

# CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

## INCIDENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO Y AGUA EN LA PÉRDIDA DE LA COBERTURA VEGETAL EN BOFEDALES ALTOANDINOS. MICROCUENCA APACHETA. AYACUCHO 2017

**Edwin Portal Quicaña, Carlos E. Carrasco Badajoz, Elmer A. Avalos Pérez**

Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Biológicas  
Programa de Investigación en Biodiversidad y Gestión Ambiental - Sub Programa de Biodiversidad  
E-mail: edwin.portal@unsch.edu.pe

### RESUMEN

Los bofedales por diferentes motivos van perdiendo cobertura vegetal, por ello se propone evaluar y comparar la incidencia del pH, conductividad eléctrica y la salinidad del suelo y del agua de la napa freática en la pérdida de la cobertura vegetal en bofedales altoandinos de la microcuenca Apacheta. El trabajo se desarrolló en los bofedales de Guitarrachayoc y Pichccahuasi, donde se ubicaron al azar transversal al bofedal unidades de observación de 1 m<sup>2</sup> en los que se caracterizaron la cobertura vegetal, profundidad de la napa freática, pH y conductividad eléctrica del suelo y del agua de la napa freática. Los resultados muestran que existe una asociación mayor al 69% entre la cobertura vegetal y las características químicas de salinidad total, pH y conductividad eléctrica del suelo y del agua de la napa freática, siendo la relación, a menor valor de pH, mayor pérdida de cobertura vegetal, a mayor valor de CE y salinidad, mayor pérdida de cobertura vegetal. La pérdida de la cobertura vegetal de los bofedales altoandinos está relacionada a las características químicas de pH, conductividad eléctrica y salinidad total, a menores valores de pH menor cobertura vegetal y mayores valores de conductividad eléctrica y salinidad tanto del suelo como del agua están relacionados a los sitios sin cobertura vegetal.

Palabra clave: Bofedal, pH, salinidad, conductividad eléctrica, cobertura vegetal.

## INCIDENCE OF THE CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE SOIL AND WATER IN THE LOSS OF PLANT COVER IN HIGH ANDEAN WETLANDS. WATERSHED APACHETA. AYACUCHO 2017

### ABSTRACT

The wetlands provide forage for livestock of South American camelids, mainly the alpaca, these wetlands are suffering the loss cover vegetable, therefore it is proposed to assess and compare the incidence of pH, electrical conductivity, and the salinity of the soil and phreatic water in the loss of plant cover in the watershed Apacheta Andean wetlands. The work was developed in the bofedales of Guitarrachayoc and Pichccahuasi, in the bofedales were located at random crosswise to the bofedal observation units of 1 m<sup>2</sup> in which were characterized the vegetal cover, depth of the phreatic layer, pH and electrical conductivity of the soil and of water from the water table. The results show that there is an association greater than 69% between the vegetation cover and the chemical characteristics of total salinity, pH and electrical conductivity of the soil and water of the groundwater, being the ratio, at lower pH value, greater loss of plant cover, with higher EC value and salinity, greater loss of vegetation cover. The loss of vegetation cover of high Andean bofedales is related to the chemical characteristics of pH, electrical conductivity and total salinity, at lower pH values less vegetation cover and higher values of electrical conductivity and salinity of both soil and water are related to the sites without plant cover

Keywords: Bofedal, pH, electrical conductivity, salinity, vegetation cover

### INTRODUCCIÓN

Los bofedales, ecosistemas altoandinos proporcionan muchos servicios ambientales, dentro de los más importantes se puede señalar, la regulación del ciclo del agua y protección del suelo por presentar una cobertura vegetal que provee una fuente constante de forraje a la ganadería altoandina, principalmente de alpaca.

Uno de los principales problemas ambientales que enfrenta los pastizales altoandinos en nuestro país es la pérdida del valor productivo del suelo, los bofedales sostienen pastos siempre verdes con aporte de forraje para la ganadería de camélidos sudamericanos, principalmente. Las características geológicas donde se encuentran los

bofedales, el uso actual, el manejo de los bofedales y el cambio climático, favorecen a los procesos de la pérdida de vegetación, manifestándose suelos desnudos o con poca cobertura vegetal, posiblemente estén relacionados a las características químicas del suelo y del agua de salinidad total, pH y conductividad eléctrica, reducen la absorción de nutrientes de las plantas y disminuyen la calidad del agua, con lo que afectan al desarrollo vegetal. Alteran el metabolismo de los organismos del suelo, disminuyendo enormemente la fertilidad del suelo. Un nivel elevado de salinidad en el suelo aumenta el punto de marchitamiento de las plantas como consecuencia del incremento de la presión osmótica y de los efectos tóxicos de las sales, estas características posiblemente asociados al descenso de nivel de la capa freática que condiciona un menor flujo de

descarga de agua en los ríos, dificultando su lavado permitiendo su acumulación en forma de costras blancas, como se ha podido observar en algunos bofedales de la microcuenca del Apacheta.

Pese a las características singulares que poseen los bofedales, así como por su importancia, son pocos los estudios realizados para poder caracterizarlos, el estudio permitiría generar información para la toma de decisiones que determinen el manejo sostenido de los bofedales. Es por ello que el trabajo de investigación se propone los siguientes objetivos:

**Objetivo General**

Evaluar y comparar la incidencia las características químicas del suelo y del agua en la pérdida de la cobertura vegetal en bofedales altoandinos de la microcuenca Apacheta.

**Objetivos específicos**

a. Determinar las características químicas de salinidad

total, pH y conductividad eléctrica en la solución del suelo de bofedales altoandinos de la microcuenca Apacheta.

b. Determinar las características químicas de salinidad total, pH y conductividad eléctrica en el agua de bofedales altoandinos de la microcuenca Apacheta.

c. Evaluar la pérdida de la cobertura vegetal de los bofedales en relación a las características químicas de salinidad total, pH y conductividad eléctrica y profundidad de la napa freática.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

**Ubicación de la zona de estudio**

El trabajo de investigación se desarrolló en dos bofedales ubicados en el distrito de Paras, provincia de Huamanga del departamento de Ayacucho, ubicados en la cabecera de la microcuenca Apacheta (figura 1).

**Mapa de ubicación de los bofedales Guitarrachayocc y Pishccawasi. Microcuenca Apacheta. Ayacucho.**



**Vista satelital de los bofedales Guitarrachayocc y Pishccawasi. Microcuenca Apacheta. Ayacucho.**

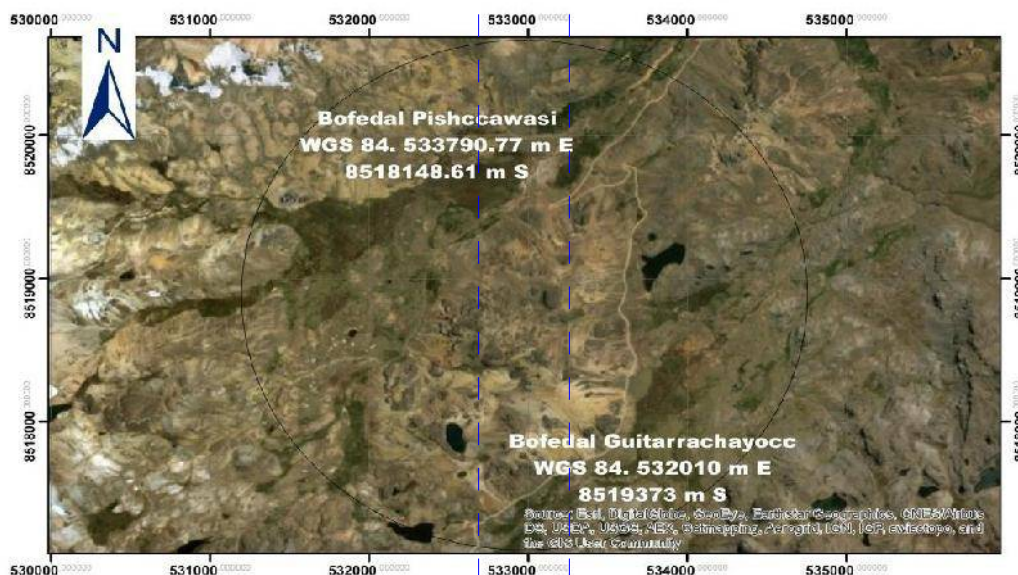


Figura 1. Mapa de ubicación de los bofedales Guitarrachayocc y Pichccahuasi en la microcuenca Apacheta. Ayacucho.

**Población y muestra**

**a. Población**

Bofedales altoandinos ubicados en la microcuenca del Apacheta de la Cuenca Cachi. Ayacucho.

**b. Muestra**

Dos bofedales altoandinos en el cual se tomaron muestras de suelo, agua de la napa freática y cobertura vegetal.

**c. Muestreo**

Para el caso de los bofedales el muestreo fue determinístico, bofedales con presencia de pérdida de cobertura vegetal.

Para el muestreo de la cobertura vegetal el muestreo empleado fue el aleatorio, a través de cuyo procedimiento se seleccionaron unidades de observación de 1 m<sup>2</sup> con un muestreo al azar transversal al bofedal en los que se caracterizó la cobertura vegetal y la profundidad de la napa freática, en esta misma unidad de observación se determinaron las características químicas de pH y Conductividad eléctrica del suelo y del agua de la napa freática.

**d. Unidad de análisis.**

La unidad de análisis o estudio fueron los bofedales altoandinos identificados para su estudio en la microcuenca Apacheta a partir del cual se obtuvieron las lecturas de las variables consideradas de observación.

**Metodología y recolección de datos**

**Metodología**

a. Determinación de la cobertura vegetal y medición de la profundidad de la napa freática

La cobertura vegetal se evaluó en las unidades muestrales de 1m<sup>2</sup> a lo largo de un transecto, el m<sup>2</sup> es el área recomendada para describir las comunidades vegetales cespeterias, modificación del sistema fitosociológico de Braun-Blanquet (Matteucci, S.y Colma, A., 1982).

En la unidad muestral se realizó la perforación con un barreno manual en el suelo para determinar la profundidad de la napa freática, en este punto se tomó la muestra de agua subterránea para los análisis respectivos.

b. Determinación de las características químicas del agua

La toma de muestra se realizó en frascos de polietileno de aproximadamente 0.7 litros en las unidades muestrales, considerando el agua de la napa freática de las unidades muestrales donde se caracterizó la cobertura vegetal. Los frascos fueron sumergidos haciendo que ingrese cuidadosamente el agua sin producir mucha turbulencia. Posteriormente dichos frascos se etiquetaron y trasladados al laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica. Las determinaciones químicas se realizaron siguiendo las recomendaciones dadas por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS).

A continuación se presenta las principales características químicas a determinar en las muestras de agua.

**Tabla 1.** Características químicas de las aguas consideradas en el estudio.

Características	Unidad	Método	Comentario
Conductividad eléctrica	dS/cm.	Electrométrico	Con conductímetro digital HACH
Salinidad	g/L	Electrométrico	Cálculo a partir de la conductividad =dS/m * 0.64
pH		Electrométrico	Con pHmetro digital HACH

c. Determinación de las características químicas del suelo

La toma de muestra se realizó en bolsas de polietileno de aproximadamente 1 kg tomados en las unidades muestrales donde se caracterizó la cobertura vegetal.

Las bolsas fueron etiquetadas y trasladadas al laboratorio de Ecología y Control Ambiental. Las determinaciones químicas se realizaron siguiendo las metodologías establecidas y aplicables para cada parámetro.

**Tabla 2.** Características químicas de los suelos considerados en el estudio.

Características	Unidad	Método	Comentario
Conductividad eléctrica	dS/cm.	Extracto saturación	de Extracto de saturación; conductímetro
Salinidad	Meq/L	Extracto saturación	de Cálculo a partir de la conductividad =dS/m * 10
pH		Agua (1:2.5);	Potenciometría



- d. Determinación de la concentración total de sales del bofedal  
La determinación de la concentración total de sales se realizó por la conductividad eléctrica (CE) en una solución de suelo y del agua subterránea, pero no indica qué sales están presentes.

Conociendo la CE podemos evaluar, aproximadamente, otros parámetros (GAT Fertilíquidos, 2010):

- Contenido de sales en la solución (en gramos/litro) =  $CE (dS/m) a 25^{\circ}C \times 0.64$
- Presión osmótica de la solución (en atmósferas) =  $CE (dS/m) \times 0.36$
- Contenido de sales en el agua (en meq/L) =  $CE (dS/m) \times 10$

En relación con la CE, teniendo en cuenta las recomendaciones del Laboratorio de Salinidad de Riverside (USA) tomado de (GAT Fertilíquidos, 2010), se clasificó el agua en los siguientes seis grupos:

GRUPO C1: CE entre 0.10 y 0.25 dS/m. Agua de “Baja Salinidad”, apta para el riego de cualquier cultivo, en cualquier tipo de suelo, con baja o nula probabilidad de generar salinidad en los suelos.

GRUPO C2: CE entre 0.25 y 0.75 dS/m. Este tipo de aguas se consideran como de “Salinidad Media”; pueden usarse para el riego de cultivos, a condición de que exista cuando menos, un lavado moderado de los suelos. La mayoría de cultivos, resisten esta agua, sin prácticas especiales de control.

GRUPO C3: CE entre 0.75 y 2.25 dS/m. Este tipo de aguas se consideran como de “Salinidad Alta” y solamente deben usarse en suelos con buen drenaje y en cultivos resistentes a las sales.

GRUPO C4: CE entre 2.25 y 4.00 dS/m. Este tipo de aguas se consideran como de “Salinidad Muy Alta” y en muchos casos no son recomendables para riego. Sólo deben usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso. Sólo para cultivos muy tolerantes a la salinidad.

GRUPO C5: CE entre 4.00 y 6.00 dS/m. Agua de “Salinidad Excesiva”. Sólo debe usarse en casos muy especiales, extremando las precauciones.

GRUPO C6: CE entre 6.00 y 10.00. Agua no aconsejable para el riego en ningún caso.

Además los resultados fueron comparados con la parámetros de la clase de salinidad del Reglamento de Clasificación de Suelos por su capacidad de Uso Mayor (DS 017-2009-AG).

- e. Determinación de la pérdida de cobertura vegetal del bofedal

La pérdida de la cobertura vegetal se realizó por medio de la correlación entre la cobertura vegetal y la profundidad de la napa freática y el nivel de salinidad que se encuentre, verificado en el bofedal por observación directa de la pérdida de cobertura vegetal.

#### **Diseño de investigación**

No experimental de corte transversal

#### **Nivel y Tipo de investigación**

Descriptivo - Correlacional

#### **Análisis de datos**

Los datos se presentan en cuadros y gráficos mostrando los principales estadísticos descriptivos de tendencia central y de dispersión, para el cual se construirá una base de datos en el software estadístico SPSS 15.

Para relacionar las características químicas del agua y del suelo en cuanto a salinidad, pH y conductividad eléctrica con la cobertura vegetal y la profundidad de la napa freática del bofedal altoandino se procedió con la técnica del análisis de la correlación canónica el que permite determinar la asociación entre dos grupos de variables y su relación de dependencia entre dos grupos de variables, los que serán determinados con el software de SPSS.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los bofedales de Guitarrachayoc y Pichcahuasi se encuentran en la microcuenca Apacheta en la región puna, teniendo en cuenta el mapa de cobertura vegetal, considera la región Andina (vertiente occidental andina e interandina y puna), donde el bofedal es considerado como una unidad natural de cobertura vegetal en la formación vegetal de herbazal de la provincia de humedad Subhúmedo o superhúmedo (Ministerio del Ambiente Perú, 2015).

Los bofedales de Guitarrachayoc y Pichcahuasi se ubican a una altitud de 4550 msnm influenciado por laderas con pendientes fuertes de los cerros circundantes, los bofedales se encuentran en áreas relativamente planas. A simple vista se observa que el bofedal muestra áreas con ausencia de vegetación (figuras 2 y 3).



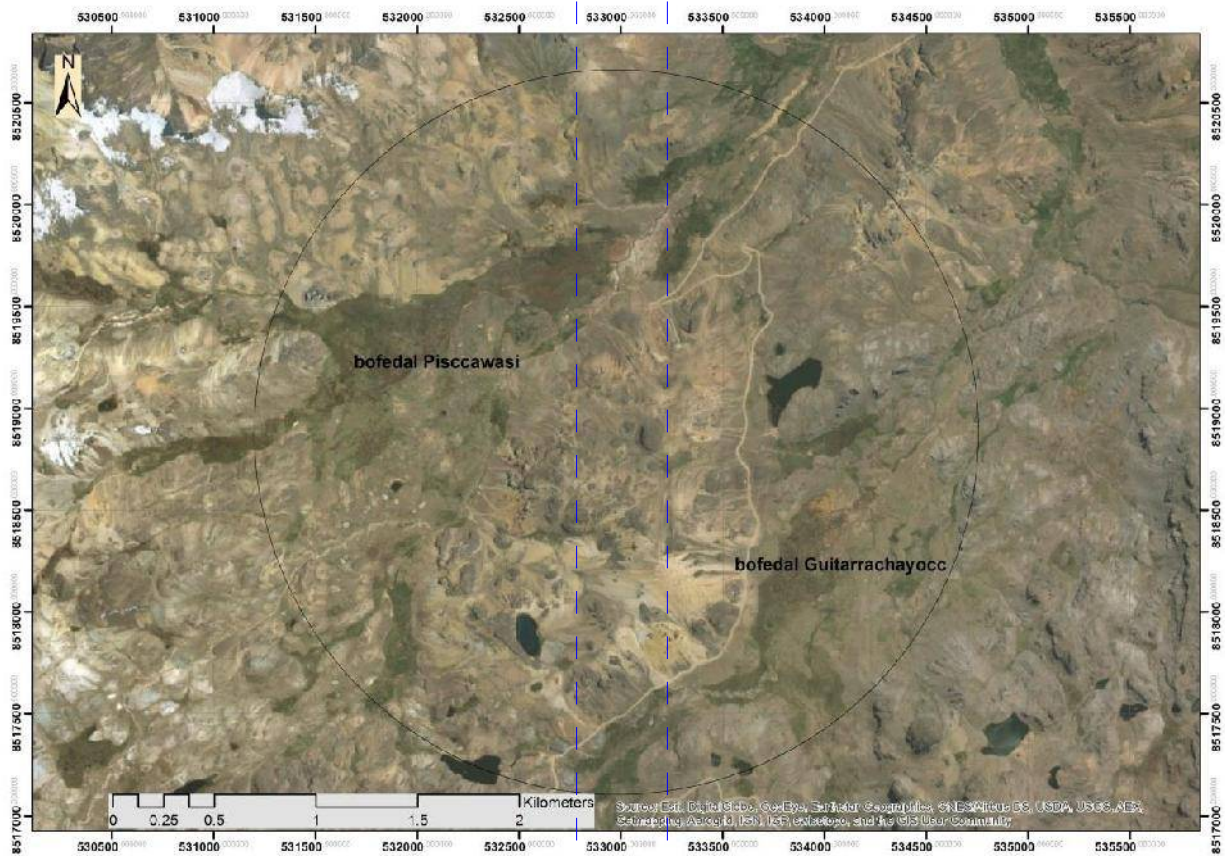


Figura 2. Bofedales Área de Guitarrachayocc y Pichcahuasi de la microcuenca Apacheta, nótese la ausencia de vegetación.

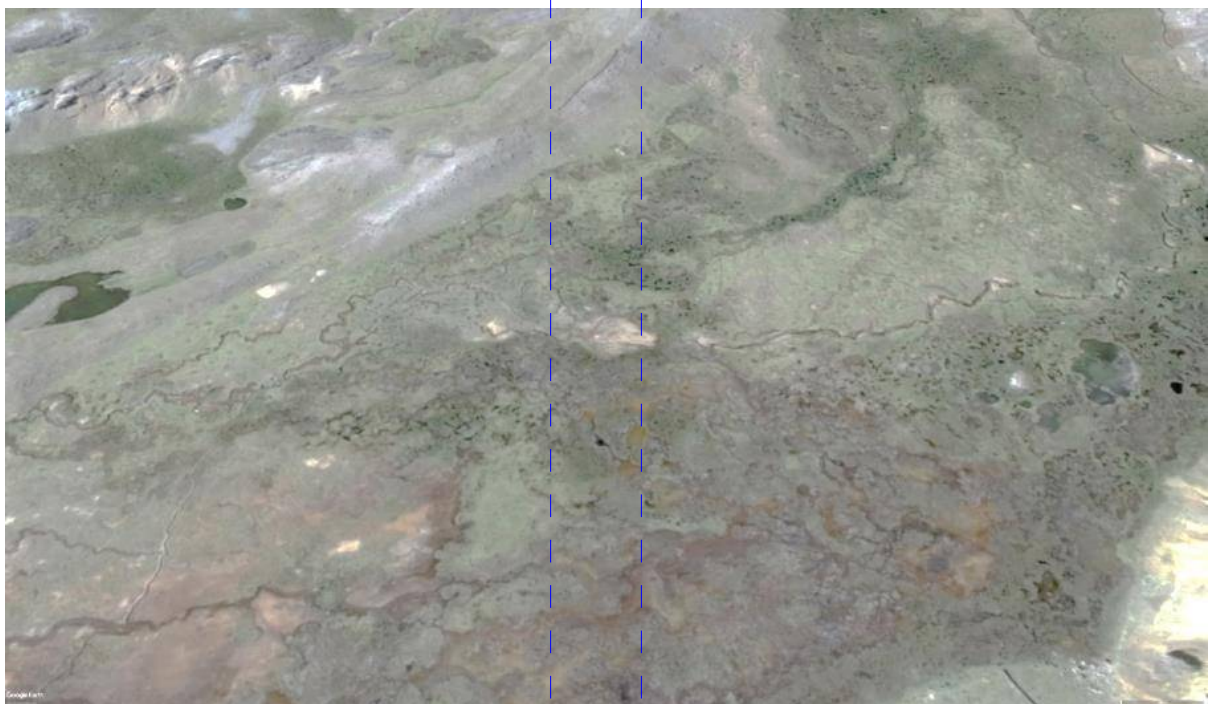


Figura 3. Mapa satelital del bofedal Guitarrachayocc, nótese áreas sin cobertura vegetal

**Tabla 3.** Características químicas de salinidad, pH y conductividad eléctrica en la solución del suelo y agua de la napa freática de los bofedales altoandinos Guitarrachayocc y Pichccahuasi de la microcuenca Apacheta.

Bofedal	Cobertura vegetal (%)	napa freática (cm)	SUELO					AGUA				
			pH	Conductividad eléctrica mS/cm=dS/m.	Contenido de sales (g/L)	Salinidad Riverside (USA)	Salinidad (DS 017-2009-AG).	pH	Conductividad (mS/cm)	Contenido de sales (meq/L)	Salinidad Riverside (USA)	Dureza del agua
Guitarrachayocc	100	42	5.31	0.21	0.1344	C1	libre	7.04	0.01	0.10	C1	blanda
Guitarrachayocc	100	33	6.18	0.19	0.1216	C1	libre	8.88	0.1	1.00	C1	blanda
Pishccahuasi	100	15	4.59	0.16	0.1024	C1	libre	4.28	0.08	0.80	C1	Blanda
Guitarrachayocc	98	25	5.32	0.22	0.1408	C1	libre	6.64	0.15	1.50	C1	Blanda
Pishccahuasi	60	40	3.57	0.44	0.2816	C2	libre	4.31	0.34	3.40	C2	Ligeramente dura
Guitarrachayocc	0	30	4.03	0.51	0.3264	C2	libre	4.35	0.84	8.40	C3	Moderadamente dura
Guitarrachayocc	0	40	3.56	0.48	0.3072	C2	libre	4.15	0.8	8.00	C3	Ligeramente dura
Guitarrachayocc	0	35	4.37	0.41	0.2624	C2	libre	4.13	0.32	3.20	C2	Ligeramente dura
Pishccahuasi	0	20	3.59	0.38	0.2432	C2	libre	3.42	0.58	5.80	C2	Ligeramente dura

**Tabla 4.** Coeficiente de correlación de Rho de Spearman de las características de pH, conductividad eléctrica y salinidad de la solución del suelo y del agua de la napa freática en relación a la cobertura vegetal de los bofedales Guitarrachayocc y Pichccahuasi de la microcuenca Apacheta.

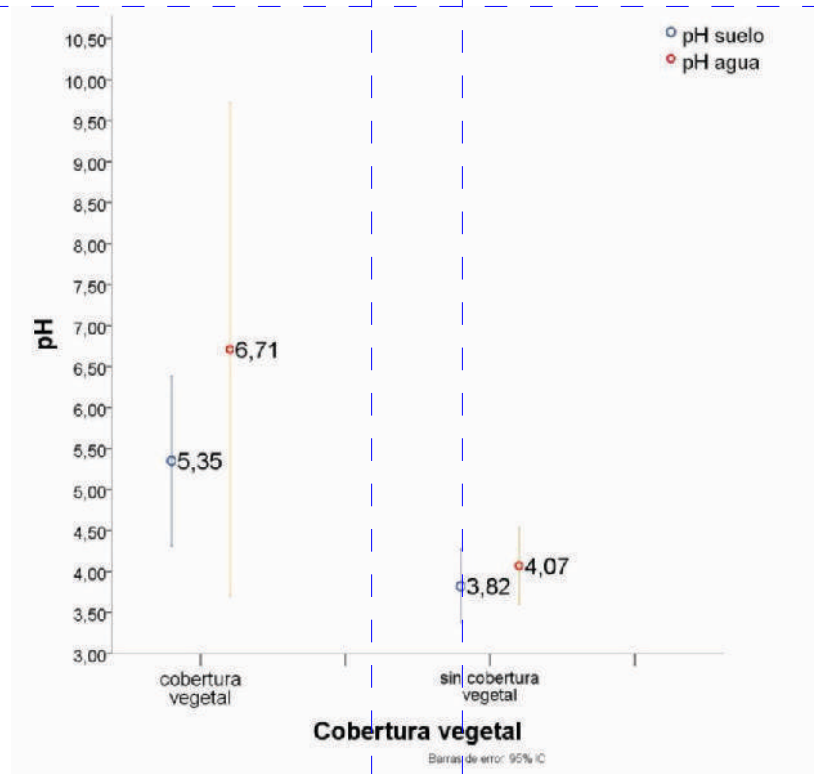
		Napa freática	pH suelo	pH agua	Conductividad eléctrica suelo dS/m	Conductividad eléctrica agua dS/m	Salinidad Suelo g/L	Salinidad Agua Meq/L
Cobertura vegetal	Coeficiente de correlación	,174	-,866**	-,693*	,866**	,866**	,866**	,866**
	Sig.(bilateral)	,654	,003	,039	,003	,003	,003	,003
	N	9	9	9	9	9	9	9

**Tabla 5 .** Prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney para las características de pH, conductividad eléctrica y salinidad de la solución del suelo y del agua de la napa freática con la

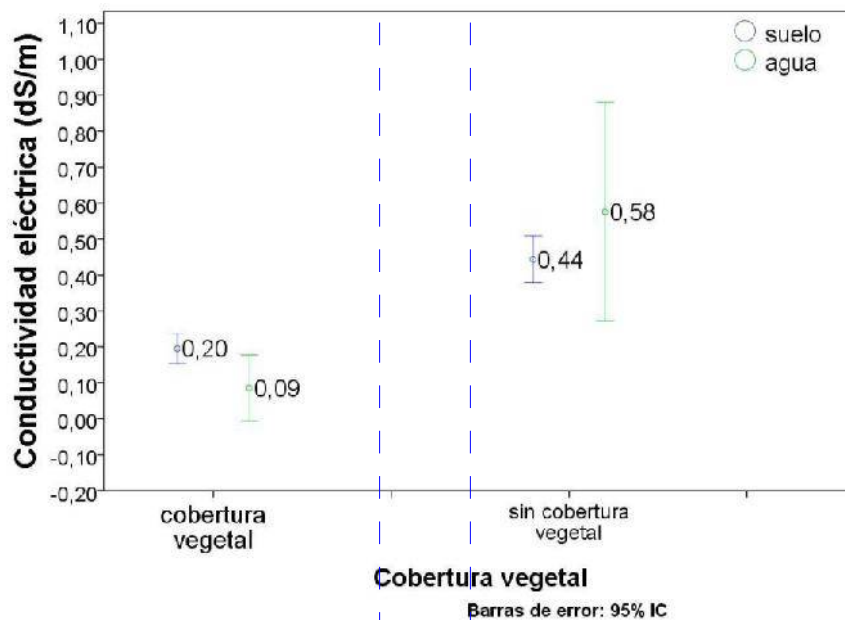
cobertura vegetal de los bofedales Guitarrachayocc y Pichccahuasi de la microcuenca Apacheta.

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de napa_freática es la misma entre las categorías de Cob_veg.	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	,730 <sup>1</sup>	Retener la hipótesis nula.
2	La distribución de pH_suelo es la misma entre las categorías de Cob_veg.	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	,016 <sup>1</sup>	Rechazar la hipótesis nula.
3	La distribución de CE_dS_m_suelo es la misma entre las categorías de Cob_veg.	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	,016 <sup>1</sup>	Rechazar la hipótesis nula.
4	La distribución de Salinidad_suelo es la misma entre las categorías de Cob_veg.	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	,016 <sup>1</sup>	Rechazar la hipótesis nula.
5	La distribución de pH_agua es la misma entre las categorías de Cob_veg.	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	,063 <sup>1</sup>	Retener la hipótesis nula.
6	La distribución de CE_dS_m_agua es la misma entre las categorías de Cob_veg.	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	,016 <sup>1</sup>	Rechazar la hipótesis nula.
7	La distribución de salinidad_agua es la misma entre las categorías de Cob_veg.	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	,016 <sup>1</sup>	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.  
<sup>1</sup>Se muestra la significancia exacta para esta prueba.

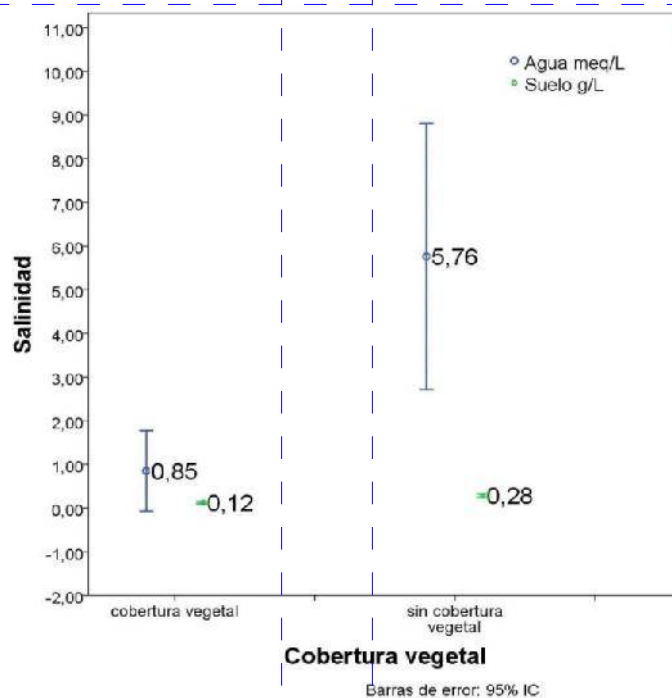


**Figura 4.** Valor medio de pH del suelo y del agua de la napa freática registrados en sitios con y sin cobertura vegetal en los bofedales altoandinos Guitarrachayoc y Pichcahuasi de la microcuenca Apacheta.



**Figura 5.** Valor medio de la conductividad eléctrica del suelo y del agua de la napa freática registrados en sitios con y sin cobertura vegetal en los bofedales altoandinos Guitarrachayoc y Pichcahuasi de la microcuenca Apacheta.





**Figura 6.** Valor medio de la salinidad del suelo y del agua de la napa freática en sitios con y sin cobertura vegetal en los bofedales altoandinos Guitarrachayoc y Pichcahuasi de la microcuenca Apacheta.

La tabla 1 muestra los valores de las características químicas de salinidad, conductividad eléctrica y pH del suelo y del agua de la napa freática de sitios con cobertura vegetal y sin cobertura vegetal, se puede observar que los sitios con cobertura vegetal se encuentran de acuerdo al Laboratorio de Salinidad de Riverside (Salinity Laboratory - USLS) en la categoría de salinidad de C1, esta categoría registra valores de CE entre 0.10 y 0.25 dS/m considerados como agua de “Baja Salinidad”, apta para el riego de cualquier cultivo, en cualquier tipo de suelo, con baja o nula probabilidad de generar salinidad en los suelos y los sitios con ausencia de cobertura vegetal se encuentran en la categoría C2, con valores de CE entre 0.25 y 0.75 dS/m, este tipo de aguas se consideran como de “Salinidad Media”; pueden usarse para el riego de cultivos, a condición de que exista cuando menos, un lavado moderado de los suelos. La mayoría de cultivos, resisten esta agua, sin prácticas especiales de control (GAT Fertilizantes, 2010), teniendo en cuenta esta clasificación, se puede indicar que valores menores de salinidad generan cambios en la cobertura vegetal produciendo la desaparición de la vegetación, siendo estas especies de plantas de los bofedales sensibles a la salinidad. La dureza del agua subterránea en los sitios con cobertura vegetal es blanda y en los sitios sin cobertura vegetal es ligeramente y moderadamente dura.

En la figura 3 se observa que el bofedal en la parte donde se ha incrementado la salinidad y disminuido el pH se encuentra influenciado por un tipo geología de la zona, que condiciona características químicas peculiares, en el suelo se encuentran en mayor o menor grado sales solubles que provienen del proceso de intemperismo de las rocas. Entre ellas la más comunes son las sales de calcio con una concentración menor a los 0.4 g por litro de solución del suelo (Lázaro, Saucedo, & Namuche, 2010). Se observa que los bofedales ha disminuido el ingreso del agua por dos aspectos básicos, falta de ingreso de agua al bofedal por la falta de cobertura nival en los cerros y la disminución de la precipitación que trae

consigo la poca circulación del agua en el suelo, formando costras y quelatos por debajo del suelo. Los suelos con alta concentración de sales, tanto de origen natural como inducido, se encuentran principalmente en las zonas de climas áridos y semiáridos, donde las bajas precipitaciones no permiten la lixiviación de las sales de manera natural hacia estratos más profundos. Los suelos fuertemente salinos pueden incluso mostrar costras de sales como el yeso ( $\text{CaSO}_4$ ), sal común ( $\text{NaCl}$ ), carbonato sódico ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), entre otras (Lázaro et al., 2010).

La correlación de Spearman (tabla 2) muestra que existe una asociación entre las características del pH del suelo y del agua con la cobertura vegetal estadísticamente significativa ( $r_s = -0,866$ ,  $p < 0,05$ ), ( $r_s = -0,693$ ,  $p < 0,05$ ) respectivamente, es decir, el pH del suelo condiciona la cobertura vegetal en un 86% y el pH del agua está asociada en un 69%. Los valores de la conductividad eléctrica del suelo y del agua presentan una asociación positiva con la cobertura vegetal ( $r_s = -0,866$ ,  $p < 0,05$ ), ( $r_s = 0,866$ ,  $p < 0,05$ ), estando la cobertura vegetal determinada por un 86% por la conductividad eléctrica.

Para determinar si existe diferencias en los valores de pH, conductividad eléctrica y salinidad entre las categorías de sitios con cobertura y sin cobertura vegetal se realizó la prueba de Kruskal-Wallis (tabla 5), se encontró que los valores de profundidad de la napa freática son estadísticamente iguales en suelo con cobertura y sin cobertura vegetal del bofedal ( $X^2(2) = 12,00$ ,  $p = 0,730$  ( $p > 0,05$ ), de igual modo no existen diferencias estadísticas del pH del agua, siendo la misma en aquellos sitios con cobertura que sin cobertura vegetal ( $X^2(2) = 2,00$ ,  $p = 0,16$  ( $p > 0,05$ ).

El pH del suelo, la conductividad eléctrica del suelo y del agua, así como la salinidad presentan valores diferentes estadísticamente entre los sitios con cobertura vegetal y sin cobertura vegetal (tabla 5). Los valores de pH en el suelo difieren estadísticamente entre los suelos con y sin cobertura

vegetal del bofedal (figura 3), siendo los mayores valores (5.35) en suelos con cobertura vegetal y los menores valores (3.82) en los suelos sin cobertura vegetal, comúnmente los valores de pH entre 6.0 y 7.5 son óptimos para el crecimiento de la mayoría de los cultivos, con interpretaciones específicas para un sitio (USDA, 1999), los bofedales altoandinos por su misma ubicación por encima de los 4000 msnm y presentar abundante materia orgánica presentan valores de pH ácidos, por su parte (Salvador, Monerris, & Rochefort, 2014), mencionan que los pH ácidos se encuentran en suelos con napa freática superficial y por estar en contacto con la materia orgánica y turba que caracterizan a la vegetación hidromórfica y mélica con dominancia de *Distichia muscoides* y *Plantago rigida*, estos resultados concuerdan con los encontrados en la presente investigación, la napa freática es superficial de 28.5 cm en la época de lluvia, en los bofedales evaluados las especies dominantes son *Distichia* y *Plantago*, especies asociadas con agua ácida. El pH en los bofedales evaluados presentan valores categorizados como fuertemente ácido (5.35), que en promedio lo registran los bofedales altoandinos, bofedales de humedad permanente con nivel de la napa freática cerca al nivel del suelo registran pH ácidos (valores entre 4.0 y 5.0) (Gonzales & Fuentealba, 2017), estos valores se han registrado en sitios que no muestran pérdida de cobertura vegetal, a diferencia con los sitios que registran pérdida de cobertura vegetal el pH es extremadamente ácido (figura 3). El pH del suelo afecta la actividad de los microorganismos y la presencia de sales afecta el pH del suelo haciendo crecer las lecturas en 0.2 a 0.3 unidades de pH (USDA, 1999).

La pérdida de la cobertura vegetal de los bofedales posiblemente obedece a la alta sensibilidad al cambio climático e hidrológico conllevando al bofedal muestre una marcada alternancia temporal por su dependencia a las condiciones hidrológicas (Centro de Ecología Aplicada, 2006). Las condiciones hidrológicas del bofedal son muy importantes, así como la química del agua y la acumulación de turba para la manutención estructural y funcional del bofedal, estas condiciones determina la flora del bofedal, cuyas características químicas puede variar según los periodos de lluvia y estío y las condiciones de litología del lugar, que corresponde al material parental de la formación portuguesa Nm-po, procedente de las rocas volcánicas que forman la secuencia del Nevado Portuguesa (Morche, La Torre, De La Cruz, & Cerrón, 1996).

La conductividad eléctrica registra diferencias estadísticas entre los sitios con y sin cobertura vegetal (figura 4), los menores valores se registran en suelos con cobertura vegetal y los mayores valores en sitios sin cobertura vegetal, existiendo una relación, donde a menor conductividad eléctrica mayor cobertura vegetal, esta afectación es por la concentración total de sales, pero no indica qué sales están presentes, aspecto que se hace necesario evaluar, más aun al considerar que estas zonas son ricas en minerales. La evaluación ha sido hecha en época de lluvia, posiblemente estos valores sean diferentes en la época de estío. A medida que el suelo se seca, la CE de la solución del suelo va en aumento. A una misma cantidad de sales aplicada al suelo, la concentración de las sales en la solución de suelo en capacidad de campo será menor, cuanto más agua sea capaz de retener el suelo (GAT Fertilizantes, 2010). Valores similares fueron reportados por (TDPS, 2011) en suelos de 86 bofedales registran una CE de 3.72 a 0.02 dS/m. Por el contrario, estos valores de CE del presente trabajo resultan muy inferiores a los reportados (Palabral & Lliully, 2014)

quienes reportan conductividad eléctrica por encima de los 0.20 dS/m, reportando valores de hasta 140 dS/m.

La salinidad de los bofedales evaluados es diferente en los sitios con cobertura vegetal y sin cobertura vegetal (figura 5), mayores valores de salinidad condiciona la pérdida de la cobertura vegetal que muestran costras blancas en la base de la vegetación, que trae consigo la disminución de la disponibilidad de agua para las plantas, desarrollo deficiente (retraso en el crecimiento de las plantas), problemas de toxicidad y de floculación del suelo. Un nivel elevado de salinidad en el suelo aumenta el punto de marchitamiento de las plantas como consecuencia del incremento de la presión osmótica y de los efectos tóxicos de las sales. Frecuentemente, la salinización y sodificación son características de las zonas de regadío con escasa pluviometría, elevados índices de evapotranspiración o una textura del suelo que impide el lavado de las sales del suelo, que, debido a ello, se acumulan en las capas superficiales (SoCo, 2009). La zona de estudio presenta napa freática cercana a la superficie, altas temperaturas durante el día y baja precipitación en épocas de estío que conlleva a una alta tasa de evapotranspiración con el consecuente ascenso de sales hacia la superficie del suelo. La composición de las sales determinará la naturaleza del fenómeno, que puede ser de sodificación, salinización o sodificación-salinización (Quiroga & Bono, 2009).

La salinidad de los suelos varía ampliamente, tanto horizontal como verticalmente debido a pequeñas diferencias en su composición, permeabilidad, desarrollo de plantas, entre otros (Chávez, Saucedo, & Mamuche, 2010), se puede observar en los bofedales Guitarrachayoc y Pichcchahuasi a la vegetación como indicador de los cambios químicos que se presentan, los únicos indicadores de altas concentraciones de sales en el campo son la vegetación y costras blancas de sales en la superficie. Cuando se cambia el régimen hídrico de un suelo en forma artificial se propicia un cambio en la concentración de sus constituyentes químicos a tal grado que un suelo normal puede transformarse en salino, incluso puede llegarse a cambiar su estructura dando origen a los suelos sódicos (Chávez, Saucedo, & Mamuche, 2010), existiendo en los bofedales material de arrastre por el agua subterránea que en épocas de lluvia permite un lavado de las sales, en la época de estío el drenaje es deficiente, sumado a ello el nivel freático cercano a la superficie del terreno da lugar a un flujo capilar que origina una resalinización de la capa superficial del suelo sódicos (Chávez, Saucedo, & Mamuche, 2010) observándose la presencia de sales cristalizadas formando una capa por debajo del nivel del suelo los que se observa en las áreas desnudas cada vez más creciente en el bofedal con presencia de manchones desnudos que se puede tomar como indicadores de zonas con altas concentraciones de sales (ver anexo fotos 1 y 2).

En el presente trabajo para el bofedal Saraccocha, se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Existe una correlación entre la cobertura vegetal y las características químicas de salinidad total, pH y conductividad eléctrica del suelo y del agua de la napa freática, con una asociación mayor al 69%, siendo la relación, a menor valor de pH, mayor pérdida de cobertura vegetal, a mayor valor de CE y salinidad, mayor pérdida de cobertura vegetal.

2. Las áreas con cobertura vegetal del bofedal registran los mayores valores para el pH del suelo con 5.35 a diferencia de las áreas sin cobertura vegetal que presentan los menores valores 3.82, por el contrario los valores de pH del agua es la misma estadísticamente para las categorías de cobertura vegetal (6.71) y sin cobertura vegetal (4.07). Para el caso de la conductividad eléctrica del suelo y del agua los mayores valores (0.44 y 0.58dS/m respectivamente) se registran en suelos sin cobertura vegetal y los menores valores (0.20 y 0.09dS/m respectivamente) en suelos con cobertura vegetal.
3. Las características químicas de salinidad total, pH y conductividad eléctrica en la solución del suelo y del agua muestran valores diferentes estadísticamente significativos entre las áreas con cobertura vegetal y sin cobertura vegetal de los bofedales Guitarrachayoc y Pichcahuasi de la microcuenca Apacheta.
4. La pérdida de la cobertura vegetal de los bofedales altoandinos está relacionada a las características químicas de pH, conductividad eléctrica y salinidad total, a menores valores de pH menor cobertura vegetal y mayores valores de conductividad eléctrica y salinidad tanto del suelo como del agua están relacionados a los sitios sin cobertura vegetal.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Centro de Ecología Aplicada. (2006). *Conceptos y Criterios Para la Evaluación Ambiental de Humedales*. Chile: Servicio agrícola ganadero. Ministerio de Agricultura Chile. .
- Chávez, P., Saucedo, H., & Mamuche, R. (2010). *Salinidad del Suelo*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Fundación Produce Nayarit, A.C.; Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- GAT Fertilíquidos. (2 de marzo de 2010). *Salinidad en cultivos agrícolas*. . Obtenido de Departamento Agronómico : [http://www.gatfertiliquidados.com/salinidad\\_cultivos.pdf](http://www.gatfertiliquidados.com/salinidad_cultivos.pdf)
- Gonzales, L., & Fuentealba, B. (2017). Caracterización ecológica de tres bofedales representativos de la comunidad campesina cordillera blanca, Ancash – Perú. *III simposio de humedales del Perú* (pág. 19). Lima: Museo de Historia Natural - UNMSM.
- Matteucci, S.y Colma, A. ( 1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Washington, Estados Unidos: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (OEA).
- Morche, W., La Torre, O., De La Cruz, N., & Cerrón, F. (1996). *Boletín N° 63. Geología del cuadrángulo de Huachocolpa. Serie A: Carta Geológica Nacional*. Lima. Perú: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
- Palabral, A., & Lliully, A. (2014). *Gestión del agua y cambio climático. Vegetación en los Bofedales de Choquecota y Belén de Andamarca - Oruro*. Oruro: HELVETAS Swiss Intercooperation. Cooperación Suiza en Bolivia.
- Quiroga, A., & Bono, A. (. (2009). *Manual de Fertilidad y evaluación de suelos. Publicación Técnica, 104*. La Pampa, Argentina: INTA.

- Salvador, F., Monerris, J., & Rochefort, L. (2014). Peadands of the Peruvian puna ecoregion: types, characteristics and disturbance. *Mires and Peat*, 15(artículo 3), 1-17.
- SoCo. (2009). *Agricultura sostenible y conservación de los suelos Procesos de degradación del suelo. Ficha informativa 4. Salinización y sodificación*. Comunidades Europeas 2009.
- TDPS. (2011). *Evaluación de las características y distribución de los bofedales en el ámbito peruano del sistema TDPS*. Puno, Perú: Proyecto conservación de la biodiversidad en la cuenca del Lago Titicaca – Desaguadero – Poopo - salar de Coipasa. .
- USDA. (1999). *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*. Estados Unidos: Instituto de Calidad de Suelos, Departamento de Agricultura de Los Estados Unidos.