



# Análisis del porcentaje de humedad, materia orgánica y porosidad del suelo de dos tipos de bofedales

Analysis of the percentage of humidity, organic matter and porosity of the soil of two types of wetlands

<sup>1,a</sup>Ángela Baldoceca

<sup>2,b</sup>Mónica Maldonado

<sup>2,c</sup>Francisco Alcántara

## NOTA CIENTÍFICA

<sup>1</sup>Facultada de Ingeniería Agraria, Universidad Católica Sedes Sapientiae, Lima, Perú

<sup>2</sup>División de limnología, CORBIDI, Lima, Perú

<sup>2</sup>División de ecología vegetal, CORBIDI, Lima, Perú

### Correspondencia:

baldocecaangela@gmail.com

<sup>a</sup>ORCID: 0000-0002-4206-4788

<sup>b</sup>ORCID: 0000-0002-6735-5856

<sup>c</sup>ORCID: 0000-0001-9127-4450

**Palabras clave:** Bofedal, canales de infiltración, materia orgánica, humedad, porosidad.

**Keywords:** Wetland, infiltration channels, organic matter, humidity, porosity.

## Información adicional

**Presentado:** 28/11/2021

**Aprobado:** 06/01/2021

## RESUMEN

Los bofedales son ecosistemas importantes que se encuentran en las regiones alto andinas. El cambio climático y las actividades antrópicas han provocado pérdidas aceleradas de este ecosistema. A través de la apertura de canales de infiltración se ha propiciado la formación de bofedales artificiales o el incremento en el área de bofedales naturales. La presente investigación analizó el porcentaje de humedad, materia orgánica y porosidad del suelo de dos bofedales, uno manejado o artificial y otro natural. Las muestras fueron colectadas durante la época seca, lluviosa y la transición entre ambas épocas, durante los años 2017 y 2018. Para analizar la humedad del suelo y la materia orgánica se extrajeron muestras en el acrotelmo a diferentes profundidades. Para analizar la porosidad se extrajeron muestras solo en la transición de la época seca a lluvia. Según el análisis el bofedal natural, Huachipampa, presentó una porosidad entre 40 a 60%, mientras que el bofedal manejado, Tambo Real, presentó una porosidad entre 38,75 a 76 %. El suelo del bofedal Huachipampa presentó mayor contenido de materia orgánica que el bofedal Tambo Real. En Huachipampa los valores máximos de humedad se registraron en la zona media del bofedal, entre 56,52 a 91,18%, en donde dominan los colchones de *Distichia muscoides*. En Tambo Real se evaluó la humedad en función a la influencia de la zanja de infiltración, se definieron tres zonas: zona cerca al canal, zona media del bofedal y zona cerca al río. En la zona cerca al río la humedad es mayor que en las otras zonas, llegado hasta un 87%.

## ABSTRACT

Peatlands are important ecosystems found in the high Andean regions. Climate change and anthropogenic activities have caused accelerated losses of this ecosystem. The opening of infiltration channels has led to the formation of artificial wetlands or an increase in the area of natural peatlands. The present study analyzed the percentage of moisture, organic matter and soil porosity in two peatlands, one managed or artificial and the other natural. Samples were collected during the dry season, rainy season and the transition between both seasons, during 2017 and 2018. To analyze soil moisture and organic matter, samples were extracted in the acrotelm at different depths. To analyze porosity, samples were extracted only in the transition from dry to rainy season. According to the analysis, the natural peatland, Huachipampa, had a porosity between 40 and 60%, while the managed peatland, Tambo Real, had a porosity between 38,75 and 76%. The soil of the Huachipampa peatland had a higher organic matter content than the Tambo Real peatland. In Huachipampa, the maximum humidity values were recorded in the middle zone of the peatland, between 56.52 and 91.18%, where *Distichia muscoides* mats dominated. In Tambo Real, humidity was evaluated according to the influence of the infiltration ditch, and three zones were defined: near the canal, the middle zone of the peatland and the zone near the river. In the zone near the river, humidity is higher than in the other zones, reaching 87%.

## INTRODUCCIÓN

Los bofedales son humedales altoandinos ubicados sobre los 3800 m de elevación (Maldonado, 2014). Cubren aproximadamente 548,174.40 ha, que equivalen al 0,42 % del territorio nacional, y en su mayoría se encuentran distribuidos en la zona centro y sur del país. Se encuentran sobre superficies planas o fondos de valles y en depresiones o laderas (MINAM, 2019). Al permanecer saturados de forma permanente o temporal, se generan condiciones que propician el establecimiento de vegetación adaptada al anegamiento, que en contraste con la vegetación circundante las vuelve zonas altamente productivas, por lo que son muy importantes como alimento del ganado local. El ganado predominante en estos lugares son los camélidos sudamericanos (llamas y alpacas) y los ovinos (Salvador *et al.*, 2015; Maldonado, 2014). En algunas regiones de los Andes Centrales, debido a la necesidad de la expansión de las áreas de pastoreo, las comunidades locales han desarrollado sistemas de canales de infiltración. Dichos canales han propiciado la formación de bofedales artificiales o el incremento en el área de bofedales naturales (Verzijl & Guerrero, 2013; Moya *et al.* 1994; Palacios 1977, Canales & Tapia, 1987). Este tipo de humedales, comparados con los bofedales naturales, pueden contar con una fuente permanente de agua, pero dependen del manejo del riego que realicen las personas. A nivel nacional estos ecosistemas se encuentran amenazados por, el cambio climático que altera el suministro de agua que reciben, sobrepastoreo, drenaje, construcción de infraestructura como carreteras, presas, etc.

El adecuado conocimiento de las características de los bofedales manejados y su comparación con la de los bofedales naturales de la zona, permite gestionar mejor estos espacios y controlar el sobreuso de los recursos. Una característica de los bofedales es que poseen un suelo con un alto contenido de materia orgánica. El almacenamiento de materia orgánica se logra gracias a la saturación del suelo, que propicia la existencia de zonas anóxicas en las que el proceso de descomposición se ralentiza, en estos ecosistemas la tasa de crecimiento de la vegetación tiende a ser mayor que la tasa de descomposición (Rydin & Jeglum 2013). Asimismo, se ha identificado que existe una relación directamente proporcional entre el contenido de materia orgánica y el contenido de humedad; es decir, el elevado porcentaje de materia orgánica en el suelo aumenta la capacidad de retención hídrica en sus espacios porosos (Palabral, 2013). La estabilidad del flujo de agua marca dos horizontes bien diferenciados en este tipo de suelo, acrotelmo y catotelmo. El acrotelmo es el horizonte superior y su límite inferior corresponde al nivel mínimo del nivel freático. En esta capa ocurren varios procesos como la descomposición aerobia de materia orgánica la liberación de CO<sub>2</sub> y el intercambio activo de nutrientes. El catotelmo corresponde al horizonte inferior. Esta capa se encuentra permanentemente saturada y con escasa presencia de oxígeno, por lo que la descomposición en esta capa es anaerobia (Holden, 2005).

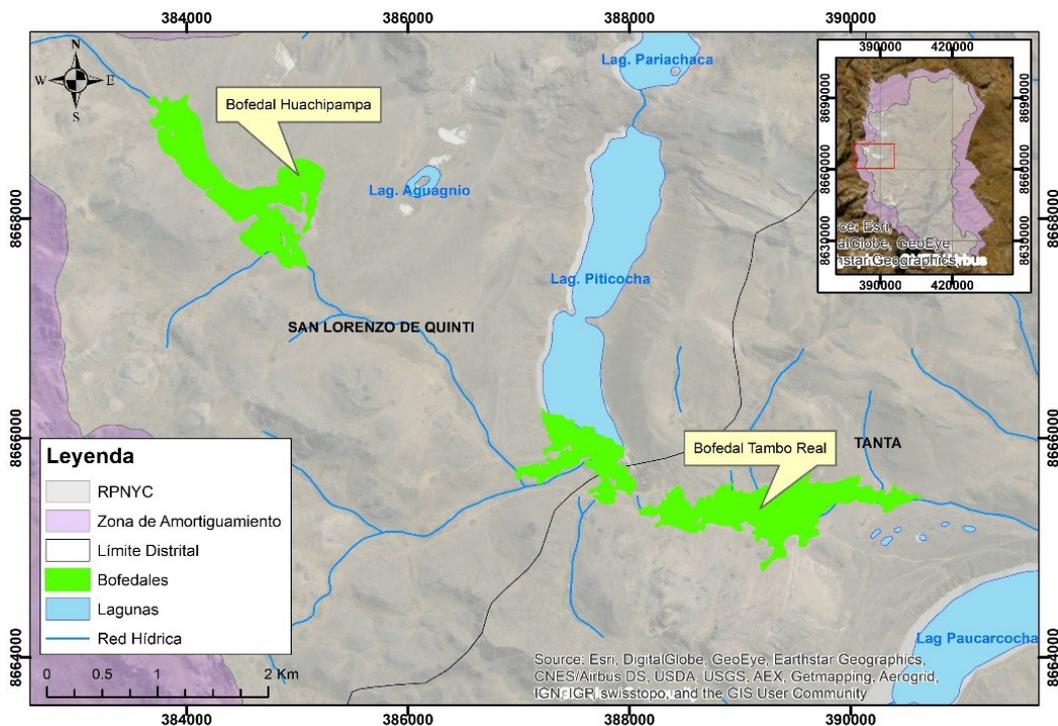
La presente investigación analiza cómo el proceso de irrigación de pastos, puede imitar los procesos naturales de desarrollo de una turbera, promoviendo la acumulación de materia orgánica en el suelo, y modificando el paisaje mediante el reemplazo de pastizales méxicos por vegetación típica de humedal. En ese sentido, el objetivo fue determinar la humedad, materia orgánica y porcentaje de porosidad del suelo de dos bofedales, uno natural y otro manejado, en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (RPNYC).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La investigación se realizó en dos bofedales, Huachipampa y Tambo Real. El primero es un bofedal natural ubicado en la comunidad campesina de Huachipampa, en el distrito de San Lorenzo de Quinti, provincia de Huarochirí, departamento Lima, a 4 600 m de elevación. Posee una extensión de 46,68 ha y cuenta como fuentes hídricas las precipitaciones pluviales y los afloramientos provenientes de aguas subterráneas. La vegetación en el bofedal de Huachipampa está fuertemente dominada por *Distichia muscoides* de la familia Juncaceae, acompañada por especies de las familias Cyperaceae, Rosaceae, Plantaginaceae, Gentianaceae y Poaceae. El bofedal de Huachipampa es utilizado por la población local como una fuente de forraje para alpacas y ovinos.

El segundo, Tambo Real, es un bofedal manejado a través de canales de infiltración; es decir, cuenta con una fuente artificial y permanente de agua. Se ubica en el distrito de Tanta a 4 300 m de elevación y posee una extensión de 69,15 hectáreas. En este sitio la vegetación está dominada por las familias Rosaceae y Poaceae. Los canales presentes fueron construidos por antiguos pobladores, y actualmente este espacio viene siendo utilizado por la población local como un área de pastoreo de ovinos, camélidos domésticos (llama y alpaca) y, en mucho menor medida, ganado vacuno. Sin embargo, con el pasar de los años los pobladores han ido perdiendo la costumbre del mantenimiento regular los canales, razón por la cual no se da un riego parejo de toda la superficie.

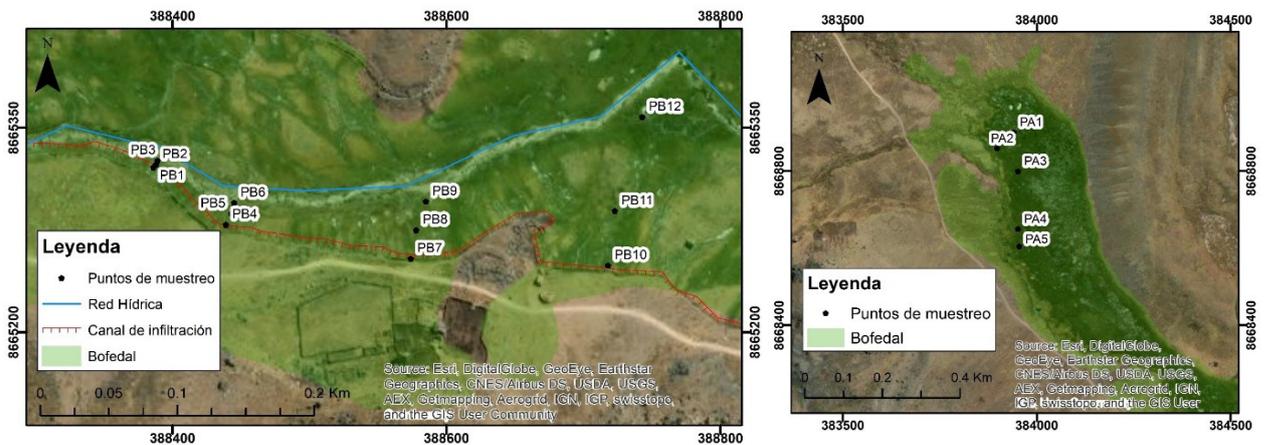


**Figura 1.** Ubicación de los bofedales Huachipampa y Tambo Real.

### Extracción y procesamiento de muestras

La extracción de las muestras se realizó durante los años 2017 y 2018, en cuatro períodos: época seca (julio 2017), época de lluvias (febrero 2018) y en los períodos de transición entre la época seca del año 2017 y la época lluviosa de 2018 (noviembre 2017, Sec- Lluv). Se establecieron cinco puntos de muestreo en Huachipampa y doce puntos en Tambo Real. 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: inmediatamente aguas abajo del canal, zona cercana al río Huachipampa, y la zona intermedia entre las dos anteriores. En cada zona se establecieron cuatro puntos de muestreo.



**Figura 2.** Imagen de la izquierda, ubicación de los puntos de muestreo en el bofedal Tambo Real. Imagen de la derecha, ubicación de los puntos de muestreo del bofedal Huachipampa.

Para el análisis de la humedad del suelo y la materia orgánica se extrajeron las muestras a diferentes profundidades durante todas las épocas de evaluación. Las muestras fueron colectadas en el acrotelmo, como ya se había mencionado el límite inferior del acrotelmo corresponde al nivel mínimo del nivel freático. Se midió el nivel más bajo de la capa freática en ambos bofedales y se registró que el nivel más bajo del bofedal Huachipampa es 108 cm de profundidad respecto de la superficie, mientras que para el bofedal Tambo Real fue 50 cm de profundidad. Dado esto, en Huachipampa se extrajeron a 75 y 100 cm profundidad y en Tambo Real a 25 y 35 cm de profundidad. La extracción de las muestras se realizó con un barreno de 1,20 m. Por punto de muestreo se extrajeron las muestras en cuatro puntos de extracción, eso debido a que al sacar una muestra el espacio quedaba vacío, por tal razón se extrajeron las otras muestras en espacios cercano al primer punto de extracción, la separación entre un punto de extracción y otro fue de 10 cm.

La humedad del suelo fue determinada a través del método gravimétrico, para lo cual se secaron las muestras en una estufa a una temperatura de  $105 \pm 0.5$  °C durante 24 horas. Los pesos de la muestra registrados antes ( $P_h$ ) y después del secado ( $P_s$ ) fueron reemplazados en la siguiente ecuación:  $\text{Humedad \%} = (P_s - P_h / P_s) * 100$

La determinación de la materia orgánica fue mediante el método propuesto por Schulte y Hopkins (1996) citado por Eyherabide et al. (2014), los valores obtenidos fueron reemplazados en siguiente fórmula:  $\%MO = (\text{peso } 105\text{ °C} - \text{peso } 360\text{ °C}(100)) / \text{peso } 105\text{ °C}$

La porosidad se determinó a través de la siguiente ecuación (Vilche, Alzugaray y Montico, 2002).  $PT = (\delta_r - \delta_a / \delta_r) (100)$ , donde PT es porosidad total,  $\delta_r$  es la densidad real y  $\delta_a$  la densidad aparente. La densidad aparente fue determinada a través del método de excavación (Gabriels y Lobo, 2006), y la densidad real a través del método de la probeta. Con el fin de definir la clasificación de la porosidad, los valores obtenidos fueron comparados con los valores expresados en la Tabla 1. Dado que los bofedales en estudio no son usados intensivamente, la porosidad fue analizada solo una vez, en julio de 2017.

**Tabla 1**

*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).*

#### *Análisis de datos*

Se efectuó la prueba de Mann Whitney para analizar la diferencia en el contenido de humedad entre el bofedal natural y manejado. El análisis y la representación gráfica fueron realizados en los programas estadísticos InfoStat y SPSS.

## **RESULTADOS**

### *Porosidad*

Para el bofedal natural, Huachipampa, los valores de porosidad estuvieron en el rango de 40 a 60%, según la clasificación del Kaurichev (1984) citado por Jaramillo (2002). Es decir, entre baja (PA3 y PA5) y excelente (PA1, PA2 y PA4). Y en Tambo Real la porosidad se encontró entre muy baja con 38,75% (PB6), y excesiva con valores entre 71 y 86% (PB4, PB8, PB10, PB12); pasando por valores bajos (PB2, PB3), satisfactorios (PB1) y excelentes (PB5, PB7, PB9, PB11). El detalle se presenta en la Tabla 2. Los valores de porosidad de no fueron significativamente diferentes entre ambos bofedales ( $U = 43, p > 0,130$ ).

**Tabla 2**

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

Bofedal	Puntos de muestreo	Densidad aparente gr cm <sup>-3</sup>	Densidad real gr cm <sup>-3</sup>	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

### *Materia orgánica (MO)*

En el bofedal Huachipampa, los mayores porcentajes de materia orgánica (56,52 - 91,18 %) se registraron en la parte media del bofedal (PA1 y PA3), que usualmente permanece saturada. En la parte extrema, casi al borde, del bofedal (PA2, PA4 y PA5), los 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, este valor puede explicarse por la ubicación de los puntos de extracción de muestras. Según la ubicación en el bofedal Huachipampa, estos puntos se encuentran en un extremo del bofedal en donde habría mayor variación del nivel freático durante el año.

En relación a la profundidad de extracción de las muestras, en tres de las cuatro evaluaciones se registró mayor porcentaje de materia orgánica a 75 cm de profundidad, salvo por la evaluación realizada en la transición de la época seca a lluvias (Sec – Lluv), cuando el mayor porcentaje se registró a 100 cm en la mayoría de los puntos evaluados.

**Tabla 3.***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

En el bofedal Tambo Real, el mayor porcentaje de materia orgánica fue registrado en un sitio ubicado sobre un parche de *D. muscoides* (84,96 % a 35 cm de profundidad) en la época húmeda. 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, este punto se ubica en la zona a lado de la zanja de filtración donde predomina *Lachemilla diplophylla*, *Lachemilla pinnata*, *Plantago tubulosa*, *Werneria pygmaea* y *Gentianella* sp. Según el momento 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 4).

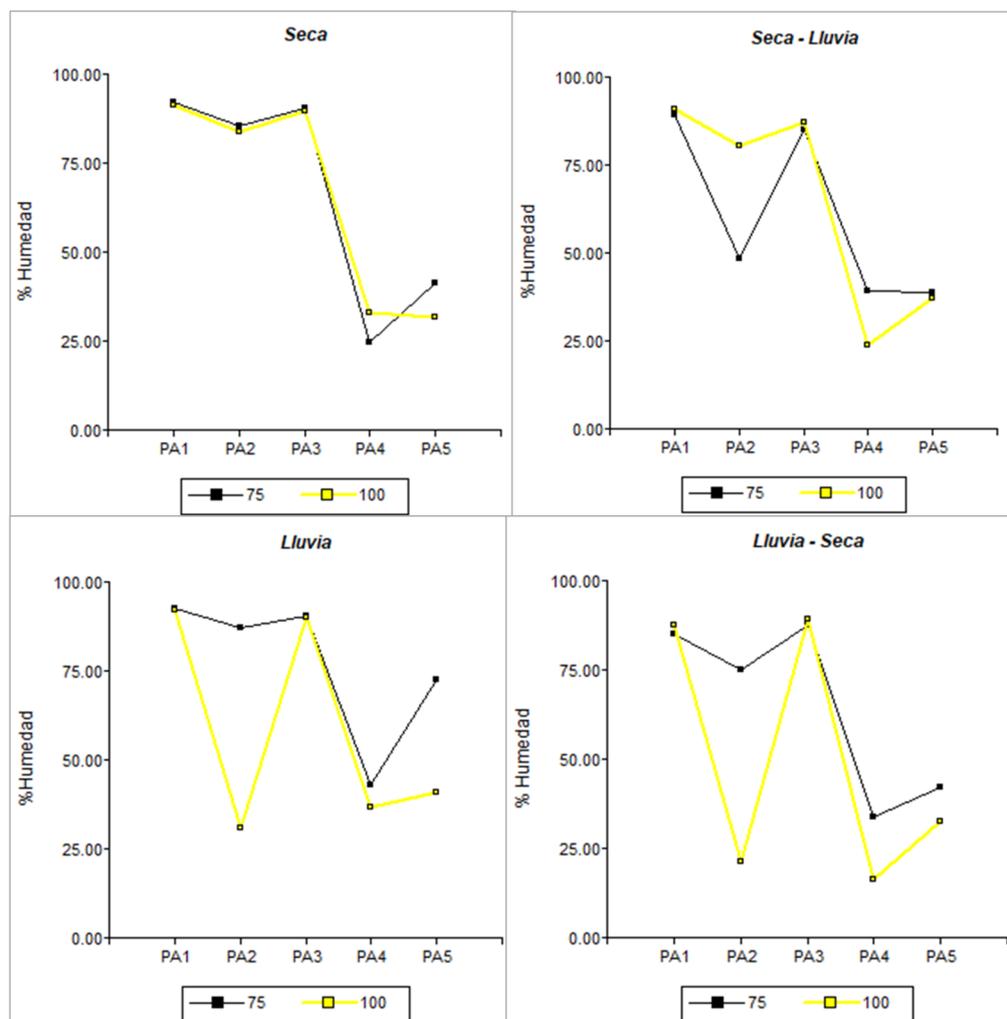
**Tabla 4.***Porcentaje de materia orgánica según punto de muestreo del bofedal Tambo Real*

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

El porcentaje de materia orgánica del suelo fue significativamente mayor en el bofedal Huachipampa en comparación al bofedal Tambo Real ( $U = 1021, p < 0,001$ ).

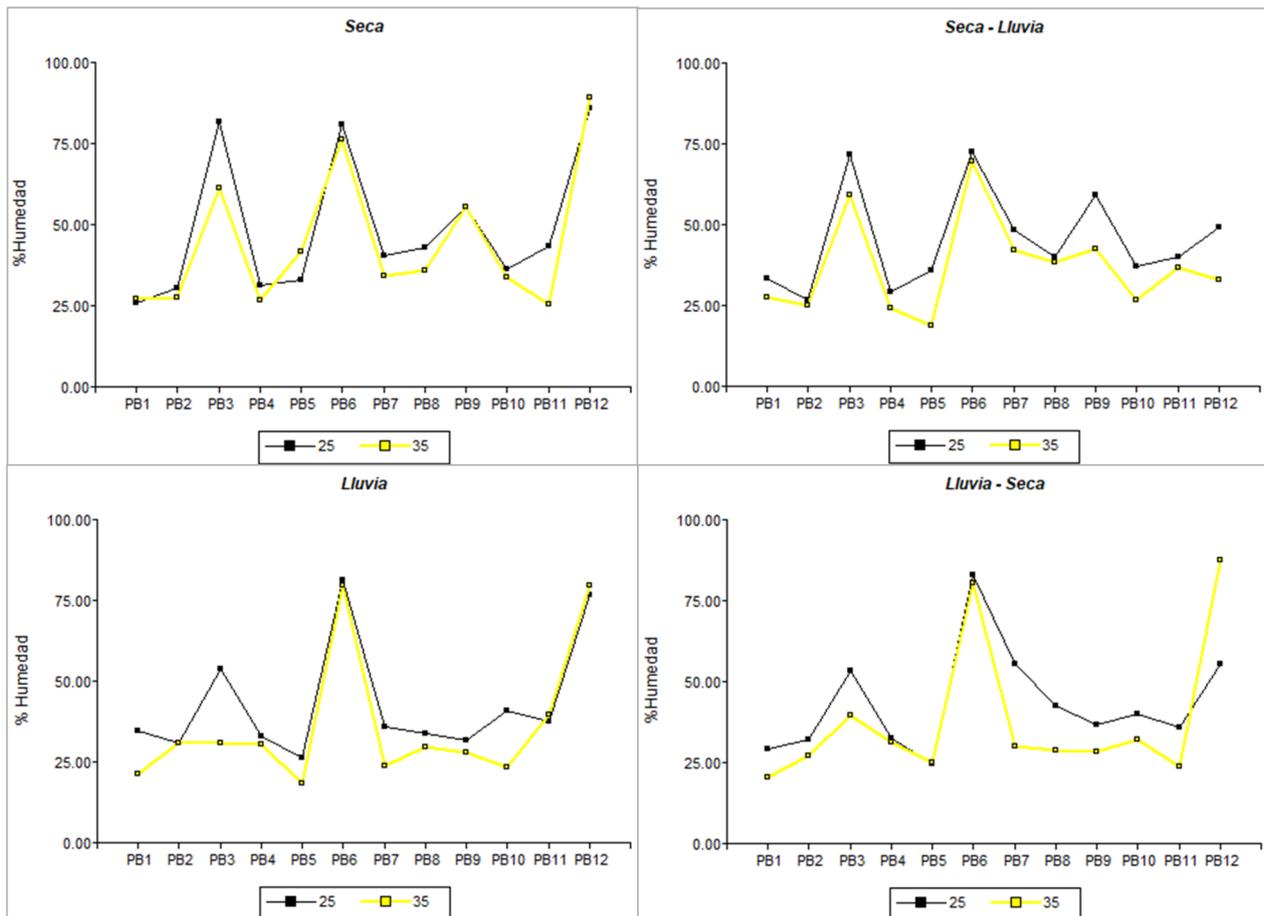
### Humedad (%)

En el bofedal Huachipampa los valores del porcentaje de humedad de los puntos PA1, PA2 y PA3 en su mayoría fueron mayores al 74 %, con excepción de algunos valores de PA2 (Figura 3), estos tres puntos se ubican en una zona donde se observan ojos de agua y una de *Distichia muscoides*. Los valores de PA4 y PA5 estuvieron en el rango de 16 a 42 %, ambos puntos ubicados en una zona extrema del bofedal. En relación a la profundidad, no existe mucha variación en los valores registrados para los puntos de muestreo PA1 y PA3. Sin embargo, en el punto PA2 los valores si varían, en la época seca se observa que los valores a 75 cm y 100 cm son cercanos (85,32% y 83,73%), mientras que en la transición entre la época seca y la húmeda (Sec – Lluv) se produce un descenso del porcentaje de humedad en ambas profundidades, siendo 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 de la época de lluvia a la seca (Lluv – Sec). En los puntos PA4 y PA5 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.



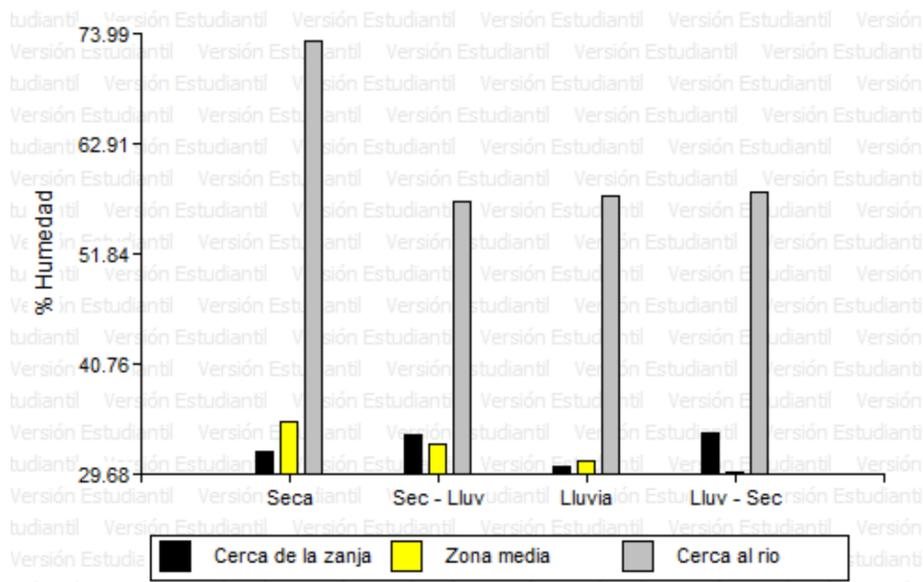
**Figura 3.** Humedad del suelo según la estación de evaluación, bofedal Huachipampa.

El rango de los valores de humedad para el bofedal Tambo Real estuvo entre 18,52 % a 89,29 %. Asimismo, la variación de los datos estuvo en función a la estación de evaluación y la zonificación establecida en este estudio. Según el punto de muestreo, para el punto PB 1 se registraron mayores valores de humedad en la transición Sec – Lluv y la época de lluvia, 33,41 % y 34,75 %. Según la profundidad (Figura 4), se aprecia que los valores a 25 cm son superiores que a 35 cm. 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.



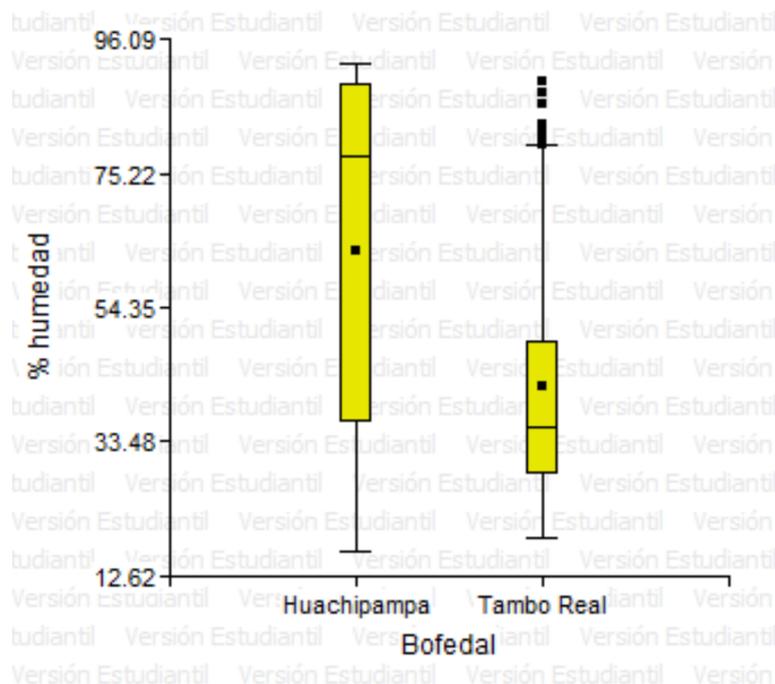
**Figura 4.** Variación del porcentaje de materia orgánica según la estación de evaluación y profundidad, bofedal Tambo Real.

En relación con la zonificación establecida para el bofedal Tambo Real, zona inmediata a la zanja, zona media y zona cerca al río, se puede observar (Figura 5) que los valores de humedad de suelo fueron superiores en la zona cercana al río, en algunos puntos estos valores llegan hasta un 87 % de humedad, esta zona se caracteriza por tener una vegetación en forma de almohadillas o colchones que generan el empozamiento o encharcamiento del agua antes de que este llegue al río. 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 5.** Humedad del suelo según la estación de evaluación, bofedal Huachipampa.

Se realizó el análisis de la humedad de suelo según el lugar de evaluación, 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 6).



**Figura 6.** Boxplot de la humedad de suelo según el lugar de evaluación

En relación con la zonificación establecida para el bofedal Tambo Real, zona inmediata a la zanja, zona media y zona cerca al río, se puede observar (Figura 7) 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 %.

La humedad del suelo fue significativamente mayor en el bofedal Huachipampa en comparación al bofedal Tambo Real ( $U = 1022, p < 0,0001$ ).

## DISCUSIÓN

La porosidad es una característica que depende de la fracción sólida de suelo, es decir la textura. Los valores de porosidad del bofedal Huachipampa estuvieron en el rango de 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. Los valores del bofedal Tambo Real estuvieron en el rango de 38,75 a 76 % que corresponden a la clasificación de muy baja a excesiva, es decir, la porosidad en este bofedal es inestable. Si bien en promedio no se registraron diferencias significativas entre ambos bofedales, hay una variabilidad mayor en el bofedal manejado Tambo Real.

La materia orgánica es considerada como la fracción orgánica del suelo (Jaramillo, 2002). 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 (61 a 91,18 %), lo cual se acerca a los valores registrados en bofedales de Huancavelica (de 91 % a 93 %) y Puno (de 90.73 % a 96.06 %) (León, 2016). 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 Punto también observaron la dominancia de esta especie en las áreas de estudio (León, 2016). Esta especie se caracteriza por formar turba, razón por la cual se explica un alto contenido de materia orgánica (Salvador *et al.*, 2014).

En los puntos PA2, PA4 y PA5 los valores de materia orgánica estuvieron en el rango de 1,07 % a 49,12 %, lo que se acerca a los valores obtenidos en Arequipa (de 0.3 % a 43.37 %) en bofedales ubicados a más 4 200 msnm y en Ancash (de 0.8 % a 36 %.) en bofedales ubicados entre 3800 y 3900 msnm (León, 2016). Altitudinalmente existe una diferencia entre los bofedales de Ancash, Arequipa y Huachipampa; sin embargo, los valores de materia orgánica resultan cercanos. Los valores de materia orgánica del 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 en comparación a los otros se encuentra dominado por *Distichia muscoides*. 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 el bofedal Huachipampa y 25 cm en el bofedal Tambo Real, sin embargo, esto no implica que exista una relación entre el contenido de materia orgánica y la profundidad (correlación de Spearman: Huachipampa=0.13, Tambo Real=0.02). La topografía influye en la cantidad de materia orgánica, las zonas de valles presentan mayor cantidad de materia orgánica que las zonas de pendiente (Áviles- Hernández *et al.*, 2009; citado por León, 2016). El bofedal Huachipampa se ubica en un fondo de valle, con pendiente plana, en promedio presenta mayor contenido de materia orgánica que el bofedal Tambo Real, el cual se encuentra en una zona con pendiente inclinada.

En relación a la humedad, comparando los datos entre puntos de muestreo del bofedal Huachipampa se puede observar que PA1, PA2 y PA3 presentan mayor contenido 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*, 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 (correlación de Spearman: Huachipampa=0.87, Tambo Real=0.73), 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.

Los datos de humedad para el bofedal Tambo Real muestran variaciones en función a las zonas de evaluación y la profundidad. Los puntos ubicados en la zona cerca al río Huachipampa registraron mayor contenido de humedad en el suelo, se registró un valor máximo de 87 %, 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. 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 %. Comparando los valores de humedad en relación con la profundidad se puede observar que los valores a 25 cm de profundidad son superiores que a 35 cm, 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.

## CONCLUSIONES

Se evaluaron dos bofedales, uno natural y otro manejado. Según el análisis de la presente investigación, los valores de porosidad del bofedal natural, Huachipampa, estuvieron en el rango de 40 a 60 % mientras que los valores del bofedal manejado, Tambo Real, estuvieron en el rango de 38,75 a 76 %. El bofedal natural se ubica en un fondo de valle y presenta una dominancia de *Distichia muscoides*, especie formadora de turba, lo que explica que este bofedal presenta un mayor porcentaje de materia orgánica que el bofedal manejado que se ubica en una zona con pendiente pronunciada. Los valores del porcentaje humedad del bofedal natural son superiores al bofedal manejado. Sin embargo, analizando cada bofedal no se observa mucha variación en los valores según el periodo de evaluación, esto se debe a que el bofedal manejado se encuentra constantemente irrigado y el bofedal natural presenta una gruesa capa de turba que le permite retener agua por un mayor tiempo.

## AGRADECIMIENTOS

Al Patronato de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas por el apoyo logístico en la fase de campo y el procesamiento de las muestras. A Eduardo Oyague Passuni por la revisión de versiones preliminares de este manuscrito y sus sugerencias. 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.

## BIBLIOGRAFÍA

- Canales, C. & Tapia M. (1987) Producción y Manejo de Forrajes en los Andes del Perú (. Proyecto Investigación de los Sistemas Agropecuarios Andinos, PISA (INIPA, CIID, ACIDI), Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga, Lima, 304 pp.
- 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
- Jaramillo, D. F. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. Medellín. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.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 Hught Andes. *Mires and Peat*, 15(Art. 5). Recuperado de [http://mires-and-peat.net/media/map15/map\\_15\\_05\\_Spanish.pdf](http://mires-and-peat.net/media/map15/map_15_05_Spanish.pdf)
- Ministerio del Ambiente [MINAM] (2015). Guía de evaluación del estado del ecosistema de bofedal. Lima, Perú. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-evaluacion-estado-ecosistema-bofedal>
- Moya, E., Chambi Pacoricona, N., Quiso Choque, V. & Tito Velazco, F. (1994) *Cosmovisión y Conocimiento de los Alpaqueros Aymaras*. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial (INIAA), Lima, 118 pp.
- Palacios, F. (1977) *Pastizales de regadío para alpacas. Pastores de Puna*, Instituto de Estudios Peruanos, Lima, 155–170.
- 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](https://www.weadapt.org/sites/weadapt.org/files/2017/november/relacion_de_la_composicion_floristica.pdf)
- Rydin, H., & Jeglum, J. (2013). *The biology of peatlands*. United Kingdom: Oxford university press. Estados Unidos.
- Salvador, F., Monerris, J., & Rochefort, L. (2014). Peatlands of the Peruvian Puna ecoregion: types, characteristics and disturbance. Recuperado de [http://www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx\\_centrecherche/Salvador\\_etal\\_Mires\\_Peat\\_2014.pdf](http://www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrecherche/Salvador_etal_Mires_Peat_2014.pdf)
- Verzija A and Guerrero S. (2013). The system nobody sees: Irrigated wetland management and alpaca herding in the Peruvian Andes. *Mountain Research and Development* 33(3):280–93.
- Vilche, M. S., Alzugaray, C., & 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> agraria, 29(3), 159-169. Recuperado de <https://new.rcia.uc.cl/index.php/rcia/article/view/409/322>