionario de Ecología” de Sarmiento (2000) y glosario de términos (MINAN).

- a. **Ambiente Frágil:** Son aquellas que una pequeña intervención de carácter antrópica puede desencadenar una serie de alteraciones del ecosistema puede ser irreversible.
- b. **Agua Subterránea.** - Se consideran aguas subterráneas las que, dentro del ciclo hidrológico, se encuentran en la etapa de circulación o almacenadas debajo de la superficie del terreno y dentro del medio poroso, fracturas de las rocas u otras formaciones geológicas, que para su extracción y utilización se requiere la realización de obras específicas.
- c. **Área Natural Protegida.** - Espacios continentales y/o marinos del territorio nacional, expresamente reconocidos y declarados como tales, incluyendo sus categorías y zonificaciones, para conservar la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible del país.
- d. **Bofedales:** Los bofedales son formaciones vegetales que crecen sobre suelos orgánicos turbosos saturados o anegados durante todo el año, formando praderas densas de plantas herbáceas vivaces y semileñosas, que forman carpetas compactadas planas o cojines almohadillados. Se presentan juncáceas con algunas gramíneas y diversas especies herbáceas de pequeño tamaño, puede ser permanente o estacional.
- e. **Densidad Aparente:** La densidad aparente es la relación entre el volumen y el peso seco, incluyendo huecos y poros que contengan, aparentes o no.
- f. **Demanda Hídrica:** El mayor volumen de agua se utiliza en las actividades agropecuarias. No obstante, su uso crítico tiene que ver con el abastecimiento intensivo de agua potable

para la población, el agua necesaria para los procesos industriales y el agua corriente para la generación de energía eléctrica y los sistemas de riego. El mayor volumen de agua se utiliza en las actividades agropecuarias. No obstante, su uso crítico tiene que ver con el abastecimiento intensivo de agua potable para la población, el agua necesaria para los procesos industriales y el agua corriente para la generación de energía eléctrica y los sistemas de riego.

- g. Ecosistema:** Es el complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional.

- f. Evaporación:** Es el proceso por el cual las moléculas en estado líquido (por ejemplo, el agua) se hacen gaseosas espontáneamente (ej.: vapor de agua). Generalmente, la evaporación puede verse por la desaparición gradual del líquido cuando se expone a un volumen significativo de gas.

- h. Especie Claves:** Una especie clave es una especie que produce un efecto desproporcionado sobre su medio ambiente en relación con su abundancia.

- i. Oferta Hídrica:** La oferta hídrica de una cuenca, corresponde también al volumen disponible de agua para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre. Al cuantificar la escorrentía superficial a partir del balance hídrico de la cuenca, se está estimando la oferta de agua superficial de la misma.

- j. Punto de muestreo.** - Lugar (punto o área determinada) del suelo donde se toman las muestras, sean éstas superficiales o de profundidad.

- k. Productividad Hídrica:** Productividad hídrica se considera como un indicador general de rendimiento en el uso del agua; relaciona la generación de valor agregado por unidad de agua utilizada.

j. Saturación Hídrica: Es el contenido de agua de un suelo en el que todos sus poros están llenos de agua. Esta situación puede observarse inmediatamente después de una lluvia o riego abundante.

APÉNDICES

APÉNDICE 1

ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA MATERIA ORGÁNICA (%) EN LOS DIFERENTES PERIODOS Y DISTANCIAS

Variable dependiente: % MATERIA ORGÁNICA

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3543,563 ^a	39	20743,345	20386809	0,000
Intersección	3544,038	1	135144,03	1328317,8	0,000
			8	15	
PERIODOS	20744,527	2	10372,264	101947,98	0,000
				7	
DISTANCIAS	12698,043	5	2539,609	24961,570	0,000
Error	3,663	36	0,102		
Total	170583,26	54			
	4				

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

Fuente: Elaboración propia.

APÉNDICE 2
ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA HUMEDAD (%) EN LOS DIFERENTES
PERIODOS Y DISTANCIAS

ANOVA					
Variable dependiente: % Humedad					
Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	364,361 ^a	39	13,495	413,382	0,000
Intersección	1776,842	1	1776,842	54429,324	0,000
PERIODOS	165,969	3	55,323	1694,686	0,000
DISTANCIAS	154,633	6	25,772	789,467	0,000
PERIODOS * DISTANCIAS	43,760	18	2,431	74,470	0,000
Error	1,828	56	0,033		
Total	2143,031	84			

a. R al cuadrado = 0,995 (R al cuadrado ajustada = 0,993)

Fuente: Elaboración propia.

APÉNDICE 3
INFORME DE ANÁLISIS DE TEXTURA DEL SUELO

Universidad Nacional Agraria la Molina -UNALM

INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE
: UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

PROCEDENCIA
: LIMA/ YAUYOS/ TANTA

REFERENCIA
: H.R. 60651

BOLETA
: 817

FECHA
: 29/09/2017

Lab	Número Muestra Claves	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural
7890	Ma 5	65	22	13	Fr.A.
7891	Mb6	79	14	7	A.Fr.
7892	Mb 8	31	30	39	Fr.Ar.
7893	Ma9	61	24	15	Fr.A.

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

Dr. Sady García Bendez
Jefe del Laboratorio

Fuente: Elaboración propia.

APÉNDICE 4
REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN

Fotografía 4.1. Zona de la Investigación correspondiente a 5 m del canal de drenaje



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 4.2. Zona de la Investigación correspondiente a zonas de 0 m del canal de drenaje.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 4.3. Toma de la muestra con el uso de instrumento



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 4.4: Toma y registro de datos físico-químicos



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 4.5: Toma y registro de datos físico-químicos en la zona del canal de drenaje



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 4.6: Procesamiento de las muestras de suelos en Laboratorio



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 4.7: Determinación de la porosidad de suelos en el laboratorio



Fuente: Elaboración propia.