

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA



**Análisis de la humedad de suelo de los bofedales Huachipampa y
Tambo Real, en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas**

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

AUTOR

Idania Angela Baldoxeda Cajahuanca

ASESORES

Francisco Alejandro Alcántara Boza

Mónica Sofía Maldonado Fonkén

Lima-Perú

2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 010 2020/UCSS/FIA/DI

Siendo las 03:30 p.m. del día 22 de julio de 2020 - Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis, integrado por:

- | | |
|---------------------------------------|-----------------|
| 1. Wilfredo Mendoza Caballero | presidente |
| 2. Mario Antonio Anaya Raymundo | primer Miembro |
| 3. Alejandro Ruiz Janje | segundo Miembro |
| 4. Francisco Alejandro Alcántara Boza | asesor |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada **Análisis de la humedad de suelo de bofedales con diferentes fuentes agua, en la reserva paisajística Nor Yauyos Cochabamba**, que presenta la bachiller en Ciencias Ambientales, **Idania Angela Baldoceda Cahuanca** 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 X...

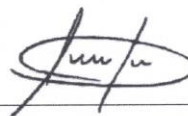
DESAPROBAR ...

La tesis, con el calificativo de **MUY 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.

Firmado en Lima, 22 de julio de 2020.



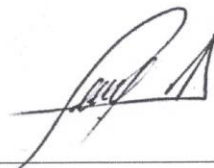
Wilfredo Mendoza Caballero
PRESIDENTE



Mario Antonio Anaya Raymundo
1° MIEMBRO



Alejandro Ruiz Janje
2° MIEMBRO



Francisco Alejandro Alcántara Boza
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres, Lourdes Cahahuanca Fabian y Gumercindo Baldoxeda Tinoco,
por su incondicional amor, comprensión
y apoyo en todo momento.

A mis hermanos; Marcelo, Marco, Soledad y Marluve,
quienes siempre confiaron en mí.

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que me han brindado su apoyo, ya que con ello fue posible la realización de este trabajo. Un especial agradecimiento a mi familia, quienes me dan su apoyo incondicional en todo momento.

A mis asesores la Blga. Mónica Sofía Maldonado Fonkén y el Dr. Alejandro Alcántara Boza, por el asesoramiento brindado durante el desarrollo de esta investigación.

A la Prof. Norma Quinteros Camacho, por la oportunidad de formar parte del grupo de tesis que realizaron la tesis en la Reserva Paisajística Nor Yayos Cochas, en marco de los convenios interinstitucionales entre la UCSS, el Patronato de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, SERNANP y CORBIDI.

A la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas por permitir el desarrollo de la investigación, en marco del proyecto de investigación “Ecología vegetal de bofedales” aprobado con resolución RJ N°008-2018-SERNANP-JEF.

Al personal guardaparque de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, quienes brindaron su apoyo durante la etapa de campo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Índice general	v
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	viii
Índice de apéndices.....	x
Resumen	xi
Abstract.....	xii
Introducción.....	1
Objetivos.....	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	4
1.1 Antecedentes	4
1.2 Bases teóricas especializadas.....	10
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	23
2.1. Diseño de la investigación	23
2.2. Descripción del área de estudio	23
2.3. Población y muestra.....	27
2.4. Hipótesis	27
2.5. Descripción de la investigación	27
2.6. Identificación de variables y su mensuración	36
2.7. Análisis estadístico de datos	36
CAPÍTULO III: RESULTADOS	38
3.1. Características del suelo, vegetación y variables meteorológicas	38
3.2. Análisis de la humedad de suelo.....	52
3.3. Relación entre variables.....	62
CAPÍTULO IV: DISCUSIONES	65
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	72
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
TERMINOLOGÍA	81
APÉNDICES	83

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Sitios Ramsar de Perú</i>	12
Tabla 2. <i>Descripción de los histosoles</i>	18
Tabla 3. <i>Clasificación de la porosidad total del suelo</i>	34
Tabla 4. <i>Clasificación del pH del suelo</i>	35
Tabla 5. <i>Valores de conductividad eléctrica</i>	35
Tabla 6. <i>Variables de estudio y su mensuración</i>	36
Tabla 7. <i>Clase textural de los puntos de muestreo de los bofedales Huachipampa y Tambo Real</i>	38
Tabla 8. <i>Coloración del suelo de los puntos de muestreo de los bofedales Huachipampa y Tambo Real</i>	39
Tabla 9. <i>Valores de densidad aparente, densidad real y porosidad de los bofedales Huachipampa y Tambo Real</i>	41
Tabla 10. <i>Porcentaje de materia orgánica según punto de muestreo y profundidad, bofedal Huachipampa</i>	42
Tabla 11. <i>Porcentaje de materia orgánica según punto de muestreo del bofedal Tambo Real</i>	44
Tabla 12. <i>Valores de nivel freático del bofedal Tambo Real</i>	47
Tabla 13. <i>Valores de nivel freático para los meses evaluación en el bofedal Huachipampa</i>	48
Tabla 14. <i>Valores de pH de los puntos de muestreo del bofedal Huachipampa</i>	48
Tabla 15. <i>Valores de pH de los puntos de muestreo del bofedal Tambo Real</i>	49
Tabla 16. <i>Valores de conductividad eléctrica en dS.m-1 de los bofedales Huachipampa y Tambo Real</i>	49

Tabla 17. <i>Registro de datos del porcentaje de humedad de suelo del bofedal Huachipampa</i>	53
Tabla 18. <i>Registro de datos del porcentaje de humedad de suelo del bofedal Tambo Real</i>	55
Tabla 19. <i>Prueba de Kruskal Wallis para los valores de humedad según la estacionalidad de los bofedales Huachipampa y Tambo Real</i>	58
Tabla 20. <i>Prueba de Mann Whitney para los valores de humedad según el lugar de evaluación</i>	59
Tabla 21. <i>Prueba de Mann Whitney para la humedad según la profundidad</i>	61
Tabla 22. <i>Prueba de Kruskal Wallis para los valores de humedad según las zonas del bofedal Tambo Real</i>	62
Tabla 23. <i>Correlación de las variables independientes con la variable dependiente</i>	62
Tabla 24. <i>Análisis de varianza</i>	64
Tabla 25. <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	83
Tabla 26. <i>Prueba de normalidad de las variables del bofedal Huachipampa</i>	88
Tabla 27. <i>Prueba de normalidad para las variables del bofedal Tambo Real</i>	88
Tabla 28. <i>Flora de cada punto de muestreo del bofedal Huachipampa</i>	89
Tabla 29. <i>Flora de cada punto de muestreo del bofedal Tambo Real</i>	90
Tabla 30. <i>Datos del bofedal Huachipampa</i>	92
Tabla 31. <i>Datos del bofedal Tambo Real</i>	94

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Distribución de los horizontes acrotelmo y catotelmo	14
<i>Figura 2.</i> Mapa de ecosistemas de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas	22
<i>Figura 3.</i> Mapa de ubicación del área de estudio.....	24
<i>Figura 4.</i> Bofedal Huachipampa	25
<i>Figura 5.</i> Ubicación del bofedal Huachipampa.....	25
<i>Figura 6.</i> Bofedal Tambo Real.....	26
<i>Figura 7.</i> Ubicación del bofedal Tambo Real	26
<i>Figura 8.</i> Puntos de muestreo del bofedal Huachipampa.....	28
<i>Figura 9.</i> Puntos de muestreo del bofedal Tambo Real	29
<i>Figura 10.</i> Zonas de muestreo del bofedal Tambo Real	30
<i>Figura 11.</i> Instalación de piezómetros	30
<i>Figura 12.</i> Extracción de muestras de suelo.....	31
<i>Figura 13.</i> Medición del peso de las muestras de suelo.....	32
<i>Figura 14.</i> Variación del porcentaje de materia orgánica según la estación de evaluación, bofedal Huachipampa.....	43
<i>Figura 15.</i> Variación del porcentaje de materia orgánica según la estación de evaluación y profundidad, bofedal Tambo Real.....	45
<i>Figura 16.</i> Nivel freático de los bofedales Huachipampa y Tambo Real.	46
<i>Figura 17.</i> Nivel freático según la sectorización realizada en el bofedal Tambo Real.....	47
<i>Figura 18.</i> Temperatura del suelo de los bofedales Huachipampa y Tambo Real.....	50
<i>Figura 19.</i> Vegetación de los bofedales en estudio. a) punto PA1 de Huachipampa, b) punto PB1 de Tambo Real.	51
<i>Figura 20.</i> Climograma para el distrito de Tanta durante el periodo enero 2017 a mayo 2018.....	52

<i>Figura 21.</i> Humedad del suelo según la estación de evaluación, bofedal Huachipampa....	54
<i>Figura 22.</i> Humedad del suelo según la estación de evaluación, bofedal Tambo Real..	56
<i>Figura 23.</i> Humedad del suelo según las zonas la zonificación para el bofedal Tambo Real	57
<i>Figura 24.</i> Boxplot de la humedad de suelo según la estación de evaluación.	58
<i>Figura 25.</i> Boxplot de la humedad de suelo según el lugar de evaluación.	59
<i>Figura 26.</i> Boxplot de la humedad del suelo según la profundidad.....	60
<i>Figura 27.</i> Boxplot de la humedad del suelo según las zonas del bofedal Tambo Real..	61

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Operacionalización de variables.....	83
Apéndice 2. Prueba de normalidad.....	88
Apéndice 3. Vegetación de los puntos de muestreo	89
Apéndice 4. Registro de datos	92
Apéndice 5. Información meteorológica	98
Apéndice 6. Registro Fotográfico de la Investigación	101

RESUMEN

Los bofedales son ecosistemas importantes que se encuentran en las regiones alto andinas. El cambio climático y las actividades antrópicas y antropogénicas han provocado pérdidas aceleradas de este ecosistema. En Perú los bofedales ocupan el 0.42 % del territorio, y a través de las áreas naturales protegidas se asegura su conservación. La investigación fue realizada en los bofedales Huachipampa y Tambo Real, ubicados en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas – RPNYC. Huachipampa es un bofedal natural asociado a ojos de agua, y Tambo Real es un bofedal artificial asociado a una zanja de filtración. Las evaluaciones fueron realizadas en época seca, época de lluvia, y las transiciones entre épocas. La metodología consistió en la obtención de muestras de suelo a diferentes profundidades, a 75 y 100 cm de profundidad en Huachipampa y a 25 y 35 cm en Tambo Real. La determinación de la humedad del suelo fue a través del método gravimétrico, en campo se midió el nivel freático y la temperatura del suelo. En el laboratorio se analizó el pH, conductividad eléctrica, color del suelo, textura, materia orgánica y porosidad. El comportamiento de la humedad del suelo para cada bofedal fue distinto, así tenemos que en Huachipampa se observó los mayores valores de humedad en la zona media del bofedal en donde dominan los colchones de *Distichia muscoides*. En Tambo Real se evaluó la humedad en función de la influencia del canal de infiltración, donde se definieron tres zonas: zona cerca al canal, zona media del bofedal y zona cerca al río. Los datos mostraron que los mayores valores de humedad se situaron en la zona cerca al río. En cuanto a la relación entre las variables, se tuvo que la humedad del suelo presentó una alta relación con el contenido de materia orgánica. Con un nivel de confianza del 95 % se determinó que el comportamiento de la humedad del suelo no es el mismo en los dos bofedales.

Palabras claves: Bofedal, humedad de suelo, Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas.

ABSTRACT

The bofedales are important ecosystems found in the high Andean regions. Climate change and anthropogenic and anthropogenic activities have caused accelerated losses of this ecosystem. In Peru, bofedales occupy 0.42% of the territory, and through natural protected areas their conversion is assured. The investigation was carried out in the Huachipampa and Tambo Real bofedales, located in the Nor Yauyos Cochas-RP NYC Landscape Reserve. Huachipampa is a natural bofedal associated with water holes, and Tambo Real is an artificial bofedal associated with a filtration ditch. Assessments were made in dry seasons, rainy seasons, and transitions between seasons. The methodology consisted of obtaining soil samples at different depths, at a depth of 75 and 100 cm in Huachipampa and at 25 and 35 cm in Tambo Real. The determination of soil moisture was through the gravimetric method, in the field, in Field was measured at groundwater level and soil temperature. In the laboratory, pH, electrical conductivity, soil color, texture, organic matter, and porosity were analyzed. The behavior of soil moisture for each bofedal was different, in Huachipampa the highest values of humidity were observed in the middle areas of the bofedal where *Distichia muscoides* mattresses dominate. In Tambo Real the humidity was evaluated based on the influence of the infiltration channel, three zones were defined: zone near the channel, middle zone of bofedal and zone near the river, the data shows that the highest humidity values are located in the areas near the river. Regarding the relationship between the variable, soil moisture is considered to have a high relationship with the content of organic matter. With a confidence level of 95%, it was determined that the behavior of soil moisture is not the same in the two bofedales.

Keywords: Bofedal, soil moisture, Landscape Reserve Nor Yauyos Cochas.

INTRODUCCIÓN

Los humedales son ecosistemas vitales que se encuentran inundados permanente o temporalmente. Cubren menos del 3 % de la superficie de la tierra y contribuyen hasta en un 40 % con los servicios ecosistémicos que se proveen al planeta durante un año. A nivel mundial más del 50 % del área original de los humedales se ha perdido, debido a causas naturales y antrópicas (Dangles *et al.*, 2014).

Los humedales presentes en las regiones altoandinas son denominados bofedales, oconales o turberas. Actualmente el 0.42 % del territorio nacional se encuentra representado por bofedales (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2015). Los bofedales reservan uno de los recursos vitales para la vida, el agua, esto es dado a que poseen suelos arcillosos con un alto contenido de materia que son capaces de almacenar el agua proveniente del deshielo de los glaciares, del afloramiento de agua subterránea y de la precipitación pluvial (MINAM, 2015).

La Convención de Ramsar y Grupo de Contacto [EHAA] (2008), a través de un estudio han identificado pérdidas aceleradas de humedales altoandinos en el país, lo cual es provocado por el calentamiento global y las actividades antrópicas relacionadas al manejo inadecuado de los recursos. El Estado a través de las Áreas Naturales Protegidas, contempla la conservación de los bofedales, como fuentes provisoras de recurso hídrico, tal es el caso de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (RPNYC).

Tanta y San Lorenzo de Quinti son distritos que se ubican en la RPNYC, en ambos aún se conserva superficie de bofedal y glaciar. El aumento progresivo de la temperatura del planeta ha ido acelerando el proceso de desglaciación, Quintero *et al.* (2013) muestran que el 73.3 % de la superficie glaciar presente en Tanta se ha perdido entre los años 1962 y 2006. Este fenómeno genera cambios en la regulación de los caudales de aguas superficiales y subterráneas en los bofedales. Si bien el efecto inmediato de estos procesos es el incremento

del caudal que ingresa a los bofedales, una vez agotado el glaciar, lo que se espera es una reducción de la superficie de bofedales por el decremento del aporte de agua.

Asimismo, la actividad ganadera también genera un gran impacto sobre los bofedales. Uno de los componentes ambientales más afectados es el suelo, esto debido a la compactación generada por el ganado. En la actualidad no se cuenta con muchos estudios del suelo de estos ecosistemas, ni sobre su comportamiento ante determinadas perturbaciones. Es por ello que la presente investigación busca aportar con conocimiento relacionado a la capacidad de almacenamiento de agua de los bofedales Huachipampa y Tambo Real, ubicados en los distritos de San Lorenzo de Quinti y Tanta respectivamente, esto a través del análisis de la humedad del suelo. Asimismo, se estudió la relación que tiene la humedad del suelo con las características físicas, químicas y biológicas de suelo y las variables meteorológicas.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Analizar la humedad de suelo de los bofedales Huachipampa y Tambo Real durante la época seca, época de lluvia y sus transiciones en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas.

Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización física, química y biológica del suelo y analizar los parámetros meteorológicos para el lugar estudio.
- Medir la humedad del suelo en la época seca, época de lluvia y sus transiciones en los bofedales de Huachipampa y Tambo Real.
- Analizar la relación entre los parámetros evaluados y la humedad del suelo.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

El 2 de febrero de 1971 se aprobó la Convención sobre los Humedales. Este tratado intergubernamental está dirigido a la conservación y el uso racional de los humedales, mediante acciones locales y nacionales. La aprobación del documento se dio gracias a la cooperación internacional, como parte de la contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo (Secretaría de la convención de Ramsar, 2013). A la fecha se tiene más de 2200 sitios Ramsar, que abarcan más de los 2.1 millones de kilómetros cuadrados en los territorios de las 169 partes contratantes de Ramsar en el mundo (Ramsar, 2017a).

Quintero (2010), busca reconocer a través de la visión andina la importancia histórica y actual del agua en los andes, y el papel que este cumple en el desarrollo de los pueblos andinos. Para ello, propone revalorizar saberes, tecnologías y organización andina, establecer sistemas de gestión integral y participativa, una institucionalidad participativa y políticas económicas adecuadas, teniendo como punto de partida al agua como patrimonio común, el cual debe ser manejado de manera sustentable desde el entorno geográfico hasta su ciclo natural, considerando las acciones y mecanismos que mantengan la integralidad de los ecosistemas altoandinos, especies animales, vegetales y la vida de las comunidades con dignidad, recreando y respetando su identidad cultural.

1.1.1. Internacional

La Asociación integral de ganaderos en camélidos de los Andes Altos [AIGACAA] (2001), caracterizo los bofedales del ámbito boliviano en el sistema TDPS (sistema del Lago Titicaca, río Desaguadero, Lago Poopó y Salar de Coipasa), Bolivia. Los parámetros edáficos analizados fueron textura, pH y conductividad eléctrica. Para el análisis extrajeron

muestras por cada asociación vegetal, en tres puntos, en los extremos y al centro. El instrumento utilizado fue un barreno de 1.2 m de largo. Las muestras fueron obtenidas de por debajo de la capa de la materia orgánica, luego fueron mezcladas, homogenizadas y separadas en una sola muestra para su análisis en un laboratorio. Los resultados obtenidos mostraron que los suelos de los bofedales Altoandinos presentaron un pH ligeramente neutro de 6.7 y una CE de $0.338 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, mientras que los bofedales Altiplánicos registraron un pH neutro de 7.3 y una CE de $0.570 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. El estudio concluyó que por el pH y CE del suelo unido a las variables de altitud y humedad se han identificado la existencia de cinco tipos de bofedales en el piso altoandino: hidromórficos ácidos, hidromérficos neutros, méxicos ácidos, méxicos neutros y méxicos alcalinos. Asimismo, en el piso altiplánico identificaron también cinco tipos de bofedales: hidromórficos ácidos, hidromórficos neutros, hidromórficos alcalinos, méxicos neutros y méxicos alcalinos.

Palabral (2013), analizó la relación entre las características de la vegetación y la biomasa subterránea con las variables hidrológicas en los bofedales Aychuta, Laguna y Pococo en Bolivia. Las evaluaciones fueron realizadas en espacios cercanos a piezómetros pre instalados por otro proyecto. La investigación comprendió la evaluación de la composición y abundancia de especies vegetales a través de un cuadrante de 1 m^2 según la modificación del sistema fitosociológico de Braun – Blanquet, en Lagunas se realizó 9 cuadrante, en Pacoco 8 y en Aychuta 11. Describió características de la vegetación mediante una modificación de las curvas de Whittaker, y a través de la similitud proporcional cuantificó la similitud en la composición de especies entre bofedales. Extrajo muestras de suelo en espacios donde la composición y la abundancia eran similares, los parámetros evaluados fueron longitud, grosor y forma de raíces, porcentaje de materia orgánica, arcilla, limo y arena. Asimismo, evaluó la densidad aparente, porosidad y humedad gravimétrica en puntos ubicados a 3 m de cada piezómetro. Por último, midió la profundidad de los bofedales a través de una varilla metálica de adición continua. Según los resultados, registraron en el bofedal Lagunas 29 especies de plantas vasculares, 20 en el bofedal de Aychuta y 17 en el de Aynacha Pacoco. La riqueza promedio fue de 24 especies. En relación a las características morfológicas de la biomasa subterránea, observaron diferencias significativas en el grosor de las especies dominantes de cada bofedal, *Oxychleo andina* Phil y *Distichia muscoides* Nees y Meyer en Pacoco, y otras especies con cobertura mayor al 20 % en Lagunas y Aychuta. En el bofedal Pacoco catalogaron el sustrato cada 20 cm de profundidad, observándose que el porcentaje

de materia orgánica descendía conforme aumentaba la profundidad, en el caso de Laguna realizaron las evaluaciones en el suelo superficial, notándose un menor porcentaje promedio de materia orgánica. En el bofedal Pacoco las muestras de suelo obtenidas a 1.4 m de profundidad presentaron entre 60 a 90 % de humedad, y entre 75 a 95 % de porosidad. La profundidad de los bofedales fluctuó entre los 0.81 y 6.12 m. Concluyeron que las características físicas y estructurales de los suelos en bofedales se encuentran determinadas por condiciones climáticas del lugar, asimismo, que el elevado porcentaje de materia orgánica en suelos de bofedal aumenta la capacidad de retención hídrica en sus espacios porosos.

Meza y Díaz (2014), evaluaron los efectos de la variabilidad climática sobre las fluctuaciones del nivel de las aguas y actividad ganadera del bofedal Caquena, Chile. El estudio comprendió un análisis de la variabilidad climática y la actividad ganadera del lugar entre los años 1990 y 2011. Procesaron imágenes satelitales LANDSAT para determinar el Índice Normalizado de Diferencia Vegetacional (NDVI), usaron dos imágenes para cada año, uno de otoño y otro de primavera. Analizaron la data meteorológica registrada por la estación Caquena de la Dirección General de Aguas (DGA), Chile, entre los años 1990 y 2011. Integraron los datos obtenidos a través del empleo del coeficiente de correlación lineal simple de Pearson. Del análisis observaron que la menor superficie de bofedal cubierta por vegetación fue en 1992, correspondiente a un año Niño. La máxima fue registrada en el año 2008, lo que coincidió con año Niña fuerte. Asimismo, a través de entrevistas a los ganaderos identificaron una reducción de ganado a causa de la variabilidad del clima, al producirse una reducción de la superficie de bofedal se reduce la vegetación destinada al pastoreo.

Los páramos al igual que los bofedales tienen un suelo rico en materia orgánica. Daza *et al.* (2014), evaluaron en un páramo los cambios en las características físicas de un suelo asociadas a la capacidad de almacenamiento de agua cuando son sometidos a diferentes usos. Para lo cual, seleccionaron cuatro tipos de suelo según el uso que tienen (cultivos de papa, ganadería, suelo en descanso con vegetación de barbecho y suelos con vegetación nativa, como tratamiento testigo); realizaron tres calicatas por cada uso, y con dimensiones de 1 x 1 m tomaron muestras de los cuatro lados de la calicata por cada horizonte (A y B). Las muestras fueron llevadas al laboratorio para analizar la textura, pH, retención de humedad,

densidad aparente, porosidad total, macro y micro porosidad y carbono orgánico. Encontraron que los suelos en estudio exhibían horizontes poco profundos, los cuales estuvieron alrededor de 25 cm para el horizonte A y 20 cm para el horizonte B. Asimismo, los suelos presentaron texturas francas y francas arcillosas con valores de pH alrededor de 4.5. Compararon los valores de los suelos sometidos a un uso y el suelo testigo y notaron que la humedad tiende a disminuir hasta en un 60% en los suelos usados, lo mismo observaron en la porosidad total, la cual disminuyó hasta un 23%, por otro lado los valores de densidad aparente mostraron aumentos hasta en un 16 %. El estudio concluyó que las actividades agropecuarias generan impactos en las propiedades físicas de los suelos de los páramos, siendo la retención de humedad la propiedad más afectada.

1.1.2. Nacional

Alegría (2013), en su tesis "Inventario y uso sostenible de pastizales en la zona colindante a los depósitos de relavera de Ocroyoc - Comunidad San Antonio de Rancas - Pasco". Tuvo como objetivo principal realizar un inventario de vegetación y una propuesta para el uso sostenible de los pastizales de la zona colindante al depósito de relaves Ocroyoc dentro de la Comunidad Campesina San Antonio de Rancas en Cerro de Pasco. El estudio de los suelos fue con la finalidad de obtener un perfil de características físico químicas y determinar la capacidad de uso mayor de los suelos, información que fue de relevancia para la asignación de las estrategias de mejoramiento de los pastizales (Pajonales y Bofedales) más adecuadas a las condiciones del entorno a una altitud de 4 200 m.s.n.m. En este estudio tomaron 14 muestras representativas de la zona. Los resultados del análisis de suelos de cada uno de los sitios bofedal y pajonal, identificados en el área de estudio indicaron que una de las características importantes para la dinámica del suelo fue el pH, con respecto a esta característica el valor mínimo encontrado fue de 4.32 y el valor máximo 6.7 y el promedio 4.94, ligeramente ácido. Otra característica evaluada fue la conductividad eléctrica, los valores que obtuvieron fueron un mínimo de 0.11 dS/m y un máximo de 0.41 dS/m, con un promedio de 0.192 dS/m; el porcentaje de CaCO₃ encontrado en la mayoría de los suelos fue nula, sin embargo, en un sitio encontraron un porcentaje de 2.6% de CaCO₃, siendo el promedio de 0.17 %. En cuanto a la materia orgánica presente en el suelo encontraron que el valor mínimo fue de 7.7 % y el valor máximo 13.3 %, y en promedio 9.98 %, valores que son elevados y propios de ecosistemas de alta montaña como el del área en estudio. Con

respecto a la capacidad de intercambio catiónico el valor mínimo fue de 18.56 y el máximo de 41.12 con un promedio de 30.23.

Maldonado (2014), realizó una introducción a los bofedales de la región altoandina del Perú. A través de la experiencia de más de seis años en bofedales de las regiones de Cajamarca, Cuzco, Ayacucho, Huancavelica, Apurímac y Moquegua, presentó la definición de “bofedales”, que localmente es usado para referirse a varias comunidades vegetales que presentan una constante humedad del suelo durante todo el año. Dentro de las características de lo bofedales mencionó que estos pueden ser estacionarios o permanentes, naturales o artificiales y presentan suelo orgánico o turba. En relación a la flora de los bofedales, identificó cuatro comunidades vegetales, turberas de *Distichia* (presenta cojines duros formados por especies del género *Distichia*), turberas de musgos y arbustos (abundancia de musgos especialmente del género *Sphagnum* y arbustos ericáceos), prados turbosos (presencia de especies de la familia Poaceae y la ausencia de *Sphagnum*) y césped de arroyo (presencia de plantas muy pequeñas y ausencia de *Sphagnum*). Los bofedales cumplen un rol importante para la sobrevivencia de muchos animales, ya que aporta con agua, forraje, refugio y sitio de anidamiento para muchas especies de aves. Asimismo, estos ecosistemas contribuyen con la regulación del flujo del agua y el almacenamiento y captura de carbono. A pesar de su importancia, los bofedales han sido amenazados por el sobrepastoreo, la extracción de turba, la minería y la construcción de represas. La legislación peruana considera a los bofedales como ecosistemas frágiles, y a través de las áreas naturales protegidas se conservan parte de la superficie de este ecosistema.

León (2016), en su tesis “Reserva de carbono en bofedales y su relación con la florística y condición del pastizal”, evaluó la condición para pastoreo, composición florística, cantidad de C y calidad de la materia orgánica almacenada en el suelo, de bofedales ubicados en Ancash, Arequipa, Puno y Huancavelica. Las evaluaciones fueron a través de transectos lineales de 30 m con mediciones cada tramo de 1.5 m mediante el uso del marco puntual modificado, además, cada 3 m midió el vigor de las plantas. En la parte central de cada transecto extrajeron 1 kg de muestras de suelo por cada horizonte, para realizar el análisis de textura, pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, densidad aparente, cantidad de carbono y cantidad de sustancias húmicas. El análisis resultó que los bofedales evaluados en

Ancash presentaron un pH extremadamente, muy fuerte y modernamente ácido (3.6, 4.88, 5.04, 5.86), en Huancavelica pH ligeramente ácido y ligeramente alcalinos (7.64, 7.73, 6.3, 7.02), en Arequipa de 5.9 – 9.1, en Puno 5.14 – 5.22. La clase textural de todos los bofedales fueron “franco arcilloso”. Los bofedales evaluados en Arequipa presentaron mayor cantidad de C almacenado (223 y 185 tC/ha), seguido estuvo Arequipa con 77 y 47 tC/ha. El estudio concluyó que los bofedales con mejor condición fueron los que presentaron menor cantidad de C, es decir, Puno, Ancash y Arequipa, que a su vez también presentaron mayor calidad de materia orgánica.

Huiza y Quispe (2017), evaluaron las propiedades físicas y químicas del suelo de los tipos de pastizales del centro de investigación de camélidos sudamericanos LACHOCC, en Huancavelica. La evaluación fue realizada en 7 canchadas: Chihuapampa, Lazapata, Saccsalla, Ranramocco, Tucumachay, Sorohuaycco y Tambocucho; en cada una de estas tuvieron diferentes tipos de pastizal: pajonal, césped de puna y bofedal. Tomaron 3 muestras compuestas en cada tipo de pastizal, hasta un total de 45 muestras. El muestreo fue sistemático, tomando muestras de 0 – 20 cm de profundidad. Para el tratamiento de los datos usaron la estadística descriptiva y el diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial de 2 x 2 con tres repeticiones a las canchas de Chillhuapampa-Lazapata y Saccsalla-Ranramocco y, de 2 x 3 con tres repeticiones a las canchas de Tucumachay-Sorohuaycco para el parámetro químico. Los resultados obtenidos mostraron que la textura predominante fue franca arenosa, con un porcentaje de arena de 65 %, limo al 30 % y arcilla al 19 %, asimismo en el estudio encontraron para este parámetro diferencias estadísticas respecto al tipo de pastizal y canchas. Los resultados de los parámetros químicos, pH y conductividad, mostraron que los valores de pH estuvieron dentro de la clasificación de extremadamente ácido a fuertemente ácido, con excepción del bofedal Ranramocco que presento un pH ligeramente ácido. En relación con la conductividad eléctrica, los bofedales presentaron suelos no salinos, ya que los valores estuvieron dentro del rango de 0.05 a 0.40 dS/m.

1.1.3. Regional

Cooper *et al.* (2019), realizaron un estudio sobre los impulsores de la dinámica de la capa freática de las turberas en los Andes Centrales: Bolivia y Perú. Evaluaron el régimen hidrológico de 10 turberas en cuatro regiones montañosas, Nor Yauyos y Cordillera de Vilcanota en Perú, Cordillera Real y Cordillera Occidental en Bolivia. Instalaron de tres a diez pozos de monitoreo de aguas subterráneas en uno o tres transectos perpendiculares al gradiente topográfico de cada turbera en Bolivia y Perú, en este último consideraron mayor número de pozos. Los pozos fueron construidos con tubos de PVC de 40 y 4 cm de diámetro ranurados a mano cada 5 cm, instalaron los tubos en pozos perforados de 1 m de profundidad. Recolectaron datos entre 2013 en Bolivia a 2017 en Perú. Colocaron en cada lugar un Levelogger de presión para registrar la posición de la capa freática, cada 6 horas. Corrigieron los datos del nivel del agua bruta en función de la presión atmosférica, para lo cual usaron un Barologger. Con el análisis determinaron que los niveles de agua subterránea en las turberas durante la temporada húmeda fueron relativamente estables y dentro de los 20 cm de la superficie del suelo, mientras que en la época seca las capas de agua estuvieron de 40 a 90 cm por debajo de la superficie. Asimismo, identificaron que la fuente de agua de las 10 turberas fue el agua subterránea que fluye desde las morrenas laterales, el estrágalo, el coluvión o los acuíferos de roca madre. También identificaron que durante el estudio hubo poco o ningún aporte de las corrientes derivadas del deshielo de glaciares.

1.2. Bases teóricas especializadas

1.2.1. Humedales

Los humedales son zonas de la superficie de la tierra que se encuentran temporal o permanentemente inundadas, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan. Los humedales poseen una alta capacidad de absorción de agua, hasta la saturación, es decir, retienen una cantidad significativa de agua. Asimismo, ofrece un ambiente adecuado para la sobrevivencia de varias especies; por lo tanto, tiene un alto valor ecológico, científico, recreacional y paisajístico (Secretaría de la convención de Ramsar, 2013).

La Convención Ramsar (Secretaría de la convención de Ramsar, 2013) define como humedales:

Las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas durante la temporada lluviosa, amortiguando las inundaciones y manteniendo reservas para la temporada seca. Asimismo, son trampas naturales para la retención de sedimentos; aportan agua a los acuíferos; surten agua a riachos y manantiales; mejoran la calidad del agua gracias a su capacidad filtradora de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. (p. 7)

En general, se reconocen cinco tipos de humedales principales:

- Marinos (humedales costeros, inclusive lagunas costeras, costas rocosas y arrecifes de coral).
- Estuarinos (incluidos deltas, marismas de marea y manglares).
- Lacustres (humedales asociados con lagos).
- Ribereños (humedales adyacentes a ríos y arroyos).
- Palustres (es decir, “pantanosos” – marismas, pantanos y ciénagas) (p. 7).

Además, hay humedales artificiales, como estanques de cría de peces y camarones; estanques de granjas; tierras agrícolas de regadío; depresiones inundadas salinas; embalses; estanques de grava; piletas de aguas residuales y canales. La Convención de Ramsar ha adoptado un sistema de clasificación de tipos de humedales que incluye 42 tipos, agrupados en tres categorías: humedales marinos y costeros, humedales continentales y humedales artificiales (Secretaría de la convención de Ramsar, 2013).

Actualmente no se sabe con exactitud la superficie total de humedales a nivel mundial, pero según la estimación del Centro Mundial de Monitoreo de la conservación del PENUMA sería de unos 570 millones de hectáreas, aproximadamente el 6 % de la superficie de la tierra (Secretaría de la convención de Ramsar, 2013).

Los humedales ofrecen muchos beneficios al hombre, entre los cuales tenemos:

- Asegurar una provisión constante de agua.

- Prevención y regulación a los efectos de inundaciones y sequías reteniendo los excedentes de agua.
- Prevención y control de la erosión.
- Captura de nutrientes y tóxicos, actuando como sumideros de carbono atmosférico.
- Provisión de recursos alimenticios, transporte y otros recursos naturales para el sustento económico y de satisfacción de necesidades.

Perú es uno de los países integrantes de la Convención de RAMSAR, por lo tanto, dentro del territorio se conserva y preserva algunos humedales. A febrero de 2017, Perú declaró un total de 13 sitios RAMSAR (Tabla 1), que representan un total de 6 784 042 hectáreas (Ramsar, 2017b). De los sitios declarados, nueve forman parte del Sistema de Áreas Naturales Protegidas (SINANPE) y cuya administración está a cargo del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP).

Tabla 1

Sitios Ramsar de Perú

Sitio Ramsar	Región	Fecha de designación	Superficie total (ha)
Reserva Nacional Pacaya Samiria	Loreto	30/03/1992	2 080 000
Reserva Nacional de Paracas	Ica	30/03/1992	335 000
Santuario Nacional Lagunas de Mejía	Arequipa	30/03/1992	690.6
Reserva Nacional de Junín	Junín y Pasco	20/01/1997	53 000
Lago Titicaca (sector peruano)	Puno	20/01/1997	460 000

(Continuación)

Complejo de Humedales del Abanico del río Pastaza	Loreto	05/06/2002	3 827 329
Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes	Tumbes	20/01/1997	2 972
Zona Reservada Los Pantanos de Villa	Lima	20/01/1997	263.3
Bofedales y Laguna de Salinas	Arequipa	28/10/2003	17 657
Laguna del Indio – Dique de los Españoles	Arequipa	28/10/2003	502
Humedal Lucre – Huacarpay	Cusco	23/09/2006	1 978.50
Lagunas Las Arreviatadas	Cajamarca	15/07/2007	1 250
Manglares de San Pedro de Vice	Piura	12/06/2008	3 399

Fuente: Dirección General de Diversidad Biológica, Ministerio del Ambiente (Ramsar, 2017b)

1.2.2. Turberas

Las turberas son ecosistemas de humedal que tienden a acumular turba, las cuales permanecen en un estado anegado (Valderrama *et al.*, 2017). Cubren cerca del 3 % de la superficie terrestre y de agua dulce, contienen casi un tercio del carbono almacenado en la biosfera y el 10 % de los recursos disponibles de agua dulce (Holden, 2005). Este sistema se encuentra distribuido principalmente en zonas subárticas y boreales. Se caracterizan por construir y almacenar los remanentes muertos de vegetación como musgos, juncos, pastos y árboles (Charman, 2002). Las turberas presentes en los andes contribuyen con la regulación hídrica, es decir, son reservorios de suelos saturados que van liberando poco a poco el agua que es utilizada por las actividades humanas (Holden, 2005). Asimismo, son sensibles a

cambios hidrológicos, climáticos y desequilibrio de sustratos (Valderrama *et al.*, 2017). Este desequilibrio en las condiciones ambientales, convertirían a las turberas en fuentes de carbono y quizás en uno de los mayores emisores de metano (CH₄) (Jones y Yu, 2010, citado por Valderrama *et al.*, 2017).

Las turberas se desarrollan en zonas con alta y muy estable disponibilidad hídrica, en terrenos planos o ligeramente inclinados, generalmente en fondos de valle o grandes planicies (Joosten y Clarke, 2002), aunque en los andes también es posible encontrar pequeñas turberas en laderas con pendiente media, asociadas a manantiales. La estabilidad en la provisión de agua define una segregación espacial con dos horizontes claramente diferenciados (Holden, 2005).

- El horizonte superior es denominado acrotelmo; su límite inferior corresponde al nivel mínimo de descenso de la tabla de agua subterránea durante el año hidrológico (Figura 1). En este horizonte ocurren una serie de procesos aeróbicos que incluyen la descomposición de materia orgánica, transferencia de nutrientes, etc.
- El horizonte inferior es llamado catotelmo, se encuentra permanentemente saturado y con escasa disponibilidad de oxígeno. El proceso de descomposición en este estrato es anaeróbico.

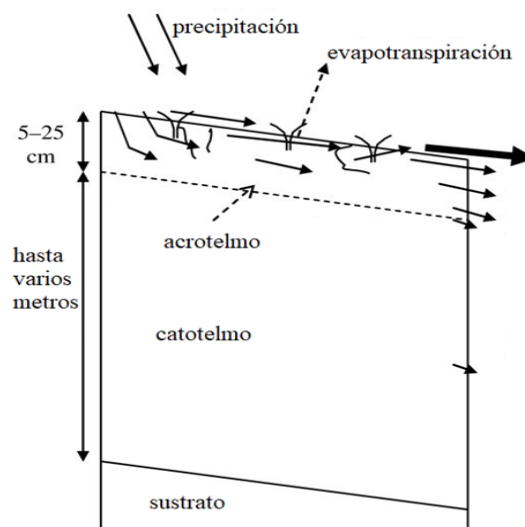


Figura 1. Distribución de los horizontes acrotelmo y catotelmo. Fuente: Modificado a partir de (Holden, 2005).

1.2.3. Bofedales

Las turberas presentes en los andes, y los humedales distribuidos por encima de los 3 800 m.s.n.m., son denominadas áreas de bofedales u "oqhonaes" (MINAM, 2015). Sin embargo, Cerrate (1 979), citado por Maldonado (2014), sostiene que la distribución de los bofedales se da desde los 3 100 m.s.n.m. Este ecosistema presenta suelos hidromorfos y poco drenados. Asimismo, los bofedales se encuentran ubicados en los fondos del valle fluvio-glacial, conos volcánicos, planicies lacustres, piedemonte y terrazas fluviales. Estos se alimentan del agua proveniente del deshielo de los glaciares, del afloramiento de agua subterránea (puqial) y de la precipitación pluvial.

La vegetación herbácea hidrófila es siempre verde, compacta y de porte almohadillado o en cojín, representadas de manera general por las siguientes especies: *Alchemilla pinnata* Ruiz & Pav, *Alchemilla diplophylla* Diels, *Lilaeopsis andina* A. W. Hill, *Calamagrostis eminens* J. Presl, *Hypochoeris stenocephala* A. Gray, *Deyeuxia curvula* (pork'e) Wedd, *Distichia muscoides* (kachu paco) Nees & Meyen, *Hypochoeris taraxacoides* (sik'i) Bent. & Hook f., *Plantago tubulosa* (sik'i) Decne, *Deyeuxia rigescens* (chillk'a) J. Presl, *Eleocharis albibracteata*(kemal/u) Nees & Meyen, *Festuca* sp. (Chillihua), *Werneria pygmaea* (ovejati) Gillies, entre otros (Crispin, 2015).

Flores *et al.* (2014) mencionan los servicios ambientales que brindan los bofedales de la siguiente manera:

- Provisión: agua dulce y forraje.
- Regulación: captura de carbono, control de erosión de suelo, regulación de inundaciones, calidad y cantidad de agua, purificación de agua, sedimentación y carga nutriente, almacenamiento de agua, regulación del clima local.
- Apoyo: refugio de fauna silvestre, cobertura y hábitat para reproducción, migración de animales silvestres, funcionamiento del ciclo hidrológico, mantenimiento de ciclo de vida.
- Culturales: belleza escénica y paisajística, patrimonio cultura, recreación y turismo.

Los bofedales sustentan a la mayor parte de los camélidos sudamericanos, especialmente alpacas y constituyen parte de la belleza escénica del paisaje. Asimismo, brinda un hábitat adecuado para muchas especies amenazadas. El Fondo Mundial para la Naturaleza [WWF] (2005, p. 3) menciona que:

Los humedales altoandinos son considerados por la Convención de Ramsar como ecosistemas de gran fragilidad asociada a causas naturales como el cambio climático, las sequías prolongadas en la puna y a la intervención humana, como en los casos de la agricultura no sostenible, el pastoreo excesivo y la minería a cielo abierto. Muchos humedales de montaña se están perdiendo de manera acelerada, sobre todo, por mal manejo y desconocimiento de su importancia económica y ecológica.

Los bofedales han ido perdiendo parte de su capacidad para proveer bienes y servicios ambientales, debido a amenazas como: el retroceso glacial, contaminación natural, sequías prolongadas, variaciones extremas de los patrones de precipitación, sobrepastoreo producido por la actividad pastoril que sobrepasa la capacidad del bofedal para regenerarse, fragmentación del terreno, construcción de caminos y carreteras, construcción de represas, introducción de especies exóticas vegetales y animales, contaminación ambiental, drenaje para expansión de agricultura o para actividades productivas y extractivas, expansión de actividad agrícola, minería, urbanización y altas tasa de extracción de la vegetación y suelos orgánicos con fines de combustibles y musgos (Flores *et al.*, 2014).

Algunas causas subyacentes que afectan negativamente a los bofedales son los conflictos de interés entre los diversos actores territoriales; inequitativa distribución de recursos naturales; legislación insuficiente y/o reglamentadas e implementadas deficientemente; políticas agropecuarias y sectoriales inadecuadas; conflictos de gobernabilidad e institucionalidad; debilidad institucional; sistema inadecuado de tenencia de tierras y deficientes condiciones de desarrollo humano y calidad de vida (Flores *et al.*, 2014).

Beck *et al.* (2010), citado por Palabral (2013), clasifica a los bofedales según el nivel de agua en dos tipos:

- Bofedales permanentemente húmedos o hidromórficos, ubicados en los fondos de los valles, cerca de ríos y arroyos o en laderas con vertientes u ojos de agua. Este tipo de bofedal se encuentra especialmente en las planicies de inundación de llanuras y poseen una irrigación continua a lo largo de todo el año. Los suelos poseen una gran cantidad de materia orgánica, formando esencialmente una turbera de alta montaña. La vegetación predominante está constituida por cojines de *Oxychloe andina* Phil, *Distichia muscoides* Nees & Meyen y *Plantago tubulosa* Decne. Entre los cojines también crecen varias plantas pequeñas como *Werneria pygmaea* Gillies, *Gentiana sedifolia* Kunth y *Phylloscirpus boliviensis* Drhooge & Goetgh.
- Bofedales temporalmente húmedos o méxicos, que pierden agua durante la época seca, produciendo la descomposición de los cojines y la acumulación de sales en el suelo.

1.2.4. Suelo

Es la capa superficial de la corteza terrestre que se va formando a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento. Está compuesta por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura [FAO], 2017).

a. Histosol

Los histosoles son suelos formados en material orgánico, varían desde suelos desarrollados dominados por musgo de turba en regiones boreales, árticas y subárticas, vía turba de musgos, turba de cañas/ciperáceas (pantanos) y turba de bosque en regiones templadas hasta turba de manglares y turba de bosque de pantano en los trópicos húmedos (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura [FAO], 2008). En la Tabla 2 se muestra una descripción de los histosoles.

Tabla 2

Descripción de los histosoles

Característica	Descripción
Extensión	A nivel mundial se estima en uno 325 – 375 millones de ha.
Connotación	Suelos de turba y pantanos; del griego <i>histos</i> , tejido.
Material parental	Restos vegetales incompletamente descompuestos, con o sin mezcla de arena, limo o arcilla.
Ambiente	Los Histosoles ocurren extensivamente en regiones boreal, ártica y subártica. En otros lugares, están confinados a cuencas y depresiones pobremente drenadas, pantanos y marismas con agua freática somera, y áreas de tierras altas con una alta relación precipitación–evapotranspiración.
Desarrollo del perfil	La mineralización es lenta y la transformación de restos vegetales a través de la desintegración bioquímica, y formación de sustancias húmicas crea una capa superficial de moho con o sin saturación con agua prolongada. El material orgánico translocado puede acumularse en capas más profundas, pero más frecuentemente es lixiviado del suelo.

Fuente: (FAO, 2008).

1.2.5. Humedad de suelo

a. Métodos para medir la humedad del suelo

Los métodos para la medición de la humedad del suelo utilizaran a las propiedades físicas que cambian con la humedad, tales como: el peso, la tensión del agua, la humedad del aire, la dispersión de la radiación, la atenuación de la radiación, constante dieléctrica del suelo, la resistencia eléctrica del suelo y la textura del suelo. La medición puede ser directa o indirecta (Florentino, 2006).

Florentino (2006) menciona que los métodos directos miden la cantidad de agua que hay en el suelo, dentro de estos se tiene:

Método gravimétrico: Es el método más exacto de todos, se usa para calibrar a los demás. Pero necesita mucho tiempo, es caro y destruye la muestra. Mide la variación de peso de una muestra de suelo. El procedimiento para este método consiste en tomar muestras de suelo en el campo, colocarlas en envases herméticamente cerrados y trasladarlos al laboratorio; se pesan en húmedo, se colocan en estufa a 105 ° C, mínimo por 24 h, hasta peso constante.

$$H \% = \left(\frac{(M_{sh} - m_{SS})}{m_{SS}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Donde:

H % = contenido gravimétrico de agua del suelo (%).

Msh = masa del suelo húmedo (g).

Mss = masa del suelo seco (g).

Msh-Mss = masa de agua.

Reflectometría (Sonda TDR): Se basa en la relación que existe entre el contenido de humedad del suelo y su constante dieléctrica. Las ventajas que tiene este método es que funciona en un amplio rango de suelos, tiene una calibración universal, mide la humedad volumétrica, posee muchas configuraciones (largos de 2 cm hasta 3 m), permite medir el contenido de humedad de manera continua y se puede medir en muchos puntos con un equipo automáticamente, preciso (+/- 2 % a mayor). Dentro de las desventajas es que tiene un alto costo y necesita la instalación de tubos de acceso, los cuales deben quedar en estrecho contacto con el suelo.

Aspersor de Neutrones: Establece una relación entre el contenido de hidrógeno de un suelo y el agua presente en el mismo, aunque en suelos orgánicos o densamente enraizados esta relación no se cumple. Este método es muy preciso, pero de alto costo.

Necesita calibración por suelo (mucho trabajo), trabaja con radiación y no se puede usar en forma automática.

Método de Campo: Relaciona la textura, agregación de las partículas y plasticidad de un suelo con el contenido de humedad. Es de bajo costo, permite la medición in situ.

Los métodos indirectos calculan la humedad mediante una calibración entre humedad y una propiedad que es más fácil de medir. Florentino (2006) menciona los siguientes:

Tensiómetros: Mide el potencial métrico, funcionan en el rango de 0 a -0.07 Mpa (-70 cb), que corresponde al 50 % de la humedad aprovechable aproximadamente, esta menos sujeto a la variabilidad espacial que el muestreo gravimétrico. No opera en suelos muy secos o de texturas gruesas.

Bloques de Resistencia: este método se basa en el hecho de que la conductividad eléctrica de muchos materiales varía en función del contenido de agua. La conductividad de los bloques aumenta a medida que la cantidad de agua del suelo absorbido por los bloques aumenta.

Los más comunes son los bloques de yeso, los cuales necesitan calibración (gravimetría o poniendo el bloque en un aparato de membrana de presión) y son adecuados para suelos secos (funcionan en el rango de -0.5 a -15 bares) (Florentino, 2006). Complementan a los tensiómetros.

1.2.6. Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas

La Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, RPNYC, es un área natural protegida por Estado peruano y fue creada el 2001 con el Decreto Supremo N° 033–2001–AG. Contempla una superficie de 221 268.48 ha, los cuales se encuentran ubicados en los Distritos de Tanta, Miraflores, Vitis, Huancaya, Alis, Laraos, Tomas y Carania en la Provincia de Yauyos, Departamento de Lima y el Distrito de Canchayllo en la Provincia de Jauja, Departamento

de Junín, según el Plan Maestro de área esta fue creada con el objeto de (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016, p. 7):

La conservación de la cuenca alta del río Cañete y la cuenca del río Pachacayo, que albergan ecosistemas inmersos en un conjunto paisajístico de gran belleza y singularidad, coexistiendo en armoniosa relación con las actividades de las comunidades campesinas, las cuales han desarrollado formas de organización social para la producción y uso eficiente de sus recursos naturales protegiendo sus valores históricos culturales.

Según el mapa de ecosistemas de la Reserva, se tiene que 9 277.44 ha está comprendida por bofedales, lo que equivale al 4.2 % de la superficie del Área Natural Protegida (MINAM, 2016).

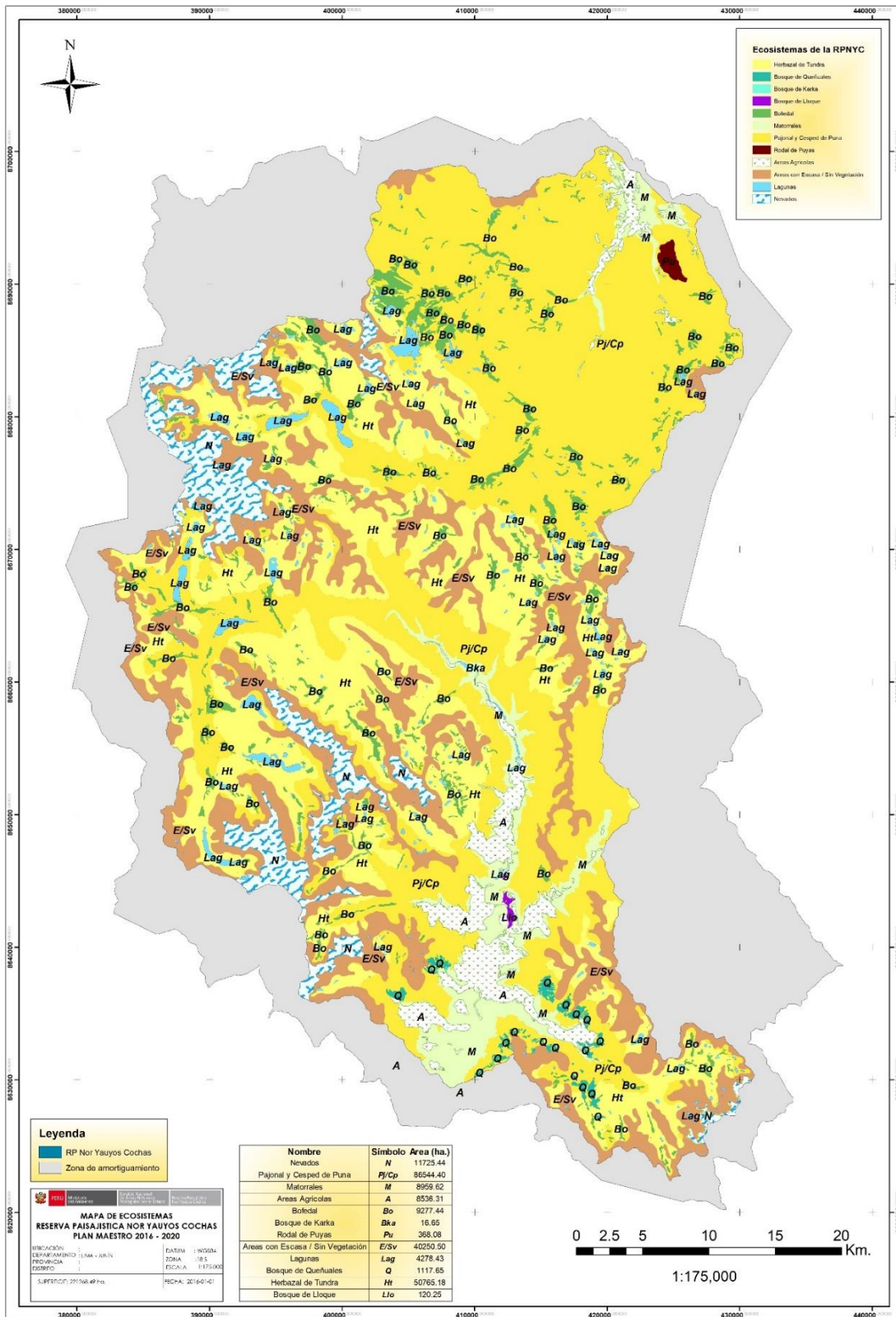


Figura 2. Mapa de ecosistemas de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabambas. Fuente: MINAM, (2016).

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

La investigación es del tipo descriptivo y no experimental. Bernal (2010), menciona que en este tipo de investigación se describe las características de un fenómeno u objeto de estudio, asimismo, la investigación descriptiva es la base de otros tipos de investigaciones. En la presente investigación se colectaron datos de campo (nivel freático y temperatura del suelo), datos de laboratorio (humedad de suelo, textura, porosidad, materia orgánica, pH, conductividad eléctrica) y datos meteorológicos (precipitación y temperatura). A través de un análisis estadístico se explicó las características del suelo de dos bofedales, natural y artificial. Asimismo, se realizó el análisis de la humedad del suelo y se evaluó la relación que tienen algunas características del suelo con esta variable.

2.2. Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en dos bofedales con diferente aporte de agua. El primero es Huachipampa, es un bofedal natural que tiene como fuente de agua las precipitaciones pluviales y aguas subterráneas. El segundo es Tambo Real, es un bofedal artificial y cuenta con una fuente permanente de agua, canales de filtración. Ambos bofedales se encuentran dentro de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabamba (Figura 3).

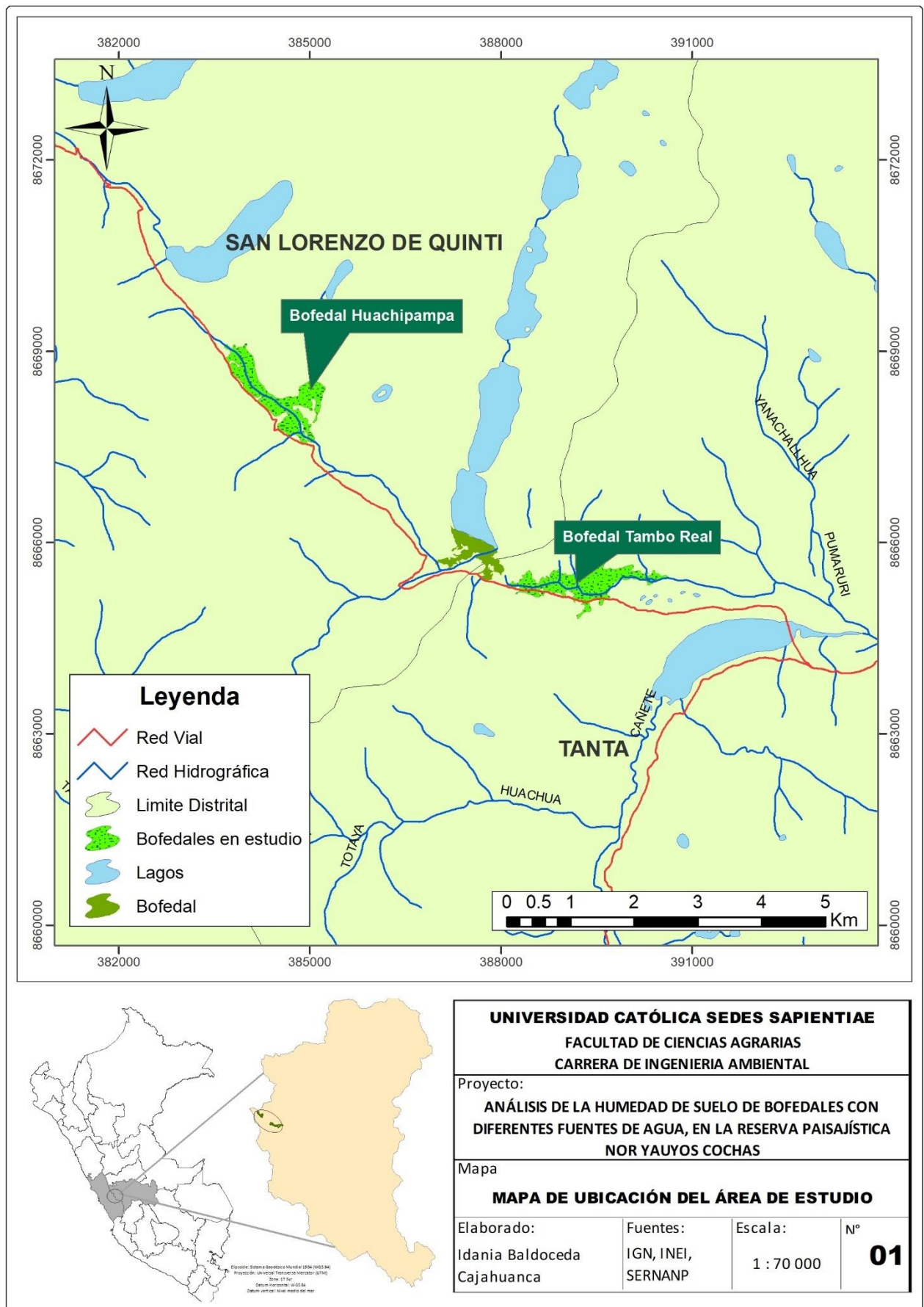


Figura 3. Mapa de ubicación del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

2.2.1. Bofedal Huachipampa

Huachipampa, es un bofedal natural ubicado en la comunidad campesina de Huachipampa en el distrito de San Lorenzo de Quinti, a 4 600 m.s.n.m. Este bofedal se encuentra asociado a pozos u ojos de agua (Figura 4), y es utilizado por la población local como una fuente de forraje para el ganado alpacar y ovino. Posee una extensión 46.68 hectáreas.



Figura 4. Bofedal Huachipampa. Fuente: Elaboración propia.

San Lorenzo de Quinti, es un distrito ubicado en la provincia de Huarochiri, departamento de Lima (Figura 5). Abarca una superficie de 467.58 km² y se encuentra localizado en la parte sur-centro de la provincia.

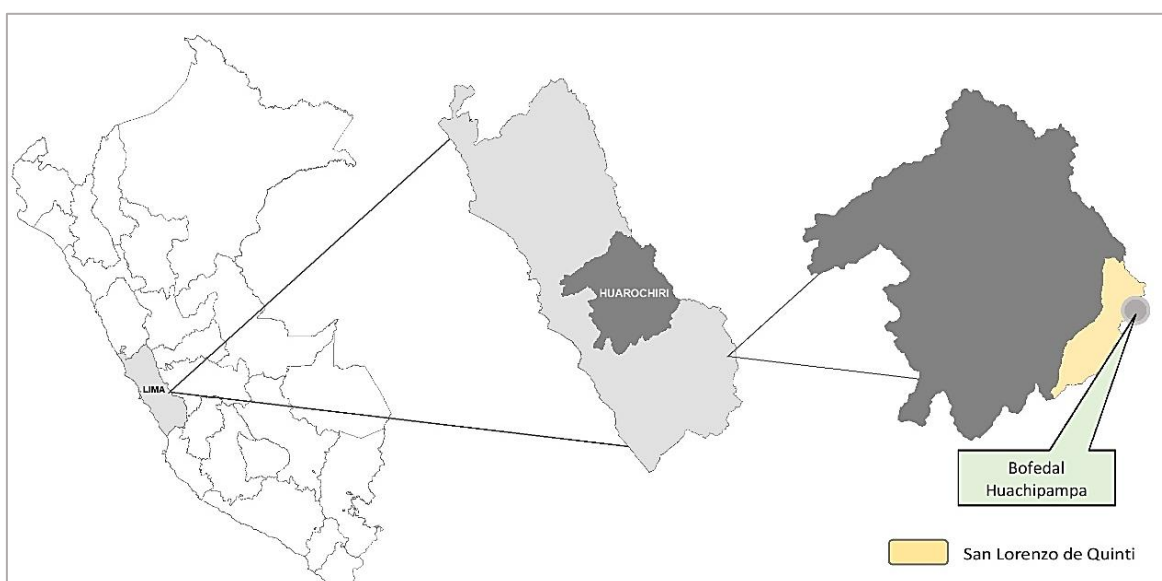


Figura 5. Ubicación del bofedal Huachipampa. Fuente: Elaboración propia.

2.2.2. Bofedal Tambo Real

Tambo Real es un bofedal artificial ubicado en el distrito de Tanta a 4 300 m.s.n.m., posee una extensión de 69.15 hectáreas. Este bofedal presenta canales de filtración que fueron construidos por antiguos pobladores (Figura 6). Actualmente este espacio viene siendo utilizado por la población local como un área de pastoreo. El ganado doméstico predominante en el sector es ovino y camélidos domésticos (llama y alpaca).



Figura 6. Bofedal Tambo Real. Fuente: Elaboración propia.

El distrito de Tanta se encuentra ubicado en la provincia de Yauyos, departamento de Lima (Figura 7). Tiene una superficie de 347.15 km². Se encuentra a 4 268 m.s.n.m.

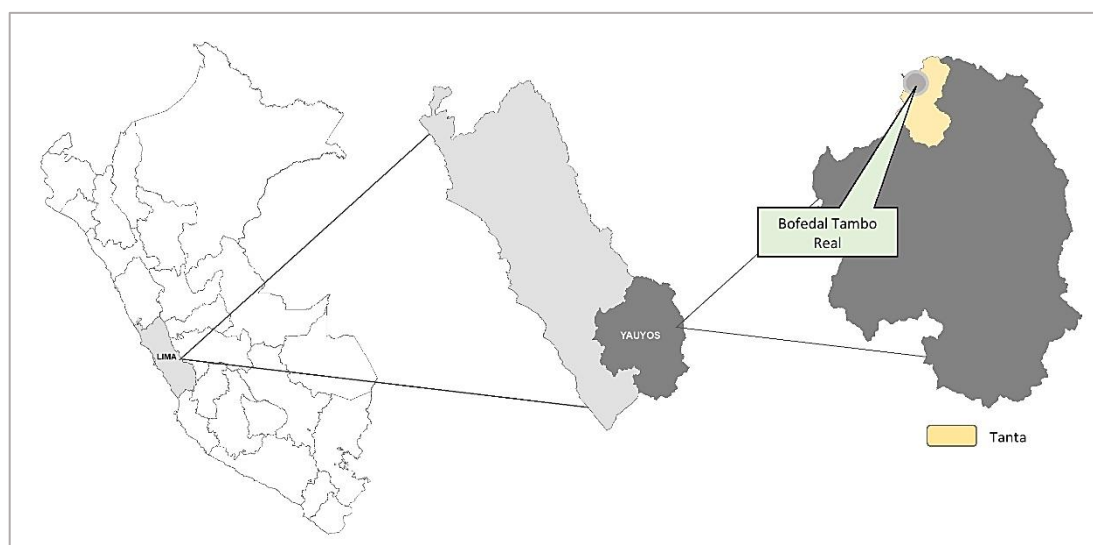


Figura 7. Ubicación del bofedal Tambo Real. Fuente: Elaboración propia.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

La población considerada fue el área ocupada por dos bofedales ubicados por encima de los 4 000 m.s.n.m. en los distritos de Tanta y San Lorenzo de Quinti, en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabambas.

2.3.2. Muestra

La muestra es las porciones de suelo en los bofedales Huachipampa y Tambo Real, ubicados en los distritos de San Lorenzo de Quinti y Tanta correspondientemente.

2.4. Hipótesis

Si los bofedales Huachipampa y Tambo Real, tienen el mismo porcentaje de humedad del suelo, entonces se podría afirmar que el porcentaje de humedad entre los dos bofedales no difieren.

- **Ho:** La humedad del suelo presenta el mismo porcentaje en los bofedales Huachipampa y Tambo Real.
- **Ha:** La humedad del suelo no presenta el mismo porcentaje en los bofedales Huachipampa y Tambo Real.

2.5. Descripción de la investigación

La investigación contó con tres fases, las cuales son detalladas a continuación:

2.5.1. Fase preliminar

Esta fase comprendió la revisión bibliográfica y el establecimiento de los puntos de muestreo, para lo cual se realizó un reconocimiento del lugar en compañía de la Blg. Mónica Sofía Maldonado Fonkén. Se delimitó los bofedales a estudiar, estas presentan diferentes características en cuanto a la hidrología, Huachipampa es una típica turbera de

Distichia muscoides. dependiente de agua subterránea, mientras Tambo Real es un humedal artificial subvencionado por canales de riego e infiltración. Asimismo, el bofedal Tambo Real presenta una superficie plana, mientras que el bofedal Huachipampa presenta un terreno con una pendiente ligeramente pronunciada, además muestran áreas pedregosas y muy inundadas.

En base a la descripción se establecieron 5 puntos de muestreo en Huachipampa (Figura 8), y 12 puntos de muestreo en Tambo Real (Figura 9).

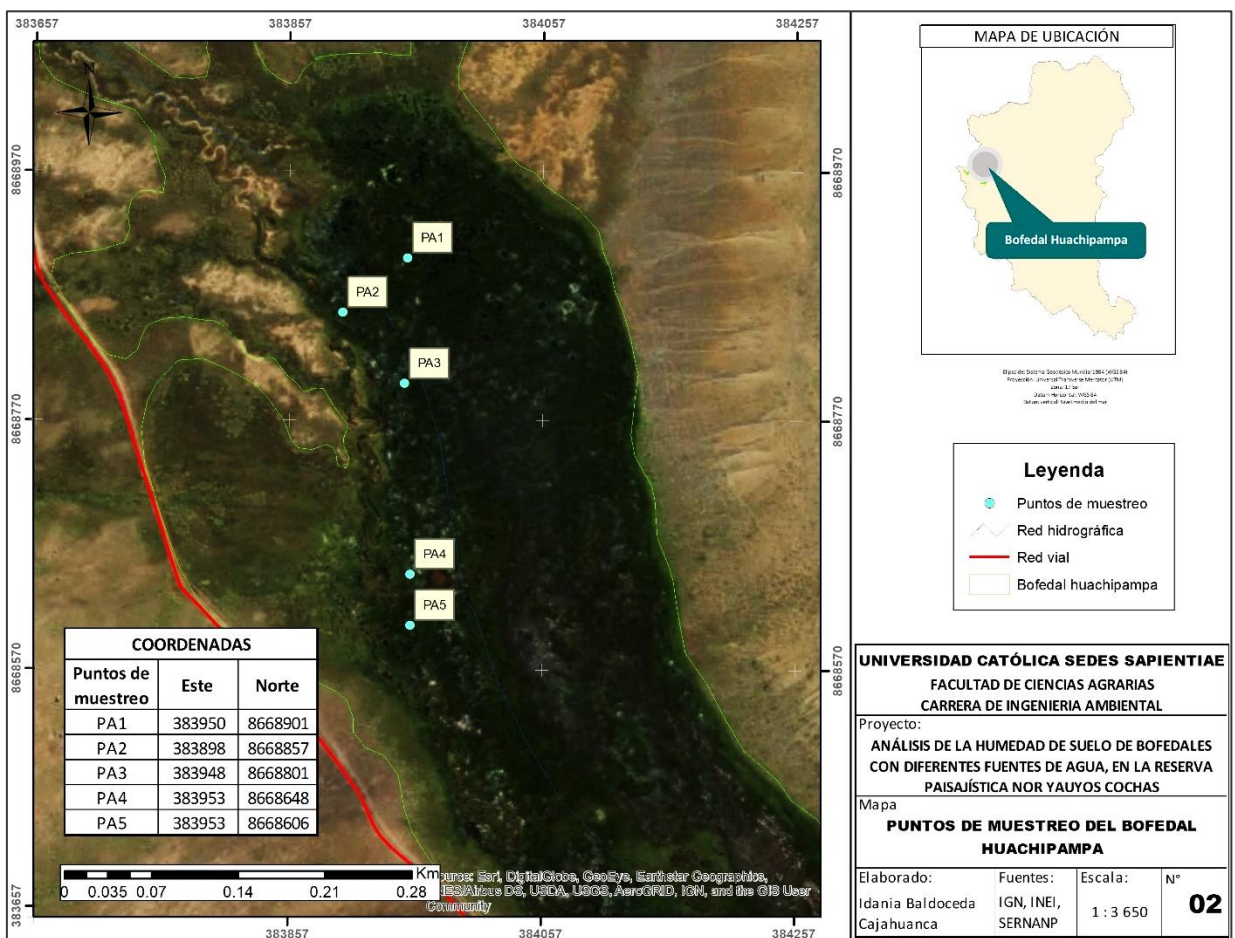


Figura 8. Puntos de muestreo del bofedal Huachipampa. Fuente: Elaboración propia.

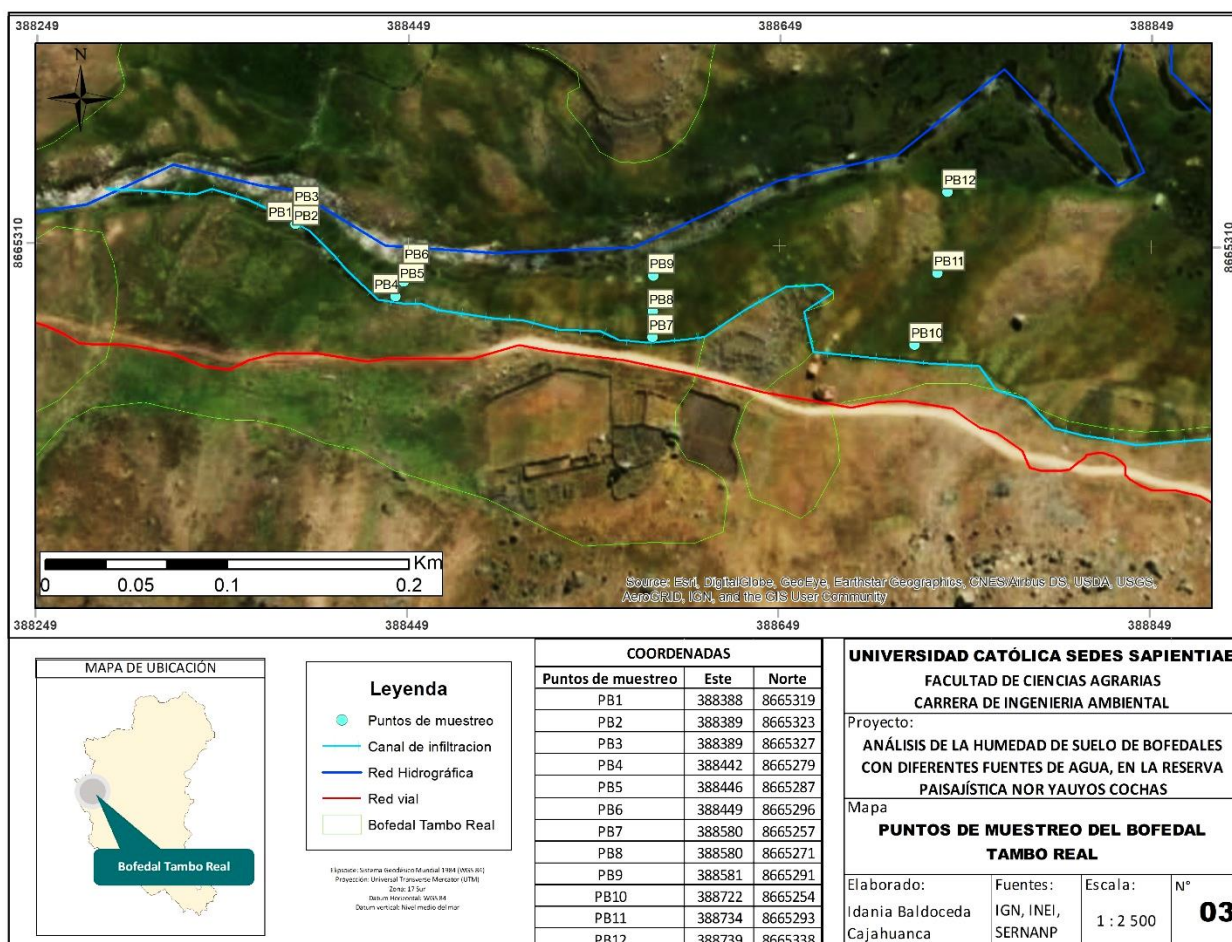


Figura 9. Puntos de muestreo del bofedal Tambo Real. Fuente: Elaboración propia.

Los puntos de muestreo en Tambo Real fueron distribuidos según la influencia que ejerce el canal de infiltración sobre el bofedal. Por ello se establecieron tres zonas: zona al lado del canal, zona media y zona al lado del río Cañete. En cada sector se instalaron cuatro puntos de muestreo.



Figura 10. Zonas de muestreo del bofedal Tambo Real. Fuente: Elaboración propia.

2.5.2. Fase de campo

Se georreferenció los puntos de muestreo en campo con la ayuda de un GPS GARMIN OREGON 650. Con un barreno de 1.2 m se instaló en cada punto de muestreo un piezómetro, el cual consistía en un tubo de PVC de 2 pulgadas con cortes diagonales cada 5 cm, el largo de los tubos dependió de la profundidad en la que se encontraba la tabla de agua.



Figura 11. Instalación de piezómetros. Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en consideración que los bofedales son turberas presentes en los andes, y que estas presentan dos horizontes, acrotelmo y catotelmo, se definieron las profundidades para la extracción de las muestras de suelo. El acrotelmo es la capa de suelo que se encuentra parcialmente aireada, mientras que el catotelmo es la capa del suelo que permanece siempre

saturada de agua. La separación de estos dos horizontes es la capa freática, siendo la profundidad más baja del nivel del agua la base del acrotelmo (Holden y Burt, 2003). Las muestras fueron extraídas en el acrotelmo, se midió el nivel más bajo de la capa freática. El nivel más bajo para el bofedal Huachipampa fue a 108 cm de profundidad respecto a la superficie, mientras que para el bofedal Tambo Real fue a 50 cm de profundidad. Se extrajeron muestras a 75 y 100 cm de profundidad en Huachipampa y a 25 y 35 cm de profundidad en Tambo Real.

Las muestras fueron extraídas con un barreno de 1.20 m y fueron reservadas en bolsas ziploc para su posterior análisis.



Figura 12. Extracción de muestras de suelo. *Fuente:* Elaboración propia.

- **Temperatura del suelo:** esta variable fue medida a través de un medidor de temperatura de varilla.
- **Nivel freático:** Esta variable fue medida con una wincha de 3 m de largo. Se midió el espacio que había entre la superficie del suelo y el nivel de agua (tabla de agua).

2.5.3. Fase de laboratorio y gabinete

Esta fase comprendió el análisis de las muestras. Algunas variables fueron evaluadas en la Estación Biológica de Tanta, habilitada por el Patronato de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, y otras en el laboratorio de suelos de la Universidad Mayor de San Marcos.

A continuación, se detalla el análisis de las muestras.

- **Humedad del suelo (%):** La humedad del suelo fue determinada a través del método gravimétrico, para lo cual se colocó las muestras de suelo sobre trozos de papel aluminio, para después ser pesadas en una balanza y secadas en una estufa a una temperatura de 105 ± 0.5 °C durante 24 horas. Después del secado, las muestras volvieron a ser pesadas. Se despreció el peso del papel aluminio.



Figura 13. Medición del peso de las muestras de suelo. *Fuente:* Elaboración propia.

Los valores obtenidos fueron representados en la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad \%} = \left(\frac{P_s - P_h}{P_s} \right) * 100 \quad (2)$$

Donde:

P_s: Peso seco.

P_h: Peso húmedo.

- **Materia Orgánica (%):** El método utilizado para la cuantificación de materia orgánica (MO) fue el propuesto por Schulte y Hopkins (1996) citado por Eyherabide *et al.* (2014), el cual consiste en pesar una cantidad de muestra en crisoles de 15 ml, posteriormente colocadas en una estufa durante 24 h a 105 °C. Las muestras fueron enfriadas en desecador y pesadas, luego colocadas en una mufla a una temperatura de 360 °C por un tiempo de 2 h. El cálculo de MO fue analizado por diferencia de peso con la siguiente formula:

$$\%MO = ((\text{peso } 105 \text{ }^{\circ}\text{C} - \text{peso } 360 \text{ }^{\circ}\text{C})(100))/ \text{peso } 105 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (3)$$

- **Porosidad (%):** La porosidad se determinó a través de la siguiente ecuación (Vilche, Alzugaray y Montico, 2002).

$$PT = (\delta_r - \delta_a / \delta_r) (100) \quad (4)$$

En donde:

PT = porosidad total.

δ_r = densidad real.

Δ_a = densidad aparente.

La densidad aparente fue determinada a través del método del hoyo o de excavación (Gabriels y Lobo, 2006), el cual consistió en cavar un hoyo, conservando toda la tierra retirada del hoyo como muestra, después de ello se vertió 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 fue secada a 105 °C por 24 horas para determinar el peso seco (M_s).

$$\delta_a = \frac{M_s}{V_t} \quad (5)$$

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).

$$\delta_r = \frac{M_s}{V_t} \quad (6)$$

Los valores de porosidad obtenidos serán comparados con los valores expresados en la Tabla 3, a fin de definir la clasificación de la porosidad.

Tabla 3

Clasificación de la porosidad total del suelo

Porosidad total %	Calificación
>70	Excesiva
55-70	Excelente
50-55	Satisfactoria
40-50	Baja
<40	Muy baja

Fuente: Kaurichev, 1984, citado por Jaramillo (2002).

Dado que los bofedales en estudio no son usados intensivamente, la porosidad fue analizada solo una vez en de julio 2017.

- **Textura del suelo:** La textura fue analizada en el laboratorio de suelos de la Universidad la Agraria de la Molina. Para ello se llevó al laboratorio 500 g de suelo de cada muestra. Por motivos presupuestales solo se analizaron 2 muestras de Huachipampa y 4 de Tambo Real, las cuales fueron seleccionadas al azar.
- **Color del suelo:** Esta variable fue analizada mediante el uso de la tabla de Munsell. La determinación consistió en comparar la coloración de las muestras con la gama de colores presentes en la tabla Munsell. Esta variable se analizó solo una vez, en el mes de julio.
- **Potencial de hidrogeno (pH):** Este parámetro fue determinado a través del uso de un equipo multiparámetro marca HABA, modelo HI-9813-06. Para realizar las mediciones se diluyo 5 g de muestra de suelo en 10 mL de agua destilada, se agito durante un minuto y se dejó reposar por 10 minutos, transcurrido el tiempo se introdujo el sensor del multiparámetro para realizar la medición.

Se compararon los valore con el sistema de clasificación de pH propuesto por la USDA (Tabla 4).

Tabla 4

Clasificación del pH del suelo

(USDA) Valor	Clasificación
< 4.0	Extremadamente ácido
4.0 – 4.9	Fuertemente ácido
5.0 – 5.9	Moderadamente ácido
6.0 – 6.9	Ligeramente ácido
7	Neutro
7.1 – 8.0	Ligeramente alcalino
8.1 9.0	Moderadamente alcalino
9.1 – 10.0	Fuertemente alcalino
>10.1	Extremadamente alcalino

Fuente: Jaramillo (2002).

- **Conductividad eléctrica (dS.m⁻¹):** Esta variable se determinó a través un equipo multiparámetro marca HABA, modelo HI-9813-06. Para ello se diluyo 5 g de muestra de suelo en 10 ml de agua destilada, se agito durante un minuto y se dejó reposar por 10 minutos, transcurrido el tiempo se introdujo el sensor del multiparámetro para realizar la medición. Los valores obtenidos fueron comparados con la clasificación propuesta en la Tabla 5.

Tabla 5

Valores de conductividad eléctrica

CEe promedios dS.m ⁻¹	Categorías
<2	No salino
2 – 4	Ligeramente salino
4 – 8	Salinos
8 – 16	Fuertemente salinos
> 16	Extremadamente salinos

Fuente: Adapitado por Van Hoorn y Van Alphen, 1994, citado por Villafañe, 2000.

- **Datos meteorológicos:** Los datos de precipitación (mm), temperatura (°C) y humedad atmosférica (%), fueron obtenidos de la estación meteorológica del SENAMHI y la estación presente en la represa Paucarcocha, ubicados en el distrito de Tanta.

2.6. Identificación de variables y su mensuración

Las variables que se plantearon para este estudio de investigación se exponen a continuación (Tabla 6).

Tabla 6

Variables de estudio y su mensuración

Variables	Método	Mensuración
Variable dependiente		
Humedad de suelo	Método gravimétrico	%
Variable independiente		
Materia orgánica	Método de ignición	%
Porosidad	Método de diferencia de densidades	%
Textura del suelo	Método granulométrico	Clase textural
Color del suelo	Método uso de la tabla de Munsell	Clasificación de color
Potencial de hidrogeno	Método potenciómetro	Unidad de pH
Conductividad eléctrica	Método de laboratorio	dS.m ⁻¹
Temperatura del suelo	Método uso de geotermómetro	°C
Nivel freático	Método de profundidad	cm
Temperatura del ambiente	Método uso de termómetro	°C
Precipitación	Método uso de pluviómetro	mm

Fuente: Elaboración propia.

2.7. Análisis estadístico de datos

Se efectuó la prueba de normalidad para conocer la distribución normal de los datos a través de las pruebas de Shapiro-Wilks y Kolmogorov.

Los valores de humedad fueron analizados a través de las pruebas de Kruskal Wallis y Man Whitney.

Se realizó el análisis de correlación de Spearman para determinar la relación entre la variable dependiente (humedad de suelo) y las variables independientes (materia orgánica, pH, conductividad, temperatura del suelo, nivel freático y porosidad).

Finalmente, se realizó el análisis de varianza no paramétrico Kruskal Wallis ($p \leq 0,05$) para evaluar si se aprueba o no la hipótesis nula.

Los análisis estadísticos fueron realizados en los programas estadísticos InfoStat y SPSS.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Características del suelo, vegetación y variables meteorológicas

3.1.1. Características físicas, químicas y biológicas del suelo

a. Textura

En la Tabla 7 se muestran los resultados del análisis de textura realizado en el laboratorio de suelos de la Universidad la Agraria de la Molina. Se tiene que los puntos PA4 y PA5 del bofedal Huachipampa presentaron una textura franca, lo que significa que los porcentajes de arcilla, limo y arena se encuentran en equilibrio. En relación al bofedal Tambo Real se tiene que los puntos PB3 y PB6, puntos ubicados cerca a la bocatoma del canal, presentan una textura franca arenosa lo que indica que existe un mayor porcentaje de arena en el suelo. Los puntos PB7 y P10, puntos más alejados de la bocatoma, presentaron una textura franca al igual que los puntos del bofedal Huachipampa.

Tabla 7

Clase textural de los puntos de muestreo de los bofedales Huachipampa y Tambo Real

Bofedal	Código de la muestra	Arena %	Limo%	Arcilla%	Clase Textural
Huachipampa	PA1	---	---	---	---
	PA2	---	---	---	---
	PA3	---	---	---	---
	PA4	51	36	13	Franco
	PA5	35	48	17	Franco
Tambo Real	PB1	---	---	---	---
	PB2	---	---	---	---
	PB3	55	30	15	Franco arenoso
	PB4	---	---	---	---

(Continuación)

PB5	---	---	---	---
PB6	67	24	9	Franco arenoso
PB7	47	42	11	Franco
PB8	---	---	---	---
PB9	---	---	---	---
PB10	47	44	9	Franco
PB11	---	---	---	---
PB12	---	---	---	---

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad la Agraria de la Molina

b. Color

En la tabla 8 se muestran los resultados del análisis de color realizado en el laboratorio de suelos de la Universidad la Agraria de la Molina. Los puntos de muestreo PA1 y PA2 del bofedal Huachipampa presentan una clasificación **black**, los que hace referencia a un suelo oscuro rico en materia orgánica. Los otros puntos presentaron una coloración de tonalidades very dark brown, dark yellowish, brown pale brown.

En el bofedal Tambo Real se tuvo que la mayoría de los puntos de muestreo mostraron una coloración de marrón oscuro, **dark brown**, solo los puntos PB1 y PB4 presentaron una coloración negra, lo que coincide con la presencia de materia orgánica.

Tabla 8

Coloración del suelo de los puntos de muestreo de los bofedales Huachipampa y Tambo Real

Bofedal	Código de la muestra	Clave de color del suelo en seco	Calificación	Comentario
Huachipampa	PA1	10YR 2/2	Black	Materia orgánica
	PA2	10YR 2/1	Black	Materia orgánica
	PA3	10YR 2/2	Very dark brown	

(Continuación)

	PA4	10Y4 4/4	Dark yellowish Brown	
	PA5	10YR 6/3	Pale Brown	
Tambo Real	PB1	10Y4 2/2	Black	Materia orgánica.
	PB2	10YR 4/3	Dark Brown	
	PB3	10YR 4/3	Dark brown	
	PB4	10YR 2/1	Black	Materia orgánica.
	PB5	10YR 5/3	Brown	
	PB6	10YR5/3	Brown	
	PB7	10YR 5/4	Yellowish brown	
	PB8	10YR 4/3	Dark brown	
	PB9	10YR 4/3	Dark Brown	
	PB10	10YR 4/3	Dark brown	Suelo con raicillas.
	PB11	10YR 4/3	Dark Brown	
	PB12	10YR 3/4	Dark brown	

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad la Agraria de la Molina

c. Porosidad %

La porosidad fue determinada a través de las densidades, densidad aparente y densidad real del suelo. La densidad aparente cuantifica el volumen de las muestras de suelo considerando el espacio que ocupan los poros (Jaramillo, 2002), en la Tabla 9 se muestran los valores de densidad aparente para ambos bofedales, Huachipampa y Tambo Real. En el bofedal Huachipampa los valores de densidad aparente estuvieron en el rango 0.24 g cm^{-3} a 0.62 g cm^{-3} , mientras que en el bofedal Tambo Real los valores estuvieron entre 0.29 g cm^{-3} a 0.75 g cm^{-3} , la variación en los valores depende de varios factores, como el contenido de materia orgánica, textura del suelo y las prácticas de manejo (Salamanca y Sadeghian, 2005).

La densidad real es el peso de las partículas sólidas del suelo, relacionado con el volumen que ocupan, sin tener en cuenta su organización en el suelo, es decir, no involucra el volumen del espacio ocupado por los poros (Jaramillo, 2002), debido a esta consideración la densidad real tiende a ser mayor que la densidad aparente. Los valores de densidad real en el bofedal Huachipampa estuvieron en el rango de 0.57 g cm^{-3} a 1.03 g cm^{-3} , mientras que en el bofedal Tambo Real los valores estuvieron entre 0.53 g cm^{-3} a 1.75 g cm^{-3} .

Según la clasificación del Kaurichev (1984) citado por Jaramillo (2002), los puntos PA1, PA2 y PA4 del bofedal Huachipampa presentan una porosidad excelente, es decir, el suelo de estos puntos muestreo tienen espacios adecuados para la circulación de aire y agua. PA3 y PA5 presentaron una porosidad baja. Para el bofedal Tambo Real se tiene que los puntos más cercanos a la bocatoma, PB1, PB2, PB3, PB4, PB5 y PB6 presentaron porosidades entre la clasificación de muy bajo a excelente, mientras que los puntos más alejados de la bocatoma, PB7, PB8, PB9, PB10, PB11 y PB12, presentaron porosidades entre excelente a excesivo.

Tabla 9

Valores de densidad aparente, densidad real y porosidad de los bofedales Huachipampa y Tambo Real

Bofedal	Puntos de muestreo	Densidad aparente gr cm ⁻³	Densidad Real gr cm ⁻³	Porosidad%	Clasificación
Huachipampa	PA1	0.33	0.76	56.67	Excelente
	PA2	0.35	0.88	60	Excelente
	PA3	0.34	0.57	40	Baja
	PA4	0.24	0.59	60	Excelente
	PA5	0.62	1.03	40	Baja
Tambo Real	PB1	0.75	1.58	52.50	Satisfactorio
	PB2	0.61	1.05	41.82	Baja
	PB3	0.53	0.88	40	Baja
	PB4	0.44	1.75	75	Excesiva
	PB5	0.38	1.27	70	Excelente
	PB6	0.36	0.58	38.75	Muy baja
	PB7	0.29	0.82	65	Excelente
	PB8	0.30	1.01	70.59	Excesiva
	PB9	0.33	0.95	65	Excelente
	PB10	0.07	0.53	86	Excesiva
	PB11	0.30	0.84	64.29	Excelente
	PB12	0.37	1.53	76	Excesiva

Fuente: Elaboración propia.

d. Materia orgánica (MO)

La materia orgánica es considerada como la fracción orgánica del suelo (Jaramillo, 2002). En la Tabla 10 se muestra el porcentaje de materia orgánica de los puntos de muestreo del bofedal Huachipampa. Se observa que los puntos PA1 y PA3 presentan mayor porcentaje de materia orgánica en casi todas las épocas de evaluación, sus valores se encontraron en el rango de 56.52 % a 91.18 %, ambos puntos de muestreo se ubican en una parte media del bofedal que casi siempre permanece saturado. Jaramillo (2002), menciona que en ambientes saturados se crean condiciones anaerobias en donde la descomposición de la materia orgánica es más lenta.

Los puntos de muestreo PA2, PA4 y PA5, registraron menos porcentaje de materia orgánica (Figura 14), sus valores estuvieron entre 1.07 % a 49.12 % con excepción de un 77.51 % registrado en el punto PA2 a 75 cm de profundidad en la época de lluvia. Según la ubicación en el bofedal Huachipampa, estos puntos se encuentran en un extremo del bofedal en donde existe variación del nivel freático. Bajo la consideración del párrafo anterior, estos puntos no se encuentran saturados todo el año, por lo tanto, se crean condiciones aerobias que aceleran la descomposición de la materia orgánica.

Tabla 10

Porcentaje de materia orgánica según punto de muestreo y profundidad, bofedal Huachipampa

Puntos de muestreo	Seca		Sec - Lluv		Lluvia		Lluv - Sec	
	75 cm	100 cm	75 cm	100 cm	75 cm	100 cm	75 cm	100 cm
PA1	81.40	91.18	79.92	88.69	72.42	59.27	90.88	81.31
PA2	14.84	49.12	8.16	25.60	77.51	5.29	34.40	2.15
PA3	84.48	56.52	63.37	80.45	81.59	63.45	61.00	61.89
PA4	16.00	3.61	7.83	7.85	7.52	4.53	7.67	1.07
PA5	7.93	2.94	9.00	6.64	13.86	4.45	6.47	4.43

Fuente: Elaboración propia.

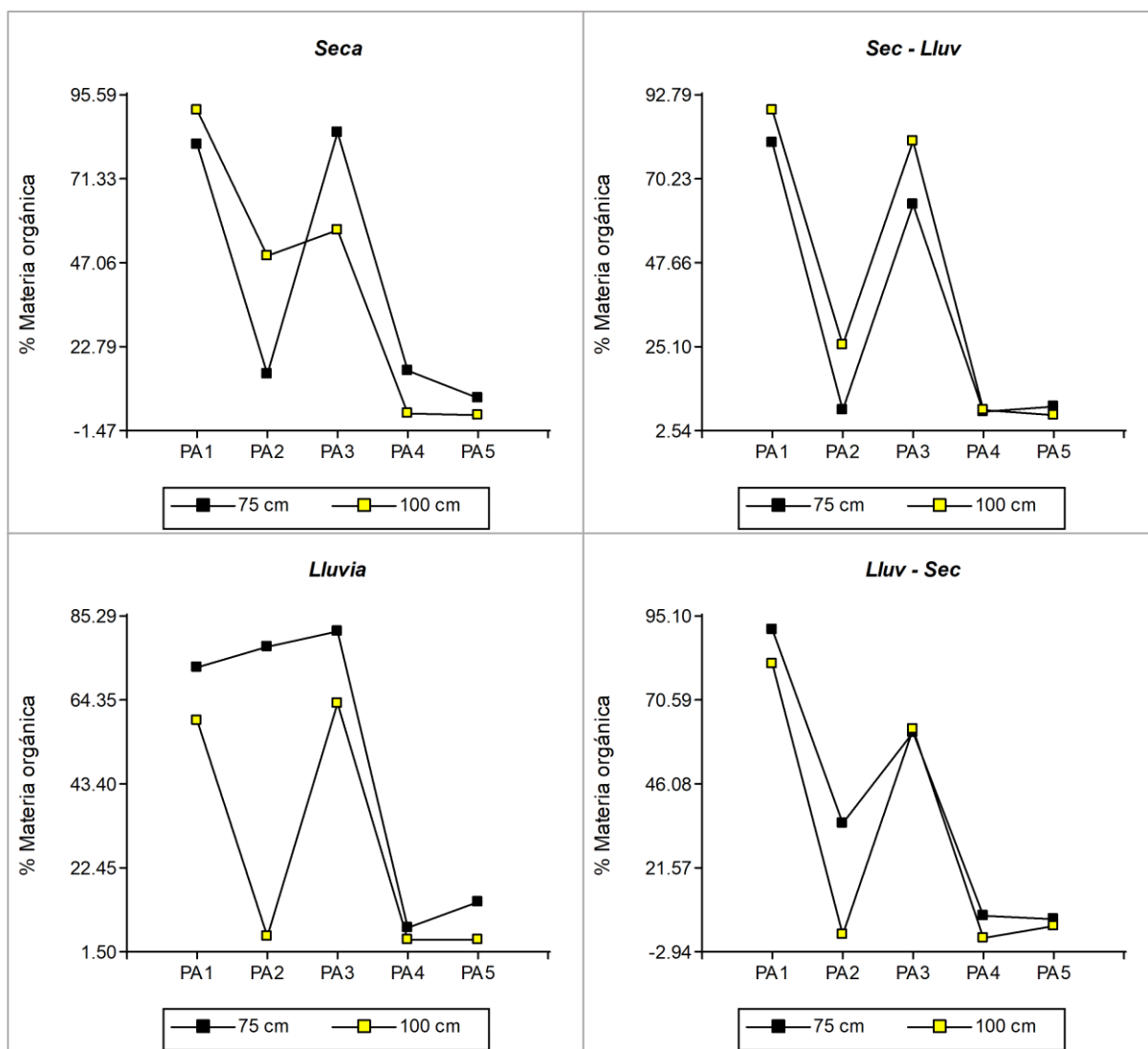


Figura 14. Variación del porcentaje de materia orgánica según la estación de evaluación, bofedal Huachipampa. Fuente: Elaboración propia.

Según la profundidad (Figura 14), se tiene que en la época seca los valores máximos de porcentaje de materia orgánica se registraron a 75 cm de profundidad. En la transición Sec – Lluv se registró mayor porcentaje de materia orgánica a 100 cm. En la época de lluvia y en la transición Lluv - Sec se registró un mayor porcentaje de materia orgánica a 75 cm de profundidad. Es importante resaltar que las muestras obtenidas a 100 cm de profundidad presentaron arena y arcilla.

En la Tabla 11 se muestran los valores del porcentaje de materia orgánica registrados en el bofedal Tambo Real. Según los puntos de muestreo, el mayor porcentaje de materia orgánica

fue registrado en el punto PB12 (84.96 %) a 35 cm de profundidad en la época de lluvia, este punto comparado con los otros, se encuentra ubicado sobre un parche de *Distichia muscoides*. Por otro lado, el valor mínimo del porcentaje de materia orgánica fue registrado en el punto PB7 (0.70 %) a 35 cm de profundidad en la transición de la época de lluvia a la época seca.

En relación a las estaciones de evaluación, se tiene que los mayores valores fueron registrados en la transición de la época seca a lluvia, y la mayoría de los valores mínimos fueron registrados en la época seca.

Tabla 11

Porcentaje de materia orgánica según punto de muestreo del bofedal Tambo Real

Punto de muestreo	Seca		Sec - Lluv		Lluvia		Lluv - Sec	
	25 cm	35 cm	25 cm	35 cm	25 cm	35 cm	25 cm	35 cm
PB1	4.43	2.97	10.79	16.32	6.87	2.83	5.79	2.42
PB2	4.81	2.84	4.97	4.58	3.85	3.29	5.17	2.82
PB3	27.07	9.39	29.54	10.51	14.08	4.80	10.26	5.97
PB4	4.25	3.37	7.91	5.14	5.26	3.90	5.63	5.29
PB5	4.57	6.46	12.49	4.70	3.55	2.15	3.88	4.57
PB6	37.29	8.07	25.21	20.45	50.46	34.31	48.55	38.16
PB7	8.09	3.67	20.09	13.80	15.95	43.91	20.77	0.70
PB8	4.55	4.12	11.66	9.55	8.96	7.25	9.07	27.37
PB9	7.22	16.94	25.71	11.35	10.52	5.28	7.66	5.08
PB10	5.01	3.77	7.89	5.10	10.56	7.19	8.82	0.88
PB11	7.31	4.16	12.86	10.21	24.21	13.89	7.79	5.91
PB12	54.40	75.86	29.18	33.18	60.42	84.96	18.05	46.40

Fuente: Elaboración propia.

En relación a la profundidad, según la Figura 15, se tiene que para la época seca la mayor parte de los valores mínimo del porcentaje de materia orgánica fueron registrados a 35 cm de profundidad, sin embargo, algunos valores a 25 cm de profundidad se acercan un poco a

estos los de 35 cm. En la transición de época seca a lluvia se observó una mayor separación de los valores según la profundidad, al igual que en la época seca los valores máximos se registraron a 25 cm profundidad, con excepción de los puntos PB1 y PB12. En la época de lluvia y en la transición de época de lluvia a seca los valores a 25 cm de profundidad se acercan a los valores registrados a 35 cm profundidad.

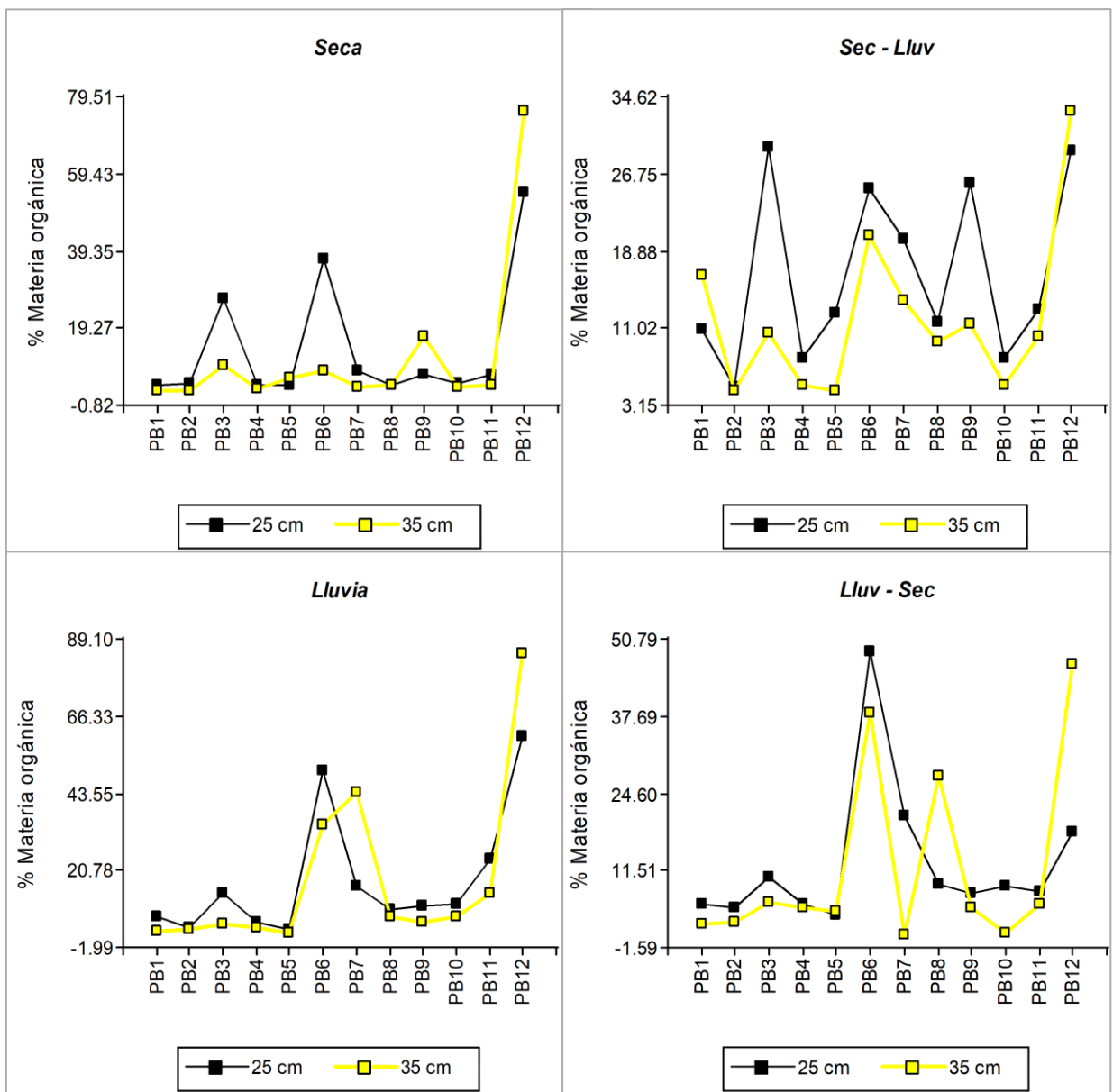


Figura 15. Variación del porcentaje de materia orgánica según la estación de evaluación y profundidad, bofedal Tambo Real. Fuente: Elaboración propia.

e. Nivel freático

En la Figura 16 se muestran los valores promedio del nivel freático según la estación de evaluación para los bofedales Huachipampa y Tambo Real. Comparando los valores de ambos bofedales se observa que en Tambo Real el nivel freático no es tan variable como en Huachipampa, esto se pudo deberse a que Tambo Real cuenta con una fuente continua de agua, canales de filtración.

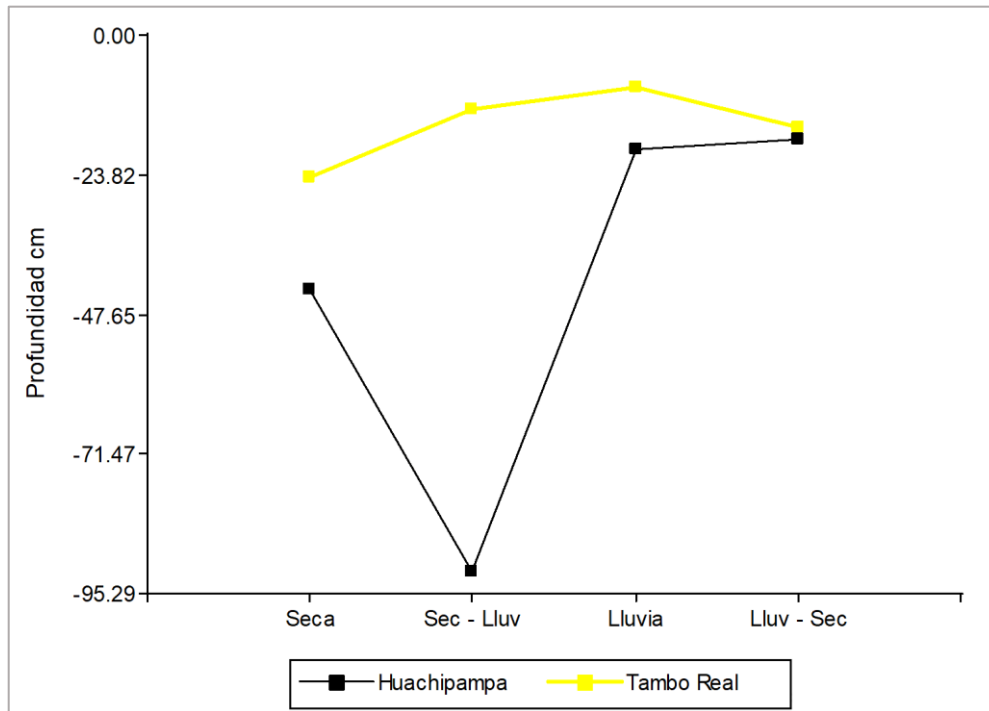


Figura 16. Nivel freático de los bofedales Huachipampa y Tambo Real. Fuente: Elaboración propia.

Analizando los valores en Tambo Real se puede observar que hay un ligero ascenso del nivel freático en la transición Sec - Lluv, y esto continúa hasta la época de lluvia. Es importante resaltar que durante la época seca (julio de 2017) se realizó la limpieza de los canales de filtración de ese sector, lo que pudo haber influido en el nivel freático. En la Tabla 12 se muestran los valores de nivel freático según los puntos de muestreo. Para todas las estaciones de evaluación se observa que los puntos más cercanos a la bocatoma (del punto PA1 a PA6) presentaron un nivel freático más profundo.

Tabla 12

Valores de nivel freático del bofedal Tambo Real

Punto de muestreo	Seca	Sec - Lluv	Lluvia	Lluv - Sec
PB1	-33	-3	-15	-25
PB2	-34	-6	-4	-5
PB3	-39	-14	-30	-35
PB4	-36	-27	-8.5	-28
PB5	-37	-24	0	-7
PB6	-26	-41	-29	-34
PB7	-5	-30	-5.5	-8
PB8	-10	-1	0	-9
PB9	-7	-1	0	-6
PB10	-50	-3	-1	-1
PB11	-0.03	-1	0	-21
PB12	-15	-1	-12	-11

Fuente: Elaboración propia.

Los puntos de muestreo en Tambo Real fueron distribuidos según la influencia que ejerce el canal de infiltración sobre el bofedal, teniendo en cuenta esta consideración se analizó el nivel freático. La menor profundidad respecto a la superficie fue registrada en la zona media. En la zona cerca del canal se observó en la transición Sec – Lluv un ascenso del nivel freático, el cual continuo hasta la época de lluvia, en la transición Lluv – Sec comienza a descender el nivel del agua.

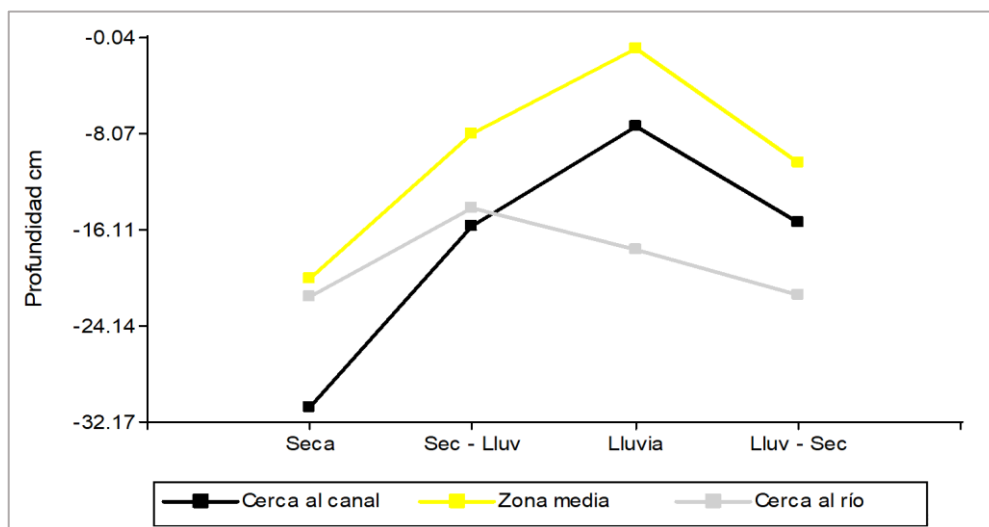


Figura 17. Nivel freático según la sectorización realizada en el bofedal Tambo Real. Fuente: Elaboración propia.

En el bofedal Huachipampa, según la estación de evaluación (Tabla 13), se tuvo que el descenso más profundo del nivel freático ocurrió en la transición Sec- Lluv, mientras que los niveles más cercanos a la superficie del suelo fueron registrados en la época de lluvia y la transición Lluv – Sec.

Tabla 13

Valores de nivel freático para los meses evaluación en el bofedal Huachipampa

Puntos de muestreo	Seca	Sec-Lluv	Lluvia	Lluv-Sec
PA1	26	68	32	4
PA2	19	93	8	7
PA3	43	94	23	14
PA4	69	95	10	26
PA5	60	108	25	38

Fuente: Elaboración propia.

f. pH

En las Tablas 14 y 15 se muestran los valores de pH de los puntos de muestreo de los bofedales Huachipampa y Tambo Real. Los valores de pH registrados en el bofedal Huachipampa se encontraron dentro del rango de 5 a 6.9, que corresponde a la clasificación de moderadamente ácido a ligeramente ácido.

Tabla 14

Valores de pH de los puntos de muestreo del bofedal Huachipampa

Punto de muestreo	Seca		Sec - Lluv		Lluvia		Lluv - Sec	
	75 cm	100 cm	75 cm	100 cm	75 cm	100 cm	75 cm	100 cm
PA1	5.5	5.3	6.8	6.7	6.5	6.2	5.6	5.6
PA2	5.3	5.3	6.6	6.4	5.8	5.6	5.4	5.9
PA3	5.2	5.2	6.6	6.2	5.5	5.8	5.6	5.6
PA4	5.7	5.7	6.6	6.9	5.7	5.7	5.8	5.8
PA5	5	5	6.9	6	5.9	6.3	5.5	6

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de pH de los puntos de muestreo del bofedal Tambo Real se encontraron dentro del rango de 5.2 a 7, que corresponden a la clasificación de moderadamente ácido, ligeramente ácido y neutro.

Tabla 15

Valores de pH de los puntos de muestreo del bofedal Tambo Real

Punto de muestreo	Seca		Sec - Lluv		Lluvia		Lluv - Sec	
	25 cm	35 cm	25 cm	35 cm	25 cm	35 cm	25 cm	35 cm
PB1	5.9	5.5	6.4	6.2	6.6	6.6	6.6	7
PB2	5.7	5.7	7.1	6.4	6.5	6.7	6.7	6.8
PB3	5.5	5.5	6.3	6	6.6	6.4	6.7	6.5
PB4	5.6	5.4	6.2	6.7	6.3	6.2	6.6	6.6
PB5	5.7	5.6	6.1	6	6.3	6.8	6.6	6.8
PB6	5.8	5.7	6.2	6	6.7	6.4	6.7	6.5
PB7	5.3	5.3	6.6	6.8	6.2	6.2	7.2	6.9
PB8	5.5	6.1	6.7	6.8	6.6	6.3	6.8	7
PB9	5.7	5.7	6.9	6.7	6.3	6.5	6.8	6.9
PB10	5.9	5.8	6.5	6.5	6.7	6.6	6.9	6.9
PB11	5.9	5.7	6.7	6.6	6.1	6.3	6.6	6.8
PB12	5.7	5.7	6.9	6.7	5.2	6	6.4	6.4

Fuente: Elaboración propia.

g. Conductividad eléctrica

Según los datos obtenidos de la conductividad eléctrica, se determinó que el suelo de los bofedales Huachipampa y Tambo Real no presenta una alta cantidad de sales, ya que los valores estuvieron dentro del rango de 0.00 a 0.07 dS.m⁻¹, que es considerado por Van Hoorn y Van Alphen (1994) citado por Villafañe (2000), como suelos no salinos.

Tabla 16

Valores de conductividad eléctrica en dS.m⁻¹ de los bofedales Huachipampa y Tambo Real

Bofedal	Punto de muestre	Seca	Sec - Lluv	Lluvia	Lluv - Sec
Huachipampa	PA1	0.045	0.07	0.01	0
	PA2	0.02	0.035	0	0
	PA3	0.03	0.025	0.01	0

(Continuación)

	PA4	0.01	0.015	0.015	0
	PA5	0.01	0.045	0.015	0.01
Tambo Real	PB1	0.03	0.035	0.01	0.035
	PB2	0.03	0.02	0.005	0
	PB3	0.02	0.04	0.005	0
	PB4	0.01	0.055	0.01	0
	PB5	0.035	0.035	0	0
	PB6	0.025	0.025	0.01	0
	PB7	0.02	0.04	0.01	0.01
	PB8	0.015	0.07	0	0
	PB9	0.03	0.06	0.01	0
	PB10	0.03	0.015	0	0
	PB11	0.025	0.04	0	0
	PB12	0.03	0.05	0.025	0

Fuente: Elaboración propia.

h. Temperatura del suelo °C

La temperatura del suelo del bofedal Huachipampa durante los periodos de evaluación registró valores dentro del rango de 4.3 a 9 °C (Figura 18), mientras que los valores para Tambo Real entre 8.6 a 11.7 °C. El menor valor registrado corresponde a la época seca y la transición Lluv – Sec, lo que coincide con el periodo de heladas.

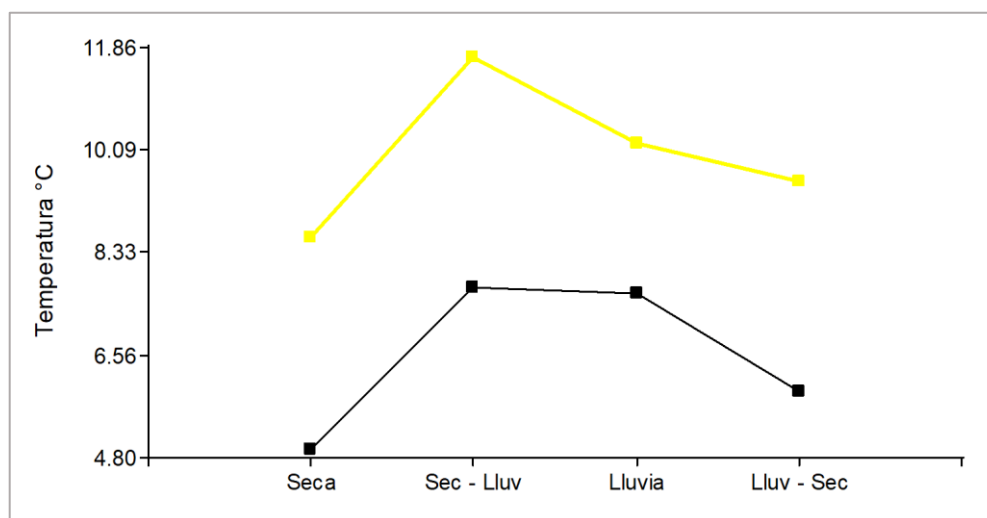


Figura 18. Temperatura del suelo de los bofedales Huachipampa y Tambo Real. Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Vegetación

En el Apéndice 1 se muestra las especies de flora identificadas en cada punto de muestreo. Se observó que en los puntos de muestreo del bofedal Huachipampa hubo una dominancia de la familia Juncaceae, seguido de las familias Cyperaceae, Rosaceae, Plantaginaceae, Gentianaceae y Poaceae. En Tambo Real se observó una dominancia de las familias Rosaceae y Poaceae en un 27 % y 25 % respectivamente. Asimismo, las especies presentes en casi todos los puntos de muestreos son *Calamagrostis rigescens* J. Presl y *Lachemilla diplophylla* Diels. También se registró a *Distichia muscoides* Nees & Meyen, pero solo en el punto PB12.

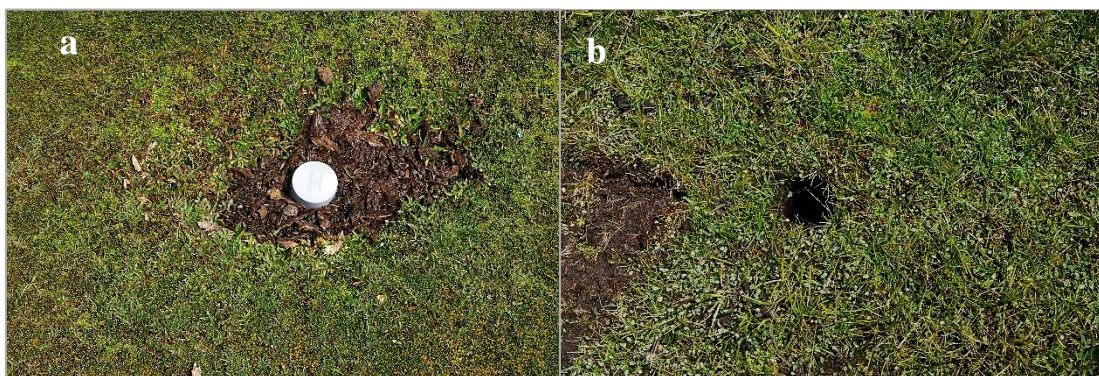


Figura 19. Vegetación de los bofedales en estudio. a) punto PA1 de Huachipampa, b) punto PB1 de Tambo Real. Fuente: Elaboración propia.

3.1.3. Datos meteorológicos

En la Figura 20 se muestra un climograma de precipitación y temperatura para el distrito de Tanta. Los datos corresponden al periodo entre enero de 2017 a mayo de 2018. En el climograma se observa que de enero a junio de 2017 hubo precipitaciones continuas. A partir de julio de ese mismo año se observa un cese de las precipitaciones hasta diciembre. En enero de 2018 se comienza a registrar precipitaciones hasta mayo, sin embargo, las precipitaciones no fueron continuas, pero si en mayor que el periodo de lluvias del año 2017.

En relación con la temperatura se observa que los valores se encontraron dentro del rango de 2 a 9 °C. La temperatura más baja fue registrada en junio de 2017.

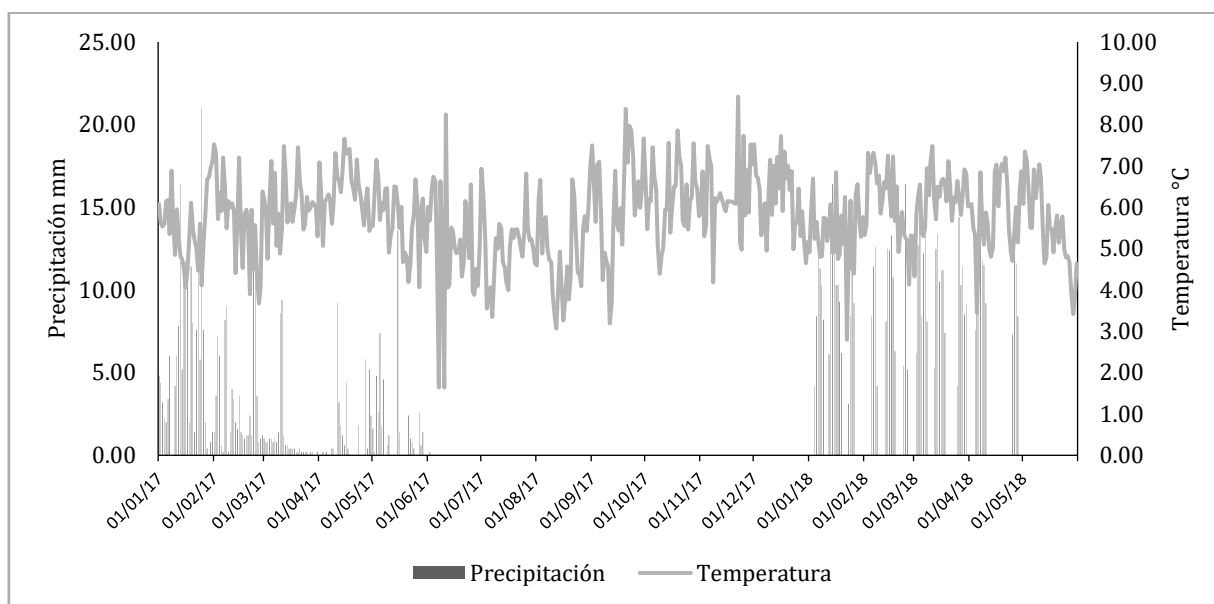


Figura 20. Climograma para el distrito de Tanta durante el periodo enero 2017 a mayo 2018.

Fuente: SENAMHI, 2017, SENAMHI, (2018) AMBIAND, (2017), AMBIAND, (2018).

3.2. Análisis de la humedad de suelo

3.2.1. Humedad de suelo en el bofedal Huachipampa

En la Tabla 18 se muestra los valores del porcentaje de humedad de suelo para el bofedal Huachipampa. En la transición de la época seca a la de lluvia, se observa un valor máximo de 90.98 % en el punto PA1, este valor fue registrado a 100 cm de profundidad, mientras que el valor mínimo fue de 23.56 % en el punto PA4 a la misma profundidad. En relación con la época de lluvia, se tiene un valor máximo de 92.29 % en el punto PA1 y un mínimo de 30.69 % en el punto PA2, con ello se puede apreciar que entre épocas no hay una diferencia significativa entre los valores. En relación con los puntos de muestreo, se puede observar que el 79 % de los valores de PA1, PA2 y PA3 para todas las estaciones de evaluación en su conjunto son mayores al 74 % de humedad, con excepción de algunos valores de PA2. Es importante resaltar que los puntos de muestreo PA1 y PA3 se encuentran ubicados en una zona media del bofedal en donde predomina *Distichia muscoides*. Los

valores de PA4 y PA5 estuvieron en el rango de 16 a 42 %, ambos puntos se encuentran ubicados en una zona extrema del bofedal.

Tabla 17

Registro de datos del porcentaje de humedad de suelo del bofedal Huachipampa

Puntos de muestreo	Seca		Sec - Lluv		Lluvia		Lluv - Sec	
	75 cm	100 cm	75 cm	100 cm	75 cm	100 cm	75 cm	100 cm
PA1	92.25	91.35	88.99	90.98	92.29	92.16	85.06	87.41
PA2	85.32	83.73	48.5	80.55	87.03	30.69	74.86	21.21
PA3	90.48	89.38	85.07	86.91	90.61	89.98	87.32	88.98
PA4	24.59	33.02	39.19	23.56	43.07	36.47	33.68	16.41
PA5	41.21	31.52	38.67	36.99	72.42	40.94	42.00	32.39

Fuente: Elaboración propia.

En relación con la profundidad, se puede observar en la Figura 21 que en todas las estaciones de evaluación no existe mucha variación según la profundidad en los puntos PA1 y PA3, como se mencionó anteriormente estos puntos se encuentran ubicado en una zona media del bofedal. Para el punto PA2 los valores según la profundidad si varían en relaciona a la estación, en la época seca se observa que los valores a 75 cm y 100 cm son cercanos (85.32% y 83.73%), en la transición Sec – Lluv se produce un descenso del porcentaje de humedad en ambas profundidades, sin embargo, este descenso es mayor a 75 cm de profundidad. En la época de lluvia para este punto de muestreo se observa un gran descenso de la humedad a 100 cm de profundidad, y este comportamiento se mantiene en la transición Lluv – Sec.

En los PA 4 y PA5 si se observa variaciones del porcentaje de humedad según la profundidad en cada estación de muestreo. En la época seca para el punto PA4 el mayor porcentaje de humedad se registró a 100 cm, mientras que para PA5 fue a 75 cm de profundidad. En la transición Sec – Lluv para el punto PA4 el porcentaje a 75 cm de profundidad fue mayor que a 100 cm, para el caso del punto PA5 no hubo mucha diferencia entre los valores según la profundidad. Para la época de lluvia y la transición Lluv – Sec los valores a 75 cm de profundidad fueron mayores que a 100 cm, en ambos puntos de muestreo.

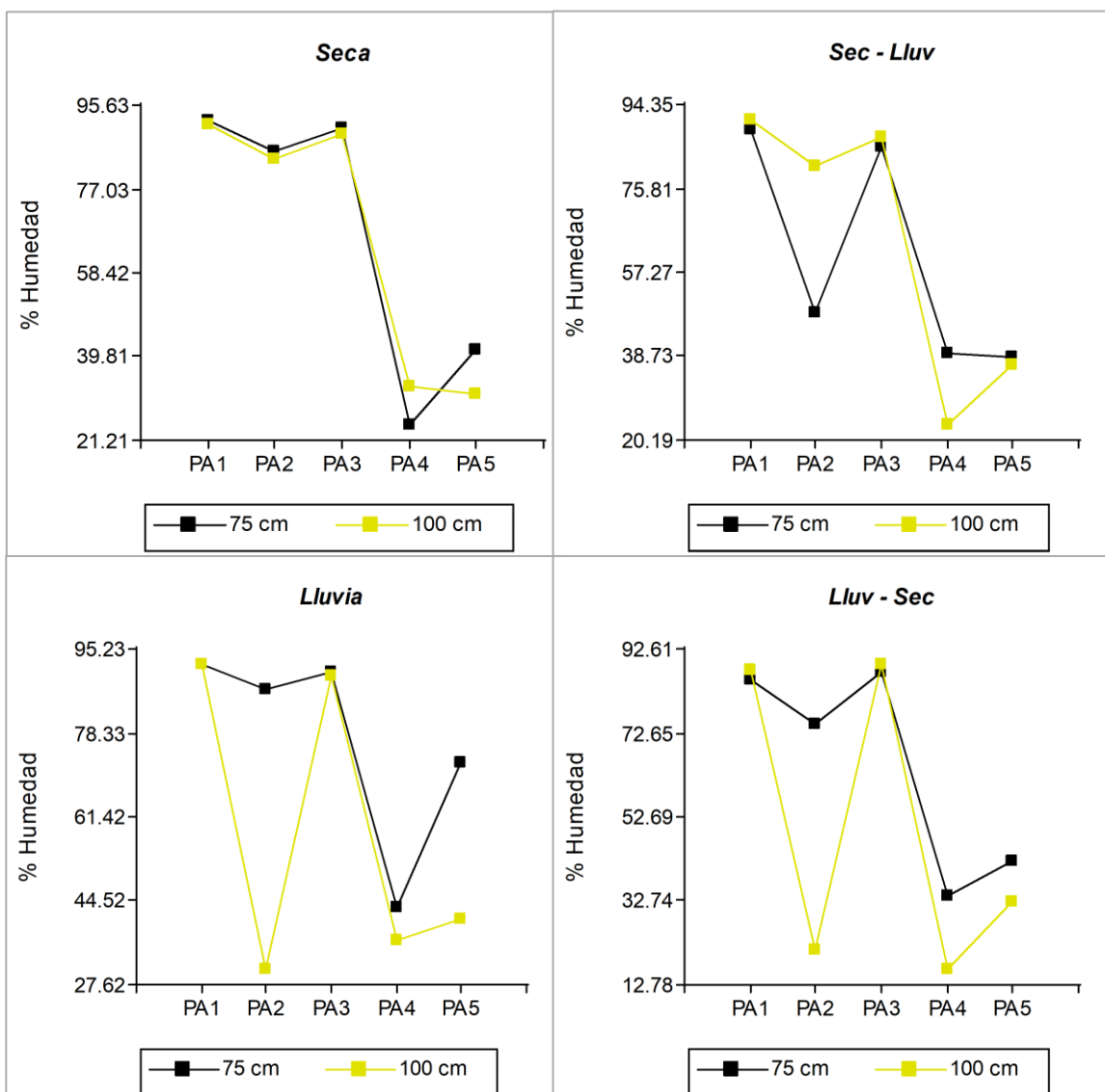


Figura 21. Humedad del suelo según la estación de evaluación, bofedal Huachipampa.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Humedad de suelo en el bofedal Tambo Real

El rango de los valores de humedad para el bofedal Tambo Real estuvieron entre 18.52 % a 89.29 %, asimismo, la variación de los datos estuvo en función la estación de evaluación y la zonificación establecida en este estudio. Según el punto de muestreo, para el punto PB1 se registraron mayores valores de humedad en la transición Sec – Lluv y la época de lluvia, 33.41 % y 34.75 % respectivamente, a 25 cm de profundidad. Para PB2 se registraron mayores valores en las tres primeras estaciones de muestreo, los valores estuvieron en el

rango de 30 % a 32 % de humedad. En el punto PB3 se observó un mayor porcentaje de humedad en la época seca y la transición Sec - Lluv, los valores estuvieron por encima del 70 % de humedad, sin embargo, en los otros meses de evaluación se observa una reducción del contenido de humedad hasta en un 30 % de humedad.

PB4 es un punto ubicado cerca al canal de filtración, para ese punto en la transición Sec - Lluv se registró el valor de mínimo de humedad. En el punto de muestreo PB5 en la época de lluvia se registró un valor máximo de 41.6 % de humedad, en las otras estaciones de muestreo los valores fueron inferiores a este valor. En PB6 se registraron los máximos valores de humedad en la época seca, transición Sec – Lluv y la época de lluvias, el porcentaje de humedad estuvo entre 80 % y 83 %. Para PB8, PB11 y P12 se registraron valores máximos de humedad en la época seca, mientras que para PB9 en la transición Sec – Lluv.

Tabla 18

Registro de datos del porcentaje de humedad de suelo del bofedal Tambo Real

Punto de muestre	Seca		Sec - Lluv		Lluvia		Lluv - Sec	
	25 cm	35 cm	25 cm	35 cm	25 cm	35 cm	25 cm	35 cm
PB1	25.63	27.03	33.41	27.51	34.75	21.27	29.344	20.22
PB2	30.34	27.38	26.61	25.01	30.99	30.78	32.054	27.172
PB3	81.68	61.44	71.51	59.36	53.67	30.92	53.487	39.629
PB4	31.31	26.71	29.06	24.02	32.87	30.33	32.589	31.131
PB5	32.75	41.6	35.87	18.85	26.45	18.52	24.467	25.12
PB6	80.69	76.12	72.59	69.5	81.31	79.77	82.8	80.352
PB7	40.53	34.32	48.15	42.27	35.64	23.73	55.563	29.835
PB8	43.02	35.92	39.94	38.16	33.66	29.73	42.584	28.543
PB9	55.22	55.26	59.31	42.41	31.48	27.80	36.619	28.248
PB10	36.24	33.63	37.18	26.77	40.97	23.40	39.798	32.134
PB11	43.35	25.53	39.9	36.48	37.62	39.69	35.903	23.653

Fuente: Elaboración propia.

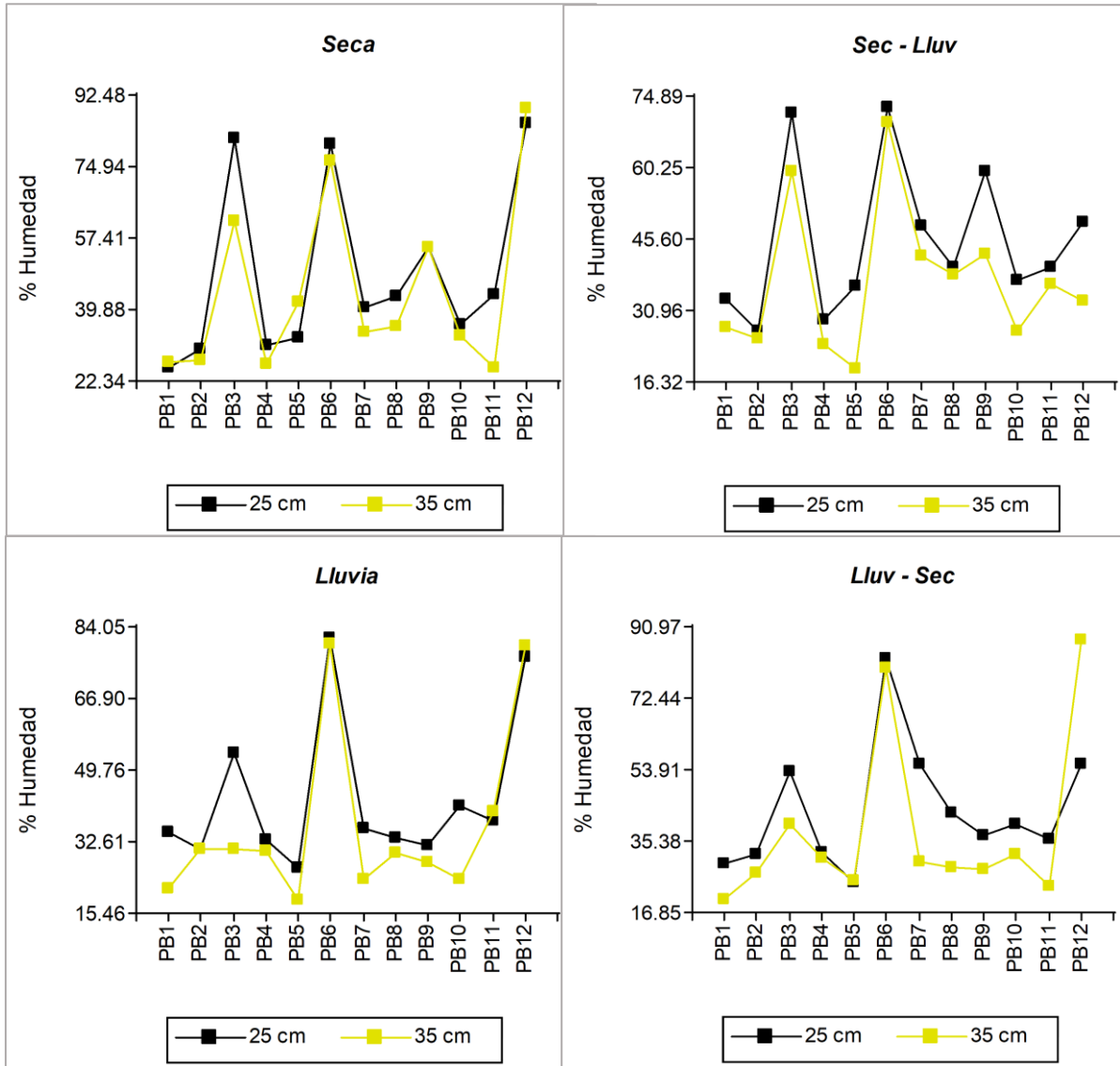


Figura 22. Humedad del suelo según la estación de evaluación, bofedal Tambo Real. Fuente: Elaboración propia.

Según la profundidad (Figura 22), se aprecia que el 87 % de los valores son superiores en los 25 cm profundidad. Solo un 13 % de los valores son superiores a los 35 cm de profundidad y esto se observa en los puntos PB1, PB5, PB9 y PB12, pero solo en algunas estaciones de evaluación.

En relación con la zonificación establecida para el bofedal Tambo Real, zona cerca a la zanja, zona media y zona cerca al río, se puede observar (Figura 23) que los valores de humedad de suelo son superiores en la zona cercana al río, en algunos puntos estos valores llegan hasta en un 87 % de humedad. En la zona media se registraron valores entre 18.52 % y 43.35 % de humedad, mientras que para la zona cerca a la zanja de 21.27 % a 55.56 %.

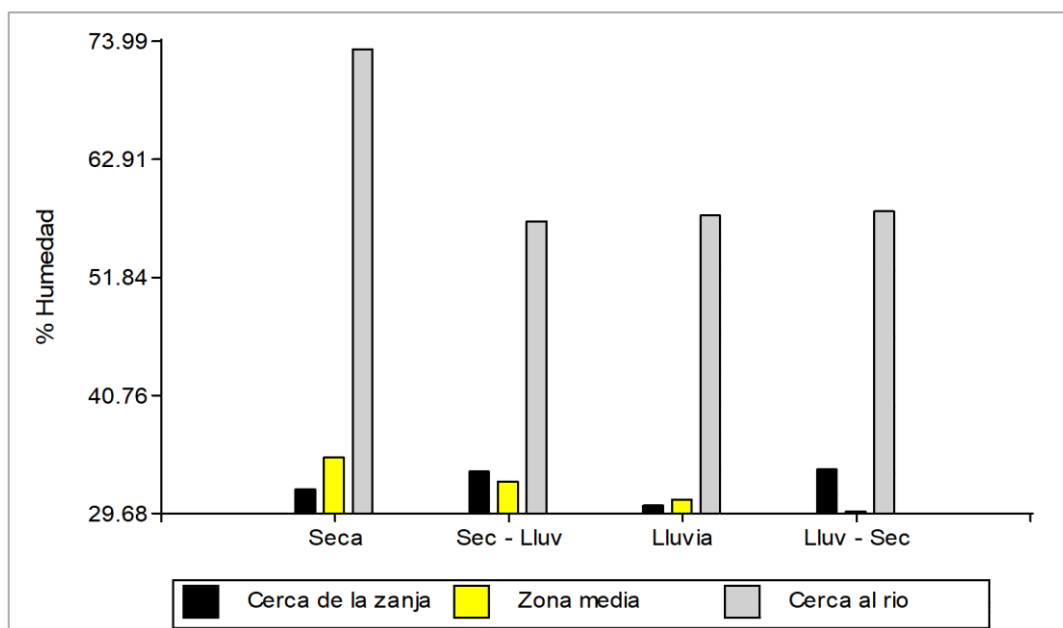


Figura 23. Humedad del suelo según las zonas la zonificación para el bofedal Tambo Real.
Fuente: *Elaboración propia.*

3.2.3. Análisis de la humedad de suelo la estación de evaluación

En la Figura 24 se muestra un boxplot de la humedad del suelo según las estaciones de evaluación (seca, transición sec – lluv, lluvia, transición lluv - sec). Los valores del porcentaje de humedad en el bofedal Huachipampa, según la figura, presentan casi la misma variación en todos los meses. En Tambo Real los valores de humedad presentaron mayor variación en la época seca y la transición sec - lluv, esta variación se redujo en las siguientes estaciones, sin embargo, presentaron valores atípicos.

En la Tabla 19 se muestra la prueba de Kruskal Wallis para los valores de humedad según la estacionalidad de los bofedales Huachipampa y Tambo Real. Los valores de p valor para

ambos bofedales es superior al nivel de significancia ($p \leq 0.05$), por lo tanto, no existe diferencias significativas en el porcentaje de humedad según las estaciones de evaluación.

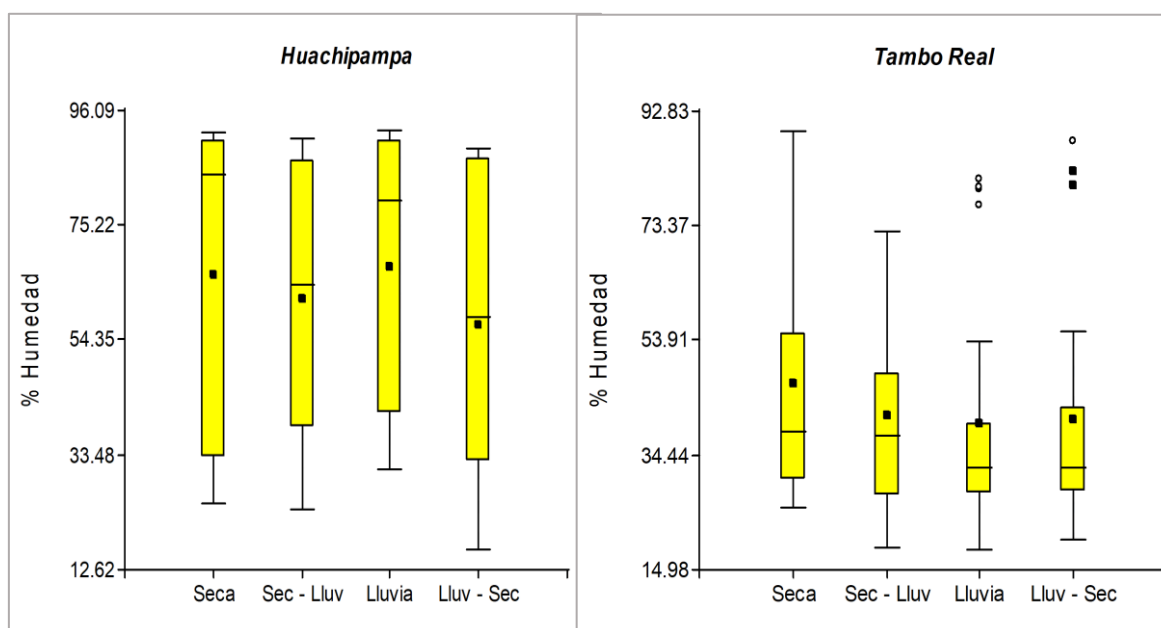


Figura 24. Boxplot de la humedad de suelo según la estación de evaluación. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19

Prueba de Kruskal Wallis para los valores de humedad según la estacionalidad de los bofedales Huachipampa y Tambo Real

Bofedal	H de Kruskal - Wallis	gl	p valor
Huachipampa	2.252	3	0.522
Tambo Real	2.887	3	0.409

Fuente: *Elaboración propia.*

3.2.4. Análisis de la humedad en los dos bofedales

Se realizó el análisis de la humedad de suelo según el lugar de evaluación, Huachipampa y Tambo Real. En la Figura 25 se observa que los valores del bofedal Huachipampa presentan mayor variación que los valores de Tambo Real. Asimismo, la mayoría de los valores de

Huachipampa se sitúan por debajo de la media (77.70 %), caso contrario ocurre en Tambo Real, la mayoría de los datos están por encima del 35.75 % de humedad.

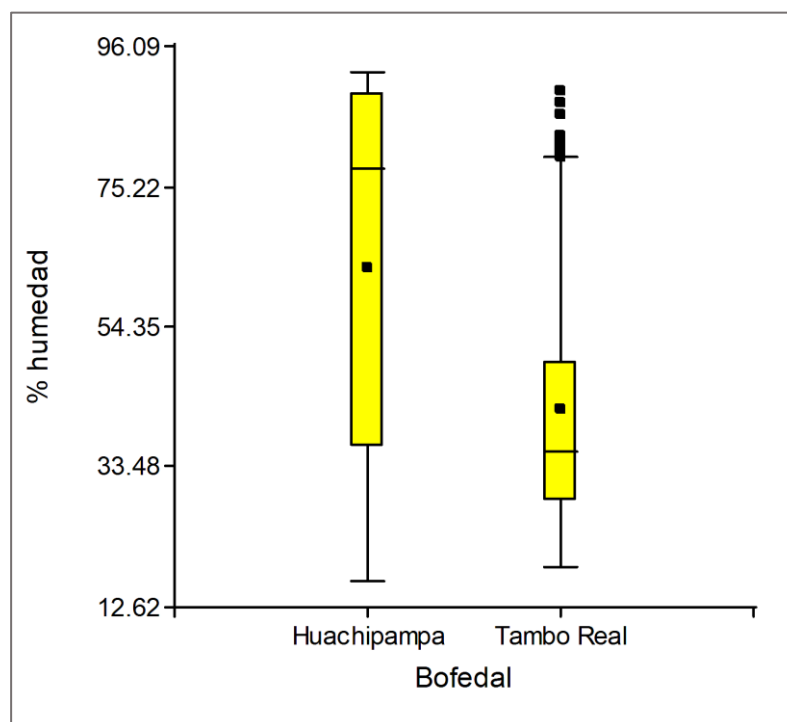


Figura 25. Boxplot de la humedad de suelo según el lugar de evaluación. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 20 se muestra el p valor según la prueba de Mann Whitney, este análisis es usado para determinar las diferencias entre 2 variables independientes. Entonces, el valor de p es menor que el nivel de significancia ($p \leq 0.05$), por lo tanto existe diferencias significativas en los valores de humedad según el lugar de evaluación, Huachipampa y Tambo Real.

Tabla 20

Prueba de Mann Whitney para los valores de humedad según el lugar de evaluación

U de Mann Whitney	W de Wilcoxon	Z	p valor
1022	5678	-4,289	0.000

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5. Análisis de la humedad de suelo según la profundidad

En la Figura 26 se muestra los valores del porcentaje de humedad según la profundidad. En Tambo Real las muestras fueron extraídas a 25 y 35 cm de profundidad, según la Figura 26 los valores de humedad registrados en estas profundidades no presentan mucha variación, asimismo, la mayoría de estos se encuentran por encima de la media. En Huachipampa se extrajo las muestras a 75 y 100 cm de profundidad, los valores del porcentaje de humedad para estas profundidades si presentan una mayor variación en relación a los valores de Tambo Real Asimismo, la mayoría de los datos se encuentran por encima de la media.

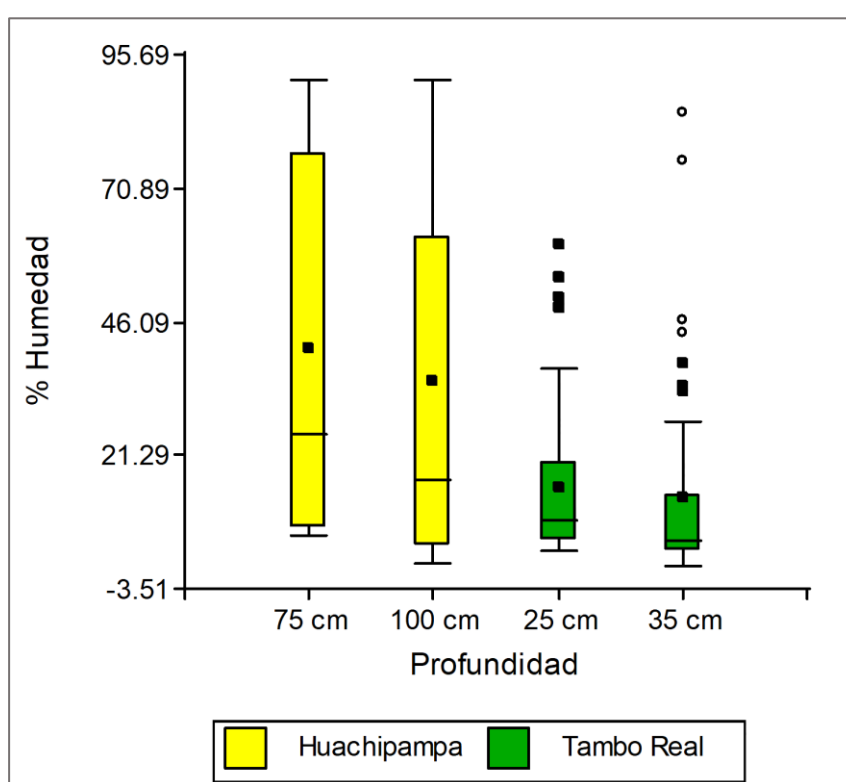


Figura 26. Boxplot de la humedad del suelo según la profundidad. Fuente: Elaboración propia.

Según la Tabla 21 el p valor para el bofedal Huachipampa es superior al nivel de significancia ($p \leq 0.05$), por lo tanto, no existe diferencias significativas en el porcentaje de humedad según la profundidad. En relación con la bofedal Tambo Real, el p valor es menor al nivel de significancia ($p \leq 0.05$), entonces si existe diferencias significativas del porcentaje de humedad según la profundidad.

Tabla 21

Prueba de Mann Whitney para la humedad según la profundidad

Bofedal	U de Mann Whitney	W de Wilcoxon	Z	p valor
Huachipampa	161	371	-1.055	0.291
Tambo Real	758	1934	-2,887	0.004

Fuente: *Elaboración propia*

3.2.6. Análisis de la humedad de suelo según las zonas del bofedal Tambo Real

Analizando los valores del porcentaje de humedad del suelo según las zonas establecidas en el bofedal Tambo Real (Figura 27) se tiene que los valores de los puntos ubicados en la zona cerca del río presentan mayor variación que las otras zonas, asimismo, la mayoría de los valores se encuentran por debajo de la media. Por otro lado, el porcentaje de humedad es mayor en la zona cerca del río que en las otras zonas, esto puede deberse a la influencia de la pendiente.

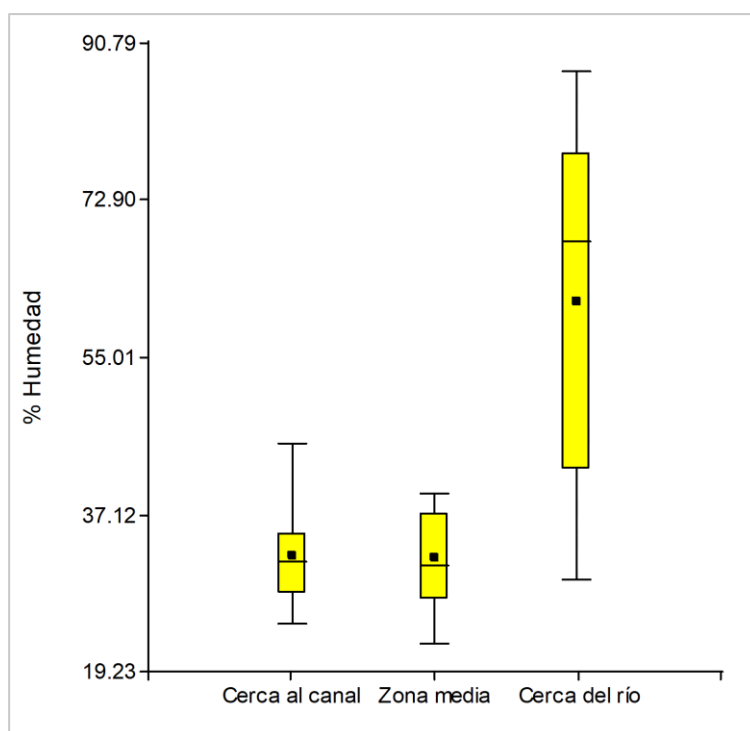


Figura 27. Boxplot de la humedad del suelo según las zonas del bofedal Tambo Real. Fuente: Elaboración propia.

A través de la prueba de Kruskal Wallis (Tabla 22) se demostró que si existe diferencias significativas del porcentaje de humedad entre las zonas definidas en el bofedal Tambo Real, dado que el p valor es menor al nivel de significancia ($p \leq 0.05$).

Tabla 22

Prueba de Kruskal Wallis para los valores de humedad según las zonas del bofedal Tambo Real

Bofedal	Medias	D.E.	Medianas	H de Kruskal - Wallis	p valor
Cerca al canal	32.42	5.70	31.73	22.94	<0.0001
Zona media	61.49	18.88	68.24		
Cerca del río	32.11	5.52	31.29		

Fuente: *Elaboración propia.*

3.3. Relación entre variables

En la Tabla 23 se muestra el coeficiente de correlación de Spearman, el cual evalúa las correlaciones entre la variable dependiente (% humedad) y las variables independientes (% materia orgánica, color, temperatura del suelo, pH, conductividad, nivel freático y porosidad).

Tabla 23

Correlación de las variables independientes con la variable dependiente

Variable dependiente	Variable independiente	Bofedales	
		Huachipampa	Tambo Real
Humedad del suelo	%MO	0.87	0.73
	Color	-0.56	0.28
	Temperatura del suelo °C	-0.09	-0.17
	pH	-0.13	-0.18
	Conductividad	0.25	0.21
	Nivel freático	-0.14	0.21
	Porosidad%	-0.33	-0.14

Fuente: *Elaboración propia.*

El análisis de correlación mostro que existe una alta relación entre las variables, humedad de suelo y materia orgánica. Lo que explicaría que al aumentar el porcentaje de materia orgánica también aumenta la capacidad del suelo para retener más agua, es decir, se produce un aumento del porcentaje de humedad en el suelo.

La relación entre las variables color y humedad de suelo para el bofedal Huachipampa es negativa, mientras que para Tambo Real es positiva. Es importante mencionar que el color se encuentra relacionado con la materia orgánica, variable muy relacionada con el porcentaje de humedad. La acumulación de materia orgánica, en el suelo tiende a transmitirle su color oscuro (Jaramillo, 2002).

Por otro lado, no existe una buena relación entre el porcentaje de humedad y la temperatura del suelo, sin embargo, la temperatura influye en la tasa de descomposición de la materia orgánica, es decir, la tasa de descomposición puede disminuir al reducir la temperatura (Jaramillo, 2002). Entonces, la temperatura influye en la cantidad de materia orgánica, variable muy relacionada con el porcentaje de humedad en el suelo.

El pH también no guarda una gran relación con la variable humedad de suelo, sin embargo, está muy relacionada con la cantidad de materia orgánica. El valor del pH puede disminuir al aumentar el contenido de materia orgánica, ya que este está compuesto por ácidos orgánicos (Jaramillo, 2002). Por otro lado, la conductividad eléctrica para ambos bofedales presenta una pequeña relación con el porcentaje de humedad.

Según la Tabla 12 el nivel freático presenta una mayor relación con el porcentaje de humedad del suelo en el bofedal Tambo Real, mientras que la relación entre esas variables en el bofedal Huachipampa es negativa. Es importante resaltar que Tambo Real es un bofedal artificial y cuenta con una fuente permanente de agua.

No se realizó el análisis de correlación para la variable textura, dado que no se cuenta con esta información para todos los puntos de muestreo. Sin embargo, la textura es un factor importante que puede influir en el porcentaje de humedad.

Asimismo, no se evaluó el coeficiente de correlación para las variables precipitación y humedad del suelo, dado que la influencia de la precipitación de un lugar resulta del acumulado de las precipitaciones anteriores a la evaluación. En el Figura 20 se observa que meses antes de la evaluación de la época seca (julio de 2017) se registraron constantes precipitaciones, de julio a noviembre de 2017 (transición Sec – Lluv) no se registraron precipitación, lo que coincide con una ligera reducción del porcentaje de humedad del suelo en ambos bofedales. Para febrero de 2018 (época de lluvia) se registraron precipitaciones, las cuales continuaron hasta mayo. En ambas estaciones de evaluación, época de lluvia y transición Lluv – Sec, se registran ligero aumentos del porcentaje de humedad en Huachipampa, mientras que en Tambo Real el porcentaje de humedad del suelo continuo con ligeras reducciones.

En relación con la hipótesis, según el análisis de varianza no paramétrica de Kruskal Wallis. (Tabla 24) se tiene que el valor de p valor es menor al valor de significancia ($p \leq 0,05$) con lo que se rechaza la hipótesis nula, es decir, la humedad del suelo no presenta el mismo comportamiento en los bofedales Huachipampa y Tambo Real.

Tabla 24

Análisis de varianza

Variable	Bofedal	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Humedad	Huachipampa	40	63.18	27.48	77.7	18.39	<0.0001
Humedad	Tambo Real	96	42.01	18.85	35.75		

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: DISCUSIONES

4.1. Caracterización del área de estudio

Según los resultados del análisis de la textura del suelo se determinó que el suelo del bofedal Huachipampa corresponde a la clase textural franco (Fr), lo mismo que los puntos más alejados a la bocatoma del canal de irrigación del bofedal Tambo Real (PB7 y PB10), mientras que los puntos de muestreo cercanos a la bocatoma presentan un suelo franco arenoso, al igual que algunos bofedales en Huancavelica (Huiza y Quispe, 2017), estos bofedales al igual que el área de estudio de la presente investigación se encuentran ubicados por encima de los 4 200 m.s.n.m. León (2016) encontró en su estudio que los bofedales de Ancash, Puno, Huancavelica y Arequipa presentan un suelo franco arcilloso. La textura es una propiedad fuertemente dependiente del material parental (Jaramillo, 2002), en el caso de bofedales se tiene suelos orgánicos (Histosols) y suelos mineralizados (Entisols, Inceptisols y Mollisols) (Huiza y Quispe, 2017).

En el bofedal Huachipampa los valores de densidad aparente estuvieron en el rango 0.24 g cm^{-3} a 0.62 g cm^{-3} , los cuales se encuentran dentro de los valores registrado por León (2016) en bofedales de Arequipa (de 0.17 g cm^{-3} a 1.26 g cm^{-3}), Puno (de 0.03 g cm^{-3} a 0.96 g cm^{-3}) y Huancavelica (de 0.03 g cm^{-3} a 1.01 g cm^{-3}), estos bofedales al igual que Huachipampa se encuentran ubicados por encima de los 4 200 msnm, presenta una dominancia de *Distichia muscoides* y son bofedales naturales. Por otro lado, los valores de densidad aparente para Tambo Real estuvieron dentro de 0.29 g cm^{-3} a 0.75 g cm^{-3} , los cuales son cercanos a los valores obtenidos en Huachipampa. Los valores de densidad aparente registrados en Huachipampa y Tambo Real son menores a los suelos minerales que fluctúan entre $1.3\text{-}1.5 \text{ g cm}^{-3}$, lo cual indica que el suelo no se encuentra compactado y las raíces pueden desarrollarse a gran profundidad (León, 2016).

En relación con la porosidad, Huachipampa presenta valores entre 40 % a 60 %, según la clasificación de la Kaurichev (1984) citado por Jaramillo (2002) estos valores se encuentran dentro de la clasificación de baja a excelente, con lo que indica que el suelo presenta espacios adecuados para la circulación de agua y aire. En Tambo Real los valores estuvieron en el rango de 38.75 % a 76 % que corresponden a la clasificación de muy baja a excesiva. La porosidad es una característica que depende de la fracción sólida de suelo, la textura.

Los valores de materia orgánica para el bofedal Huachipampa mostraron que en los puntos de muestreo PA1 y PA3 hay un mayor contenido de materia orgánica en el suelo (de 61 % a 91.18 %), lo cual se acerca a lo registrado por León (2016) en bofedales de Huancavelica (de 91 % a 93 %) y Puno (de 90.73 % a 96.06 %), en comparación a los otros puntos de muestreo, PA1 y PA3 se encuentran ubicados en la zona media del bofedal, en donde domina *Distichia muscoides*, en los bofedales de Huancavelica y Puno también observaron la dominancia de esta especie en las áreas de estudio (León, 2016). En los puntos PA2, PA4 y PA5 los valores de materia orgánica estuvieron en el rango de 1.07 % a 49.12 %, León (2016) registro en Arequipa valores entre 0.3 % a 43.37 % en bofedales ubicados a más 4 200 msnm, sin embargo, en Ancash, bofedales ubicados entre 3800 y 3900, los valores de materia orgánica estuvieron en el rango de 0.8 % a 36 %. Altitudinalmente existe una diferencia entre los bofedales de Ancash, Arequipa y Huachipampa, sin embargo, los valores de materia orgánica resultan muy cercanos.

Los valores de materia orgánica para el bofedal Tambo Real estuvieron en el rango de 0.70 % a 48.55 % con excepción del punto PB12 en donde los valores estuvieron entre 29.18 % a 84.96 %, este punto se encuentra dominado por *Distichia muscoides* al igual que los bofedales de Huancavelica y Puno en donde se registró valores cercanos a este (León, 2016).

Según la profundidad para ambos bofedales se observa que el mayor contenido de materia orgánica se presenta en las capas superiores del suelo, 75 cm de profundidad en Huachipampa y 25 cm en Tambo Real, esto coincide con lo encontrado por León (2016) en Huancavelica y Arequipa, donde los valores de los horizontes superiores del suelo estuvieron entre 43 % y 93 %, mientras que los horizontes más profundos registraron valores entre 0.18

% a 3.5 %. Palabral (2013) también observo descensos paulatinos en el porcentaje de materia orgánica conforme aumenta la profundidad en los bofedales de Aychuta Aynacha Pacoco, Bolivia.

En relación con porcentaje de materia orgánica presente en los bofedales Huachipampa y Tambo Real, comparando los promedios se observa que existe mayor porcentaje de materia orgánica en Huachipampa. Es importante resaltar que Huachipampa presente una pendiente plana, mientras que Tambo Real presenta una pendiente ligeramente inclinada. Según Áviles- Hernández *et al.* (2009) citado por León (2016) la topografía influye en la cantidad de materia orgánica, las zonas de valles presentan mayor cantidad de materia orgánica que las zonas de pendiente.

Los bofedales Huachipampa y Tambo Real poseen diferentes fuentes de agua, Huachipampa depende del agua proveniente de las precipitaciones y el agua subterránea, mientras que Tambo Real tiene una fuente continua de agua, la zanja de filtración. Analizando los valores del nivel freático para la época seca se puede observar que en Huachipampa (Tabla 13) que la tabla de agua se encuentra más cercana a la superficie en los puntos PA1 y PA2. A medida que se va avanzando a los otros puntos de muestreo, se observa que el nivel freático va alejándose de la superficie, en PA3 el nivel freático se encuentra a 43 cm de profundidad, y en los puntos PA4 y PA5 a 69 y 60 cm respectivamente. En la transición Sec - Lluv se puede observar un descenso del nivel freático, el valor máximo registrado fue 108 cm. Viendo los datos de precipitación (Figura 20) se puede observar que en el lugar no hubo fuertes precipitaciones durante los meses anteriores a noviembre de 2017, lo cual pudo haber influido en el descenso del nivel freático, sin embargo, eso no es determinante. En los meses siguientes a noviembre se observan precipitaciones, lo que coincide con el aumento del nivel freático, en la transición Lluv – Sec (mayo de 2018) se aprecia en todos los puntos de muestreo un aumento del nivel de la tabla agua.

Para el bofedal Tambo Real se observa que los valores de la tabla de agua no tienen la misma variación con respecto a las estaciones de evaluación en todo los puntos de muestreo, en la época seca se registró los valores más bajos para la tabla de agua, casi en el 50 % de los

puntos de muestreo el nivel freático se encontraba a mayor profundidad. En la transición Sec - Lluv se observa que la distancia entre la superficie del suelo y el nivel freático se ha reducido, y la tendencia continúa hasta la época de lluvia, en la transición Lluv – Sec esta distancia se amplía. Algo muy importante que resaltar es que, en la época seca (julio de 2017), días después de medir el nivel freático, se realizó el mantenimiento del canal, se quitó el exceso de vegetación, piedras y lodo. Visualmente se observó un aumento del caudal en el canal lo que pudo haber influido en el nivel freático.

En relación al pH, los valores de pH en Huachipampa estuvieron dentro del rango de 5 a 6.9, que corresponde a la clasificación de moderadamente ácido a ligeramente ácido, bajo esta misma clasificación León (2016) registro en bofedales de Puno valores entre 5.11 a 5.22. El pH se encuentra muy relacionado con la cantidad de materia orgánica, en Huachipampa como al igual que en Puno se registraron valores altos de materia orgánica.

Los valores de pH en Tambo Real se encontraron dentro del rango de 5.2 a 7, que corresponden a la clasificación de moderadamente ácido, ligeramente ácido y neutro. Valores cercanos fueron registrados por (Huiza y Quispe, 2017) en bofedales evaluados en Huancavelica, este valor al igual que Tambo Real, se encuentra dentro de la clasificación de ligeramente ácido. AIGACAA (2001) registró un pH de 6.7 para bofedales altoandinos, 7.3 para bofedales altiplánicos en Bolivia, ambos dentro del rango considerado como pH neutro. Alegría (2013) registro en Cerro de Pasco valores de pH entre 4.32 y 6.7, estos valores son característicos de las praderas altoandinas, suelos fuertemente ácidos. Los valores de pH pueden variar dependiendo del material parental, el grado de descomposición del material vegetal, la altitud y las precipitaciones pluviales (Huiza y Quispe, 2017). Yakabi (2014) citado por Huiza y Quispe (2017) también encontró diferencias en los valores de pH en zonas de diferente altitud (6.27 – 8.09). León (2016) encontró en Huancavelica pH ligeramente ácido y ligeramente alcalinos (7.64, 7.73, 6.3 y 7.02), en Arequipa de 5.9 – 9.1, en Puno 5.14 – 5.22 y en Ancash 3.6, 4.88, 5.04 y 5.86. De lo anterior se puede mencionar que el pH ácido influye la predominancia de hongos frente a las bacterias y la reducción de la tasa de mineralización, es decir, los nutrientes están menos disponibles para las plantas.

Los valores de conductividad eléctrica coincidieron en ambas áreas de estudio, registrándose valores entre 0,00 y 0,04 dS.m⁻¹. Huiza y Quispe (2017) registraron valores entre 0.17 a 0.40 dS.m⁻¹, que al igual que los bofedales evaluados en este estudio resultan ser suelos no salinos. Alegría (2013), también concluyo que el suelo de los bofedales evaluados en Cerro de Pasco presenta suelos no salinos (0.11 dS/m a 0.41 dS/m). AIGACAA (2001) también registro suelos “no salinos” para bofedales altoandinos y altiplánicos, en Bolivia.

4.2. Humedad del suelo

Huachipampa es un bofedal natural que tiene como fuente de agua las precipitaciones y el agua subterránea, teniendo en consideración esto se realiza el análisis de la humedad del suelo para este bofedal. Se tiene que los valores de humedad no presentan grandes variaciones de mes a mes para cada punto de muestreo. Comparando los datos entre puntos de muestreo se puede observar que PA1, PA2 y PA3 presentan mayores contenidos de humedad (de 48.5 % a 92.29 %), valores cercanos a los encontrados por Palabral (2013) en los bofedales de Sajama (60% y 90%). Una característica común de estos tres puntos es que se encuentran ubicados en una zona media del bofedal, donde dominan los colchones de *Distichia muscoides* (ver Apéndice 3), Palabral (2013) también coincidió con ello, ya que los mayores valores de humedad fueron registrados en el bofedal Pococo, donde hay una dominancia de *Distichia muscoides*. León (2016) registro en Arequipa valores entre 26 % a 66 % de humedad en bofedales dominados por *Distichia muscoides*, sin embargo, comparando los valores de materia orgánica, Huachipampa presenta mayor contenido de materia orgánica que los bofedales evaluados en Arequipa. Es importante resaltar que la humedad del suelo y la cantidad de materia orgánica guardan una estrecha relación, es decir, el alto contenido de materia orgánica en los bofedales permite la captación y acumulación de agua en el suelo (Palabral, 2013).

Los otros dos puntos ubicados en el extremo del bofedal, PA4 y PA5 presentan valores entre 16 % y 42 % de humedad y sus valores de materia orgánica son inferiores al 10 %. En

relación a la profundidad se tiene para la época seca que a 75 cm de profundidad el contenido de humedad fue ligeramente superior que, a 100 cm, en casi todos los puntos.

En relación con los datos de nivel freático de la época seca muestran que la tabla de agua se encontraba a una profundidad máxima de 69 cm, es decir, los puntos de evaluación (75 c y 100 cm) se encontraban por debajo de la tabla de agua, sin embargo, no se registraron valores mayores o iguales a 100 % de humedad, de hecho, los valores estuvieron dentro del rango de 24 a 93 %. Los valores para la transición Sec - Lluv, expresan un mayor contenido de humedad en las muestras obtenidas a 100 cm de profundidad, lo que coincide con una baja en el nivel freático, en este mes se registró una profundidad máxima de 108 cm. En la época de lluvia y en la transición de Lluv - Sec se produjo un aumento del nivel freático, y en la relación de la humedad se observa un aumento en los valores a 75 cm de profundidad.

Tambo Real es un bofedal influenciado por una zanja de filtración, debido a esto se establecieron tres zonas, zona cerca al canal, zona media y zona cerca al río. Los datos de humedad de este bofedal muestran variaciones en función a las zonas de evaluación y la profundidad, 25 c y 35 cm. Según la zonificación, los puntos ubicados en la zona cerca al río presentan mayor contenido de humedad en el suelo, se registró un valor máximo de 87 %, mientras que en la zona media los valores estuvieron en un rango de 18.52 a 43.35 %, y en la zona cerca a la zanja de 21.27 a 55.56 %. Una característica de Tambo Real es que presenta una pendiente pronunciada, lo que genera un escurrimiento rápido del agua, es decir el agua no ingresa a capas más profundas del suelo. Asimismo, la vegetación característica de la zona cercana al río se presenta en forma de almohadillas o colchones que generan el empozamiento o encharcamiento del agua antes de que este llegue al río. Comparando los valores de humedad en relación con la profundidad (Figura 225) se puede observar que los valores a 25 cm de profundidad son superiores que, a 35 cm.

4.3. Relación entre variables

Se determinó el coeficiente de correlación de Spearman para determinar la relación que existe entre la variable dependiente y las variables independientes. Las variables humedad

de suelo y porcentaje de materia orgánica presentaron una relación proporcional, es decir, que un elevado porcentaje de materia orgánica aumenta la capacidad del bofedal para retener más agua (Palabral, 2013). Asimismo, un suelo saturado por más tiempo permite que la materia orgánica se acumule.

En Huachipampa se registró mayor contenido de materia orgánica lo que coincidió con altos valores de humedad, mientras en Tambo Real se registró menos contenido de materia orgánica y humedad de suelo, esto se encuentra muy relacionado con lo expresado en el párrafo anterior.

Por otro lado, no existe una buena relación la variable porcentaje de humedad, y las variables temperatura del suelo y pH, sin embargo, estas variables están muy relacionada con el contenido de materia orgánica. La temperatura influye en la tasa de descomposición de la materia orgánica, es decir, la tasa de descomposición puede disminuir al reducir la temperatura (Jaramillo, 2002). Mientras que el pH también tiende a disminuir al aumentar el contenido de materia orgánica, ya que este está compuesto por ácidos orgánicos (Jaramillo, 2002).

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

1. De las evaluaciones realizadas en el bofedal Huachipampa se tiene que el suelo presenta una textura franca, coloración entre negra marron, entre baja y excelente porosidad, alto contenido de materia orgánica, pH entre moderadamente acido a ligeramente acido, conductividad eléctrica baja (de 0.00 a 0.07 dS.m⁻¹) y temperatura del suelo entre 4.3 a 9 °C. En relación con la vegetación se observó la presencia de las familias Juncaceae, Cyperaceae, Rosaceae, Plantaginaceae, Gentianaceae y Poaceae.

De las evaluaciones realizadas en bofedal Tambo Real se tiene que el suelo presenta unas texturas franco arenoso y franco, coloración marrón oscuro a negro, porosidad entre muy baja a excesiva, contenido de materia orgánica por debajo del 50 %, con excepción del punto PB12. Asimismo, presenta un pH entre moderadamente acido, ligeramente acido y neutro, conductividad eléctrica baja (de 0.00 a 0.07 dS.m⁻¹) y temperatura del suelo entre 8.6 a 11.7 °C. En cuanto a la vegetación se tiene una dominancia de *Calamagrostis rigescens* y *Lachemilla diplophylla*, también se registró a *Distichia muscoides* pero solo en el punto PB12.

Los valores del nivel freático presentaron mayor variación según la estacionalidad en el bofedal Huachipampa. En Tambo Real el nivel freático no presento mucha variación de sus valores según a su estacionalidad debido a que cuenta con una fuente continua de agua, canal de filtración.

2. Los valores de humedad en el bofedal Huachipampa no presentaron diferencia significativas según la estacionalidad, en la época seca se registró valores entre 24.59 a 92.35 %, y en la época húmeda entre 30.69 a 92.29 %. En relación con la profundidad, no existen diferencias significativas entre los valores a 75 cm y 100 cm.

Los valores en Tambo Real no presentaron diferencias significativas entre las estaciones de evaluación, sin embargo, si hubo diferencias significativas entre los valores registrados a 25 cm y 35 cm de profundidad, los valores a 25 cm fueron mayores que a 35 cm. En relación con las zonas, se tiene que existen diferencias significativas entre estas, los valores en la zona cerca del río son mayores que en las otras dos zonas lo que se explicaría por la influencia de la pendiente y la vegetación almohadillada en el borde del río. Comparando los valores de ambos bofedales se tiene que existen diferencias significativas entre bofedal, Huachipampa presenta mayor porcentaje de humedad que Tambo Real.

3. La relación entre las variables mostró que la humedad del suelo presenta una alta relación con el contenido de materia orgánica, es decir, un aumento del contenido de materia orgánica permite mayor retención de agua, incrementando de esta manera el contenido de humedad en el suelo.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

1. Realizar un análisis de la humedad del suelo con respecto a la influencia de la vegetación.
2. Realizar un análisis de la humedad del suelo a diferentes profundidades, a través de sensores que permitan un registro más continuo.
3. Evaluar la precipitación *in situ* de los bofedales estudiados, a fin de analizar su influencia en el contenido de humedad en el suelo.
4. Analizar la influencia que tiene el manejo de los canales en el bofedal Tambo Real sobre el contenido de humedad en el suelo.
5. Evaluar si la pendiente influye o no en el contenido de humedad.
6. Realizar un análisis de la humedad y la porosidad a diferentes profundidades

REFERENCIAS

- Alegría, F. (2013). Inventario y uso sostenible de pastizales en la zona colindante a los depósitos de relavera de Ocroyoc - comunidad San Antonio de Rancas - Pasco. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/5191>
- Ambiental Andina [AMBIAND]. (2017). Temperatura ambiental – 2017. Calle Leonidas 106, San Isidro, Lima.
- Ambiental Andina [AMBIAND]. (2018). Temperatura ambiental – 2017. Calle Leonidas 106, San Isidro, Lima.
- Asociación integral de ganaderos en camélidos de los Andes Altos [AIGACAA]. (2001). Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano. *Informe final*. La Paz, Bolivia. Recuperado de http://www.alt-perubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/Docum_bolivia/21.12.pdf
- Bernal, C.A. (2010). Metodología de la investigación. (3era ed.). Colombia, Bogotá: Pearson Educación. Recuperado de <http://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- Charman, D. (2002). *Peatlands and environmental change*. Reino Unido: John Wiley & Sons Ltd.
- Comunidad Andina. (1996). Decisión 391 - Régimen común sobre acceso a los recursos genéticos. Caracas, Venezuela. Recuperado de <http://www.comunidadandina.org/Documentos.aspx?GruDoc=07>
- Convención de Ramsar, y Grupo de Contacto EHAA. (2008). Estrategia regional para la conservación y uso sostenible de humedales altoandinos. *Gobiernos de Ecuador y Chile, CONDESAN y TNC-Chile*. Recuperado de <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/783967/889476/Estrategia+regional+de+conservaci%C3%B3n+y+uso+sostenible+de+los+humedales+Altoandinos.+Agua%2C%20vida%2C%20futuro.pdf/fcbf2e0c-bc76-4d2f-aacd-b333aadeb61f;jsessionid=1B6Ih0t-Yc1RSNDYHNPPOutf?version=1.0>
- Cooper, D. J., Sueltenfuss, J., Oyague, E., Yager, K., Slayback, D., Caballero, E. M. C., y Mark, B. G. (2019). Drivers of peatland water table dynamics in the central Andes, Bolivia and Peru. *Hydrological Processes*, 33(13), 1913–1925.

<https://doi.org/10.1002/hyp.13446>

- Crispin, M. (2015). *Valoración económica ambiental de los bofedales del distrito de Pilpichaca, Huancavelica, Perú*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria - La Molina, Lima. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1584/P01.C75-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cumbre de la Tierra. (1992). Rio de Janeiro. Recuperado de <http://www.dse.go.cr/es/02ServiciosInfo/Legislacion/PDF/Planificacion/OCIC/CumbredelaTierra.pdf>
- Dangles, O., Meneses, R. I., y Anthelme, F. (2014). BIOTHAW: Un proyecto multidisciplinario que propone un marco metodológico para el estudio de los bofedales altoandinos en un contexto de cambio climático. *Ecología en Bolivia*, 49(3), 6-13. Recuperado de http://www.scielo.org.bo/pdf/reb/v49n3/v49n3_a02.pdf
- Daza, M. C., Hernández, F., y Alba, F. (2014). Efecto del uso del suelo en la capacidad de almacenamiento hídrico en el Páramo de Sumapza - Colombia. *Revista Facultad de Agronomía*, 67(1), 7189-7200. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179930032006>
- Decreto Supremo N° 033-2001-AG. Aprueba la creación de la Reserva Paisajística Paisajística Nor Yauyos Cochas, Diario Oficial El Peruano, Lima, Peru, 03 de junio de 2001.
- Eyherabide, M., Saínz, H., y Barbieri, P. (2014). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. *Ciencia al suelo*, 32(1), 13-19. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/317537397_Comparacion_de_metodos_para_determinar_carbono_organico_en_suelo
- Florentino, A. (2006). Métodos para medir el contenido de agua en el suelo. *Venesuelos*, 14(1), 48-70. Recuperado de http://190.169.94.12/ojs/index.php/rev_venes/article/view/983
- Flores, E. R., Tacuna, R., y Calvo, V. (2014). *Marco conceptual y metodología para estimar el estado de salud de los bofedales*. Huaraz, Perú: Ministerio del Ambiente. Recuperado de http://mountain.pe/wp-content/uploads/2015/05/HIMAP-TMI_MINAM-BID_IMACC_Bofedales_Nota-tecnica-10-04-2015.pdf

- Fondo Mundial para la Naturaleza [WWF]. (2005). Los humedales altoandinos. Recuperado de http://awsassets.panda.org/downloads/los_humedales_altoandinos_es.pdf
- Gabriels, D., y Lobo, D. (2006). Método para determinar granulometría y densidad aparente del suelo. *Venezuelos*, 14(1). Recuperado de http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_venes/article/view/982/0
- Guerrero, F., y Polo, A. (1990). Usos, aplicaciones y evaluación de turba. *Ecología*(4), 3-13. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia_04_01_tcm30-100882.pdf
- Holden, J. (2005). Peatland hydrology and carbon release: why small-scale process matters. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* , 363, 2891-2913. doi:10.1098/rsta.2005.1671
- Huiza, W. y Quispe, J.C. (2017). *Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo de los tipos de pastizal del centro de investigación de camélidos sudamericanos - LACHOCC*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica. Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1171>
- Jaramillo, D. F. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>
- Joosten, H. y Clarke, D. (2002). Wise Use of Mires and Peatlands - Background and Principles including a Framework for Decision-Making. International Mire Conservation Group International Peat Society. Recuperado de http://www.imcg.net/media/download_gallery/books/wump_wise_use_of_mires_and_peatlands_book.pdf
- León, A. Y. (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, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2749>
- Maldonado, M. S. (2014). An introduction to the bofedales of the Peruvian High Andes. *Mires and Peat*, 15(Art. 5). Recuperado de http://mires-and-peat.net/media/map15/map_15_05_Spanish.pdf
- Meza, M., y Díaz, Y. (2014). Efectos de la variabilidad climática sobre las fluctuaciones del nivel de las aguas y actividad ganadera en humedales altoandinos. *Interciencia*, 39(9), 651–658. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33932147007>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2016). *Plan Maestro 2016-2020 de la Reserva Paisajista Nor Yauyos - Cochas*. Recuperado de http://old.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/baselegal/Resoluciones_Presidenciales/2016/RP%20N%20207-2016-SERNANP.compressed.pdf

Ministerio del Ambiente [MINAM] (2015). Mapa Nacional de cobertura Vegetal - Memoria descriptiva. Lima, Perú. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2012). Glosario de términos para la gestión ambiental peruana. Lima, Perú. Recuperado de <https://www.usmp.edu.pe/recursoshumanos/pdf/Glosario-de-Terminos.pdf>

Naciones unidas. (1992a). Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. Recuperado de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

Naciones Unidas. (1992b). Convenio sobre la diversidad biológica. Recuperado de <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA]. (2001). Estrategia nacional sobre la diversidad biológica. D.S. 102-2001-PCM. Recuperado de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=3661

Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura [FAO]. (2017). Mapa Nacional de cobertura vegetal. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación [FAO]. (2009). Glosario de agricultura orgánica. Roma. Recuperado de http://www.fao.org/fileadmin/templates/organicag/files/Glossary_on_Organic_Agriculture.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura [FAO]. (2008). *El suelo*. Recuperado de Depósito de documentos de la FAO: <http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s04.htm>

- Palabral, A. N. (2013). Relación de la composición florística y su biomasa subterránea con las variables hidrológicas en bofedales de Sajama, Bolivia. *Temática Bofedales*. Bolivia. Recuperado de https://www.weadapt.org/sites/weadapt.org/files/2017/november/relacion_de_la_composicion_floristica.pdf
- Quintero, M. (Ed.). (2010). *Servicios Ambientales Hidrológicos en la región Andina: Estado del conocimiento, la acción y la política para asegurar su provisión mediante esquemas de pago por servicios ambientales*. Lima, Perú: Instituto de Estudios Peruanos, Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina. Recuperado de <https://journals.openedition.org/bifea/659>
- Quintero, M., Tapasco, J., y Pareja, P. (2013). Diseño e Implementación de un Esquema de Retribución por Servicios Ecosistémicos Hidrológicos en la Cuenca del Río Cañete. *Ministerio del Ambiente*. Perú.
- Ramsar. (2017a). *Los sitios de Ramsar*. Recuperado de Ramsar.org: <https://www.ramsar.org/es/sitios-paises/los-sitios-ramsar>
- Ramsar. (2017b). *Perú*. Recuperado de <http://www.ramsar.org/es/humedal/per%C3%BA>
- Salamanca A., y Sadeghian S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafe*, 56(4):381-397. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc056%2804%29381-397.pdf>
- Secretaría de la convención de Ramsar. (2013). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre humedales*(Ramsar, Irán, 1971), 6a. edición (6 ed.). Gland: Secretaría de la Convención de Ramsar. Recuperado de <http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/manual6-2013-sp.pdf>
- Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú [SENAMHI]. (2017). Datos históricos. Recuperado de <http://web2.senamhi.gob.pe/?p=data-historica>
- Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú [SENAMHI]. (2017). Datos históricos. Recuperado de <http://web2.senamhi.gob.pe/?p=data-historica>
- Valderrama, M. M., Buitrago, D., Bedoya, M. M., y Benavidez, J. C. (2017). Variación en los restos de microfósiles y dinámica reciente en turberas de cojines de *Distichia muscoides* de la Sierra Nevada del Cocuy, Colombia. *Caldasia*. *Ecología*, 39(1), 79-90. doi.org/10.15446/caldasia.v39n1.64327

Vilche, M. S., Alzugaray, C., y Montico, S. (2002). Efecto de la labranza y duración de las praderas sobre la condición física de un suelo argiudol vertico de Argentina. *Ciencia investigación agraria*, 29(3), 159-169. Recuperado de <https://new.rcia.uc.cl/index.php/rcia/article/view/409/322>

Villafañe, R. (2000). Calificación de los Suelos por Sales y Dispersion por Sodio y su Aplicación en la Evaluación de Tierras. *Agronomía Tropical* 50(4): 645-658. Recuperado de <file:///C:/Users/angela/Downloads/Calificacindelossuelosforsalesydispersionporsodiosuaplicacionenlaevaluaciondetierras.pdf>

TERMINOLOGÍA

- Calentamiento Global: es el aumento de la temperatura del planeta como resultado de la elevada concentración de los Gases de Efecto Invernadero que tienen la capacidad de retener el calor (Naciones unidas, 1992a).
- Cambio climático: según el artículo 1 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el cambio climático es “el cambio del clima atribuido directa o indirectamente a las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (Naciones unidas, 1992a).
- Compactación del suelo: se produce al momento de comprimir el suelo por el peso del ganado o de la maquinaria pesada, haciendo que disminuya el espacio poroso. Los suelos afectados pierden capacidad de absorber el agua de lluvia, aumentando, por tanto, la escorrentía y la erosión. Asimismo, las plantas no crecen bien en suelos compactados porque los granos de minerales están comprimidos, dejando poco espacio para el aire y el agua, esenciales para el crecimiento de las raíces (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación [FAO], 2009).
- Conservación: es la gestión de la utilización de la biosfera por el ser humano, de tal forma que produzca el mayor y sostenido beneficio para las generaciones actuales, pero que mantenga su potencialidad para satisfacer las necesidades de las generaciones futuras. La conservación es positiva y abarca la protección, el mantenimiento, la utilización sostenible, la restauración y la mejora del entorno natural (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2001)
- Degradación ambiental: es la alteración de uno o varios de los componentes del medio ambiente (por ejemplo, el aire, el suelo, el agua, etc.), situación que afecta en forma negativa a los organismos vivos. Comprende a los problemas de contaminación ambiental y así mismo a los problemas ambientales referidos a la depredación de los recursos naturales (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2012).

- Ecosistema: es un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional (Naciones Unidas, 1992b).
- Erosión Genética: pérdida o disminución de diversidad genética (Comunidad Andina, 1996).
- Factores ambientales: conjunto de componentes del ambiente que influyen en la interacción del ambiente y los seres vivos. La forma en que ambos se influyen o condicionan se ha llegado a denominar como factores o condicionantes ambientales o ecológicos (MINAM, 2012).
- Gestión Sostenible de la Tierra: es el uso de los recursos de la tierra, incluyendo suelos, agua, animales y plantas, para la producción de bienes para cubrir las necesidades humanas que cambian, mientras simultáneamente se asegura el potencial productivo a largo plazo de estos recursos y el mantenimiento de sus funciones ambientales (Cumbre tierra, 1992).
- Porosidad: es la propiedad por el cual todos los cuerpos poseen en el interior de su masa, espacios que se llaman poros o espacios intermoleculares (FAO, 2009).
- Textura del suelo: la textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa (FAO, 2009).
- Turba: es un material orgánico parcialmente descompuesto a consecuencia de la presencia de un medio saturado de agua pre provoca condiciones de anaerobiosis que retardan la descomposición de los restos vegetales, que de esta manera se acumulan llegando a formar capas de gran espesor (Guerrero y Polo, 1990).

APÉNDICES

Apéndice 1

Operacionalización de variables

Tabla 25

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Variable dependiente					
Humedad de suelo	La humedad del suelo es la cantidad de agua que posee el suelo (Jaramillo, 2002)	Uno de los métodos para la determinación de la humedad del suelo es el método gravimétrico, el cual se determina a través de la diferencia de peso seco y húmedo (Florentino, 2006).	Humedad de suelo	Porcentaje de humedad en el suelo	La humedad del suelo fue determinada a través del método gravimétrico, para lo cual se colocó las muestras de suelo sobre trozos de papel aluminio, para después ser pesadas en una balanza y secadas en una estufa a una temperatura de 105 ± 0.5 °C durante 24 horas. Después del secado, las muestras volvieron a ser pesadas. A través de la diferencia de pesos se determinó el porcentaje de humedad.
Variables independientes					

(Continuación)

Características del suelo	<p>La humedad del suelo es una de las características más específicas del suelo y está determinada, por la textura y el contenido de materia orgánica (Jaramillo, 2002). Asimismo, la densidad aparente y la porosidad son características que también influyen en la humedad del suelo (Pérez <i>et al</i>, 2018)</p>	<p>Uno de los métodos más usados para la determinación de materia orgánica es el método de ignición propuesto por Schulte y Hopkins (1996) citado por Eyherabide <i>et al.</i> (2014). El consiste en la incineración de la materia orgánica.</p>	Materia orgánica	Porcentaje de materia orgánica	<p>El método utilizado para la cuantificación de materia orgánica fue el método de ignición, para lo cual se pesó una cantidad de muestra en crisoles de 15 ml, posteriormente fueron colocadas en una estufa durante 24 h a 105 °C. Las muestras fueron enfriadas en desecador y pesadas, luego colocadas en una mufla a una temperatura de 360 °C por un tiempo de 2 h. El cálculo de MO fue analizado por diferencia de peso</p>
		<p>Existen varios equipos para la determinación de la temperatura del suelo, uno de esos métodos es a través del uso de un geotermómetro.</p>	Temperatura del suelo	Temperatura en °C	<p>Esta variable fue medida a través de un medidor de temperatura de varilla.</p>

(Continuación)

<p>El método más usado en los laboratorios para la determinación del pH es el método potenciométrico, el cual consiste en diluir la muestra de suelo en un volumen de agua esterilizada (Jaramillo, 2002).</p>	pH	Valor de pH	<p>Este parámetro fue determinado a través del uso de un equipo multiparámetro marca HABA, modelo HI-9813-06. Para realizar las mediciones se diluyo 5 g de muestra de suelo en 10 mL de agua destilada, se agito durante un minuto y se dejó reposar por 10 minutos, transcurrido el tiempo se introdujo el sensor del multiparámetro para realizar la medición</p>
<p>El método más usado en los laboratorios para la determinación de la conductividad eléctrica es el método potenciométrico, el cual consiste en diluir la muestra de suelo en un volumen de agua esterilizada (Jaramillo, 2002).</p>	Conductividad eléctrica	Valor en dS/cm	<p>Esta variable se determinó a través un equipo multiparámetro marca HABA, modelo HI-9813-06. Para ello se diluyo 5 g de muestra de suelo en 10 ml de agua destilada, se agito durante un minuto y se dejó reposar por 10 minutos, transcurrido el tiempo se introdujo el sensor del multiparámetro para realizar la medición.</p>

(Continuación)

La textura se determina en el laboratorio por métodos de sedimentación y el más utilizado es el del hidrómetro (Jaramillo, 2002)

Textura del suelo

Porcentaje de arena, arcilla y limo

La textura fue analizada en el laboratorio de suelos de la Universidad la Agraria de la Molina.

El método más usado para la determinación del color del suelo es mediante la comparación del color del suelo con la gama de colores de la tabla de Munsell (Jaramillo, 2002).

Color del suelo

Color

La determinación consistió en comparar la coloración de las muestras de suelo con la gama de colores presentes en la tabla Munsell

Un método usado para la determinación de la porosidad es través de la ecuación propuesta por Vílchez, Alzugaray y Montico, 2002. Este método se basa de la diferencia de la densidad aparente y real.

Porosidad

Porcentaje de porosidad

Para obtener los valores de porosidad primero se determinó la densidad aparente (método de hoyo) y densidad real (método de la probeta). A través de una formula se determinó el porcentaje de porosidad.

(Continuación)

	Una de las técnicas usadas para la determinación del nivel freático es medir espacio entre la superficie del suelo y el nivel de agua subterránea.	Nivel freático	Distancia entre la superficie del suelo y la capa de agua	Medir con una wincha la distancia entre la superficie del suelo y la capa de agua
	Para identificar las especies de flora presentes en un espacio solo es necesario observar las características de la planta y compararlas con las especies características de esos ecosistemas	Vegetación	Especies identificadas	Reconocimiento de las principales especies presentes en los puntos de muestreo
Parámetros meteorológicos	La determinación de los datos meteorológicos se realiza a través de instrumentos como pluviómetros y termómetros. Estos equipos son usados por diversas instituciones para monitorear los fenómenos meteorológicos.	Temperatura del ambiente	Temperatura en °C	La información fue obtenida del registro de datos históricos del SENAMHI y de AMBIAND
		Precipitación	Cantidad	La información fue obtenida del registro de datos históricos del SENAMHI y de AMBIAND

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 2

Prueba de normalidad

Tabla 26

Prueba de normalidad de las variables del bofedal Huachipampa

Variable	n	Shapiro-Wilks			
		Media	D.E.	W*	P (Unilateral D)
% humedad	40	63.18	27.48	0.77	<0.0001
%MO	40	38.18	34.02	0.78	<0.0001
Temperatura del suelo °C	40	6.56	1.36	0.92	0.046
pH	40	5.86	0.52	0.92	0.0292
Conductividad	40	0.02	0.02	0.81	<0.0001
Nivel freático	40	43.1	33.29	0.84	<0.0001
Porosidad%	40	51.33	9.45	0.65	<0.0001

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27

Prueba de normalidad para las variables del bofedal Tambo Real

Variable	n	Kolmogorov			
		Media	Varianza	Estadístico	p-valor
% humedad	96	42.01	355.40	1.00	<0.0001
%MO	96	14.37	263.39	0.96	<0.0001
Temperatura del suelo °C	96	10.07	4.32	1.00	<0.0001
pH	95	6.33	0.22	1.00	<0.0001
Conductividad	96	0.02	4.5E-04	0.50	<0.0001
Nivel freático	96	15.45	200.55	0.79	<0.0001
Porosidad%	96	62.08	20.97	1.00	<0.0001


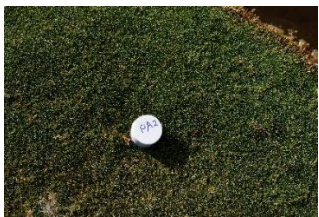


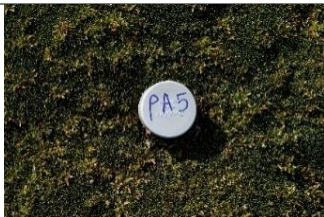
Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 3

Vegetación de los puntos de muestreo

Tabla 28








Flora de cada punto de muestreo del bofedal Huachipampa

Punto de muestreo	Especie	Familia	Fotografía
PA1	<i>Distichia muscoides</i>	Juncacea	
	<i>Phylloscirpus sp.</i>	Cyperaceae	
	<i>Werneria pygmaea</i>	Asteraceae	
	<i>Lachemilla diplophylla</i>	Rosaceae	
	<i>Plantago tubulosa</i>	Plantaginaceae	
	<i>Calamagrostis spicigera</i>	Poaceae	
PA2	<i>Distichia muscoides</i>	Juncacea	
	<i>Phylloscirpus sp.</i>	Cyperaceae	
	<i>Plantago tubulosa</i>	Plantaginaceae	
	<i>Werneria pygmaea</i>	Asteraceae	
	<i>Lachemilla diplophylla</i>	Rosaceae	
	<i>Calamagrostis spicigera</i>	Poaceae	
PA3	<i>Distichia muscoides</i>	Juncacea	
	<i>Phylloscirpus sp.</i>	Cyperaceae	
	<i>Lachemilla diplophylla</i>	Rosaceae	
	<i>Calamagrostis spicigera</i>	Poaceae	
	<i>Plantago tubulosa</i>	Plantaginaceae	
PA4	<i>Distichia muscoides</i>	Juncacea	
	<i>Phylloscirpus sp.</i>	Cyperaceae	
	<i>Plantago tubulosa</i>	Plantaginaceae	
	<i>Werneria pygmaea</i>	Asteraceae	
	<i>Lachemilla diplophylla</i>	Rosaceae	
	<i>Gentiana casapaltensis</i>	Gentianacea	
	<i>Cuatrecasasiella isernii</i>	Asteraceae	
PA5	<i>Distichia muscoides</i>	Juncacea	
	<i>Plantago tubulosa</i>	Plantaginaceae	
	<i>Lachemilla diplophylla</i>	Rosaceae	
	<i>Werneria pygmaea</i>	Asteraceae	
	<i>Gentiana casapaltensis</i>	Gentianacea	






Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29

Flora de cada punto de muestreo del bofedal Tambo Real

Punto de muestreo	Especie	Familia	Fotografía
PB1	<i>Werneria pygmaea</i>	Asteraceae	
	<i>Lachemilla diplophylla</i>	Rosaceae	
	<i>Calamagrostis rigescens</i>	Poaceae	
	<i>Lachemilla pinnata</i>	Rosaceae	
PB2	<i>Plantago tubulosa</i>	Plantaginaceae	
	<i>Phylloscirpus sp.</i>	Cyperaceae	
	<i>Calamagrostis rigescens</i>	Poaceae	
	<i>Werneria pygmaea</i>	Asteraceae	
	<i>Lachemilla diplophylla</i>	Rosaceae	
PB3	<i>Aciachne pulvinata</i>	Poaceae	
	<i>Phylloscirpus sp.</i>	Cyperaceae	
	<i>Gentiana casapaltensis</i>	Gentianaceae	
	<i>Calamagrostis rigescens</i>	Poaceae	
	<i>Plantago tubulosa</i>	Plantaginaceae	
PB4	<i>Calamagrostis rigescens</i>	Poaceae	
	<i>Plantago tubulosa</i>	Plantaginaceae	
	<i>Werneria pygmaea</i>	Asteraceae	
	<i>Lachemilla diplophylla</i>	Rosaceae	
	<i>Lachemilla pinnata</i>	Rosaceae	
PB5	<i>Lachemilla diplophylla</i>	Rosaceae	
	<i>Calamagrostis rigescens</i>	Poaceae	
PB6	<i>Plantago tubulosa</i>	Plantaginaceae	
	<i>Aciachne pulvinata</i>	Poaceae	
	<i>Gentiana casapaltensis</i>	Gentianaceae	
	<i>Lachemilla diplophylla</i>	Rosaceae	
	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	Asteraceae	
	<i>Calamagrostis rigescens</i>	Poaceae	
	<i>Phylloscirpus sp.</i>	Cyperaceae	
	<i>Cuatrecasasiella isernii</i>	Asteraceae	
PB7	<i>Calamagrostis rigescens</i>	Poaceae	
	<i>Lachemilla diplophylla</i>	Rosaceae	
	<i>Lachemilla pinnata</i>	Rosaceae	
	<i>Plantago tubulosa</i>	Plantaginaceae	
	<i>Werneria pygmaea</i>	Asteraceae	
	<i>Gentianella sp.</i>	Gentianaceae	

(Continuación)

PB8	<i>Gentianella sp.</i>	Gentianaceae	
	<i>Calamagrostis rigescens</i>	Poaceae	
	<i>Lachemilla diplophylla</i>	Rosaceae	
	<i>Werneria pygmaea</i>	Asteraceae	
	<i>Lachemilla pinnata</i>	Rosaceae	
PB9	<i>Calamagrostis rigescens</i>	Poaceae	
	<i>Plantago tubulosa</i>	Plantaginaceae	
	<i>Lachemilla diplophylla</i>	Rosaceae	
	<i>Gentianella sp.</i>	Gentianaceae	
	<i>Phylloscirpus sp.</i>	Cyperaceae	
PB10	<i>Lachemilla diplophylla</i>	Rosaceae	
	<i>Calamagrostis rigescens</i>	Poaceae	
PB11	<i>Calamagrostis rigescens</i>	Poaceae	
	<i>Plantago tubulosa</i>	Plantaginaceae	
	<i>Lachemilla diplophylla</i>	Rosaceae	
PB12	<i>Distichia Muscoides</i>	Juncaceae	
	<i>Lachemilla diplophylla</i>	Rosaceae	
	<i>Phylloscirpus sp.</i>	Cyperaceae	
	<i>Cuatrecasasiella isernii</i>	Asteraceae	
	<i>Werneria pygmaea</i>	Asteraceae	
	<i>Plantago tubulosa</i>	Plantaginaceae	
	<i>Calamagrostis rigescens</i>	Poaceae	

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 4
Registro de datos

Tabla 30

Datos del bofedal Huachipampa

Punto de muestreo	Mes	Profundidad	% humedad	%MO	Temperatura del suelo °C	Ph	Conductividad ds cm ⁻¹	Nivel freático cm	Porosidad%
PA1	Julio	75	92.25	81.40	4.30	5.50	0.02	26.00	56.67
PA1	Julio	100	91.35	91.18	4.30	5.30	0.07	26.00	56.67
PA2	Julio	75	85.32	14.84	4.60	5.30	0.02	19.00	60.00
PA2	Julio	100	83.73	49.12	4.60	5.30	0.02	19.00	60.00
PA3	Julio	75	90.48	84.48	4.30	5.20	0.03	43.00	40.00
PA3	Julio	100	89.38	56.52	4.30	5.20	0.03	43.00	40.00
PA4	Julio	75	24.59	16.00	5.00	5.70	0.01	69.00	60.00
PA4	Julio	100	33.02	3.61	5.00	5.70	0.01	69.00	60.00
PA5	Julio	75	41.21	7.93	6.50	5.00	0.01	60.00	40.00
PA5	Julio	100	31.52	2.94	6.50	5.00	0.01	60.00	40.00
PA1	Noviembre	75	88.99	79.92	7.00	6.80	0.09	68.00	56.67
PA1	Noviembre	100	90.98	88.69	7.00	6.70	0.05	68.00	56.67
PA2	Noviembre	75	48.50	8.16	7.20	6.60	0.04	93.00	60.00
PA2	Noviembre	100	80.55	25.60	7.20	6.40	0.03	93.00	60.00
PA3	Noviembre	75	85.07	63.37	8.00	6.60	0.02	94.00	40.00
PA3	Noviembre	100	86.91	80.45	8.00	6.20	0.03	94.00	40.00
PA4	Noviembre	75	39.19	7.83	7.40	6.60	0.02	95.00	60.00

(Continuación)

PA4	Noviembre	100	23.56	7.85	7.40	6.90	0.01	95.00	60.00
PA5	Noviembre	75	38.67	9.00	9.00	6.70	0.04	108.00	40.00
PA5	Noviembre	100	36.99	6.64	9.00	6.00	0.05	108.00	40.00
PA1	Febrero	75	92.29	72.42	7.40	6.50	0.01	32.00	56.67
PA1	Febrero	100	92.16	59.27	7.40	6.20	0.01	32.00	56.67
PA2	Febrero	75	87.03	77.51	7.20	5.80	0.00	8.00	60.00
PA2	Febrero	100	30.70	5.29	7.20	5.60	0.00	8.00	60.00
PA3	Febrero	75	90.61	81.59	7.80	5.50	0.01	23.00	40.00
PA3	Febrero	100	89.98	63.45	7.80	5.80	0.01	23.00	40.00
PA4	Febrero	75	43.08	7.52	6.90	5.70	0.01	10.00	60.00
PA4	Febrero	100	36.47	4.53	6.90	5.70	0.02	10.00	60.00
PA5	Febrero	75	72.42	13.86	8.80	5.90	0.01	25.00	40.00
PA5	Febrero	100	40.94	4.44	8.80	6.30	0.02	25.00	40.00
PA1	Mayo	75	85.07	90.88	5.90	5.60	0.00	4.00	56.67
PA1	Mayo	100	87.41	81.31	5.90	5.60	0.00	4.00	56.67
PA2	Mayo	75	74.86	34.40	6.40	5.40	0.00	7.00	60.00
PA2	Mayo	100	21.21	2.15	6.40	5.90	0.00	7.00	60.00
PA3	Mayo	75	87.32	61.00	5.70	5.60	0.00	14.00	40.00
PA3	Mayo	100	88.98	61.89	5.70	5.60	0.00	14.00	40.00
PA4	Mayo	75	33.69	7.67	6.00	5.80	0.00	26.00	60.00
PA4	Mayo	100	16.41	1.61	6.00	5.80	0.00	26.00	60.00
PA5	Mayo	75	42.00	6.47	5.70	5.50	0.00	38.00	40.00
PA5	Mayo	100	32.40	4.43	5.70	6.00	0.02	38.00	40.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31

Datos del bofedal Tambo Real

Punto de muestreo	Mes	Profundidad	% humedad	%MO	Temperatura del suelo °C	Ph	Conductividad	Nivel freatico	Porosidad%
PB1	Julio	25	25.63	4.43	8.80	5.90	0.05	33	52.50
PB1	Julio	35	27.03	2.97	8.80	5.50	0.01	33	52.50
PB2	Julio	25	30.34	4.81	9.60	5.70	0.03	34	41.82
PB2	Julio	35	27.38	2.84	9.60	5.70	0.03	34	41.82
PB3	Julio	25	81.68	27.07	6.30	5.50	0.02	39	40.00
PB3	Julio	35	61.44	9.39	6.30	5.50	0.02	39	40.00
PB4	Julio	25	31.31	4.25	9.20	5.60	0.01	36	75.00
PB4	Julio	35	26.71	3.37	9.20	5.40	0.01	36	75.00
PB5	Julio	25	32.75	4.57	8.30	5.70	0.05	37	70.00
PB5	Julio	35	41.60	6.46	8.30	5.60	0.02	37	70.00
PB6	Julio	25	80.69	37.29	7.10	5.80	0.03	26	38.75
PB6	Julio	35	76.12	8.07	7.10	5.70	0.02	26	38.75
PB7	Julio	25	40.53	8.09	9.50	5.30	0.02	5	65.00
PB7	Julio	35	34.32	3.67	9.50	5.30	0.02	5	65.00
PB8	Julio	25	43.02	4.55	8.80	5.50	0.01	10	70.59
PB8	Julio	35	35.92	4.12	8.80	6.10	0.02	10	70.59
PB9	Julio	25	55.22	7.22	10.10	5.70	0.03	7	65.00
PB9	Julio	35	55.26	16.94	10.10	5.70	0.03	7	65.00
PB10	Julio	25	36.24	5.01	10.90	5.90	0.04	50	86.00
PB10	Julio	35	33.63	3.77	10.90	5.80	0.02	50	86.00
PB11	Julio	25	43.35	7.31	7.10	5.90	0.03	0	64.29
PB11	Julio	35	25.53	4.16	7.10	5.70	0.02	0	64.29

(Continuación)

PB12	Julio	25	85.78	54.40	7.40	5.70	0.03	15	76.00
PB12	Julio	35	89.29	75.86	7.40	5.70	0.03	15	76.00
PB1	Noviembre	25	33.41	10.79	10.20	6.40	0.04	3	52.50
PB1	Noviembre	35	27.51	16.32	10.20	6.20	0.03	3	52.50
PB2	Noviembre	25	26.61	4.97	10.90	7.10	0.02	6	41.82
PB2	Noviembre	35	25.01	4.58	10.90	6.40	0.02	6	41.82
PB3	Noviembre	25	71.51	29.54	10.50	6.30	0.02	14	40.00
PB3	Noviembre	35	59.36	10.51	10.50	6.00	0.06	14	40.00
PB4	Noviembre	25	29.06	7.91	12.60	6.20	0.09	27	75.00
PB4	Noviembre	35	24.02	5.14	12.60	6.70	0.02	27	75.00
PB5	Noviembre	25	35.87	12.49	18.40	6.10	0.02	24	70.00
PB5	Noviembre	35	18.85	4.70	18.40	6.00	0.05	24	70.00
PB6	Noviembre	25	72.59	25.21	15.50	6.20	0.03	41	38.75
PB6	Noviembre	35	69.50	20.45	15.50	6.00	0.02	41	38.75
PB7	Noviembre	25	48.15	20.09	10.50	6.60	0.02	30	65.00
PB7	Noviembre	35	42.27	13.80	10.50	6.80	0.06	30	65.00
PB8	Noviembre	25	39.94	11.66	10.70	6.70	0.08	1	70.59
PB8	Noviembre	35	38.16	9.55	10.70	6.80	0.06	1	70.59
PB9	Noviembre	25	59.31	25.71	12.30	6.90	0.09	1	65.00
PB9	Noviembre	35	42.41	11.35	12.30	6.70	0.03	1	65.00
PB10	Noviembre	25	37.18	7.89	10.40	6.50	0.02	3	86.00
PB10	Noviembre	35	26.77	5.10	10.40	6.50	0.01	3	86.00
PB11	Noviembre	25	39.90	12.86	12.00	6.70	0.06	1	64.29
PB11	Noviembre	35	36.48	10.21	12.00	6.60	0.02	1	64.29
PB12	Noviembre	25	48.99	29.18	9.40	6.90	0.07	1	76.00
PB12	Noviembre	35	32.79	33.18	9.40	6.70	0.03	1	76.00

(Continuación)

PB1	Febrero	25	34.75	6.87	6.80	6.60	0.01	15	52.50
PB1	Febrero	35	21.27	2.83	6.80	6.60	0.01	15	52.50
PB2	Febrero	25	30.99	3.85	9.20	6.50	0.01	4	41.82
PB2	Febrero	35	30.78	3.29	9.20	6.70	0.00	4	41.82
PB3	Febrero	25	53.67	14.08	9.80	6.60	0.00	30	40.00
PB3	Febrero	35	30.92	4.80	9.80	6.40	0.01	30	40.00
PB4	Febrero	25	32.87	5.26	10.60	6.30	0.01	9	75.00
PB4	Febrero	35	30.33	3.90	10.60	6.20	0.01	9	75.00
PB5	Febrero	25	26.45	3.54	10.20	6.30	0.00	0	70.00
PB5	Febrero	35	18.52	2.15	10.20	6.80	0.00	0	70.00
PB6	Febrero	25	81.31	50.46	10.40	6.70	0.01	29	38.75
PB6	Febrero	35	79.77	34.31	10.40	6.40	0.01	29	38.75
PB7	Febrero	25	35.64	15.95	9.50	6.20	0.01	6	65.00
PB7	Febrero	35	23.72	43.91	9.50	6.20	0.01	6	65.00
PB8	Febrero	25	33.66	8.97	10.70	6.60	0.00	3	70.59
PB8	Febrero	35	29.73	7.25	10.70	6.30	0.00	3	70.59
PB9	Febrero	25	31.48	10.52	11.00	6.30	0.01	0	65.00
PB9	Febrero	35	27.80	5.28	11.00	6.50	0.01	0	65.00
PB10	Febrero	25	40.97	10.56	11.80	6.70	0.00	1	86.00
PB10	Febrero	35	23.40	7.19	11.80	6.60	0.00	1	86.00
PB11	Febrero	25	37.62	24.21	11.30	6.10	0.00	0	64.29
PB11	Febrero	35	39.68	13.89	11.30	6.30	0.00	0	64.29
PB12	Febrero	25	76.85	60.42	11.00	6.20	0.02	12	76.00
PB12	Febrero	35	79.64	84.96	11.00	6.00	0.03	12	76.00
PB1	Mayo	25	29.34	5.79	8.90	6.60	0.06	25	52.50
PB1	Mayo	35	20.22	2.42	8.90	7.00	0.01	25	52.50

(Continuación)

PB2	Mayo	25	32.05	5.17	10.60	6.70	0.00	5	41.82
PB2	Mayo	35	27.17	2.82	10.60	6.80	0.00	5	41.82
PB3	Mayo	25	53.49	10.26	7.30	6.70	0.00	35	40.00
PB3	Mayo	35	39.63	5.97	7.30	6.50	0.00	35	40.00
PB4	Mayo	25	32.59	5.63	10.30	6.60	0.00	28	75.00
PB4	Mayo	35	31.13	5.29	10.30	6.60	0.00	28	75.00
PB5	Mayo	25	24.47	3.88	12.20	6.60	0.00	7	70.00
PB5	Mayo	35	25.12	4.57	12.20	6.80	0.00	7	70.00
PB6	Mayo	25	82.80	48.55	8.10	6.70	0.00	34	38.75
PB6	Mayo	35	80.35	38.16	8.10	6.50	0.00	34	38.75
PB7	Mayo	25	55.56	20.77	9.40	7.20	0.02	8	65.00
PB7	Mayo	35	29.84	0.70	9.40	6.90	0.00	8	65.00
PB8	Mayo	25	42.58	9.07	10.40	6.80	0.00	9	70.59
PB8	Mayo	35	28.54	27.37	10.40	7.00	0.00	9	70.59
PB9	Mayo	25	36.62	7.66	9.50	6.80	0.00	6	65.00
PB9	Mayo	35	28.25	5.08	9.50	6.90	0.00	6	65.00
PB10	Mayo	25	39.80	8.82	10.10	6.90	0.00	1	86.00
PB10	Mayo	35	32.13	0.88	10.10	6.90	0.00	1	86.00
PB11	Mayo	25	35.90	7.79	9.60	6.6.	0.00	21	64.29
PB11	Mayo	35	23.65	5.91	9.60	6.80	0.00	21	64.29
PB12	Mayo	25	55.48	18.05	8.00	6.40	0.00	11	76.00
PB12	Mayo	35	87.60	46.40	8.00	6.40	0.00	11	76.00

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 5

Información meteorológica

Tipo: Meteo-Automática



Estación: Paucarcocha

Año: 2018

Mes:

Dato: Temp. Ambiente (°C)

Hora:

N°	Fecha	Paucarcocha
1	01/01/2018	4.91
2	02/01/2018	5.92
3	03/01/2018	6.70
4	04/01/2018	5.24
5	05/01/2018	5.65
6	06/01/2018	5.21
7	07/01/2018	4.80
8	08/01/2018	4.82
9	09/01/2018	5.75
10	10/01/2018	5.73
11	11/01/2018	5.18
12	12/01/2018	5.55
13	13/01/2018	6.07
14	14/01/2018	4.90
15	15/01/2018	4.92
16	16/01/2018	6.85
17	17/01/2018	4.75
18	18/01/2018	4.86
19	19/01/2018	5.80
20	20/01/2018	5.11
21	21/01/2018	6.25
22	22/01/2018	2.80
23	23/01/2018	4.81
24	24/01/2018	6.16
25	25/01/2018	4.54
26	26/01/2018	4.40
27	27/01/2018	6.28
28	28/01/2018	6.56
29	29/01/2018	5.64
30	30/01/2018	5.28
31	31/01/2018	5.76
32	01/02/2018	5.33

N°	Fecha	Paucarcocha
33	02/02/2018	5.58
34	03/02/2018	7.32
35	04/02/2018	6.83
36	05/02/2018	7.17
37	06/02/2018	7.32
38	07/02/2018	7.04
39	08/02/2018	6.58
40	09/02/2018	6.77
41	10/02/2018	5.85
42	11/02/2018	6.17
43	12/02/2018	6.61
44	13/02/2018	6.46
45	14/02/2018	7.25
46	15/02/2018	6.37
47	16/02/2018	5.78
48	17/02/2018	7.23
49	18/02/2018	5.67
50	19/02/2018	6.51
51	20/02/2018	4.92
52	21/02/2018	5.39
53	22/02/2018	5.89
54	23/02/2018	5.36
55	24/02/2018	5.26
56	25/02/2018	5.20
57	26/02/2018	4.13
58	27/02/2018	5.32
59	28/02/2018	5.29
60	01/03/2018	4.33
61	02/03/2018	5.85
62	03/03/2018	6.24
63	04/03/2018	6.55
64	05/03/2018	5.38
65	06/03/2018	5.30
66	07/03/2018	5.51
67	08/03/2018	6.95
68	09/03/2018	6.29
69	10/03/2018	7.11
70	11/03/2018	7.48
71	12/03/2018	6.24
72	13/03/2018	5.71
73	14/03/2018	6.50
74	15/03/2018	6.25
75	16/03/2018	6.63
76	17/03/2018	6.69
77	18/03/2018	6.57
78	19/03/2018	6.14

N°	Fecha	Paucarcocha
79	20/03/2018	7.12
80	21/03/2018	6.55
81	22/03/2018	5.67
82	23/03/2018	6.24
83	24/03/2018	6.13
84	25/03/2018	6.64
85	26/03/2018	6.27
86	27/03/2018	5.82
87	28/03/2018	6.24
88	29/03/2018	6.92
89	30/03/2018	6.81
90	31/03/2018	6.03
91	01/04/2018	6.03
92	02/04/2018	6.08
93	03/04/2018	5.49
94	04/04/2018	5.35
95	05/04/2018	3.45
96	06/04/2018	4.80
97	07/04/2018	6.85
98	08/04/2018	5.50
99	09/04/2018	5.10
100	10/04/2018	5.88
101	11/04/2018	5.63
102	12/04/2018	4.96
103	13/04/2018	4.80
104	14/04/2018	5.03
105	15/04/2018	6.89
106	16/04/2018	7.03
107	17/04/2018	6.03
108	18/04/2018	6.81
109	19/04/2018	7.05
110	20/04/2018	6.88
111	21/04/2018	7.20
112	22/04/2018	6.53
113	23/04/2018	5.47
114	24/04/2018	4.93
115	25/04/2018	4.70
116	26/04/2018	5.41
117	27/04/2018	6.00
118	28/04/2018	5.15
119	29/04/2018	6.45
120	30/04/2018	6.87
121	01/05/2018	6.08
122	02/05/2018	7.35

Apéndice 6
Registro Fotográfico de la Investigación



Extracción de muestra de suelo



Muestra de suelo



Piezómetro instalado



Muestra de turba