

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL**



**TESIS**

**INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD MINERA EN LA FLORA Y VEGETACIÓN  
DEL HÁBITAT DE UN BOFEDAL HIDROMÓRFICO ALTOANDINO -  
POTONI - SAN ANTONIO DE PUTINA 2013**

**PRESENTADA POR:**

**LOURDES LILIANA JARA ZÚÑIGA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**MAGISTER SCIENTIAE EN TECNOLOGÍAS DE PROTECCIÓN  
AMBIENTAL**

**PUNO, PERÚ**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL**



**TESIS**

**INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD MINERA EN LA FLORA Y VEGETACIÓN  
DEL HÁBITAT DE UN BOFEDAL HIDROMÓRFICO ALTOANDINO -  
POTONI - SAN ANTONIO DE PUTINA 2013**

**PRESENTADA POR:**

**LOURDES LILIANA JARA ZÚÑIGA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**MAGISTER SCIENTIAE EN TECNOLOGÍAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL**

**APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:**

**PRESIDENTE**



.....  
Dra. SOFIA LOURDES BENAVENTE FERNANDEZ

**PRIMER MIEMBRO**



.....  
M. Sc. HECTOR RAÚL MACHACA CONDORI

**SEGUNDO MIEMBRO**



.....  
M. Sc. FLAVIO ROSADO LINARES

**ASESOR DE TESIS**



.....  
M. Sc. ALFREDO LOZA DEL CARPIO

Puno, 30 de enero de 2017

**ÁREA:** Recursos naturales y medio ambiente.

**TEMA:** Medio ambiente.

**LÍNEA:** Medio ambiente.

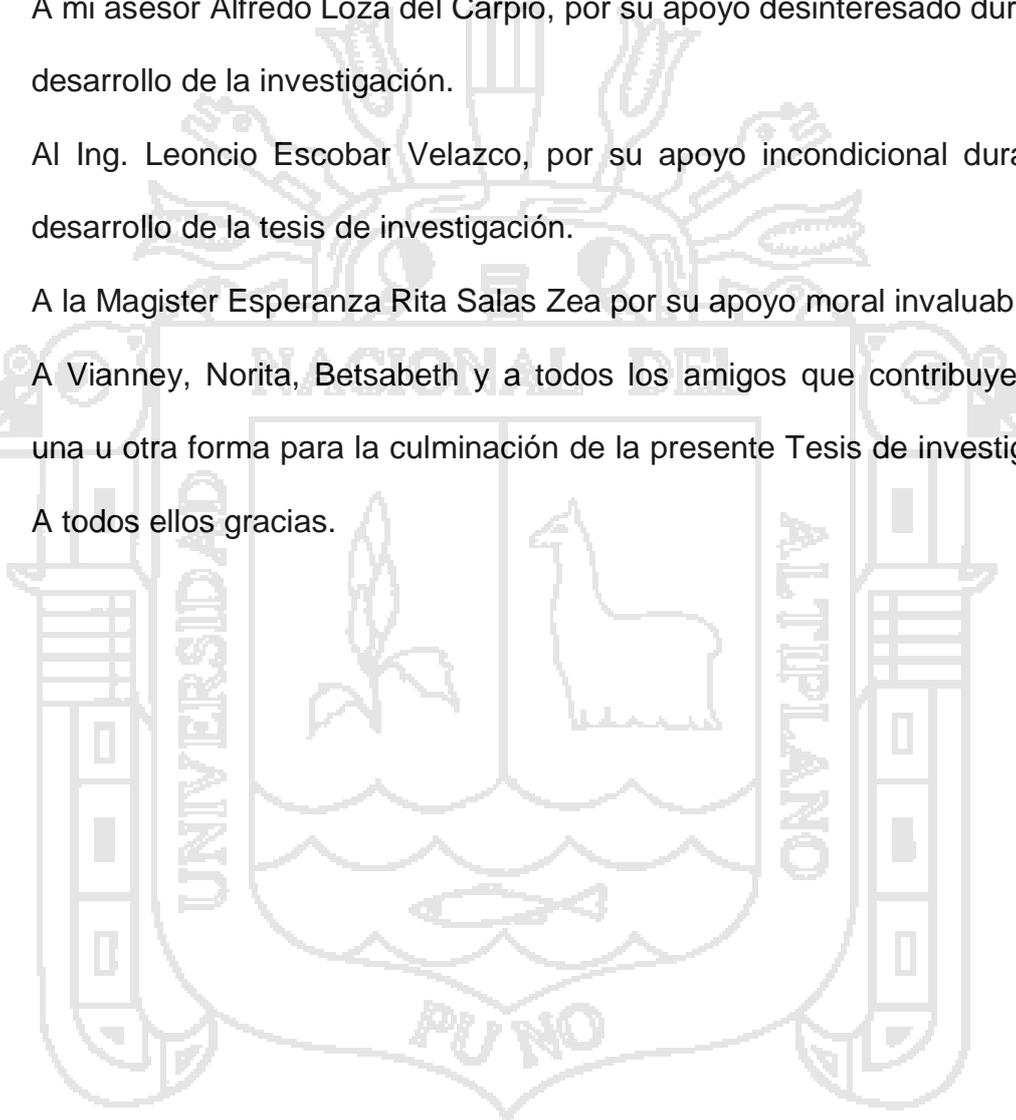
## DEDICATORIA

A mí querida madre Luisa Zúñiga Macedo, manantial de fortaleza inagotable.



## AGRADECIMIENTOS

- A Dios, por permitirme concluir este proyecto satisfactoriamente.
  - A la Universidad Nacional del Altiplano, por brindarme sus aulas para superarme intelectualmente.
  - A mi asesor Alfredo Loza del Carpio, por su apoyo desinteresado durante el desarrollo de la investigación.
  - Al Ing. Leoncio Escobar Velazco, por su apoyo incondicional durante el desarrollo de la tesis de investigación.
  - A la Magister Esperanza Rita Salas Zea por su apoyo moral invaluable.
  - A Vianney, Norita, Betsabeth y a todos los amigos que contribuyeron de una u otra forma para la culminación de la presente Tesis de investigación.
- A todos ellos gracias.



**ÍNDICE GENERAL**

	Pág.
DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE GENERAL .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN</b>	
1.1 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1.1 Problema General.....	3
1.1.2 Problemas específicos.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 HIPÓTESIS .....	5
1.3.1 Hipótesis general .....	5
1.3.2 Hipótesis específicas .....	5
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 ANTECEDENTES .....	6

2.2	MARCO REFERENCIAL .....	10
2.3	MARCO CONCEPTUAL.....	18

### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA

3.1	ZONA DE ESTUDIO.....	21
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	22
3.3	CARACTERIZACIÓN DEL HÁBITAT (CLIMA, ZONA DE VIDA, ALTITUD, DESCRIPCIÓN DEL SUELO Y CAUDAL) .....	23
3.3.1	Aspectos climatológicos del bofedal y zona de vida.....	23
3.3.2	Altitud del bofedal .....	24
3.3.3	Descripción del tipo de suelo .....	24
3.3.4	Calculo del caudal.....	24
3.4	CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL BOFEDAL HIDROMORFICO ALTOANDINO .....	26
3.4.1	La cobertura.....	26
3.4.2	Densidad y abundancia.....	26
3.4.3	Biomasa.....	27
3.5	IDENTIFICAR LA DIVERSIDAD DE LAS ESPECIES DE FLORA DEL BOFEDAL HIDROMÓRFICO ALTOANDINO SEGÚN LA INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD MINERA .....	28
3.6	PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS: PH, OXÍGENO DISUELTO, CONDUCTIVIDAD, TEMPERATURA, POTENCIAL REDOX, DBO <sub>5</sub> , DQO Y LAS CONCENTRACIONES DE MERCURIO Y METALES TOTALES .....	29
3.6.1	Parámetros fisicoquímicos .....	29
3.6.2	Concentraciones de mercurio y metales totales .....	30

3.7 ESTADÍSTICA.....31

**CAPÍTULO IV**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1 CARACTERIZACIÓN HÁBITAT (CLIMA, ZONA DE VIDA, ALTITUD, DESCRIPCIÓN DEL SUELO Y CAUDAL).....32

4.1.1 Aspectos climatológicos del bofedal y zona de vida.....32

4.1.2 Zona de Vida.....35

4.1.3 Altitud del bofedal .....38

4.1.4 Descripción del tipo de suelo .....39

4.1.5 Calculo del caudal.....40

4.1.6 Discusiones Objetivo 1.....41

4.2 DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL BOFEDAL HIDROMÓRFICO ALTOANDINO UBICADO EN SINA-SAN ANTONIO DE PUTINA-PUNO 43

4.2.1 Cobertura vegetal .....43

4.2.2 Densidad y abundancia.....46

4.2.3 Biomasa y Productividad.....48

4.2.4 Discusiones del objetivo 2.....51

4.3 IDENTIFICAR LA DIVERSIDAD DE LAS ESPECIES DE FLORA DEL BOFEDAL HIDROMÓRFICO ALTOANDINO SEGÚN LA INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD MINERA .....51

4.3.1 Discusiones del objetivo 3.....54

4.4 DETERMINAR LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS: PH, OXÍGENO DISUELTO, CONDUCTIVIDAD, TEMPERATURA, POTENCIAL REDOX, DBO<sub>5</sub>, DQO Y LAS CONCENTRACIONES DE MERCURIO Y METALES

TOTALES, DE ACUERDO A LA INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD MINERA .....	55
4.4.1 Parámetros fisicoquímicos .....	55
4.4.2 Mercurio y metales totales .....	57
4.4.3 Discusiones objetivo 4 .....	61
CONCLUSIONES .....	63
RECOMENDACIONES .....	65
BIBLIOGRAFÍA .....	66
ANEXOS .....	72



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Clases de abundancia.....	27
2. Altitud en los estratos.....	38
3. ANOVA altitud en msnm .....	38
4. Altitud Tukey B <sup>a</sup> .....	39
5. Caudales de cada uno de los estratos del bofedal hidromórfico altoandino 2013.....	40
6. ANOVA de un factor para los caudales de los estratos del bofedal hidromórfico altoandino 2013.....	40
7. Prueba de Tukey para el caudal de los estratos del bofedal hidromórfico altoandino 2013 .....	41
8. Cobertura vegetal en cada estrato del bofedal hidromórfico altoandino 2013 .....	43
9. Análisis de varianza (ANOVA) cobertura vegetal del bofedal hidromórfico altoandino 2013 .....	45
10. Prueba estadística de Tukey B <sup>a</sup> de la cobertura vegetal del bofedal hidromórfico altoandino 2013.....	45
11. Abundancia de especies en el bofedal hidromórfico altoandino en cada uno de los estratos agosto a setiembre 2013.....	47
12. Materia Húmeda (MH) versus Materia Seca (MS) del bofedal hidromórfico altoandino 2013 .....	48
13. Productividad por estrato del bofedal hidromórfico altoandino 2013 .....	49
14. Análisis de varianza materia húmeda y materia seca del bofedal hidromórfico altoandino 2013.....	49

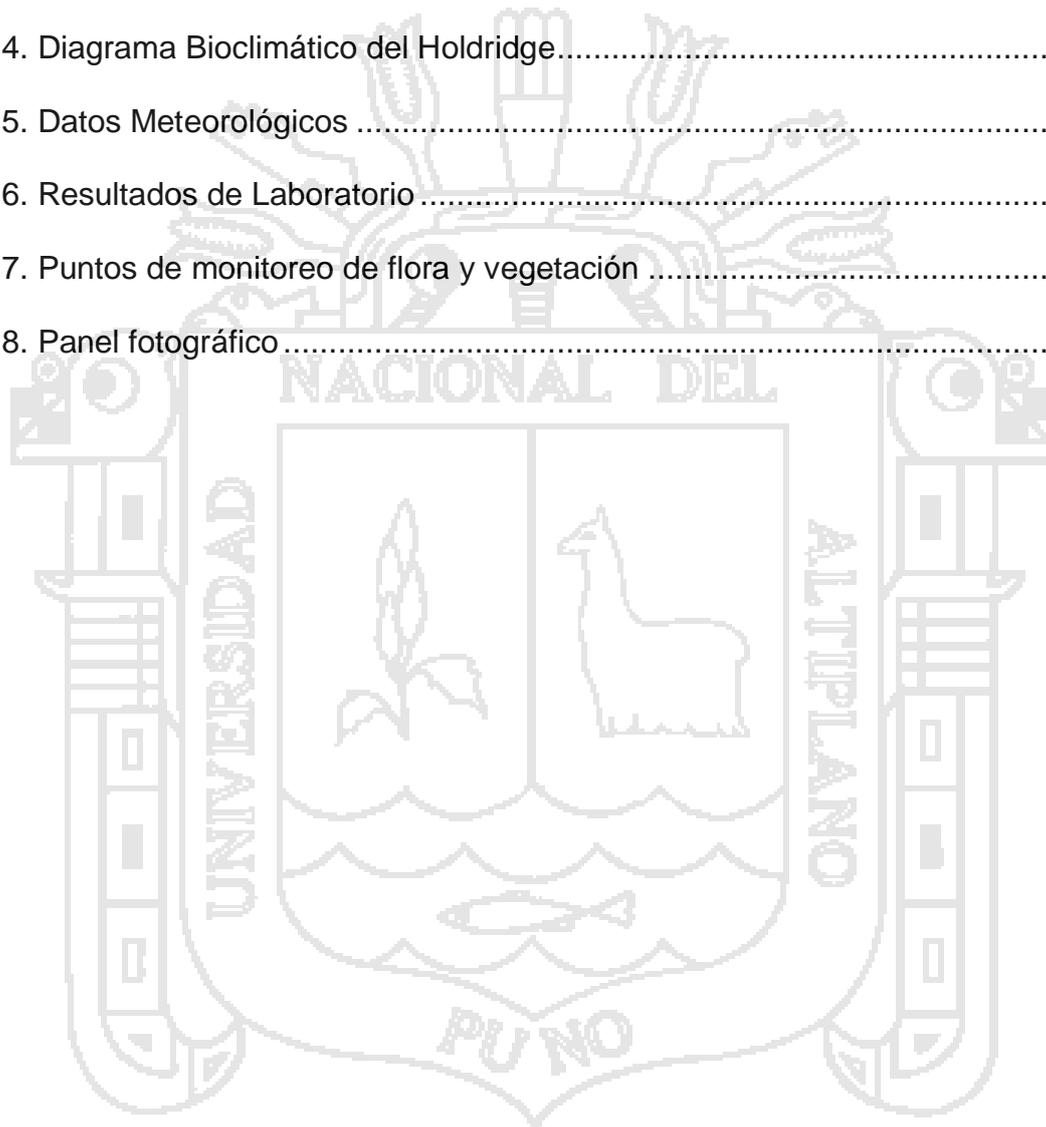
15. Prueba estadística de Tukey B <sup>a</sup> del bofedal hidromórfico altoandino 2013	50
16. Coeficiente de variación en cada estrato del bofedal hidromórfico altoandino 2013.....	50
17. Especies de flora identificadas en cada estrato del bofedal hidromórfico altoandino e Índices de biodiversidad año 2013.....	53
18. Resultados de la medición de los parámetros fisicoquímicos en cada uno de los estratos del bofedal hidromórfico altoandino octubre 2013.....	55
19. Matriz de correlación de Pearson calculada para los parámetros fisicoquímicos del bofedal hidromórfico altoandino octubre del 2013.....	56
20. Resultados de la medición de los parámetros fisicoquímicos del bofedal hidromórfico altoandino noviembre del 2014.....	57
21. Resultados de las muestras de mercurio en cada uno de los estratos del bofedal hidromórfico altoandino octubre del 2013.....	57
22. Resultados de las muestras de metales totales del bofedal hidromórfico altoandino -laguna Azulcocha noviembre del 2014.....	59
23. Resultados de metales pesados durante los años 2012-2013-2014 bofedal hidromórfico altoandino- Laguna Azulcocha.....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Ubicación de la zona de estudio en el departamento de Puno .....	22
2. Calculo de caudal por el método del flotador .....	25
3. Evaluación de parámetros físico químicos del bofedal hidromorfico altoandino 2013. ....	30
4. Precipitación total mensual (mm.) de la estación meteorológica de Ananea años (2003-2013) y el año 2013 .....	33
5. Promedio humedad relativa estación meteorológica Ananea (mm.) Años (2003-2013) .....	34
6. Temperatura media mensual estación Ananea °C años (2003-2013) y el año 2013.....	35
7. Zona de vida tundra pluvial Alpino Subtropical (tp-AS) del Bofedal Hidromórfico altoandino- Cunuyo 2013.....	36
8. Zonas de vida del área de estudio bofedal Hidromórfico Altoandino-Cunuyo 2013.....	37
9. Cobertura vegetal del bofedal Hidromórfico altoandino 2013 .....	44
10. Diagrama de cajas cobertura vegetal del bofedal Hidromórfico altoandino 2013.....	46
11. Biomasa (g/m <sup>2</sup> ) del bofedal Hidromórfico altoandino 2013 .....	48
12. Productividad (Kg/ha) del bofedal Hidromórfico altoandino 2013 .....	49
13. Número de individuos VS número de especies año 2013 .....	54
14. Gráfica de distribución .....	62

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Ubicación de la zona de estudio .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2. Puntos de Monitoreo de Flora Vegetación y Agua .....	74
3. Mapa Ecológico del Perú .....	75
4. Diagrama Bioclimático del Holdridge.....	76
5. Datos Meteorológicos .....	77
6. Resultados de Laboratorio .....	78
7. Puntos de monitoreo de flora y vegetación .....	92
8. Panel fotográfico.....	93



## RESUMEN

El estudio se realizó en el Paraje Vizcachani, Comunidad campesina de Potoni, Distrito de Sina, Provincia San Antonio de Putina, Departamento de Puno, en la concesión minera Cunuyo de la Empresa Minera Coming Santibañez E.I.R.L. En los meses de agosto a diciembre del 2013-2014. El objetivo planteado fue: Evaluar el efecto de la actividad minera en el Hábitat y en la estructura florística y vegetacional de un bofedal hidromórfico altoandino. Para la caracterización del hábitat se consideró: temperatura, precipitación humedad, altitud, caudal y a través del mapa ecológico del Perú identificamos la zona de vida. Se realizó una descripción del suelo de acuerdo a la capacidad de uso mayor. Se consideró la altitud del bofedal con un GPS. Se determinó el caudal por el método velocidad/superficie. El área de estudio comprendió 7.5 hectáreas, la misma que se dividió en 3 estratos: estrato 1 (próximo a la mina), estrato 2 (testigo) y estrato 3 (alejado de la mina), en cada estrato se realizaron diez evaluaciones para caracterizar la vegetación mediante cuadrantes de 0.0625 m<sup>2</sup> distribuidos al azar, determinando cobertura vegetal, biomasa, productividad. Para la abundancia de la vegetación se utilizó la clasificación de Tansley y Chipp (1981). El análisis de la biodiversidad se realizó por los índices de Simpson y Shannon-Weaver. Los parámetros pH, temperatura, oxígeno disuelto, alcalinidad, potencial redox se leyeron con un multiparámetro y para la DBO<sub>5</sub>, DQO, Mercurio y Metales totales se tomaron muestras y se enviaron a laboratorio. Los meses con menor precipitación pluvial, humedad relativa y baja temperatura son de mayo a Setiembre. La zona de vida hallada fue Tundra Pluvial Alpino Subtropical. La altura del bofedal va de 4872 a 4905 m.s.n.m. Los suelos son Histosoles. Los parámetros y metales que excedieron los Estándares de Calidad Ambiental fueron DBO<sub>5</sub>, DQO en los estratos 2 (45 mg/L) y 3 (75 mg/L). El estrato con mayor intervención antrópica fue el estrato 1 (próximo a la mina). Presento una cobertura vegetal (42%) variabilidad (MH 105%) y MS (75%), biomasa MH (173 g/m<sup>2</sup>); MS (260 g/m<sup>2</sup>) productividad MH (1836 Kg/ha) y MS (260 Kg/ha). La especie Muy abundante fue *Distichia sp.* Las concentraciones de mercurio excedieron la categoría 4 en todos los estratos.

**Palabras clave:** Altoandino, Bofedal, flora, hidromórfico y vegetación.

## ABSTRACT

The study was carried out in the Vizcachani Parade, Peasant Community of Potoni, Sina District, San Antonio de Putina Province, Puno Department, in the mining concession Cunuyo of the Coming Santibañez Mining Company E.I.R.L. since August to December 2013-2014. The objective was: To evaluate the effect of mining activity on the habitat and on the floristic and vegetative structure of a high Andean hydromorphic bofedal. For the characterization of the habitat we considered: temperature, precipitation humidity, altitude, flow and through the ecological map of Peru we identified the zone of life. A description of the soil was made according to the greater capacity of use. The altitude of the bofedal was considered with a GPS. The flow rate was determined by the speed/surface method. The study area comprised 7.5 hectares, which was divided into 3 strata: stratum 1 (near the mine), stratum 2 (witness) and stratum 3 (away from the mine), in each stratum ten evaluations were carried out to characterize the vegetation through 0.0625 m<sup>2</sup> quadrants randomly distributed, determining vegetation cover, biomass, productivity. For the abundance of vegetation we used the classification of Tansley and Chipp (1981). Biodiversity analysis was performed by the Simpson and Shannon-Weaver indexes. The parameters pH, temperature, dissolved oxygen, alkalinity, redox potential were read with a multiparameter and samples for BOD<sub>5</sub>, DQO, Mercury and Metals were collected and sent to the laboratory. The months with lower rainfall, relative humidity and low temperature are from May to September. The area of life found was Subtropical Alpine Pluvial Tundra. The height of the bofedal goes from 4872 to 4905 m.s.n.m. Soils are Histosols. The parameters and metals that exceeded the Environmental Quality Standards were BOD<sub>5</sub>, DQO in strata 2 (45 mg/L) and 3 (75 mg/L), the stratum with the greatest antropic intervention was stratum 1 (near the mine). A plant cover (42%) variability (MH 105%) and MS (75%), biomass MH (173 g/m<sup>2</sup>); MS (260 g/m<sup>2</sup>) MH productivity (1836 kg/ha) and MS (260 kg/ha). The Very abundant species was the species *Distichia sp.* Mercury concentrations exceeded category 4 in all strata.

**Keywords:** Bofedal, flora, hydromorphic, High Andean and vegetation.

## INTRODUCCIÓN

Los bofedales son un tipo particular de humedal altiplánico, término propio de Bolivia Perú y Chile, que se usa para describir a un ecosistema frágil con suelo permanentemente húmedo, con un tipo de vegetación siempre verde, de elevado potencial forrajero. Son hábitat natural húmedo, con agua permanente alimentada de diversas fuentes como agua de ríos, de lluvia, deshielos o manantiales. Caracterizados por ser altamente productivos. Los bofedales están ubicados y distribuidos de forma dispersa en las eco regiones Altiplano y altoandino (Alzérreca *et al.*, 2001).

Los bofedales son poseedores de un valor sociocultural, hidrológico, ecológico, biológico y económico. Cumplen roles importantes en el funcionamiento del sistema alto andino, como: almacenar el recurso hídrico, lograr el desarrollo de una vegetación rica y diversa, albergar especies endémicas de importancia mundial y están sujetos a diferentes factores que determinan su estructura y dinámica: como Temperatura, latitud, longitud, altitud, precipitación, cantidad de agua que reciben, aridez del suelo y el efecto modificador del hombre (Condori *et al.* 2001).

Uno de los efectos modificadores es la minería, una de las principales actividades económicas del País, y su creciente actividad desarrollada en el Distrito de Sina, perteneciente a la provincia de San Antonio de Putina, en la cordillera de Carabaya, podría estar afectando estos ecosistemas altamente vulnerables. Lo cual conduciría a su deterioro y la consecuente pérdida de bofedales. El trabajo de investigación se basa en la determinación de dichos factores y de esta forma contribuir al adecuado uso y conservación de los bofedales altoandinos.

## CAPÍTULO I

### PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Los bofedales altoandinos se forman con el agua de los deshielos de las cordilleras; se encuentran por encima de los 4100 m.s.n.m., y muchas veces en lugares cercanos a la actividad minera, sea formal e informal. Los bofedales altoandinos son centros de biodiversidad, cobijan a especies de flora y fauna, poseen una vegetación verde y suculenta durante todo el año, brindando forraje a más de 4100 m.s.n.m., en lugares donde no existe la agricultura, debido a las condiciones climáticas adversas. Además de almacenar agua, regular caudales y capturar carbono.

Los bofedales altoandinos son hábitats altamente vulnerables a la acción antrópica; como la minería irresponsable, la misma que puede conducir a la desaparición de estos ecosistemas. En el departamento de Puno, en la Cordillera de Carabaya en el distrito de Sina cercano con la frontera con

Bolivia, los bofedales se encuentran vulnerables a la actividad minera la misma que está orientada a la extracción de oro.

Por lo cual se hace imprescindible evaluar los efectos que esta actividad, produce en estos ecosistemas, e incrementar estudios y publicaciones en la caracterización de este hábitat, evaluando parámetros como: temperatura, precipitación, humedad relativa, pH, oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub>, DQO, y la concentración de Hg que podría estar presente en el bofedal; como también evaluar la estructura y distribución de su vegetación e identificar los componentes de flora presentes en el bofedal, para determinar el posible daño que se les pueda estar ocasionando y de esta manera contribuir a la planificación de estrategias de conservación y manejo que permitan brindar posibilidades para garantizar la permanencia de estos recursos. Debido a esta problemática es que se realiza el presente estudio de investigación.

#### **1.1.1 Problema General**

- ¿Disminuirá la diversidad de las especies de flora, así como la abundancia y distribución de la vegetación por la alteración de su hábitat como consecuencia de la actividad minera en el bofedal hidromórfico altoandino?

#### **1.1.2 Problemas específicos**

- ¿Cómo serán las características del hábitat del bofedal hidromórfico altoandino de acuerdo a la proximidad a la actividad minera?

- ¿Cómo será la estructura y distribución de la vegetación de acuerdo a la cercanía a la actividad minera en el bofedal hidromórfico altoandino?
- ¿Existirá una disminución en la diversidad de las especies de flora en el área más próxima a la influencia minera del bofedal?
- ¿Cómo será el comportamiento de los parámetros físico químicos pH, oxígeno disuelto, conductividad, temperatura, potencial redox, DBO<sub>5</sub>, DQO y Cuál será la concentración de mercurio y metales totales de acuerdo a la proximidad de la actividad minera?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la actividad minera en el Hábitat y en la estructura florística y vegetacional del bofedal hidromórfico altoandino.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el hábitat (clima, altitud, zona de vida, descripción del suelo, caudal), del bofedal hidromórfico altoandino según la cercanía de la influencia minera.
- Determinar las características estructurales, abundancia y distribución de la vegetación del bofedal hidromórfico altoandino de acuerdo a la influencia minera.
- Identificar la diversidad de las especies de flora del bofedal hidromórfico altoandino según la influencia de la actividad minera.

- Determinar los parámetros fisicoquímicos: pH, oxígeno disuelto, conductividad, temperatura, potencial redox, DBO<sub>5</sub>, DQO y las concentraciones de mercurio y metales totales, de acuerdo a la influencia de la actividad minera.

### 1.3 HIPÓTESIS

#### 1.3.1 Hipótesis general

- Es posible que la actividad minera afecte la diversidad de las especies en relación a su estructura florística y vegetacional del bofedal hidromórfico altoandino.

#### 1.3.2 Hipótesis específicas

- Es probable que algunas de las características del hábitat sean diferentes de acuerdo a la cercanía a la actividad minera.
- Es probable que la abundancia y distribución de la vegetación del bofedal sea menor en el área de mayor influencia de la minera.
- Es posible que exista menor diversidad de especies en el bofedal en el área más cercana a la actividad minera.
- Es posible que los parámetros físico químicos y las concentraciones de mercurio y metales totales; varíen de acuerdo a la proximidad de la mina.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES

Aznar (2000) publica que el valor de DQO ha de ser mayor que el de DBO<sub>5</sub>, pues no toda la materia oxidable químicamente (condiciones enérgicas) ha de ser biooxidable (condiciones suaves). En general, se puede decir que cuando  $DBO_5/DQO < 0.5$  estamos ante un efluente fácilmente biodegradable, mientras que si este cociente es inferior a 0.2 será escasamente biodegradable.

Flores (2001) reporta una composición florística conformado por 22 especies vegetales y una cobertura de 96.7%, encontrándose en orden de importancia las especies como: *Distichia sp.* (13.7%), *Calamagrostis eminens* (12%), *Festuca dolichophylla* (9%), y entre especies poco deseables se encontró la *Plantago tubulosa* (8.5%), generalmente asociado con *Distichia muscoides*.

Quispe (2004) reporta en Nuñoa (Viluyo y Pachapunco) una composición florística conformada por 23 especies nativas, en la época de lluvias y seca. La

cobertura vegetal promedio fue de 97.15% durante la época de lluvias y en la época seca fue de 96.33%. Las especies dominantes fueron la *Calamagrostis rigescens*, *Werneria nubigena*, *Eleocharis albibracteata*, *Hypochoeris stenocephala* con un mayor porcentaje.

Galván (2002) encontró en los bofedales de la zona agroecológica de Puna (Santa Lucia y Capaso); una composición florística conformado por las 33 y 28 especies vegetales, y una cobertura vegetal de 94.22 y 94.56% durante la época de lluvias y seca, respectivamente. Las especies claves que se encontraron fueron: *Distichia muscoides* (28.78%), *Deyeuxia rigescens* (6.00%), con un mayor porcentaje.

Choque *et al.* (1990) Encontró en tres comunidades alpaqueras de Puna seca de Puno, una composición florística conformada por 44 especies vegetales y una cobertura promedio de 100%, las especies que predominan son: *Distichia muscoides* (27.85%), *Eleocharis albibracteata* (19.6%), *Deyeuxia rigescens* (9.54%), *Hypochoeris stenocephala* (7.79%).

Hurtado y Cruz (2006) Identificaron en la micro cuenca del río Uchusuma en la zona altoandina de Tacna, 36 especies vegetales predominantes con una cobertura vegetal de 58,82% y 41,18% sin valor forrajero; se determinaron las principales especies florísticas dominantes hasta la tercera especie, siendo como primera especie *Eleocharis ascicularis* (15.72%), como segunda especie *Distichia sp* (14.25%) y como tercera especie *Calamagrostis minima* (11,46%).

Hoffman y Rivera (2010) indican que los bofedales son centros de biodiversidad y base de vida para el ganado y la población de montaña. Uno de los principales servicios ecosistémicos que ofrecen la provisión de agua, no solamente para el abastecimiento de las comunidades humanas sino también

para las comunidades de flora y de fauna, riego de suelos agrícolas, generación hidroeléctrica y consumo humano aguas abajo.

Vila (2002) refiere que los “bofedales”, se caracterizan por presentar un microrelieve muy ondulado interconectado por canales. Este microrelieve, está directamente relacionado con la presencia de especies herbáceas dispuestas en cojines compactos. La mayoría tiene un perfil profundo generalmente orgánico, compuesto por raíces vivas, muertas y abundante materia orgánica en descomposición.

Vargas (1992) afirma que el bofedal como tipo de vegetación de Puna seca, constituye el único recurso forrajero natural de elevado potencial y son lugares húmedos con agua permanente, alimentados con aguas de diferentes fuentes (manantial, río y lluvia) y representan áreas reducidas en el medio altoandino frente a la gran extensión de vegetación xerofítica.

Gómez (1966) señala que los bofedales u oconales son formaciones altoandinas que generalmente ocupan terrenos inmediatos a lagunas o aguas de corriente lenta, en ellas el suelo esta empapado en agua completamente saturado, en estos sitios semi pantanosos se desarrolla una vegetación hidrofítica siempre verde donde la especie *Distichia muscoides* es el elemento dominante. Por su naturaleza son lugares de pastoreo y este se intensifica en la época de sequía (junio - octubre); por esta razón muchas especies de plantas vulnerables tienden a desaparecer.

Lacerda y Fitzgerald (2001) Afirma que los efectos de la contaminación minera se dan por la alta concentración de metales pesados, los que están ligados a obtener registros elevados de conductividad eléctrica.

Goyzueta y Trigos (1991) manifiestan que la actividad minera es uno de los más importantes medios con que cuenta el Estado para el desarrollo económico y mejoramiento del bienestar social del país. Se requiere el equilibrio entre la actividad minera y el medio ambiente.

Ruthsatz (2012) publica que los bofedales sólo pueden desarrollarse en aquellos lugares en donde el aprovisionamiento de agua pueda ser garantizado todo el año. Mientras más húmedo y más largo sea el periodo de precipitaciones de verano mayor va a ser la probabilidad que durante la sequía de invierno escurra suficiente agua desde las cuencas de drenaje hacia el bofedal.

Squeo *et al.* (2006) indica que los bofedales son extremadamente sensibles al cambio climático (cambio del caudal de los glaciares, impacto de la elevación de las temperaturas) y al disturbio humano (cambio del uso del suelo, quema, actividad minera, drenaje).

Salvador *et al.* (2014) indica que La alteración más grave en las turberas peruanas (bofedales) fue encontrado en sitios mineros (drenaje, Erosión, inundación, deposición de sedimentos minerales).

Lacerda y Fitzgerald (2001) publican que los bofedales contribuyen a la disminución de los niveles tóxicos de la fuente con un porcentaje significativo de hasta un 60%.

Ruthsatz (2012) menciona que los bofedales se congelan en los meses más fríos en forma más o menos profunda y durante el día se descongelan, al menos en la superficie, de tal forma que la vegetación puede activarse y sufrir probablemente de falta de agua. Mientras menor es la precipitación anual, mayor va a ser la fluctuación en su disponibilidad. Esto significa que todas las

plantas siempre verdes deben ser resistentes tanto a la sequía como a las heladas. Una parte de la flora acompañante sobrevive al invierno como geófitas en el suelo o entre los tallos de las plantas en cojín. Dependiendo del nivel altitudinal.

Halffer (1995) publica la biodiversidad no depende solo de la riqueza de especies, sino también de la dominancia relativa de cada una de ellas. Las especies en general, se distribuyen según jerarquías de abundancias, desde algunas especies muy abundantes hasta algunas muy raras. Cuando mayor el grado de dominancia de algunas especies y de la rareza de las demás, menor es la biodiversidad de la comunidad.

## 2.2 MARCO REFERENCIAL

### a) Concepto de bofedal

Alzérreca *et al.* (2001) puntualizan que un tipo particular de humedal altoandino está representado por los bofedales. En ellos, la sobresaturación del agua más la condición de anoxia casi total de los suelos, agravadas por el frío intenso de estas regiones, hace que parte de la vegetación que los conforma se incorpore lentamente al suelo produciendo turba, razón por la cual, internacionalmente, se les conoce también como turberas.

Navarro (2002) publica que los bofedales son considerados como humedales de altura que dan lugar a las llamadas turberas altoandinas.

Alzérreca (1988) Afirma que los bofedales son llamados también “Turberas”, “Vegas Andinas”, “Okonales”, “Cenegales”, “Humedales”, son un tipo de pradera viva poco extensa con humedad permanente, vegetación siempre verde y de elevado potencial productivo. Se caracterizan por

localizarse en suelos hidromorfos, húmedos o empapados donde se maximiza la utilización del agua, la producción forrajera es continua, mantienen una carga animal apreciable, principalmente alpacas y otros herbívoros en pastoreo mixto y continuo.

Gil (2011) indica que el bofedal constituye un área de terreno importante, saturado de humedad debido a que el suelo es rico en materia orgánica, de escaso drenaje y densamente cubierto de vegetación cespitosa, por lo que mantiene un nivel constante de agua; generalmente se halla ubicado en las altas cumbres, junto a los deshielos; sin embargo, también es usual encontrarlos en planicies de escasa pendiente.

Sotomayor (1990) define los bofedales como asociaciones vegetales localizadas en zonas donde existe buen suministro de agua, irrigada durante todo el año proveniente de manantiales, ríos u ojos de agua. Estos tienen un gran potencial productivo que es casi exclusivamente utilizado para pastoreo de alpacas y un número limitado de ovinos, vacunos y otras especies de animales.

Miranda (1990) considera que los bofedales son praderas nativas constituidas por especies vegetales propias de ambientes húmedos, de carácter permanente o temporal. Esta vegetación constituye fuente de forraje durante periodos de sequía, generalmente se encuentran por encima de los 4000 m.s.n.m.; dominando en su estructura especies de porte almohadillado.

## **b) Importancia de los bofedales**

Flores (2005) afirma que los bofedales son sitios de alimentación especial y sirven como única fuente de alimentación para las alpacas en la estación seca. El manejo de bofedales produce un incremento de 20% en la

composición florística de las especies forrajeras palatables y el 6% en el rendimiento de la biomasa total.

Prieto *et al.* (2002) Consideran que los bofedales tiene una importancia ecológica ya que constituyen ecosistemas clave en un medio con severas limitaciones climáticas y edáficas para la producción forrajera, constituyen hábitats y nidos para numerosas especies de fauna y flora nativa y por otra parte tienen una influencia definitiva en el microclima local, atemperando los rigores de la sequedad medioambiental de clima sub húmedo, árido y semiárido en el largo período seco de invierno.

### c) **Clasificación de los bofedales**

Condori y Choquehuanca (2001) clasifican a los humedales de acuerdo a su altitud en: altiplánico (3809 nivel Titicaca hasta los 4099 m.s.n.m.) y altoandino (entre 4100 hasta los 4500 m.s.n.m.). De acuerdo al recurso climático e hídrico en: Hidromorficos (Puna Humeda) y Mesicos (Puna Seca), y de acuerdo a su pH en Ácidos (promedio 6.5), Neutros (entre 6.6 - 7.3) y Alcalinos (de 7.4 a más).

Alzérreca (1988) Indica que la clasificación de los bofedales está dada por variables de altitud, aquellos que se ubican de 3650 a 4100 m.s.n.m. son altiplánicos y mayores de 4100 a 4700 m.s.n.m. son denominados altoandinos, además del grado de humedad del suelo del bofedal, cuando es permanente son Hidromórficos y humedal temporal son denominados Mesicos.

**d) Caracterización del hábitat.**

Proyecto PER/98/G-32 (2001) Con relación al aspecto productivo de los bofedales, indica que en el Altiplano Peruano - Boliviano, los pastizales alto andinos constituyen la base de la alimentación del ganado camélido, bovino y ovino. La disponibilidad de este recurso, está influenciada por las condiciones medioambientales, especialmente las relacionadas con la precipitación, temperatura, suelo y altitud; así como por el manejo que le dan los productores.

Condori y Choquehuanca (2001) publican que es necesario tener en cuenta que, en altitudes mayores a los 3900 m.s.n.m., con fluctuaciones climáticas que van desde -14 a 20°C. Y con un régimen de distribución de lluvias que determina ciclos de sequias e inundaciones; condicionan aspectos vitales en la zona altoandina, imposibilitando un elevado desarrollo de actividades productivas (agricultura, ganadería), haciendo que la producción alpaquera se convierta en la única actividad socioeconómica del poblador de estas zonas.

Flores (1991) Señala que los bofedales se encuentran en un rango de altitud que va aproximadamente de 3600 a 4600 m.s.n.m. y temperatura de 2.5 a 7.5°C y con una precipitación de 550 mm. por año, de un clima frio, por lo tanto, la temperatura es una limitante para la actividad agrícola, la vegetación natural está compuesta por gramíneas y ciperáceas.

Miranda (1990) puntualiza que los bofedales son áreas constituidas por especies propias de ambientes húmedos de carácter permanente o temporal,

generalmente se encuentran por encima de los 4000 m.s.n.m. de altura, dominando en su estructura especies de porte almohadillado.

Alzérreca *et al.* (2001) explica que en el suelo orgánico profundo hidromórfico se establece la comunidad de *Oxychloe andina*. Este suelo se caracteriza por tener un drenaje externo lento y drenaje interno irregular. En invierno el suelo se mantiene congelado hasta una profundidad de 0.2 a 0.4 m. La formación es densa con 95% de cubrimiento dominado por *Oxychloe andina*, halófito con rizomas verticales.

Tapia (1984) al respecto de ello indica que los pastos naturales son áreas cubiertas por una vegetación herbácea, predominantemente por gramíneas, ciperáceas, rosáceas, juncáceas y que varía en una composición fundamental de acuerdo a la humedad del suelo, exposición y características edáficas como materia orgánica y textura.

Alzérreca *et al.* (2001) afirma que los bofedales hidromórficos ácidos presentan los más altos valores considerando que esta determinación se efectuó en época seca, como media va en el orden de 28.6 litros/segundo, una mínima de 0.1 litros/segundo y una máxima de 132.4 litros/segundo. Un hecho que resalta de estos bofedales, es que los más próximos a las partes cordilleranas son los que presentan los mayores caudales y en forma casi permanente, mientras, a medida que se alejan los bofedales de los glaciares, registran caudales menores.

#### **e) Características estructurales, abundancia y distribución.**

Flores (1991) dice que en la composición florística de bofedales, dominan especies de porte almohadillado como los géneros *Distichia* y

Plantago formando un tapiz de algunos centímetros de altura interrumpido por numerosos charcos donde se asocian algunas rizomatosas monocotiledóneas rozuladas de los generos: Carex, Calamagrostis, Gentiana, Werneria, Arenaria, Hypsela.

García y Valenzuela (1997) indican respecto a los bofedales altoandinos; son ecosistemas que tienen una fisonomía típica por la presencia de cojines duros y convexos que corresponden a *Distichia muscoides* o *Distichia filamentosa*, a veces acompañada de islas flotantes de *Oxichoe andina*. Las otras especies frecuentes en los bofedales son: *Caltha sagittata*, *Alchemilla diplophylla*, *Agrostis tolucensis* y *Plantago tubulosa*. Las especies acuáticas son: *Calitriche heteropoda*, *Elodea methenwsii*, *Alopercurus magallanus*, *Ranunculus trichophyllus* y *Lilaeopsis andina*. Las especies tienen tapices de gramíneas y rosas en rosetas como *Festuca rigescens*.

Coronel *et al.* (2009) indica respecto a los bofedales altoandinos; que entre la vegetación acompañante tenemos *Scirpus desertícola*, *Werneria pigmaea*, *Plantago tubulosa*, *Deyeuxia curvula*, *Deyeuxia rigensens*, *Juncus stipulatus*.

Flores (1991) describe a los bofedales altoandinos como asociaciones vegetales que están localizadas en zonas con buen suministro de agua presentan una composición florística en la que dominan especies de porte almohadillado. Nombra como especies de importancia a *Distichia muscoides*, *Plantago rigida*, *Oxichloe sp.* Y especies como *Calamagrostis ovata*, *C. eminis*, y *C. rigescens*; y junto a estos se encuentran otras especies de importancia

secundaria como *Hypochoeris taraxacoides*, *Werneria pigmaea*, *Alchemilla diplophylla* y *Cotula mexicana*.

Alzérreca *et al.* (2001) Señalan en referencia a los bofedales Altoandinos que presentan con mayor frecuencia a 11 especies que tienen por encima del 50% de distribución y estas son: *Plantago tubulosa*, *Eleocharis albibracteata*, *Carex sp.*, *Deyeuxia ovata*, *Scirpus aff. Boliviana*, *Alchemilla diplophylla*, *Distichia muscoides*, *Oxychloe andina*, *Oritrophium limnophilum*, *Festuca dolichophylla*.

Flores (1991) Menciona que los bofedales presentan una cobertura basal de 95, 98 y 100%, para los meses de agosto, setiembre y octubre respectivamente. Las especies vegetales de mayor frecuencia: las ciperáceas (*Carex*); las compuestas (*Hypochoeris stenocephala* y *Wernwria sp.*); Las juncaceas (*Distichia sp.*) Y gramíneas (*Festuca dolichophylla* y *Calamagrostis rigida*).

Olivares (1988) Advierte que dentro de las formaciones vegetales destacan la formación herbácea que corresponde a los bofedales con una cobertura vegetal de 50% a 100%. Las especies dominantes en esta formación son *Oxychloe andina*, *Werneria pygmaea*, *Carex incurva* var, *misera*, *Hypochoeris taraxacoides*, *Festuca risgescens*, *Werneria pinnatificada*, *Agrostis tolucensis*, *Azolla filiculoides* y *Werneria Spathulata*. En aquellos sectores de bofedal deteriorado por falta de riego *Hypochoeris taraxacoides*, *Carex incurva* var. *misera* y *Deyeuxia curvula*. En aquellos lugares donde la napa freática se encuentra a mayor profundidad dominan poaceas perennes de los géneros *Deyeuxia* y *festuca*.

**f) Diversidad de especies**

Moreno (2001) Indica que uno de los problemas ambientales que han suscitado mayor interés mundial en esta década es la pérdida de biodiversidad como consecuencia de las actividades humanas, ya sea de manera directa (sobreexplotación) o indirecta (alteración del hábitat).

Aguirre (2013) Los estudios de la flora son el referente más importante de la diversidad florística, a partir de éstos se conoce su densidad, abundancia, dominancia, diversidad, importancia ecológica y el potencial de las especies.

**g) Parámetros fisicoquímicos y Mercurio**

Alonso y Vargas (como se citó en Vila 2002) indican que “la composición química de las aguas del altiplano y la precordillera es muy variada, en características que fluctúan desde la propia fusión de nieves hasta salmueras, presentando la mayoría de ellas un contenido significativo de sales que limitan su uso”. “A ello se agrega la presencia de elementos con valores superiores a las normas internacionales, como arsénico para uso en agua potable y bordo en riego” (Alonso, 1992). “Estas características se atribuyen a tres agentes condicionantes principales: composición geológica, clima árido y volcanismo” (Vila, 2002).

Navarro y Maldonado (2002) mencionan acerca de los bofedales altoandinos; que la vegetación sobresaliente está representada por especies hidrófilas como *Distichia muscoides* y *Oxychloe andina*, cuya dominancia depende de la conductividad y salinidad del agua.

Coronel (2011) publica una superficie importante de los bofedales, en particular los que se sitúan en inmediaciones de los establecimientos mineros,

están potencialmente destinado a sufrir los efectos de la contaminación producida por la explotación aurífera, actualmente mecanizada e incontrolada y cuya técnica de recuperación del oro (azogue con mercurio) es aún considerada “artesanal”. Este tipo de explotación y recuperación del preciado mineral amenaza no sólo con la alteración visual paisajística, sino también con la contaminación por sólidos en suspensión y mercurio orgánico. Por otro lado, las excavaciones realizadas podrían convertirse en sumideros del nivel freático con la posible amenaza de causar sequía en los bofedales adyacentes a la excavación por efecto de la disminución del nivel freático del agua.

Sepúlveda *et al.* (2006) refieren que la utilización de mercurio (Hg) como agente aglutinador y de recuperación del oro en el proceso de amalgamación podría producir un serio impacto en el ecosistema en general a nivel paisajístico y de diversidad biológica.

### 2.3 MARCO CONCEPTUAL

#### a) Bofedal

Navarro (2002) los bofedales son considerados como humedales de altura que dan lugar a las llamadas turberas altoandinas.

#### b) Bofedal altoandino

Condori *et al.* (2001) bofedal que se encuentra por encima de los 4100 m.s.n.m.

#### c) Bofedal hidromórfico

Alzérreca *et al.* (2001) bofedal con agua permanente, siempre húmedo, ubicados en la Puna Húmeda. Con presencia de especies suculentas como *Distichia muscoides* y *Oxychloe andina* (Condori *et al.* 2001).

**d) Flora**

Sarmiento (1974) se refiere a las plantas que pueblan un país, plantas que habitan una región determinada.

**e) Hábitat**

Sarmiento (1974) lugar o tipo de ambiente natural en el que existe un individuo o una población. La suma de condiciones físicas, químicas y biológicas en que vive un individuo o población.

En nuestro trabajo se consideró las siguientes características del hábitat: clima, altitud, características físico químicas: pH, Temperatura, conductividad, Turbidez, Demanda bioquímica de oxígeno. Demanda química de oxígeno, y la concentración de Mercurio disuelto.

**f) Humedal**

Texto Convención de Ramsar (1971) Define humedal como: extensiones de marismas, pantanos o turberas de agua, sean estas 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. Podrán comprender zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja cuando se encuentre dentro del humedal.

**g) Turbera**

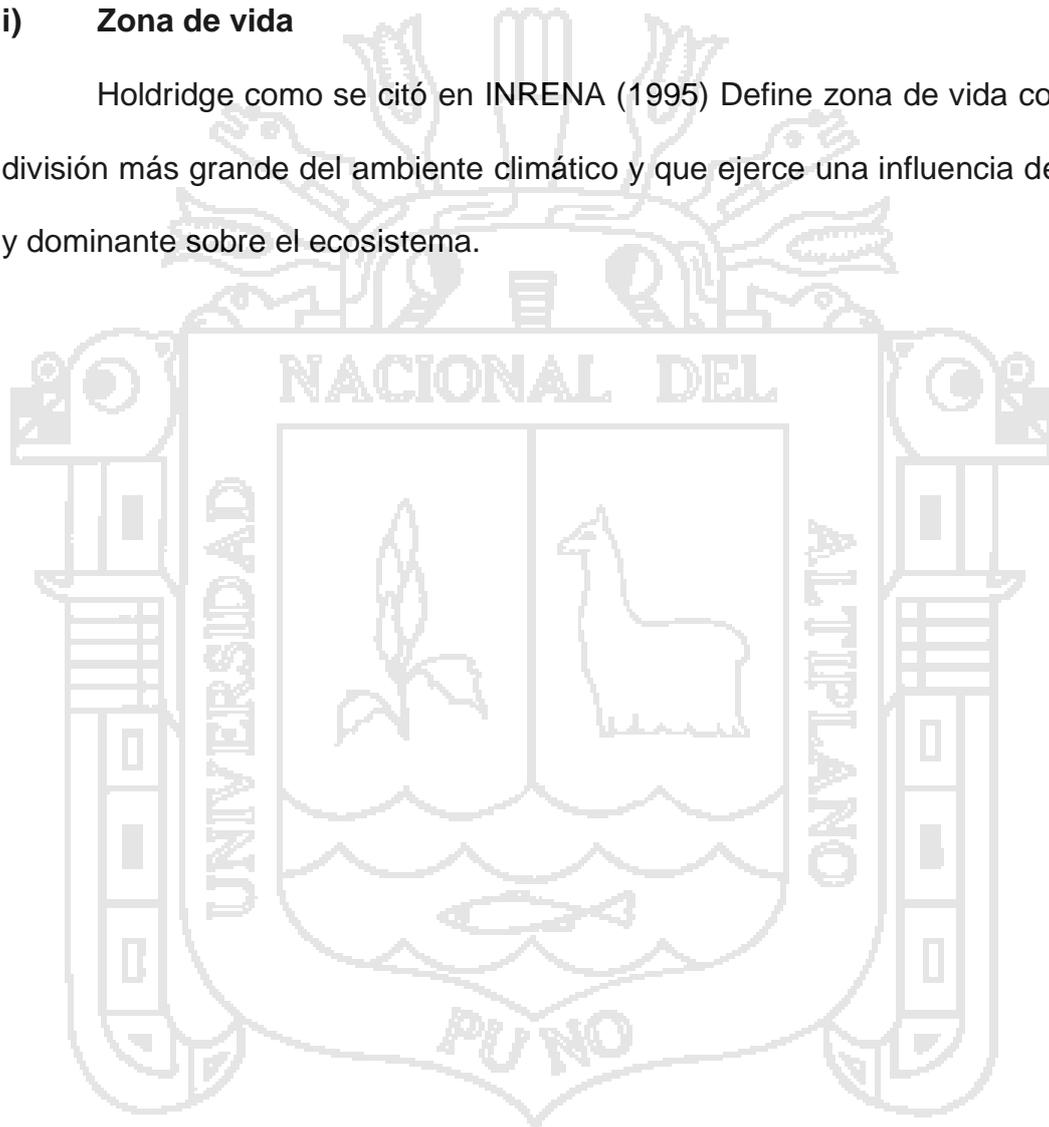
Sarmiento (1974) define turbera como un área pantanosa anegada que presenta el suelo de turba.

#### h) Vegetación

Sarmiento (1974) describe vegetación como: conjunto de especies que se distribuyen en un territorio, término usado para referirse a la abundancia y dominancia de las plantas de una determinada zona o región.

#### i) Zona de vida

Holdridge como se citó en INRENA (1995) Define zona de vida como: la división más grande del ambiente climático y que ejerce una influencia decisiva y dominante sobre el ecosistema.



### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA

##### 3.1 ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio está ubicada en el Paraje Vizcachani, Comunidad campesina de Potoni, Distrito de Sina, Provincia San Antonio de Putina, Departamento de Puno, a 4900 m.s.n.m., con coordenadas UTM Este 470268.00; Norte 8381258.00, en la Concesión minera “Salvación Cunuyo” de la E. M. COMING SANTIBAÑEZ E. I. R. L. Que, en los años 2012, 2013 y 2014, se encontraba en la etapa de exploración. El Bofedal comprende 7.5 hectáreas, y se encuentra circundante a la laguna Azulcocha. (Figura 1).

La zona de estudio se encuentra dentro de la microcuenca Azulcocha que está incluida en la parte alta de la Cuenca del Rio Inambari, Colinda por el lado Sur con la cuenca del Rio Suches de la vertiente del Titicaca. Y forma una laguna del mismo nombre: La laguna Azulcocha que es la responsable de la existencia de un microclima que contribuye a la presencia de vegetación y la formación del Bofedal Hidromórfico Altoandino; que cumple funciones ecológicas fundamentales, como regulador de los regímenes hidrológicos y como hábitat de una rica biodiversidad, nativa y vegetacional. (Anexo 1).

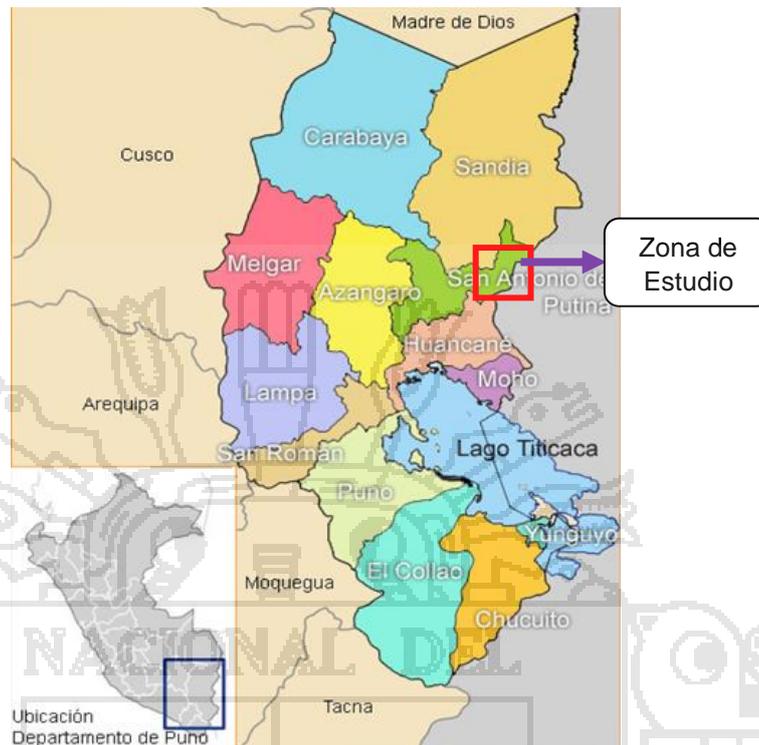


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio en el departamento de Puno  
Fuente: Anexo 1.

### 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población: comprende el área del bofedal hidromórfico altoandino (7.5 hectáreas).

La muestra: Se empleó tipo de muestra no probabilística por conveniencia, por estratos. Las muestras de vegetación estuvieron conformadas por 10 repeticiones en cada uno de los tres estratos cada uno de 2.5 hectáreas ubicados en el bofedal hidromórfico altoandino, en la microcuenca Azulcocha. Se tomó una muestra de agua por estrato, las lecturas de los parámetros fisicoquímicos con el multiparámetro fueron en número de 8 por estratos.

### 3.3 CARACTERIZACIÓN DEL HÁBITAT (CLIMA, ZONA DE VIDA, ALTITUD, DESCRIPCIÓN DEL SUELO Y CAUDAL)

#### 3.3.1 Aspectos climatológicos del bofedal y zona de vida

Se consideró la información acerca de la altitud, precipitación pluvial (entre años y dentro de años) temperaturas medias máximas y mínimas datos que corresponderán a los últimos 10 años desde el año 2003 hasta el año 2013 información que se obtuvo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) del Distrito de Ananea y con los mismos se determinó la caracterización ecológica mediante el Sistema de clasificación de las formaciones vegetales o Zonas de Vida Natural del mundo, elaborado por el Dr. Leslie R. Holdridge, que se fundamenta en la relación que existe entre las condiciones bioclimáticas (temperatura y precipitación), la vegetación natural y la altitud. Este sistema se basa en un modelo matemático y expresado en una configuración tridimensional, denominado Diagrama Bioclimático, que presenta las posiciones climáticas de las Zonas de Vida en los pisos basales de seis regiones latitudinales, basados en la biotemperatura a nivel del mar. En el lado izquierdo del Diagrama, se tiene los límites correspondientes de biotemperatura para cada Región Latitudinal y, en el lado derecho, se indica los límites correspondientes de biotemperatura media anual para cada Piso Altitudinal. Así mismo, sobre la base del Diagrama, se muestran las Provincias de Humedad limitadas por las líneas de la Relación de Evapotranspiración Potencial. Finalmente, una

escala vertical ubicada en el extremo derecho del diagrama sirve para determinar directamente la Evapotranspiración Potencial Total Anual en milímetros.

Para la determinación de la zona de vida también se utilizó como referencia el plano ecológico del Perú. (Anexo 3 y 4).

### 3.3.2 Altitud del bofedal

Con un GPS se determinó la altitud del bofedal, se registró la altura de cada punto de monitoreo (10) en cada estrato registrando la altura en m.s.n.m.

### 3.3.3 Descripción del tipo de suelo

Se realizó una descripción del suelo de acuerdo a su Capacidad de Uso Mayor, basado en el Reglamento de Clasificación de Tierras del Perú (D.S. N° 0062/75-AG) apoyado en la información ecológica.

### 3.3.4 Cálculo del caudal

El caudal se calculó por el método velocidad/superficie, este método depende de la medición de la velocidad de la corriente y del área de la sección del canal, calculándose a partir de la fórmula:

$$Q = A \text{ (m}^2\text{)} \times V \text{ (m/s)} \dots\dots\dots (1)$$

Dónde:

Q = Caudal en metro cúbicos por segundo, m<sup>3</sup>/s

A = Área de la sección en metros cuadrados, m<sup>2</sup>.

V = Velocidad en metros por segundo, m/s

La unidad métrica es m<sup>3</sup>/s, como m<sup>3</sup>/s es una unidad grande, las corrientes menores se miden en litros por segundo (L/s).

Primero medimos el ancho del canal (b) en metros, la profundidad del agua (h) en metros, y se calculó el área de la sección. Mediante la fórmula (2):

$$A = b \text{ (m)} \times h \text{ (m)} \dots\dots\dots (2)$$

Luego calculamos la velocidad (m/s) midiendo el tiempo (T) en segundos, que tardó un flotador en recorrer cierta distancia en metros (L) corriente abajo, reemplazando los datos en la formula (3).

$$V = L \text{ (m)} / T \text{ (s)} \dots\dots\dots (3)$$

Para calcular el caudal empleamos los valores obtenidos en las fórmulas (2) y (3), valores que se reemplazaron en la fórmula (1).

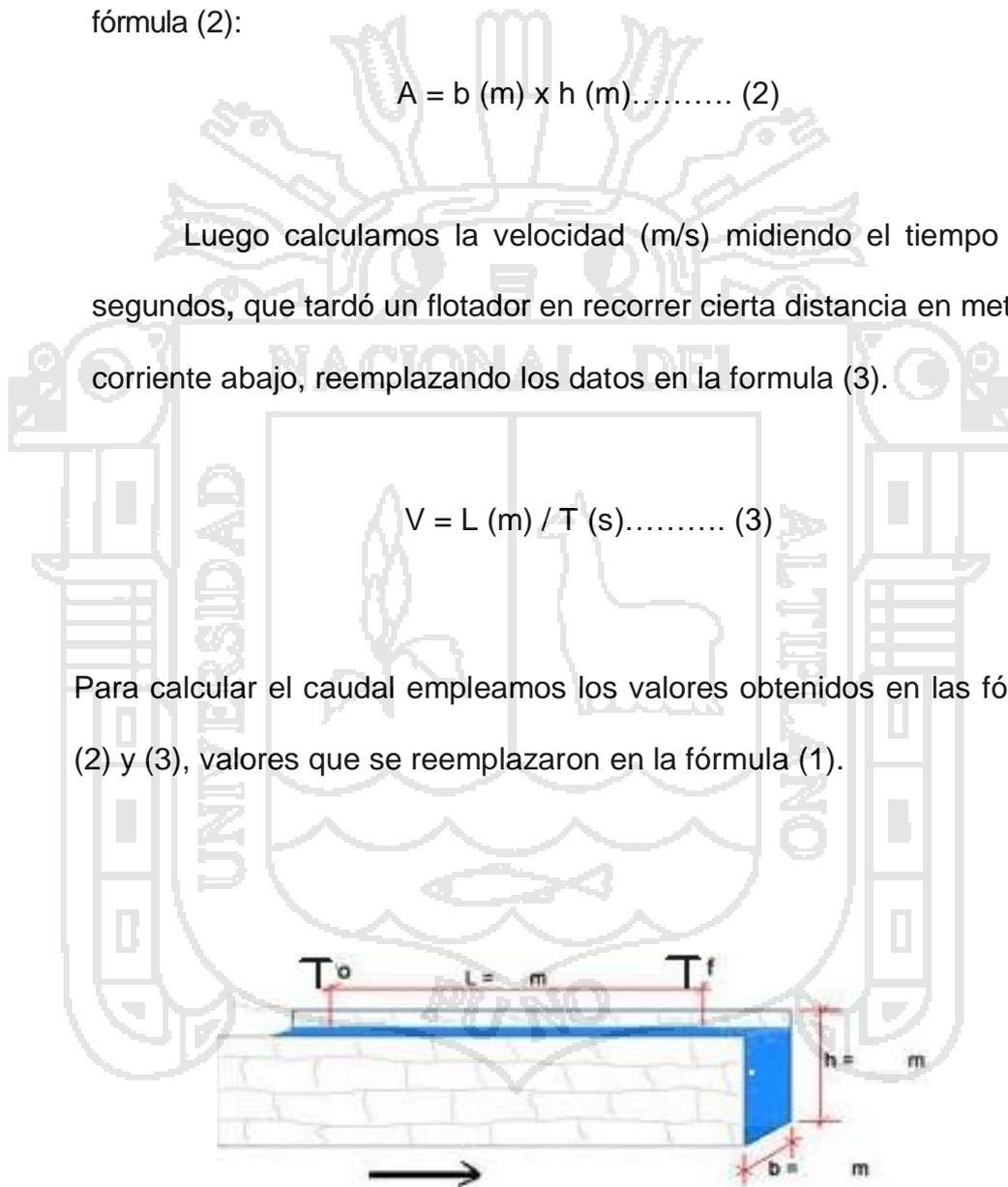


Figura 2. Calculo de caudal por el método del flotador

Fuente: Jara 2013.

### 3.4 CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL BOFEDAL HIDROMORFICO ALTOANDINO

Las especies fueron recolectadas y codificadas, para su identificación en gabinete con ayuda de herbarios, claves taxonómicas y expertos. En las evaluaciones se registraron todas las especies vegetales que se presentaron en el área, determinando la cobertura vegetal *In Situ* (participación porcentual).

El área de estudio se dividió en tres estratos, (Estrato 1 el más próximo a la actividad minera), (Estrato 2 testigo) y (Estrato 3 el más alejado de la mina), las evaluaciones se realizaron desde el 10 de agosto del 2013 al 31 de diciembre del 2013.

Las muestras fueron tomadas al azar por el método de cuadrantes de 25 cm x 25 cm. (0.0625 m<sup>2</sup>), para obtener mayor representatividad se tomaron 9 muestras en el estrato 1 y 10 muestras en los tres estratos 2 y 3. (Anexo 2).

#### 3.4.1 La cobertura

La medición de la cubierta vegetal se realizó a través de cuadrantes de 25 cm. x 25 cm (0.0625 m<sup>2</sup>), que se eligieron al azar en cada uno de los tres estratos del área de estudio, con un número de 9 repeticiones en el estrato (1) y 10 repeticiones en los estratos (2 y 3). En cada cuadrante se estimó ocularmente la cobertura, los valores hallados en porcentaje fueron registrados y promediados.

#### 3.4.2 Densidad y abundancia

La densidad es el número de individuos en un área determinada. El método que utilizamos para determinar la densidad vegetal del

bofedal fue mediante el conteo de especies e individuos que correspondían a cada cuadrante  $0.0625 \text{ m}^2$ , extrapolando el número de individuos por  $\text{m}^2$ . A esta metodología se la conoce como recuento de especies e individuos que consiste en el conteo completo de todas las especies e individuos en una determinada área de muestreo Orejas y Fontes (citado en Claver *et al.*, 1991) la abundancia se determinó utilizando la clasificación propuesta por Tansley y Chipp (citado en Condori y Choquehuanca, 2001), estimando el número de individuos de cada especie, expresadas en términos relativos, agrupadas en raras, escasas, frecuentes, abundantes y ocasionales. (Tabla 1).

Tabla 1

*Clases de abundancia*

Clase	Valoración	Número de individuos por $\text{m}^2$
Rara	1	1-4
Ocasional	2	5-14
Frecuente	3	15-29
Abundante	4	30-99
Muy Abundante	5	>100

Fuente: Tansley y Chipp 1981

**3.4.3 Biomasa**

Se estimó de la misma manera que la densidad, excepto que en vez de contar individuos por especie se computo el peso seco y húmedo de los individuos de la especie considerada (Matteucci y Colma, 1982).

En el muestreo de la materia húmeda se procedió con el corte del material vegetal al ras del suelo y luego se clasificaron y separaron las especies de forma manual, cosechando selectivamente todas las especies que resultaron en los cuadrantes para su posterior pesado *In Situ* en una balanza de precisión para determinar (KgMH/ha.). La

materia seca se realizó en laboratorio, llevando las muestras a un horno microondas por 5 minutos, para luego pesar las muestras, se repitió el procedimiento hasta que las muestras no variaron en peso y hallamos (KgMS/ha.); con estos datos se determinó la productividad del ecosistema.

### 3.5 IDENTIFICAR LA DIVERSIDAD DE LAS ESPECIES DE FLORA DEL BOFEDAL HIDROMÓRFICO ALTOANDINO SEGÚN LA INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD MINERA

Para identificar la diversidad de especies de flora se utilizaron; índice de Simpson, mide la probabilidad que dos individuos sacados al azar entre todos los de la comunidad no sean de la misma especie, El índice de Simpson se encuentra acotado entre 0 y 1, siendo uno completamente uniformidad en la comunidad, si el valor se acerca a cero la comunidad es diversa; y el índice de Shannon-Weaver (H): que refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa, el índice de Shannon-Weaver se encuentra acotado entre 0 y  $\log(S)$ , tiende a cero en comunidades poco diversas, y es igual al logaritmo de la riqueza específica en comunidades de máxima equitatividad.

$$I.D. \text{ Simpson} = 1 - (\sum p_i^2)$$

$$I.D. \text{ Shannon} = - \sum [p_i \cdot \log(p_i)]$$

$$p_i = (n_i / n)^2$$

$n_i$  = # de individuos de una especie

$n$  = # total de individuos

$s$  = # de especies presentes en la comunidad.

$\log e$  = Logaritmo natural

Cerón 1993 (citado en Cabezas 2012)

Se realizaron los cálculos con ayuda del software Driver Win.

### **3.6 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS: PH, OXÍGENO DISUELTO, CONDUCTIVIDAD, TEMPERATURA, POTENCIAL REDOX, DBO<sub>5</sub>, DQO Y LAS CONCENTRACIONES DE MERCURIO Y METALES TOTALES**

#### **3.6.1 Parámetros fisicoquímicos**

Se realizaron 8 lecturas en cada uno de los estratos de los parámetros: pH, Conductividad, Sólidos Totales Disueltos y Oxígeno Disuelto con un multiparámetro de un electrodo marca Martini. Datos que fueron registrados en campo.

Se tomaron muestras puntuales de agua por estrato codificando cada muestra como: PMB-1, PMB-2 y PMB-3; se procedió con el llenado de la cadena de custodia, para luego ser enviadas al laboratorio.

Para la DQO se tomaron tres muestras puntuales en botellas de vidrio de 1L, y se conservaron con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a una concentración de 1:1, manteniéndose en un cooler a temperatura de (0 > a ≤ 6°C). Y posteriormente fueron enviadas a los laboratorios Analíticos del Sur, ubicados en la ciudad de Arequipa.

Las muestras de agua para la determinación de DBO<sub>5</sub> se tomaron en envases de vidrio de 1L. Con cuidado de no formar burbujas, se etiquetaron, se mantuvieron en un cooler a una temperatura (0 > a ≤ 6°C) y

se enviaron para su análisis al Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano antes de las 48 horas.



*Figura 3.* Evaluación de parámetros físico químicos del bofedal hidromorfo altoandino 2013.

Fuente: Jara 2013.

### **3.6.2 Concentraciones de mercurio y metales totales**

La concentración de Mercurio (Hg), se colectaron las muestras de agua en los puntos de monitoreo PMB-I, PMBII, PMBIII, en botellas plástico de 1L, conservándose con  $\text{HNO}_3$  a una concentración de 1:1; añadiendo 20 gotas a las muestras de agua, manteniéndose en un cooler a una temperatura entre ( $4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ), y se enviaron a los laboratorios analíticos del Sur, quienes analizaron las muestra por el método ICP-OES, método acreditado por el organismo peruano de acreditación INDECOPI-SNA con registro N° LE-050. Y los metales pesados se muestrearon en noviembre del 2014 en los puntos de

monitoreo PMA-1; PMA-2 y PMA-3 el procedimiento fue similar a la toma de muestras de mercurio.

### 3.7 ESTADÍSTICA

La estadística utilizada para cada objetivo se detalla en los siguientes párrafos.

Para el objetivo: Caracterizar el hábitat (clima, altitud, zona de vida, descripción del suelo y caudal), del bofedal hidromórfico altoandino según la cercanía de la influencia minera; se realizó un análisis descriptivo, además de realizar análisis de varianza y la prueba de Tukey B<sup>a</sup> con el software SPSS 21.

Para el objetivo: Determinar las características estructurales, abundancia y distribución de la vegetación del bofedal hidromórfico altoandino de acuerdo a la influencia minera; se realizó un diseño estadístico de bloques al azar de 3x10. La estadística utilizada fue análisis de varianza, prueba de medios de Tukey B<sup>a</sup>, y Coeficiente de variación utilizando el software SPSS 21.

Para el objetivo: Identificar la diversidad de las especies de flora del bofedal hidromórfico altoandino según la influencia de la actividad minera. Estadística descriptiva. Se utilizó análisis de varianza, la prueba de medios de Tukey B<sup>a</sup>, utilizando el software SPSS 21.

Para el objetivo: Determinar los parámetros fisicoquímicos: pH, oxígeno disuelto, conductividad, temperatura, potencial redox, DBO<sub>5</sub>, DQO y las concentraciones de mercurio, y metales totales de acuerdo a la influencia de la actividad minera se realizó un análisis descriptivo. Además de análisis de varianza, prueba de medios de Tukey B<sup>a</sup>, utilizando el software SPSS 21. En el caso de prueba de hipótesis se utilizó el programa Minitab 17.1

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 CARACTERIZACIÓN HÁBITAT (CLIMA, ZONA DE VIDA, ALTITUD, DESCRIPCIÓN DEL SUELO Y CAUDAL)

##### 4.1.1 Aspectos climatológicos del bofedal y zona de vida

En la zona de estudio no se dispone de estaciones meteorológicas ni pluviométricas bajo la responsabilidad del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), por tanto, se recurrió a la estación más próxima en el ámbito de estudio, que es la estación pluviométrica de Ananea, la cual se encuentra ubicada a  $69^{\circ} 32'$  de longitud Oeste y  $14^{\circ} 41'$  de latitud Sur, a 4660 m.s.n.m. La precipitación total mensual, se obtuvo de la estación Ananea, cuyos registros se aprecian a nivel del promedio mensual en el lapso de 10 años (2003-2013). Teniendo una precipitación total anual de 632 mm. Con una máxima en el mes de enero de 141 mm. Y una mínima en el mes de junio de 4 mm. También se presentan los registros que corresponden al año de estudio (2013) que presenta una precipitación total anual de 629

mm. Con una Máxima en el mes de enero de 178 mm. y una mínima en el mes de junio de 4mm. (Figura 4 y Anexo 5).

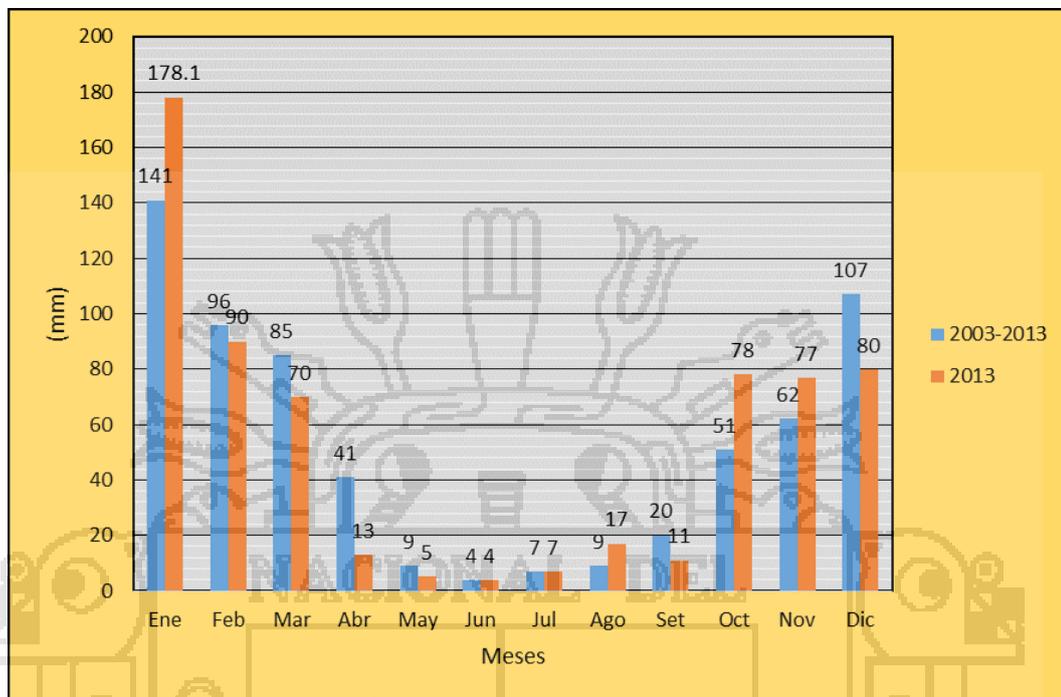


Figura 4. Precipitación total mensual (mm.) de la estación meteorológica de Ananea años (2003-2013) y el año 2013.

Fuente: Jara 2013.

La Estación Meteorológica Ananea ha registrado datos de humedad relativa media anual (2003-2013) de 82.8%, la distribución de los valores muestra que el valor máximo es reconocido con 87% promedio en el mes de febrero y marzo, y un valor mínimo de 76% promedio en el mes de junio. Los mayores valores de porcentaje de humedad relativa se dan entre los meses de diciembre a marzo durante la estación lluviosa, mientras que los menores valores se presentan durante los meses de mayo a setiembre, en la época de estiaje. (Figura 5 y Anexo 5).

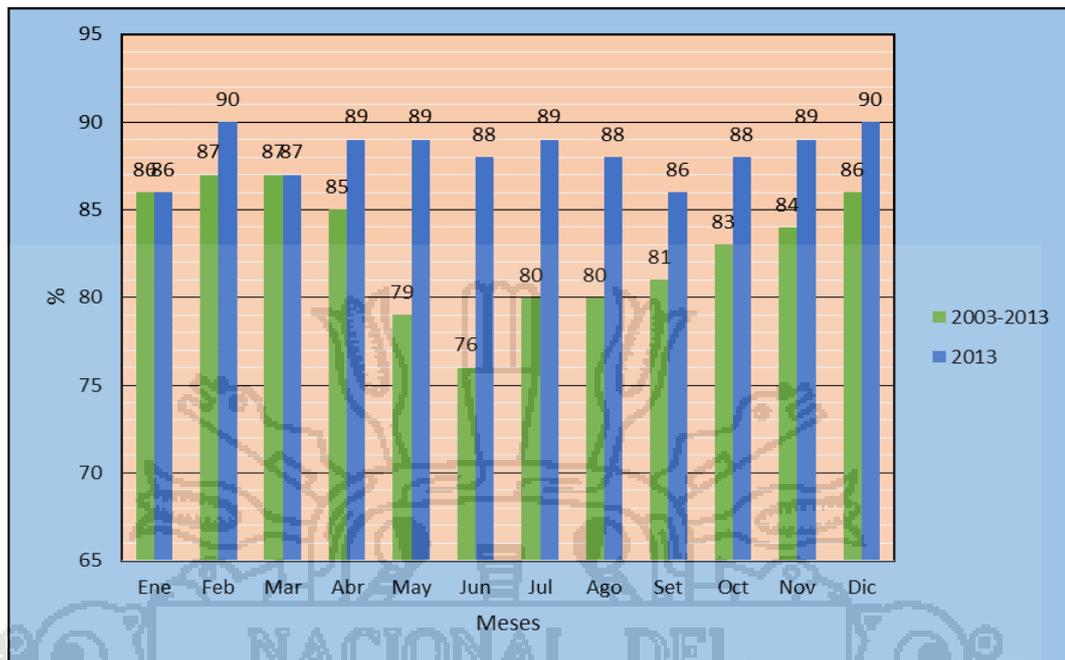


Figura 5. Promedio humedad relativa estación meteorológica Ananea (mm.) Años (2003-2013)

Fuente: Jara 2013.

La temperatura disminuye conforme aumenta la altitud aproximadamente en  $0.6^{\circ}\text{C}$  cuando se incrementa en 100 m la altitud. Y las variaciones entre la noche y el día son muy fuertes, siendo más notorio durante los meses de invierno, cuando el cielo está despejado de nubosidad; la temperatura promedio de la estación analizada es de  $4.28^{\circ}\text{C}$  y las variaciones de temperatura promedio cambian repentinamente presentándose en el mes de noviembre una máxima de  $4.89^{\circ}\text{C}$ , y en el mes de julio una mínima de  $3.47^{\circ}\text{C}$ . (Figura 6 y Anexo 5).

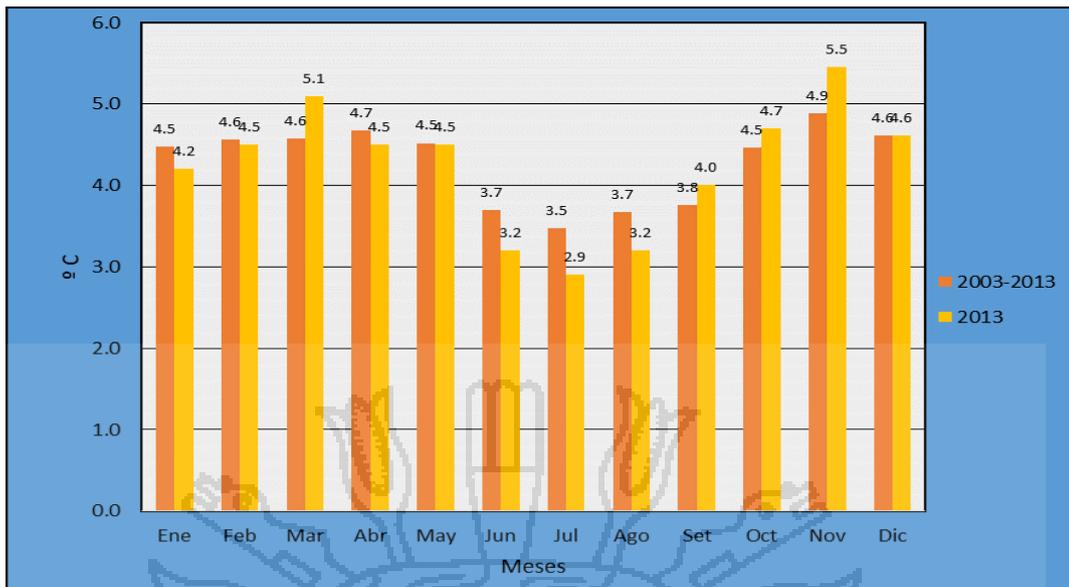


Figura 6. Temperatura media mensual estación Ananea °C años (2003-2013) y el año 2013.

Fuente: Jara 2013.

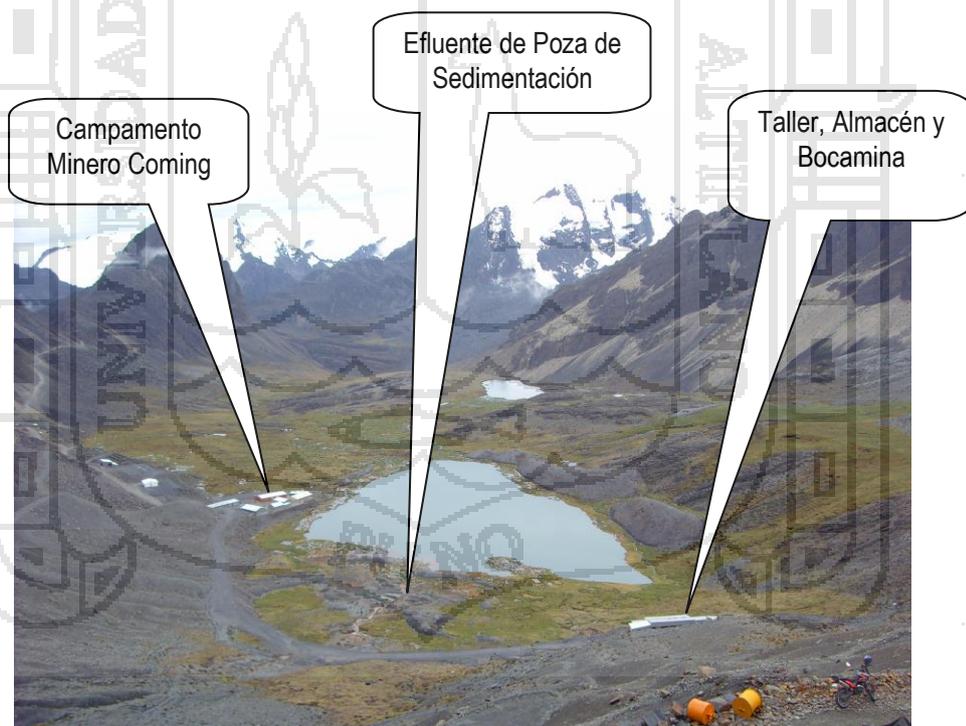
La Temperatura media mensual del año 2013 muestra un promedio de 4,24°C, en la estación Ananea con una mínima en el mes de Julio de 2,9°C y una máxima en el mes de noviembre 5,45°C. (Figura 6 y Anexo 5).

#### 4.1.2 Zona de Vida

Para determinar la zona de vida se utilizaron datos de temperatura y precipitación de los años 2003 al 2013, de la estación meteorológica de Ananea del SENAMHI, estación más cercana al área de estudio, ubicada a 4660 m.s.n.m. Con cuyos datos determinamos una temperatura promedio anual de 4.28°C, una precipitación total anual de 632 mm, y una relación de evapotranspiración potencial y precipitación (ETP/P) de 0.49. Datos que la ubican en el diagrama de Holdridge, en el

hexágono que corresponde al Piso altitudinal Paramo muy Húmedo Subalpino Subtropical y en la provincia de humedad Perhúmedo.

Pero el área específica de estudio, se encuentra ubicada entre los 4874 a 4905, en esta altura no existe ninguna estación meteorológica, por lo que tomamos como referencia la estación meteorológica de Ananea, y con ayuda del diagrama de Holdridge y el Mapa Ecológico del Perú determinamos la zona de vida que corresponde al Piso altitudinal Tundra Pluvial Alpino Subtropical, que presenta una temperatura entre 3°C y 1.5°C, la relación de evapotranspiración precipitación total por año varía entre (0.25 a 0.125). Lo que ubica a esta zona de vida en la provincia de humedad: Perhúmedo. (Figura 7 y 8; Anexos 3 y 4).



*Figura 7.* Zona de vida tundra pluvial Alpino Subtropical (tp-AS) del Bofedal Hidromórfico altoandino- Cunuyo 2013.

Fuente: Jara 2013.

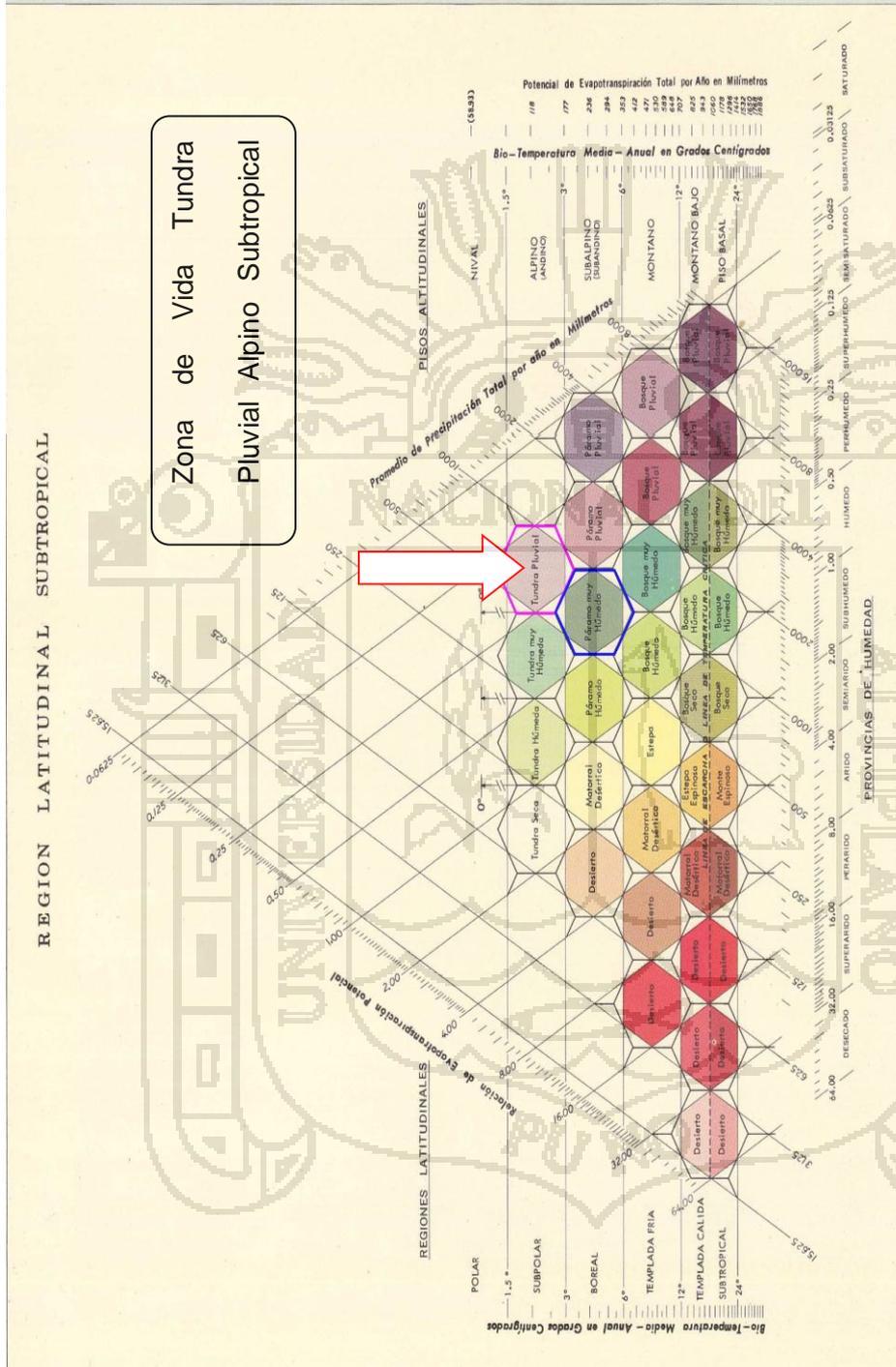


Figura 8. Zonas de vida del área de estudio bofedal Hidromórfico Altoandino - Cunuyo 2013.

Fuente: Anexo 4.

### 4.1.3 Altitud del bofedal

En cada estrato se anotaron la altitud de cada muestra de vegetación tomada (10 repeticiones) con ayuda de un GPS, obteniéndose en promedio para el estrato 1 (próximo a la mina) 4885.60 m.s.n.m., estrato 2 (testigo) 4893.70 m.s.n.m. y para el estrato 3 (alejado de la mina) 4874.40 m.s.n.m. (Tabla 2). Con cuyos datos realizamos un análisis de varianza el cual indica que los estratos son diferentes con una significancia de (0.001) y la prueba de Tukey B<sup>a</sup> nos indica que es el estrato 3 el que se encuentra en más baja altitud y es estadísticamente diferente. (Tabla 3 y 4).

Tabla 2

*Altitud en los estratos*

N°	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
1	4905.00	4898.00	4878.00
2	4897.00	4895.00	4881.00
3	4894.00	4897.00	4876.00
4	4898.00	4899.00	4872.00
5	4898.00	4907.00	4872.00
6	4878.00	4894.00	4858.00
7	4876.00	4894.00	4867.00
8	4874.00	4888.00	4879.00
9	4873.00	4882.00	4881.00
10	4863.00	4883.00	4880.00
<b>Promedio</b>	<b>4885.60</b>	<b>4893.70</b>	<b>4874.40</b>

Fuente: Jara 2013.

Tabla 3

*ANOVA altitud en m.s.n.m.*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1878.467	2	939.233	8.901	0.001
Intra-grupos	2848.900	27	105.515		
Total	4727.367	29			

Fuente: Jara 2013.

Tabla 4

*Altitud Tukey B<sup>a</sup>*

Estratos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Estrato 3	10	4874.40	
Estrato 1	10		4885.60
Estrato 2	10		4893.70

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10.000.

Fuente: Jara 2013.

#### 4.1.4 Descripción del tipo de suelo

Se describe los tipos de suelos identificadas en la zona del estudio; según la Clasificación Natural de los Suelos del Perú, el área del proyecto pertenece, a la zona Alto andina “Región Paramosólica” comprendida entre 4870 a 5400 m.s.n.m., su relieve es abrupto con varias pendientes desde inclinadas hasta muy empinadas. Predominan los **Suelos Histosoles**; son suelos orgánicos, se distribuye en las inmediaciones de la laguna Azulcocha y riachuelo con alto contenido de materia orgánica. Saturado de agua por largos periodos.

Descripción del Perfil Representativo del Suelo – Bofedal Cunuyo:

Zona	:	Cunuyo Sina.
Fisiografía	:	Fluvio-Glacial.
Pendiente	:	4-6%.
Altitud	:	4800 – 4905.
Clima	:	Semi lluvioso y Frígido.
Zona de vida	:	Tundra Pluvial Alpino Subtropical
Material parental	:	Fluvio Glacial.
Vegetación	:	propia de bofedales.
pH	:	6
Fragmentos rocosos superficiales	:	No hay.

#### 4.1.5 Cálculo del caudal

Los caudales fueron hallados en el mes setiembre del 2013. El mayor caudal (93.2 L/s) se observó en el estrato 1 (próximo a la mina) dato tomado del efluente de la poza de sedimentación aguas que ingresan a la laguna Azulcocha en cuyo alrededor se forma vegetación de bofedal y el menor caudal (6.47L/s) se halló en el estrato 2 (testigo), aguas que provienen del deshielo del glaciar en forma de U. (Tabla 5).

De acuerdo a la prueba de Tukey el estrato 1 (próximo a la mina) es diferente de los estratos 2 (testigo) y 3 (alejado de la mina) y el análisis de varianza (0.000) es altamente significativo, lo cual prueba estadísticamente esta diferencia. (Tabla 6 y 7).

Tabla 5  
*Caudales de cada uno de los estratos del bofedal hidromórfico altoandino 2013*

Estratos	Caudales (L/s)	Caudales (m <sup>3</sup> /s)	Descripción
Estrato 1	93.2642	0.0933	Efluente de la Poza de Sedimentación
Estrato 2	6.4709	0.0065	Testigo
Estrato 3	32.6531	0.0327	Parte más alejada

Fuente: Jara 2013.

Tabla 6  
*ANOVA de un factor para los caudales de los estratos del bofedal hidromórfico altoandino 2013*

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	51726.042	2	25863.021	1213.197	0.000
Intra-grupos	575.588	27	21.318		
Total	52301.630	29			

Fuente: Jara 2013.

Tabla 7

*Prueba de Tukey para el caudal de los estratos del bofedal hidromórfico altoandino 2013*

ESTRATOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Estrato 3	10	5.53	
Estrato 2	10	5.92	
Estrato 1	10		93.81
Sig.		0.980	1.0

Fuente: Jara 2013.

#### 4.1.6 Discusiones Objetivo 1

La temperatura media mensual durante los años 2003-2013 se encuentra en un rango de 3.70 a 4.89°C y la temperatura media mensual del año 2013 hallada en el presente trabajo de investigación va en un rango de 2.9 a 5.45°C, resultado que coincide con Flores (1991) quien Señala que los bofedales se encuentran en un rango de temperatura de 2.5 a 7.5°C. Sin embargo los datos meteorológicos fueron tomados de la estación más próxima al ámbito de estudio la estación Ananea misma que se encuentra a 4660 m.s.n.m. Teniendo en cuenta que La temperatura disminuye conforme aumenta la altitud aproximadamente en 0.6°C cuando se incrementa en 100 m la altitud y que nuestra área de estudio se encuentra entre los 4874 a 4905 m.s.n.m. concluimos que el bofedal objeto de estudio soporta temperaturas medias mensuales más extremas según el diagrama de Holdridge en un rango de 1.5°C a 3°C. También coincidimos con Condori y Choquehuanca (2011); quienes afirman que los bofedales se encuentran en fluctuaciones climáticas que van desde -14 a 20°C.

La zona de vida para la estación Ananea es Paramo muy húmedo subalpino subtropical, como no existe estación del SENAMHI en el área de estudio se determinó la zona de vida Tundra pluvial alpino subtropical de acuerdo al diagrama de Holdridge y al mapa ecológico del Perú.

Respecto a la precipitación Flores (1991) señala que los bofedales se encuentran en zonas donde la precipitación es de 550 mm por año, de un clima frío. Nuestra zona de estudio presentó 632 mm por año.

El suelo del bofedal hidromórfico altoandino es un suelo con alta carga de materia orgánica e hidromórfico coincidimos parcialmente con Alzérreca *et al.* (2001) quienes explican que en el suelo orgánico profundo hidromórfico se establece la comunidad de *Oxychloe andina*. En nuestro estudio de investigación encontramos a la comunidad de *Distichia sp.* Y en poca proporción a la especie *Oxychloe andina*.

El bofedal hidromórfico altoandino objeto de estudio presenta un régimen hídrico constante, se halla cerca de los glaciares a una altitud entre los 4874 m.s.n.m. y los 4905 m.s.n.m., coincidiendo con Alzérreca *et al.* (2001) quienes manifiestan que los bofedales, más próximos a las partes cordilleranas son los que presentan los mayores caudales y en forma casi permanente y Miranda (1990) quien afirma que Los bofedales altoandinos, generalmente se encuentran por encima de los 4000 m.s.n.m. Y discrepamos con Condori y Choquehuanca (2001) quienes clasifican al Bofedal Altoandino con una altitud comprendida entre 4100

m.s.n.m. hasta los 4500 m.s.n.m. Pues existen bofedales altoandinos por encima de esta altitud.

## 4.2 DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL BOFEDAL HIDROMÓRFICO ALTOANDINO UBICADO EN SINA-SAN ANTONIO DE PUTINA-PUNO

### 4.2.1 Cobertura vegetal

De acuerdo a la influencia de la actividad minera la menor cobertura se encontró en el estrato 1 (próximo a la mina) con un 42%, y en los estratos 2 (testigo) y 3 (alejado de la mina) presentaron 81% de cobertura vegetal en los meses de agosto a setiembre meses de menor precipitación. (Tabla 8 y Figura 9). Aplicando las pruebas estadísticas de ANOVA y la Prueba de Tukey B<sup>a</sup>. (Tabla 9 y 10).

Tabla 8  
*Cobertura vegetal en cada estrato del bofedal hidromórfico altoandino 2013*

Puntos	Cobertura		
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
1	80%	98%	93%
2	0%	76%	93%
3	75%	85%	97%
4	41%	87%	90%
5	81%	55%	46%
6	0%	60%	85%
7	0%	97%	85%
8	90%	98%	40%
9	11%	60%	92%
10		95%	85%
Promedio	42%	81%	81%

Fuente: Jara 2013.

El estrato 1 (próximo a la mina) presento la menor cobertura (42%), los estratos 2 (testigo) y el estrato 3 (alejado de la mina) presentaron en promedio 81% de cobertura.

Flores, (1991) que Menciona que los bofedales presentan una cobertura basal de 95, 98 y 100%, para los meses de agosto, setiembre y octubre respectivamente.

Los datos del presente estudio fueron tomados en el mes de agosto del 2013. Y encontramos un 81% en promedio, lo cual no coincide con flores, posiblemente porque en nuestro trabajo no consideramos el musgo como especie y se encontraba en un porcentaje del 10 al 15%. En varios de los estratos. También influye la altura en la que está ubicada el bofedal hidromórfico altoandino.

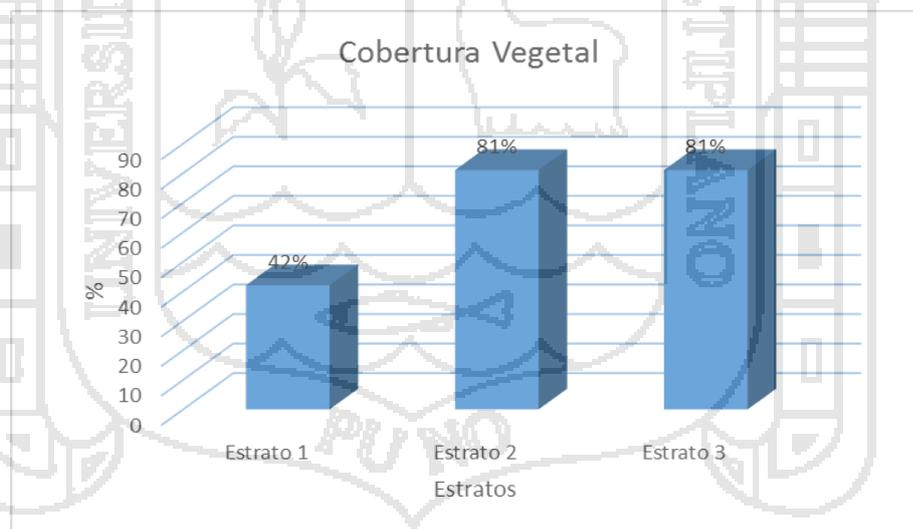


Figura 9. Cobertura vegetal del bofedal Hidromórfico altoandino 2013

Fuente: Jara 2013.

Tabla 9

*Análisis de varianza (ANOVA) cobertura vegetal del bofedal hidromórfico altoandino 2013*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	9369.459	2	4684.729	6.419	0.005
Intra-grupos	18975.300	26	729.819		
Total	28344.759	28			

Fuente: Jara 2013.

El análisis de varianza respecto a la cobertura vegetal, indica que al menos uno de los estratos es diferente mostrando una significancia de (0.005). (Tabla 9).

Tabla 10

*Prueba estadística de Tukey B<sup>a</sup> de la cobertura vegetal del bofedal hidromórfico altoandino 2013*

Estratos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Estrato 1	9	42.00	
Estrato 3	10		80.60
Estrato 2	10		81.10

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9.643.

b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Fuente: Jara 2013.

La prueba de Tukey B<sup>a</sup>, indica que el estrato 1 (próximo a la mina) es diferente estadísticamente de los estratos 2 (testigo) y 3 (alejado de la mina). (Tabla 10).

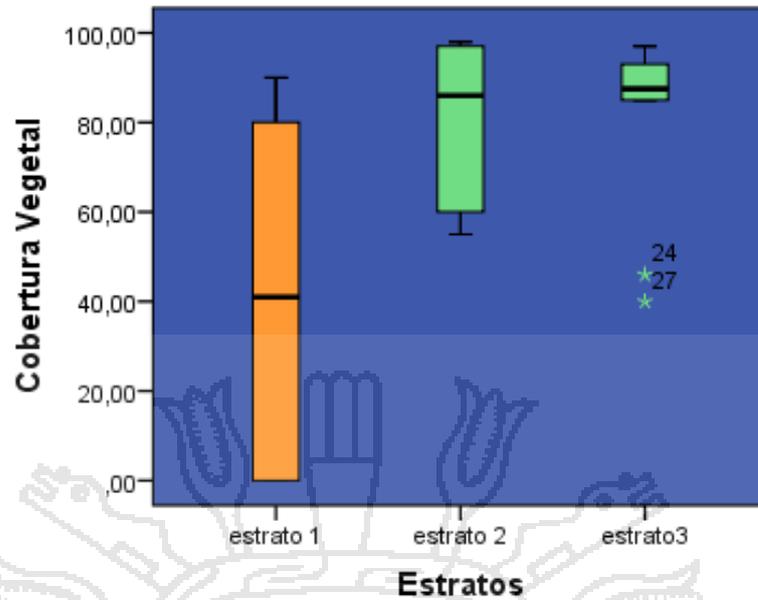


Figura 10. Diagrama de cajas cobertura vegetal del bofedal Hidromórfico altoandino 2013

Fuente: Jara 2013.

En el Diagrama de cajas podemos observar la variabilidad de los datos respecto a la media de cada estrato, y nos dice que el estrato más variable es el estrato 1. (Figura 10).

#### 4.2.2 Densidad y abundancia

La especie Muy abundante fue la especie *Distichia sp.* En el estrato 1 (Próximo a la mina), estrato 2 (testigo) y estrato 3 (alejado de la mina). Y como especie abundante *Oxicloe andina*, en los estratos 2 (testigo) y 3 (alejado de la mina). (Tabla11).

Tabla 11

Abundancia de especies en el bofedal hidromórfico altoandino en cada uno de los estratos agosto a setiembre 2013

Item	Familia	Especie	Estrato 1		Estrato 2		Estrato 3	
			N° IND.	Clase	N° IND.	Clase	N° IND.	Clase
1		<i>Distichia sp.</i>	120	Muy abundante	100	Muy abundante	120	Muy abundante
2	Juncaceae	<i>Oxiclee andina</i>			24	Frecuente	46	Abundante
3		<i>Luzula peruviana</i> Desv.	10	Ocasional				
4	Cyperaceae	<i>Phylloscirpus boliviensis</i>			50	Abundante	60	Abundante
5		<i>Eleocharis sp.</i>			20	Frecuente	45	Abundante
6		<i>Plantago tubulosa</i>			5	Rara	11	Ocasional
7	Plantaginaceae	<i>Plantago monticola</i>	10	Ocasional	33	Abundante	8	Rara
8		<i>Plantago sp.</i>	20	Frecuente	20	Frecuente	5	Ocasional
9		<i>Diplostephium aff meyeri</i>			1	Rara	1	Rara
10		<i>Hipochaeris sp. 1</i>			2	Rara		
11		<i>Senecio candollii Well</i>	7	Ocasional	5	Ocasional		
12	Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	24	Frecuente	27	Frecuente		
13		<i>Hipochaeris sp. 2</i>	3	Rara	30	Abundante	8	Ocasional
14		<i>Perezia ciliosa</i>			40	Abundante		
15		<i>Gamochoeta sp.</i>			6	Ocasional		
16		<i>Gnophalium sp.</i>			5	Ocasional		
17	Gentianaceae	<i>Gentiana sedifolia</i> Kunth in H.B.K.			3	Rara		
18		<i>Deuyexia sp.</i>			50	Abundante		
19		<i>Deuyexia sp.</i>			30	Abundante	35	Abundante
20		<i>Deuyexia curvula</i>			60	Abundante	10	Ocasional
21		<i>Deyeuxia vicunarun</i>	5	Ocasional	5	Ocasional	5	Ocasional
22	Poaceae	<i>Deuyexia heterophila</i>	35	Ocasional	8	Ocasional	7	Ocasional
23		<i>Deuyexia rigescens</i>	7	Ocasional	3	Rara	1	Rara
24		<i>Polypogon sp.</i>	6	Ocasional				
25		<i>Polypogon sp.</i>						
26		<i>Poa sp.</i>	4	Rara				
27		<i>Aristida sp.</i>					1	Rara
28		<i>Alchemilla diplohylla</i>	50	Abundante	38	Abundante	20	Frecuente
29	Rosaceae	<i>Alchemilla pinnata</i>			20	Frecuente		
30		<i>Gentiana sedifolia</i> Kunth	10	Ocasional				
31	Orchidaceae	<i>Mirosmodes palodosum</i>	10	Ocasional	5	Ocasional		
32	Apiaceae	<i>Azorella</i>			1	Rara		
33	Scrophulariaceae	<i>Ourisia muscosa</i>	5	Ocasional	100	Muy abundante		
Total Individuos			326		695		556	

Fuente: Jara 2013.

### 4.2.3 Biomasa y Productividad

La mayor biomasa de Materia Húmeda (MH) y Materia Seca (MS) así como la mayor productividad se presentó en el estrato 2 (testigo). (Tabla 12 y 13; Figura 11 y 12).

Así mismo se realizó Análisis de varianza de la materia húmeda y materia seca del bofedal hidromórfico altoandino y la Prueba estadística de Tukey B<sup>a</sup> (Tabla 14 y 15).

Tabla 12  
*Materia Húmeda (MH) versus Materia Seca (MS) del bofedal hidromórfico altoandino 2013*

Biomasa	Productividad g/m <sup>2</sup>			Bofedal total
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	
Materia Húmeda	173	713	563	1449
Materia Seca	29	53	66	148

Fuente: Jara 2013.

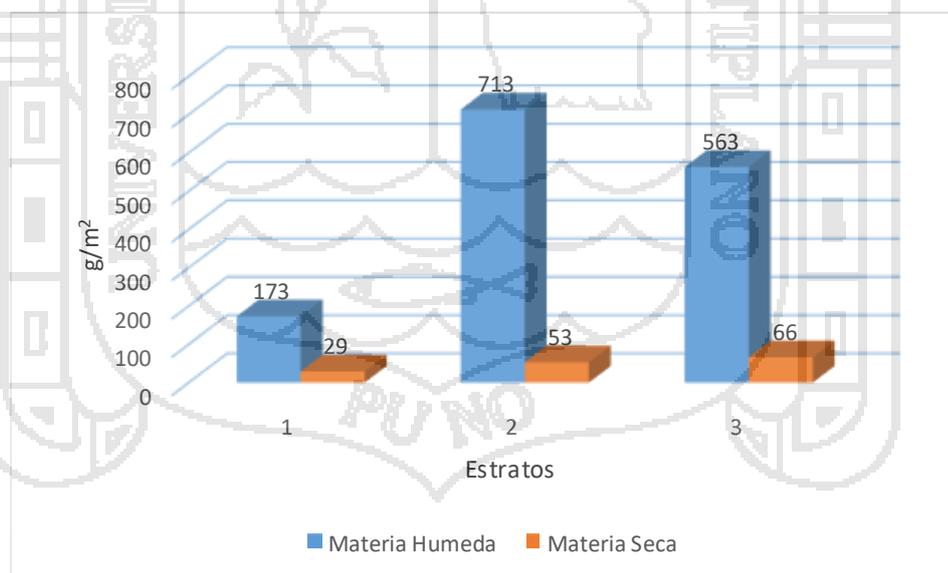


Figura 11. Biomasa (g/m<sup>2</sup>) del bofedal Hidromórfico altoandino 2013

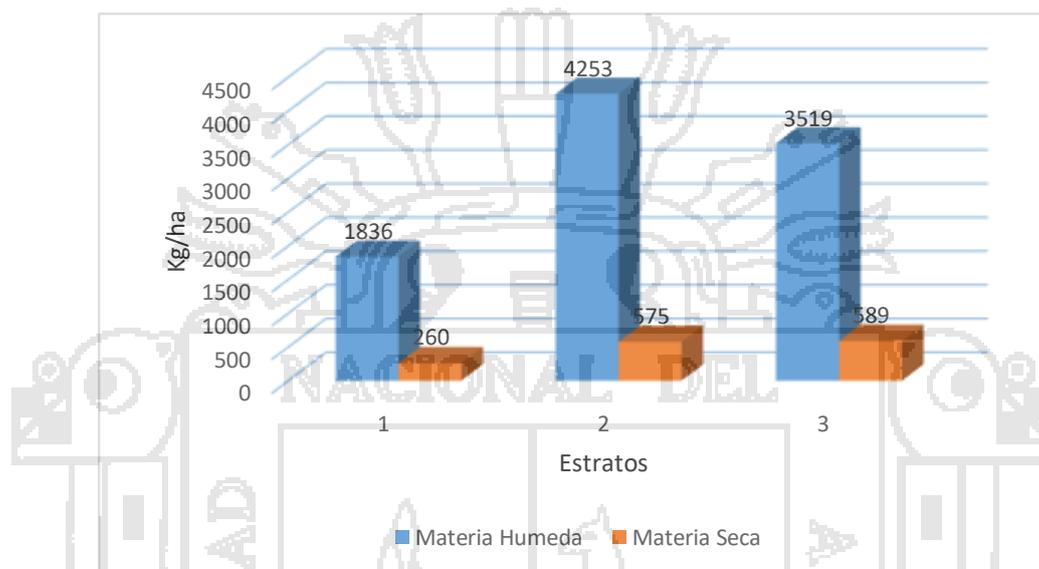
Fuente: Jara 2013.

Tabla 13

*Productividad por estrato del bofedal hidromórfico altoandino 2013*

Biomasa	Productividad Kg/ha		
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
Materia Húmeda	1836	4253	3519
Materia Seca	260	575	589

Fuente: Jara 2013.



*Figura 12. Productividad (Kg/ha) del bofedal Hidromórfico altoandino 2013*

Fuente: Jara 2013.

Tabla 14

*Análisis de varianza materia húmeda y materia seca del bofedal hidromórfico altoandino 2013*

	Materia húmeda				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1454600.518	2	727300.259	5.399	0.011
Intra-grupos	3502331.071	26	134705.041		
Total	4956931.589	28			
	Materia seca				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	32899.427	2	16449.714	6.046	0.007
Intra-grupos	70736.362	26	2720.629		
Total	103635.790	28			

Fuente: Jara 2013.



El coeficiente de variabilidad nos muestra que la mayor variabilidad en materia seca (MS) y materia húmeda (MH), se presentó en el estrato 1, y nos indica que el estrato 2 es el más homogéneo (Tabla 16).

El estrato con mayor intervención antrópica en lo referente a cobertura vegetal y biomasa productividad fue el estrato 1 (próximo a la mina).

#### **4.2.4 Discusiones del objetivo 2**

En cuanto a cobertura vegetal densidad, abundancia y biomasa observamos Que el bofedal hidromórfico altoandino en el estrato 1 (próximo a la mina) está siendo afectado por la influencia de la actividad minera en actividades como compactación de suelo, construcción de la carretera, desvío de las aguas provenientes del glaciar, produciendo que el bofedal se seque en este estrato. Coincidimos parcialmente con Salvador *et al.* (2014) quien indica que La alteración más grave en las turberas peruanas (bofedales) fue encontrado en sitios mineros (drenaje, erosión, inundación, deposición de sedimentos minerales).

### **4.3 IDENTIFICAR LA DIVERSIDAD DE LAS ESPECIES DE FLORA DEL BOFEDAL HIDROMÓRFICO ALTOANDINO SEGÚN LA INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD MINERA**

El total de especies de flora identificadas en el Bofedal Hidromórfico Altoandino, fueron de 33 especies. El mayor número de especies se hallaron en el estrato 2 (testigo) con un total de (29 especies); y el estrato 1 (próximo a la mina), fue el que presentó el menor número de especies con un número de

(7 especies). Para los índices de biodiversidad taxonómica, según Shannon-Weaver que mide la diversidad; la mayor diversidad se encontró en el estrato 2 (testigo) con un valor de (3.36), lo cual refleja diversidad de especies, para el índice de Simpson encontramos un valor de (0.92) lo cual indica alta diversidad con un total de 695 individuos distribuidos en 10 familias.

La menor diversidad se halló en el estrato 1 (próximo a la mina) según Shannon-Weaver se determinó un valor de (2.70), lo cual refleja dominancia de especies; para el índice de Simpson encontramos un valor de (0.80) lo cual nos indica baja diversidad de especies con un total de 326 individuos distribuidos en 7 familias.

El estrato 3 (alejado de la mina) presentó 22 especies. Con 556 individuos, según Shannon-Weaver se determinó un valor de (3.09), para el índice de Simpson un valor de (0.89) lo indica dominancia de especies y baja diversidad. (Tabla 17 y Figura 13).

Tabla 17

*Especies de flora identificadas en cada estrato del bofedal hidromórfico altoandino e Índices de biodiversidad año 2013*

Ítem	Familia	Especie	Código	Estrato 1		Estrato 2		Estrato 3		Bofedal
				N° Ind	N° Ind	N° Ind	N° Ind	N° Ind	N° Ind	
1		<i>Distichia sp.</i>	1	X	120	X	100	x	120	340
2	Juncaceae	<i>Oxycloe andina</i>	11			X	24	x	46	70
3		<i>Luzula peruviana</i> Desv.	10	X	10					10
4		<i>Phylloscirpus boliviensis</i>	3			X	50	x	60	110
5	Cyperaceae	<i>Eleocharis sp.</i>	20			X	20	x	45	65
6		<i>Plantago tubulosa</i>	5			X	5	x	11	16
7	Plantaginaceae	<i>Plantago monticola</i>	26	X	10	X	33	x	8	51
8		<i>Plantago sp.</i>	16	X	20	X	20	x	5	45
9		<i>Diplostephium aff meyeri</i>	6			X	1	x	1	2
10		<i>Hipochoeris sp. 1</i>	15			X	2			2
11	Asteraceae	<i>Senecio candolli Well</i>	18	X	7	X	5			12
12		<i>Werneria pygmaea</i>	25	X	24	X	27	x	15	66
13		<i>Hipochoeris sp. 2</i>	36	X	3	x	30	x	8	41
14		<i>Perezia ciliosa</i>	23			X	40			40
15		<i>Gamochoeta sp.</i>	46			x	6			6
16		<i>Gnophalium sp.</i>	35			X	5			5
17	Gentianaceae	<i>Gentiana sedifolia</i> Kunth in H.B.K.	28			X	3			3
18		<i>Deuyexia sp.</i>	13			X	50			50
19		<i>Deuyexia sp.</i>	4			X	30	x	40	70
20		<i>Deuyexia curvula</i>	7			X	60	x	70	130
21		<i>Deyeuxia vicunarun</i>		X	5	X	5	x	10	20
22	Poaceae	<i>Deuyexia heterophila</i>	9	X	35	X	8	x	7	50
23		<i>Deuyexia rigescens</i>	12		7	X	3	x	1	4
24		<i>Polypogon sp.</i>	21	X	6	X	2			8
25		<i>Polypogon sp.</i>						x	2	2
26		<i>Poa sp.</i>		X	4	X	2			6
27		<i>Aristida sp.</i>						x	5	5
28	Rosaceae	<i>Alchemilla diplohylla</i>	8	X	50	X	38	x	20	108
29		<i>Alchemilla pinnata</i>				X	20	x	12	32
30		<i>Gentiana sedifolia</i> Kunth	28	X	10			x	10	20
31	Orchidaceae	<i>Mirosmodes palodosum</i>	14	X	10	X	5	x	10	25
32	Apiaceae	<i>Azorella</i>	19			X	1			1
33	Scrophulariaceae	<i>Ourisia muscosa</i>	30	X	5	X	100	x	50	155
		Total n° de Individuos			326		695		556	1570
		Total especies			16		29		22	33
		Total familias			7		10		10	10
		I.D de Shannon-Weaver			2.77		3.36		3.09	3.49
Índices de Biodiversidad		I.D. Simpson			0.81		0.92		0.89	0.91
		riqueza			2.5		4.2		3.3	4.2

Fuente: Jara 2013.

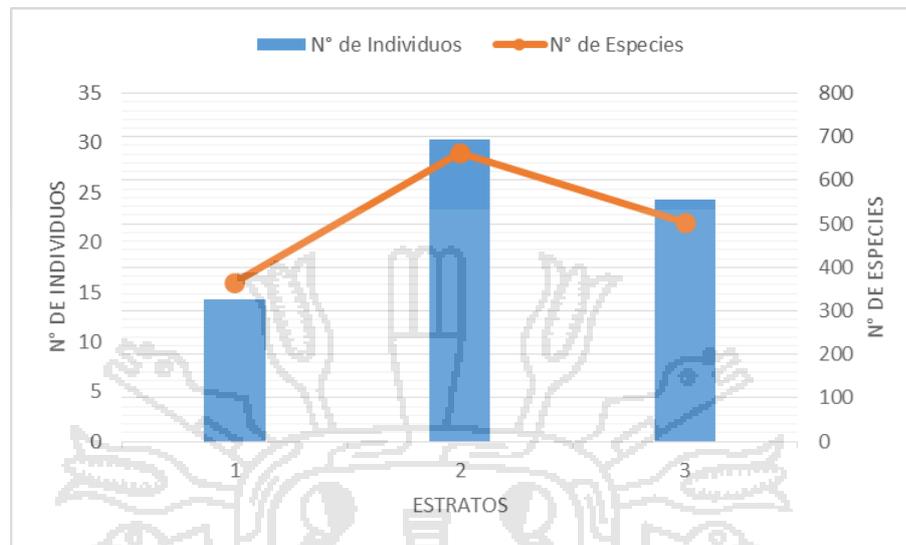


Figura 13. Número de individuos VS número de especies año 2013

Fuente: Jara 2013

#### 4.3.1 Discusiones del objetivo 3

La diversidad hallada en el estrato 1 en el índice de Simpson (0.81) indica baja diversidad; en el I.D. de Shannon-Weaver (0.81) nos sugiere dominancia de especies y presenta una riqueza (2.5) La actividad minera ha influido en el bofedal estrato 1 (próximo a la mina) de forma indirecta provocando una alteración del hábitat. Coincidimos con Moreno (2001) quien Indica que uno de los problemas ambientales que han suscitado mayor interés mundial es la pérdida de biodiversidad como consecuencia de las actividades humanas, ya sea de manera directa (sobreexplotación) o indirecta (alteración del hábitat).

**4.4 DETERMINAR LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS: PH, OXÍGENO DISUELTO, CONDUCTIVIDAD, TEMPERATURA, POTENCIAL REDOX, DBO<sub>5</sub>, DQO Y LAS CONCENTRACIONES DE MERCURIO Y METALES TOTALES, DE ACUERDO A LA INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD MINERA**

**4.4.1 Parámetros fisicoquímicos**

Tabla 18

*Resultados de la medición de los parámetros fisicoquímicos en cada uno de los estratos del bofedal hidromórfico altoandino octubre 2013*

Parámetros	Unidades	Muestras			D. S. N° 015-2015-MINAM		
		PMB E-1	PMB E-2	PMB E-3	Cat. 3 Riego de Vegetales de Tallo Bajo y Alto	Cat. 3 Bebida de Animales	Cat. 4 E1 lagunas y lagos
Parámetros Medidos en Campo							
EC	µS/cm	131.00	94.44	216.70	2500	5000	1000
TDS	mg/L	69	46	84	-	-	-
O2	mg/L	8	8	7	4	5	≥5
T	°C	8	8	6	Δ3	Δ3	Δ3
pH	H	6.5	6.10	6.24	6.5-8.5	6.5-8.4	6.5-9
Parámetros Medidos en Laboratorio							
Eh	mV	55	46	28	-	-	-
SALINIDAD	Ppm	50	10	70	-	-	-
DQO	mg/L	40	72	120	40	40	-
DBO <sub>5</sub>	mg/L	15	45	75	15	15	5

Δ Significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.

Fuente: Jara 2013.

Se observa que los parámetros que exceden los estándares de calidad de agua son: Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), en los puntos de monitoreo PMB E-2 y PMB E-3 correspondientes a los estratos 2 y 3 respectivamente. Lo cual se debe en el estrato 2 a la presencia de camélidos que pastan y beben agua en esta zona. En lo referente al

estrato 3 por la presencia de materia orgánica en descomposición proveniente de la vegetación muerta. Los demás parámetros no exceden los estándares de calidad de agua.

El pH se encuentra ligeramente por debajo de los estándares nacionales de calidad ambiental en los estratos 2 (testigo) y 3 (alejado de la mina). Por la naturaleza del bofedal hidromórfico altoandino ácido. (Tabla 18).

Tabla 19

*Matriz de correlación de Pearson calculada para los parámetros fisicoquímicos del bofedal hidromórfico altoandino octubre del 2013*

	EC	TDS	O <sub>2</sub>	T	pH	Eh	Salinidad	DQO	DBO <sub>5</sub>	Mercurio
EC	1									
TDS	0.948	1								
O <sub>2</sub>	-0.949	-0.799	1							
T	-0.949	-0.799	1**	1						
pH	-0.202	0.121	0.5	0.5	1					
Eh	-0.794	-0.559	0.945	0.945	0.756	1				
Salinidad	0.924	0.998*	-0.756	-0.756	0.189	0.5	1			
DQO	0.746	0.495	-0.918	-0.918	-0.803	-0.997*	0.434	1		
DBO <sub>5</sub>	0.665	0.392	-0.866	-0.866	-0.866	-0.982	0.327	0.993*	1	
Mercurio	0.511	0.211	-0.756	-0.756	-0.945	-0.929	0.143	0.954	0.982	1

\* La correlación es significativa a nivel de 0.05 unilateral

\*\*La correlación es significante al nivel de 0.01 unilateral

Fuente: Jara 2013.

La correlación de Pearson nos indica que existe una alta correlación entre la temperatura y el oxígeno (1), la salinidad y los sólidos totales (0.998); la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno (0.993) y una correlación negativa entre la demanda química de oxígeno y el potencial redox (-0.997). (Tabla19).

Tabla 20

Resultados de la medición de los parámetros fisicoquímicos del bofedal hidromórfico altoandino noviembre del 2014

Parámetros Físicoquímicos	Unidades	Puntos de Monitoreo del Agua			D. S. N° 015-2015-MINAM		D. S. N° 010-2010-MINAM	
		PMA-1	PMA-2	PMA-3	Categoría 3 Riego de Vegetales de Tallo Bajo y Tallo Alto	Categoría 3 Bebida de Animales	Categoría 4 Conservación del Medio Acuático (Ríos - Costa y Sierra)	Límite Máximo Permisibles para la Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas
Calcio	mg/L	12.7	11.2	11.1	**	**	**	**
Conductividad	uS/cm	150	118	122	**	**	1000	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	-	-	-	4	5	≥ 5	**
pH		6.55	6.76	6.83	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4	6.5 - 9	6.0 - 9.0
Na	mg/L	6.33	5.87	5.55	**	**	**	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	76	59	61	**	**	**	**
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	-	-	-	**	**	≤ 25	50.0000

Fuente: Jara 2013.

De acuerdo a las mediciones de los parámetros fisicoquímicos medidos en campo ninguno excede los estándares nacionales de calidad ambiental ni los límites máximos permisibles. (Tabla 20).

#### 4.4.2 Mercurio y metales totales

El parámetro inorgánico medido fue el mercurio (Hg) cuyos resultados se observan en la (Tabla 21).

Tabla 21

Resultados de las muestras de mercurio en cada uno de los estratos del bofedal hidromórfico altoandino octubre del 2013.

Parámetros	Unidades	Muestras			D. S. N° 015-2015-MINAM		
		PMB E-1	PMB E-2	PMB E-3	Categoría 3 Riego de Vegetales de Tallo Bajo y Alto	Cat. 3 Bebida de Animales	Cat. 4 Conservación del medio Acuático (Ríos-Sierra)
Hg (Total)	mg/L	0.00041	0.00057	0.00065	0.001	0.01	0.0001

Fuente: Jara 2013.

Las concentraciones de mercurio (Hg) excede en todos los puntos de monitoreo los estándares de calidad de agua de acuerdo al D.S. N°015-2015-MINAN. El de menor concentración es el que corresponde al PMB E-1 y el más alto al PMB E-3, correspondientes a los estratos 1 y 3. (Tabla 21).



Tabla 22

Resultados de las muestras de metales totales del bofedal hidromórfico altoandino - laguna Azulcocha noviembre del 2014

Parámetros inorgánicos	Puntos de Monitoreo del Agua			D. S. N° 015-2015-MINAM		D. S. N° 010-2010-MINAM		
	Uñides	PMA-1	PMA-2	PMA-3	Cat. 3 Riego de Vegetales de Tallo Bajo y Tallo Alto	Cat 3 Bebida de Animales	Cat. 4 Conservación del Medio Acuático (Ríos - Costa y Sierra)	Límite Máximo Permisibles para la Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas
Aluminio	mg/L	a < 0.029	a < 0.029	a < 0.029	5	5	**	**
Arsénico	mg/L	a < 0.0012	a < 0.0012	a < 0.0012	0.1	0.2	0.15	0.1000
Berilio	mg/L	a <	0.000079	a < 0.000079	0.1	0.1	**	**
Bario Total	mg/L	0.00145	0-00305	a < 0.00066	0.7	**	0.7	**
Boro	mg/L	a < 0.0053	a < 0.0053	a < 0.0053	1	5	**	**
Cadmio	mg/L	a < 0.00011	a < 0.00011	a < 0.00011	0.01	0.05	0.00025	0.0500
Cobalto	mg/L	0.003785	0.002256	0.001754	0.05	1	**	**
Cobre	mg/L	a < 0.002	a < 0.002	a < 0.002	0.2	0.5	0.1	0.5000
Cromo total	mg/L	a < 0.00039	a < 0.00039	a < 0.00039	0.1	1	**	**
Cromo (6+)	mg/L							**
Cromo VI	mg/L	0.606	0.251	0.224	**	**	0.011	0.5000
Hierro	mg/L	0.0143	0.01193	0.01225	5	**	**	2.0000
Litio	mg/L	5.075	4.606	4.516	**	2.5	**	**
Magnesio	mg/L	0.12816	0.08123	0.07693	0.2	250	**	**
Manganeso	mg/L	a < 0.00041	a < 0.00041	a < 0.00041	0.001	0.2	**	**
Mercurio	mg/L	0.00756	0.0064	0.00567	0.2	0.01	0.0001	0.0020
Níquel	mg/L	a < 0.0024	a < 0.0024	a < 0.0024	**	1	**	**
Plata	mg/L	a < 0.0026	a < 0.0026	a < 0.0026	0.05	**	0.052	**
Plomo	mg/L	a < 0.002	a < 0.002	a < 0.002	0.02	0.05	0.0025	0.2000
Selenio	mg/L	a < 0.002	a < 0.002	a < 0.002	0.02	0.05	0.005	**
Zinc	mg/L	a < 0.0031	a < 0.0031	a < 0.0031	2	24	0.12	1.5000

a < Valor numérico = Límite de detección del método

Fuente: Jara 2013.

De acuerdo a los resultados de las muestras de metales totales del bofedal hidromórfico altoandino el parámetro que excede los estándares de calidad ambiental es el mercurio en la Categoría 4. (Tabla 22).

Tabla 23

**Resultados de metales pesados durante los años 2012-2013-2014 bofedal hidromórfico altoandino - Laguna Azulcocha**

Parámetros Inorgánicos	Unidades	Estrato 1		Estrato 2		Estrato 3		D. S. N° 015-2015-MINAM 22/11/2014	D. S. N° 010-2010-MINAM	Limite Máximo Permisibles para la Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas	
		28/12/2012	11/08/2013	22/11/2014	22/11/2014	28/12/2012	11/08/2013				22/11/2014
		PMA-1 Bocamina Principal	PM-3 efluente laguna Bocamina	PMA-1 poza sedimentación	PMA-2 centro laguna	PM-3 efluente laguna	PM-3 efluente laguna	PMA-3 efluente laguna		Categoría 3 Riego de Vegetales de Tallo Bajo y Tallo Alto	Categoría 4 Conservación del Medio Acuático (Ríos - Costa y Sierra)
Arsénico	mg/L	0.0007	0.0012	0.0012	0.0012	0.0007	0.0012	0.0012	0.1	0.15	0.1000
Cadmio	mg/L	0.002	0.00011	0.00011	0.00011	0.002	0.00011	0.00011	0.01	0.00025	0.0500
Cobre	mg/L	0.00016	0.002	0.002	0.002	0.00016	0.002	0.002	0.2	0.1	0.5000
Cromo	mg/L		0.00064	0.00039	0.00039		0.00064	0.00039	0.1	1	**
Cromo VI	mg/L	0.01				0.01					
Hierro	mg/L	0.818	0.395	0.606	0.251	1.001	0.395	0.224	5	**	2.0000
Mercurio	mg/L	0.008	0.00041	0.00041	0.00041	0.008	0.00041	0.00041	0.001	0.0001	0.0020
Plomo	mg/L	0.0006	0.0060	0.0026	0.0026	0.0006	0.0060	0.0026	0.05	0.0025	0.2000
Zinc	mg/L	0.019	0.0080	0.0031	0.0031	0.087	0.0080	0.0031	2	0.12	1.5000

a < Valor numérico = Límite de detección del método

Fuente: Jara 2013.

Durante los años 2012, 2013 y 2014 se realizaron monitoreos en la zona de estudio, el único elemento que excede los estándares nacionales de calidad ambiental en la categoría 4 es el mercurio. (Tabla 23).

#### 4.4.3 Discusiones objetivo 4

En la zona de estudio se encontró al metal mercurio que en todas las muestras excede los estándares nacionales de calidad ambiental, en su categoría 4 pese a que la Concesión minera “Salvación Cunuyo” de la E. M. COMING SANTIBAÑEZ E. I. R. L.; en los años 2012, 2013 y 2014, se encontraba en la etapa de exploración. La presencia de mercurio se debe a que en la zona de estudio se viene desarrollando minería artesanal por encima de los 5000 m.s.n.m. donde explotan el mineral en condiciones artesanales y por efecto de diferencia de altura las aguas llegan a la concesión minera antes indicada y son el motivo de la presencia de mercurio en la zona.

#### Contraste de la hipótesis

El valor calculado de F es 6.046 entonces este valor se debe ubicar en el siguiente gráfico que representa la región crítica. (Figura 14)

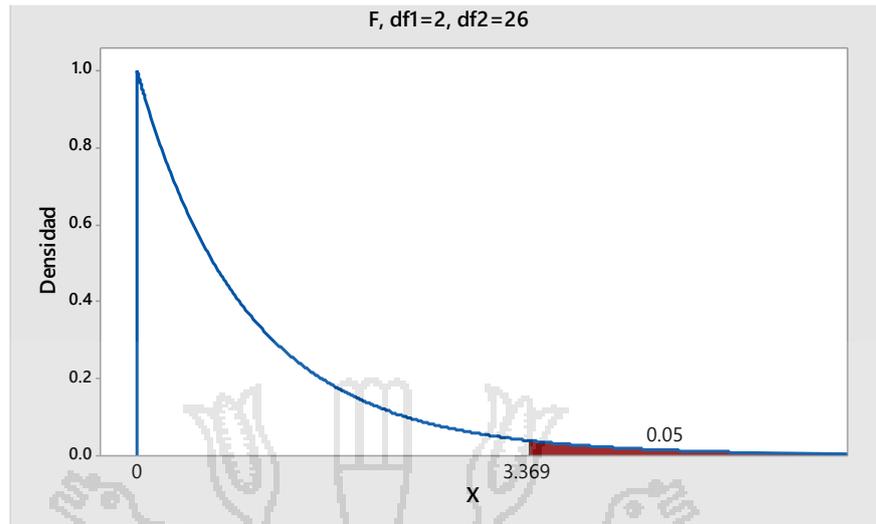


Figura 14. Gráfica de distribución

Fuente: Jara 2013.

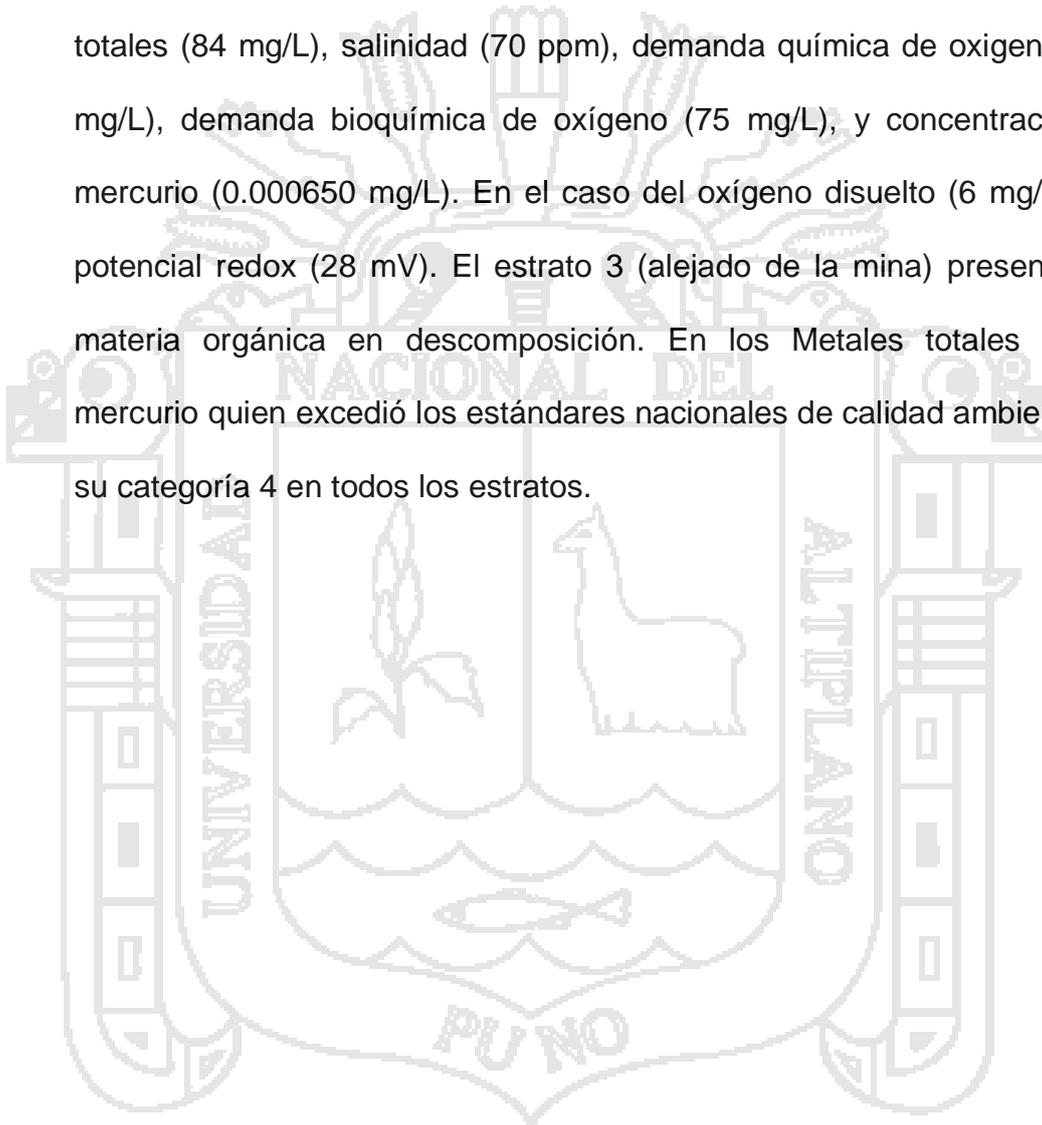
Dado que el valor de F calculado se encuentra en la región de rechazo, por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula es decir que al menos un estrato es diferente en la experimentación. (Figura 14).

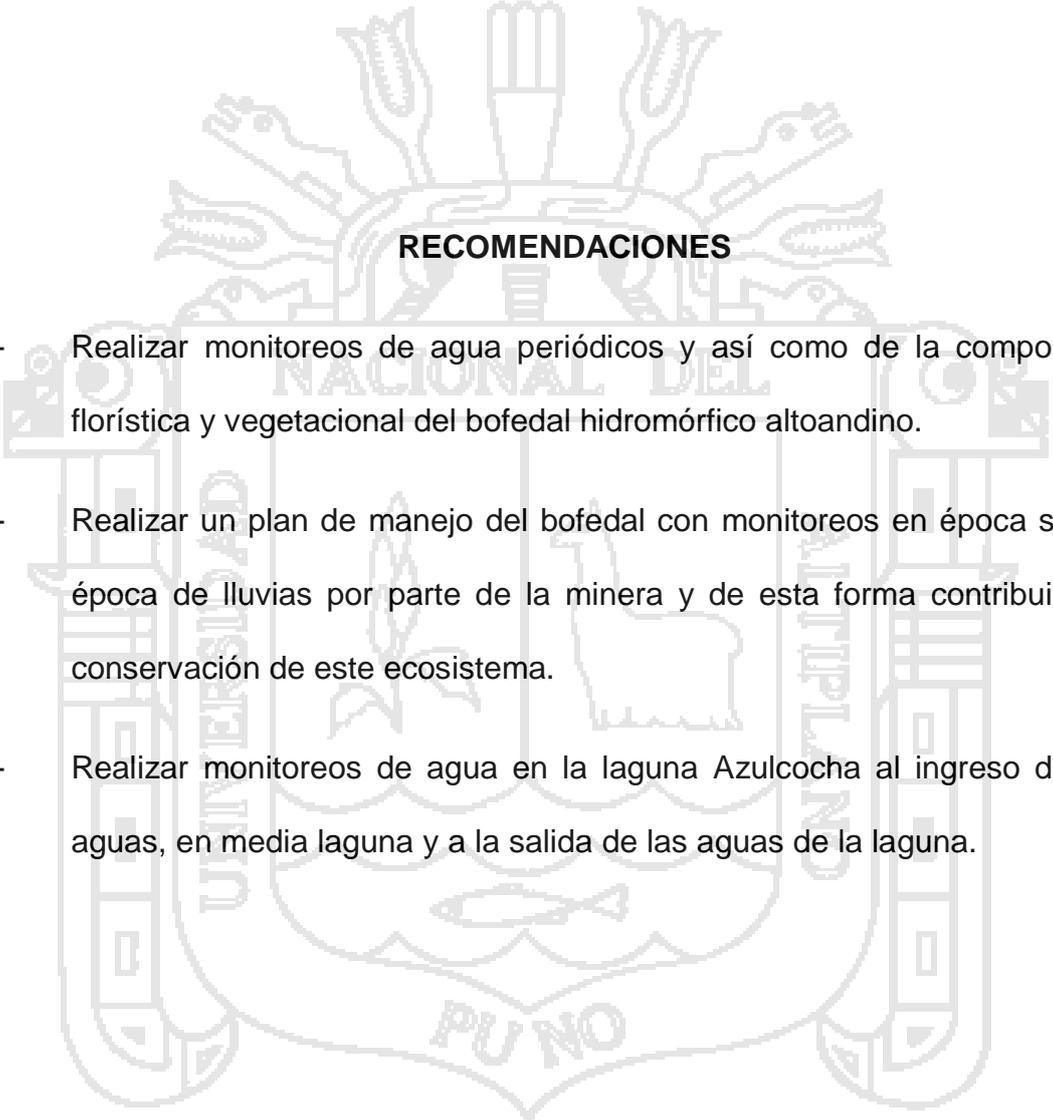
## CONCLUSIONES

- Descripción del hábitat del bofedal, está ubicado en la zona de vida, según Holdridge Tundra Pluvial Alpino Subtropical, entre los 4880 a 4905 m.s.n.m. Presenta suelos Histosoles con alta carga de materia orgánica y el mayor caudal se observó en el estrato 1 (próximo a la mina).
- Respecto a las Características estructurales, abundancia y distribución de la vegetación se halló en el Estrato con mayor influencia de la actividad minera, (estrato 1), la menor cobertura vegetal (42%) la mayor variabilidad (MH 105%) y MS (75%), la menor biomasa MH (173 g/m<sup>2</sup>); MS (260 g/m<sup>2</sup>) menor productividad MH (1836 Kg/ha) y MS (260 Kg/ha), La especie Muy abundante fue la especie *Distichia sp.* en el estrato 1 (Próximo a la mina).
- La biodiversidad más baja se encontró en el estrato 1 (próximo a la mina) que es el estrato que presento mayor influencia de la actividad minera hallando para el índice de Simpson (0.80), lo cual nos indica que existe dominancia de especies, y para el índice de Shannon –Weaver (2.70) lo

que nos dice que existe baja diversidad. El menor número de especies lo presento el estrato 1 (más próximo a la mina) con (15) especies.

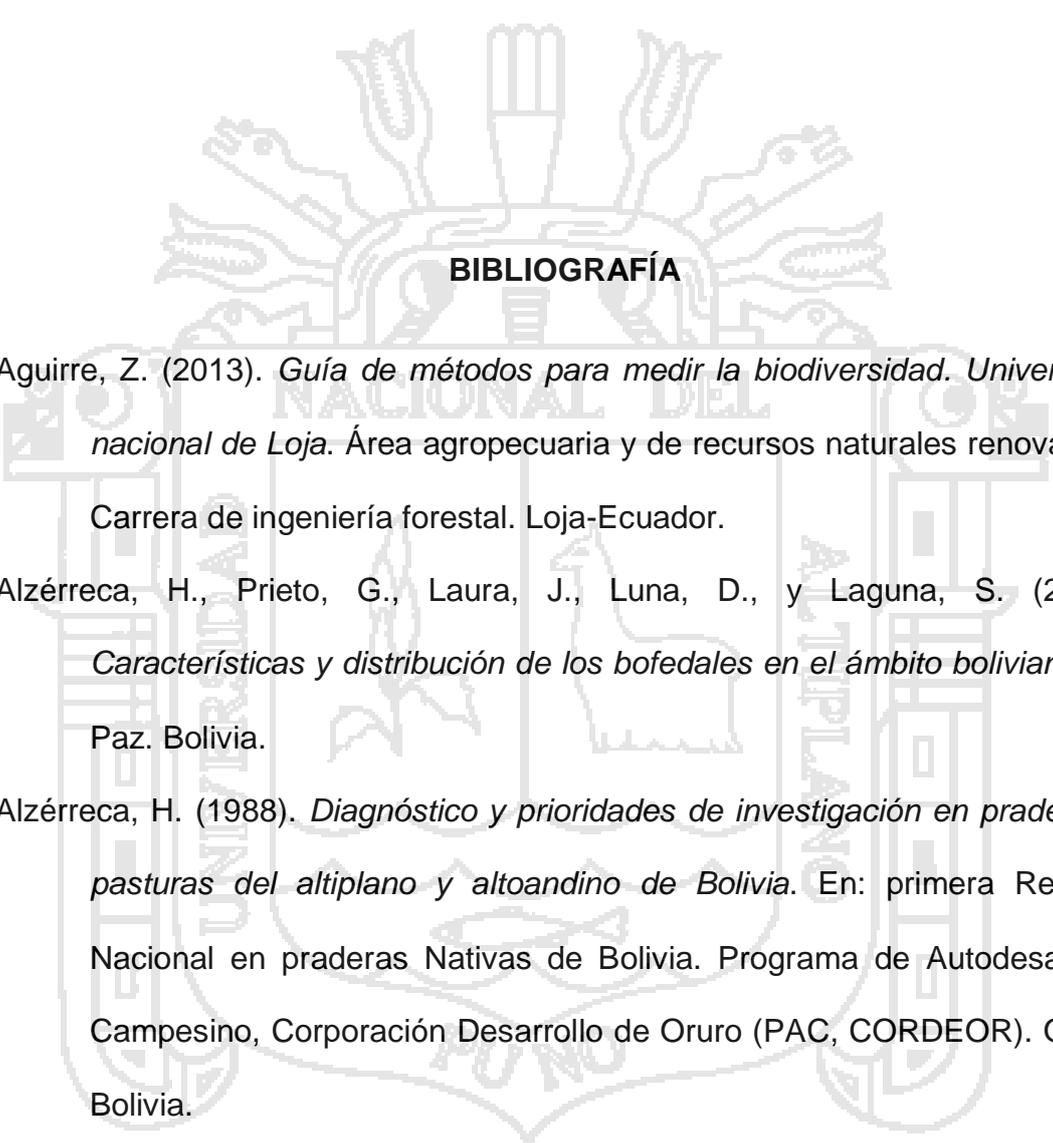
- Parámetros físico químicos y la concentración de mercurio; En el estrato 3 (el más alejado de la influencia de la actividad minera), se encontraron los mayores valores de: conductividad (216.70  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), sólidos disueltos totales (84 mg/L), salinidad (70 ppm), demanda química de oxígeno (120 mg/L), demanda bioquímica de oxígeno (75 mg/L), y concentración de mercurio (0.000650 mg/L). En el caso del oxígeno disuelto (6 mg/L) y el potencial redox (28 mV). El estrato 3 (alejado de la mina) presenta alta materia orgánica en descomposición. En los Metales totales fue El mercurio quien excedió los estándares nacionales de calidad ambiental en su categoría 4 en todos los estratos.





## RECOMENDACIONES

- Realizar monitoreos de agua periódicos y así como de la composición florística y vegetal del bofedal hidromórfico altoandino.
- Realizar un plan de manejo del bofedal con monitoreos en época seca y época de lluvias por parte de la minera y de esta forma contribuir a la conservación de este ecosistema.
- Realizar monitoreos de agua en la laguna Azulcocha al ingreso de sus aguas, en media laguna y a la salida de las aguas de la laguna.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, Z. (2013). *Guía de métodos para medir la biodiversidad. Universidad nacional de Loja. Área agropecuaria y de recursos naturales renovables. Carrera de ingeniería forestal. Loja-Ecuador.*
- Alzérreca, H., Prieto, G., Laura, J., Luna, D., y Laguna, S. (2001). *Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano. La Paz. Bolivia.*
- Alzérreca, H. (1988). *Diagnóstico y prioridades de investigación en praderas y pasturas del altiplano y altoandino de Bolivia.* En: primera Reunión Nacional en praderas Nativas de Bolivia. Programa de Autodesarrollo Campesino, Corporación Desarrollo de Oruro (PAC, CORDEOR). Oruro, Bolivia.
- Aznar, A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Gestión Ambiental vol. 2 (23).*
- Cabezas, E. (2012). *Plan de manejo para la restauración de los humedales del ecosistema páramo de Sachahuayco de la mancomunidad frente sur occidental del Cantón Mocha, provincia de Tungurahua.* (Tesis de

- pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Ecuador.
- Condori, E., y Choquehuanca, D. (2001). *Evaluación de las características y distribución de los bofedales en el ámbito Peruano del Sistema TDPS*. Puno. Perú.
- Coronel, J. (2011). *Bofedales de la cuenca del río suches: caracterización de la fauna acuática, componente florístico e identificación de un área de monitoreo para detectar efectos de la minería aurífera*. Cochabamba Bolivia.
- Coronel, J., De La Barra, N., y Aguilera, X. (2009). Bofedales Altoandinos de Bolivia: Vegetación acuática y factores Ambientales. *Revista Boliviana de ecología y conservación Ambiental* 26: 23-34. Recuperado de <https://drive.google.com/file/d/0B09Btk6VbdMOMDBhODMxYzQtYzg3Ni00ZjJILTk1Y2MtM2MyYWQ2YzVmMzE3/view?ddrp=1&hl=nl#>
- Choque, J., Sotomayor, M., y Miranda, F. (1990). *Evaluación agrostológica y ganadera de unidades familiares alpaqueras de puna seca del altiplano*. Proyecto alpacas. Informe técnico N° 20 Puno-Perú.
- Flores, C. (2001). *Composición florística en bofedales de Puna húmeda y Puna seca del departamento de Puno*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Flores, A. (2005). *Manual de Pastos y Forrajes Altoandinos*. UNALM. ITDJ-OIKOS. Lima, Perú.
- Flores, M. (1991). *Utilización de Pastizales en Avances y Perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.

- Galván, A. (2002). *Condición vegetal y capacidad de carga en tres bofedales del departamento de Puno*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del altiplano, Puno, Perú.
- García, E., López, R., y Valenzuela, E. (1997). *Plan de Manejo de la Reserva Nacional de Fauna Ulla Ulla*. Informe Técnico. Tomo II, Aspectos Biológicos (MDSMA, DNCB, CECI). La Paz, Bolivia.
- Gil, J. (2011). *Bofedal: humedal altoandino de importancia para el desarrollo de la región Cusco*. Cusco. Perú.
- Gómez, J. (1966). Notas sobre la vegetación del Valle de Marca Recuay Ancash. *Biota* 6: 93-123.
- Goyzueta, G., y Trigos, C. (2009). Riesgos de salud pública en el centro poblado minero Artesanal la Rinconada en Puno, Perú. *Rev Peru Med Exp Salud Pública*, 26(1): 41-44. Retrieved from [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342009000100008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342009000100008&script=sci_arttext)
- Halffer, G. (1995). ¿Qué es la biodiversidad? *Butlletí de La Institució Catalana d'Història Natural*, 62: 5-14. Retrieved from <http://www.raco.cat/index.php/ButlletilCHN/article/view/233324>
- Hoffman, D., y Rivera, M. (2010). Bofedales alto andinos y el retroceso de los glaciares en Bolivia, *Tunupa*: 64-7.
- Hurtado, C., y Cruz, C. (2006). Evaluación y soportabilidad de los bofedales de la cuenca del Uchusuma zona altoandina de Tacna. *Ciencia y Desarrollo* 5:103-106.

- Instituto Nacional De Recursos Naturales INRENA, (1995). *Mapa ecológico del Perú Guía explicativa, Impreso en los talleres gráficos de INRENA*, Lima. Perú.
- Lacerda, L., y Fitzgerald, W. (2001). Biogeochemistry of mercury in wetlands. *Wetlands Ecology and Management* 9: 291–293.
- Matteucci, S., y Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Venezuela.
- Miranda, F. (1990). *Evaluación edafoagrostológica de los pastizales del Centro Experimental de Quimsachata - INIA*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del altiplano, Puno, Perú.
- Miranda, F. (1999). *Manejo de Praderas Nativas y Pasturas Cultivadas en el Altiplano de Puno. Illpa*. Puno, Perú.
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *M&T-Manuales y Tesis SEA*, 1, 84. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103709>.
- Navarro, G., y Maldonado, M. (2002). *Geografía ecológica de Bolivia: vegetación y ambientes acuáticos*. Cochabamba, Bolivia: Editorial Centro de ecología Simón I. Patiño-Departamento de difusión.
- Olivares, A. (1988). *Experiencias de investigaciones en Pradera Nativa en un ecosistema frágil, En: Primera Reunión Nacional en praderas Nativas de Bolivia*. Programa de auto desarrollo campesino, Corporación desarrollo de Oruro (PAC, CORDEOR). Oruro, Bolivia.
- Prieto, G., Alzerreca, H., Laura, J., Luna, D., y Laguna, S. (2002). *Características y Distribución de Bofedales en el Ámbito Boliviano del Sistema T.D.P.S*. Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT). La Paz, Bolivia.

- Proyecto PER/98/G-32 (2001). *Conservación de la biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca – desaguadero – poopo – salar de coipasa*. (tdps) [http://www.altperubolivia.org/Web\\_Bio/PROYECTO/Docum\\_peru/21.11.pdf](http://www.altperubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/Docum_peru/21.11.pdf)
- Quispe, J. (2004). *Evaluación agrostológica y productiva de bofedales en condiciones de Puna húmeda en Ñuñoa*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del altiplano, Puno, Perú.
- Ruthsatz, B. (2012). Vegetation and ecology of the high Andean peatlands of Bolivia. *Germany Phytocoenologia*, 42 (3 – 4), 133 – 179.
- Salvador, F., Moneris, J., y Rochefort, L. (2014). Peatlands of the Peruvian Puna ecoregion: types, characteristics and disturbance. *Mires and Peat*, 15 (03), 1–17. Recuperado de [Http: //www.mires-and-peat.net/](http://www.mires-and-peat.net/), International Mire Conservation Group and International Peat Society.
- Sarmiento, F. (1974). *Diccionario de ecología. Paisajes conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica*. Quito. Ecuador. <http://www.jmcprl.net/PUBLICACIONES/F25/DICECOLOGIA.pdf>
- Sepúlveda, L., Agudelo, L., y Arengas, A. (2006). El mercurio, sus implicaciones en la salud y en el ambiente, (1), 1-9. Recuperado a partir de [http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/Lunazul4\\_8.pdf](http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/Lunazul4_8.pdf).
- Sotomayor, M. (1990). *Tecnología campesina en el pastoreo Altoandino*. Proyecto Alpacas (INIAA-CORPUNO-COTESU/IC). Puno. Perú.
- Siguayro, R. (2008). *Evaluación agrostológica y capacidad receptiva estacional en bofedales de puna seca y puna húmeda*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del altiplano, Puno, Perú.

- Squeo, F., Warner, B., Aravena, R., y Espinoza, D. (2006). Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 245-255.
- Tapia, M., y Flores, J. (1984). *Pastos y Pastizales de los Andes del Sur del Perú*. Ediciones Ana María. Lima, Perú.
- Texto De La Convención Ramsar (1971). Director oficina de normas internacionales y asuntos legales Organización de las naciones unidas para la educación la ciencia y la cultura UNESCO.
- Thorntwaite, W. (1948). An approach toward a rational classification de climate. Reprinted from the geographical. *Review* 38:55-94.
- Vargas, G. (1992). *Estructura dinámica estacional de la vegetación en bofedal, tolar y pajonal "Iru Ichu" en el ecosistema de Puna seca*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Vila, I. (2002). Sistemas intertropicales de altura: Humedales altiplánicos. *Sitio argentino de producción animal*. 7:63-72.



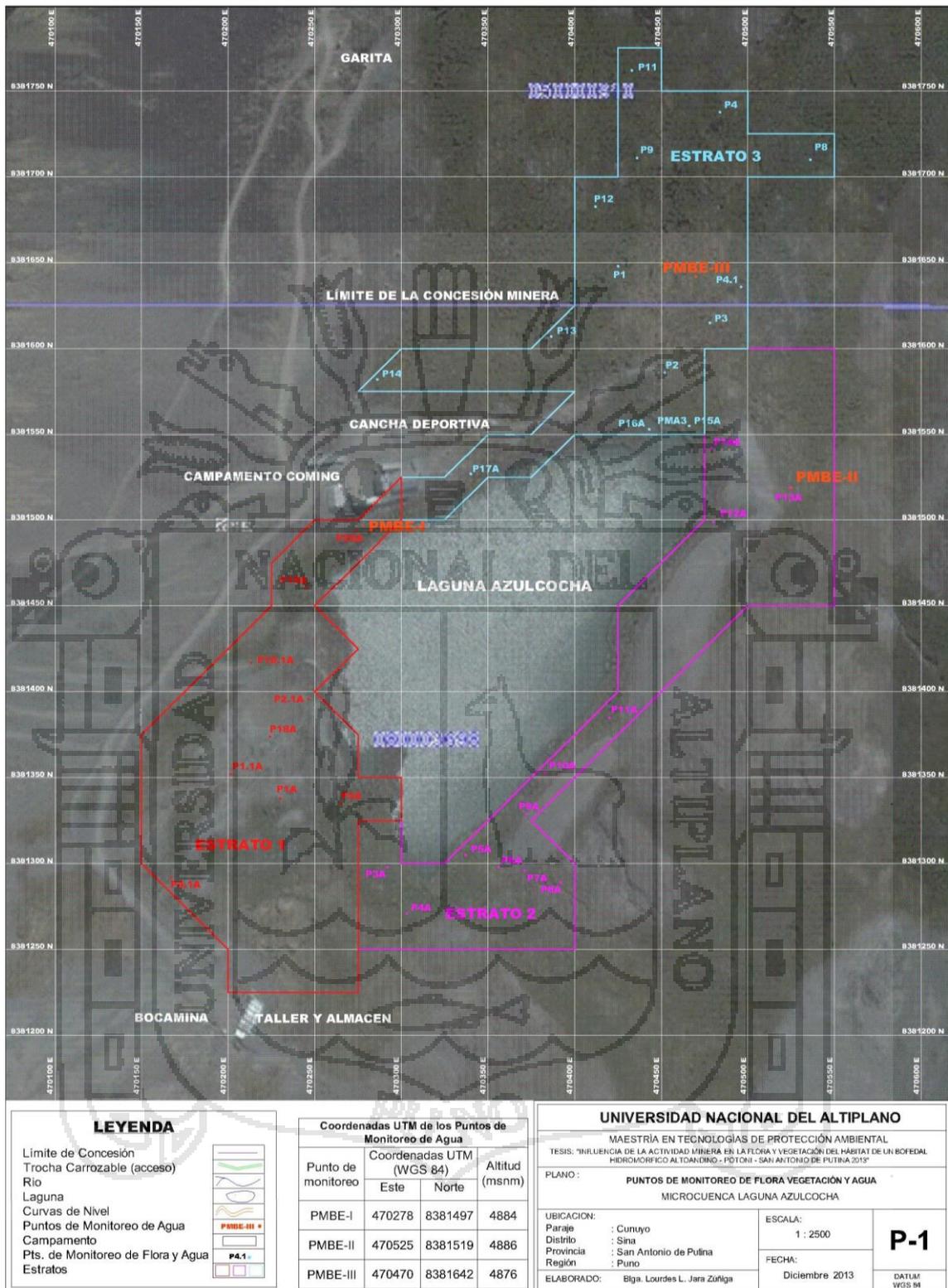
**Anexo 1. Ubicación de la zona de estudio**





**Anexo 2. Puntos de Monitoreo de Flora Vegetación y Agua**





**Anexo 3.** Mapa Ecológico del Perú





Anexo 4. Diagrama Bioclimático del Holdridge





**Anexo 5. Datos Meteorológicos**

PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL (2003 -2013) ESTACIÓN ANANEA 4660  
m.s.n.m.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Promedio Total Anual
Promedio mensual mm. (2003-2013)	141	96	85	41	9	4	7	9	20	51	62	107	632
Año 2013	178	90	70	13	5	4	7	17	11	78	77	80	629

PROMEDIO DE HUMEDAD RELATIVA (2013) ESTACIÓN ANANEA 4660 m.s.n.m.

Año	Meses del año												Promedio Total
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
Promedio mensual	86	87	87	85	79	76	80	80	81	83	84	86	82.8

PROMEDIO DE HUMEDAD RELATIVA (2003 -2013) ESTACIÓN ANANEA 4660 m.s.n.m.

Año	Meses del año												Promedio
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
2013	86	90	87	89	89	88	89	88	84	87	89	88	88.5

PROMEDIO DE LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C AÑOS 2003-2013 ESTACION ANANEA

Años 2003-2013	Meses del Año												Promedio total
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
Promedio mensual	4,48	4,56	4,58	4,68	4,52	3,70	3,47	3,67	3,76	4,46	4,89	4,61	4,28

PROMEDIO DE LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C AÑOS 2013 ESTACION ANANEA

Año	Meses del Año												Promedio
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
2013	4,20	4,50	5,10	4,50	4,50	3,20	2,90	3,20	4,01	4,70	5,45	4,61	4,24

Anexo 6. Resultados de Laboratorio



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE – 050**



Laboratorios Analíticos del Sur

Registro N° LE-050

**INFORME DE ENSAYO LAS-13-04210**

Pág.: 1/4

**Hoja de datos**

Señores: Cooperativa Minera Nevados de Cunuyo Ltda.  
 Dirección: KM. 5 C. C. POTONI SAN ANTONIO DE PUTINA - SINA PUNO  
 Atención: Ing. Leoncio Escobar Velazco  
 Proyecto: Proyecto Minero Nevados de Cunuyo  
 Nro. de muestras: 2  
 Muestreo a cargo de(l): Blgo. Lourdes L. Jara Zúñiga  
 Registro de muestreo: N° 159-13  
 Fecha de recepción: 14/08/2013  
 Fecha de ensayo: 14/08/2013  
 Fecha de emisión: 17/08/2013  
 Condiciones de recepción de la muestra: CONSERVADO EN COULER  
 Observaciones: Muestras Puntuales

**Método de ensayo aplicado**

- 802 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -AES, Revisión 4.4.(MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)
- 800 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -AES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)
- 796 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -AES, Revisión 4.4. Arsenico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)

Cód. int. #	Nombre de muestra	Matriz de la muestra	Lugar de muestreo	Punto de muestreo y/o coordenadas Coordenadas UTM Este / Norte	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
AG13000483	Punto de monitoreo de agua -01 Laguna Temporal	Agua Natural - Superficial - Agua de Laguna / lago	Paraje Cunuyo/Sina/San Antonio de Putina/Puno	E:469881 N:8381275	11/08/13	08:30 a.m.
AG13000484	Punto de monitoreo de agua -02 Salida Laguna Azul cocha	Agua Natural - Superficial - Agua de Laguna / lago	Paraje Cunuyo/Sina/San Antonio de Putina/Puno	E:470653 N:8381940	11/08/13	04:30 p.m.

*(Signature)*  
 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
**Sixto Vicente Juárez Neira**  
 Gerente General  
 Químico CIP 19474

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
 Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE - 050**



Laboratorios Analíticos del Sur

Registro N° LE-050

**INFORME DE ENSAYO LAS-13-04210**

Hoja de resultados

17/08/2013

Pág.: 2/4

MT=metales totales

Código Interno #	Nombre de Muestra	802 Ag MT mg/L	802 Al MT mg/L	796 As mg/L	802 B MT mg/L	802 Ba MT mg/L	802 Be MT mg/L	802 Ca MT mg/L	802 Cd MT mg/L	802 Co MT mg/L	802 Cr MT mg/L	802 Cu MT mg/L
AG13000483	Punto de monitoreo de agua -01 Laguna Temporal	<0,0024	1,70	<0,0012	<0,0053	0,01630	0,000440	23,8	<0,00011	0,053840	<0,00039	0,0115
AG13000484	Punto de monitoreo de agua -02 Salida Laguna Azulcocha	<0,0024	0,119	<0,0012	<0,0054	0,00290	<0,000079	10,3	<0,00011	0,002120	0,00064	<0,002

*Seamie*  
 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
 Sixto Vicente Juárez Neira  
 Gerente General  
 Ing Químico CIP 19474



"a <Valor numérico" = Limite de detección del método, "b <Valor Numérico" = Limite de cuantificación del método.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
 Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE - 050



Laboratorios Analíticos del Sur

Registro N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS-13-04210

Hoja de resultados

17/08/2013

Pág.: 3/4

MT=metales totales

Código Interno #	Nombre de Muestra	802 Fe MT mg/L	800 Hg MT mg/L	802 K MT mg/L	802 Li MT mg/L	802 Mg MT mg/L	802 Mn MT mg/L	802 Mo MT mg/L	802 Na MT mg/L	802 Ni MT mg/L	802 P MT mg/L	802 Pb MT mg/L
AG13000483	Punto de monitoreo de agua -01 Laguna Temporal	0,113	*<0,00041	0,714	0,00350	1,704	0,13151	*<0,00038	2,12	0,07901	0,1241	0,0092
AG13000484	Punto de monitoreo de agua -02 Salida Laguna Azulcocha	0,395	*<0,00041	0,357	0,01090	4,630	0,07119	0,00077	6,68	0,00705	0,0055	0,0060

*Sixto*  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Ing Químico CIP 19474



\*a <Valor numérico\* = Límite de detección del método, \*b<Valor Numérico\* = Límite de cuantificación del método.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE – 050



Registro N° LE-050

Laboratorios Analíticos del Sur

INFORME DE ENSAYO LAS-13-04210

Hoja de resultados

17/08/2013

Pág.: 4/4

MT=metales totales

Código Interno #	Nombre de Muestra	802 Sb MT mg/L	802 Se MT mg/L	802 SiO <sub>2</sub> MT mg/L	802 Sn MT mg/L	802 Sr MT mg/L	802 Ti MT mg/L	802 Tl MT mg/L	802 V MT mg/L	802 Zn MT mg/L
AG13000483	Punto de monitoreo de agua -01 Laguna Temporal	a<0,00049	a<0,002	6,525	a<0,00085	0,0673	0,00153	a<0,0013	a<0,00014	0,1015
AG13000484	Punto de monitoreo de agua -02 Salida Laguna Azulcocha	0,00209	a<0,002	11,84	a<0,00085	0,0544	0,00240	a<0,0013	0,00023	0,0080

*Sixto Juárez Neira*  
 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
 Sixto Juárez Neira  
 Gerente General  
 In: Químico CIP 19474



"a < Valor numérico" = Limite de detección del método, "b < Valor Numérico" = Limite de cuantificación del método.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Rio Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
 Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE – 050**



Laboratorios Analíticos del Sur

Registro N° LE-050

**INFORME DE ENSAYO LAS-13-05588**

Pág: 1/2

**Hoja de datos**

Señores: Lourdes Liliana Jara Zuñiga  
 Dirección: Jr. El Lago 293 Juliaca  
 Atención: Lourdes Liliana Jara Zuñiga  
 Proyecto: -----  
 Nro de muestras: 3  
 Muestreo a cargo de(l): Lourdes Liliana Jara Zuñiga  
 Registro de muestreo: N°198-13  
 Fecha de recepción: 14/10/2013  
 Fecha de ensayo: 14/10/2013  
 Fecha de emisión: 24/10/2013  
 Condiciones de recepción de la muestra: Conservadas en cooler isotermico  
 Observaciones :

**Método de ensayo aplicado**

800 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-AES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)  
 \*860 Método de Ensayo para determinación de DQO en agua

Cod Int. #	Nombre de muestra	Matriz de la muestra	Lugar de muestreo	Punto de muestreo y/o coordenadas UTM Este / Norte	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
AG1300618	Punto de Monitoreo Biológico E-1	Agua Natural - Superficial - Agua de Laguna / lago	Cunuyo / Sina / San Antonio de Putina / Puno	470483/8381864	11/10/13	08:45 a.m.
AG1300619	Punto de Monitoreo Biológico E-2	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	Cunuyo / Sina / San Antonio de Putina / Puno	470730/8381886	11/10/13	11:10 a.m.
AG1300620	Punto de Monitoreo Biológico E-3	Agua Natural - Superficial - Agua de Laguna / lago	Cunuyo / Sina / San Antonio de Putina / Puno	470675/8382009	11/10/13	12:30 p.m.

*Sixto Vicente Juárez Neira*  
 Laboratorios Analíticos del Sur  
 Gerente General  
 Ing. Químico CIP 19474

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
 Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE – 050**

Laboratorios Analíticos del Sur



Registro N° LE-050

**INFORME DE ENSAYO LAS-13-05588**

Hoja de resultados

24/10/2013

Pág.: 2/2

MT=metales totales

Código Interno #	Nombre de Muestra	800 Hg MT mg/L	*860 DQO mgO <sup>2</sup> /L
AG1300618	Punto de Monitoreo Biológico E-1	0,00041	40
AG1300619	Punto de Monitoreo Biológico E-2	0,00057	72
AG1300620	Punto de Monitoreo Biológico E-3	0,00065	120

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
**Sixto Vicente Juárez Neira**  
 Gerente General  
 Ing Químico CIP 19474

(\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Rio Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
 Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE – 050



Laboratorios Analíticos del Sur

Registro N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS-14-06282

Pág: 1/4

Hoja de datos

Señores: Leoncio Escobar Velazco  
 Dirección: Jr. Capitan Morante 301- Puno  
 Atención: Leoncio Escobar Velazco  
 Proyecto: Maestría en Tecnologías De Protección Ambiental  
 Nro de muestras: 3  
 Toma de muestra realizado por: Cliente: Ing. Leoncio Escobar Velazco  
 Registro de muestreo: 308-14  
 Fecha de recepción: 25/11/2014  
 Fecha de ensayo: 25/11/2014  
 Fecha de emisión: 29/11/2014  
 Condiciones de recepción de la muestra: MUESTRA DEBIDAMENTE PRESERVADAS TEMPERATURA AMBIENTE  
 Observaciones: 0

Metodo de ensayo aplicado

- 796 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)
- 800 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)
- 802 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)

Cod Int. #	Nombre de muestra	Matriz de la muestra	Lugar de muestreo	Punto de muestreo y/o coordenadas UTM Este / Norte	Fecha de inicio de muestreo	Hora de inicio de muestreo
AG140000781	Punto de monitoreo de agua -1	Agua Residual - Agua Residual Industrial	Paraje Cunuyo/Sina/San Antonio de Putina/Puno	470421 -E . 8381741- N	22/11/14	07:00 a.m.
AG140000782	Punto de monitoreo de agua -2	Agua Natural - Superficial - Agua de Laguna / lago	Paraje Cunuyo/Sina/San Antonio de Putina/Puno	470558 -E . 8381903 - N	22/11/14	08:00 a.m.
AG140000783	Punto de monitoreo de agua -3	Agua Natural - Superficial - Agua de Laguna / lago	Paraje Cunuyo/Sina/San Antonio de Putina/Puno	470652 -E . 8381941 - N	22/11/14	09:00 a.m.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 PUNO  
 Facultad de Ingeniería  
 Escuela General  
 Ing. Químico GIP 12174

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA.

<sup>a</sup><Valor numérico> = Límite de detección del método, <sup>b</sup><Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Rio Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
 Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE – 050



Laboratorios Analíticos del Sur

Registro N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS-14-06282

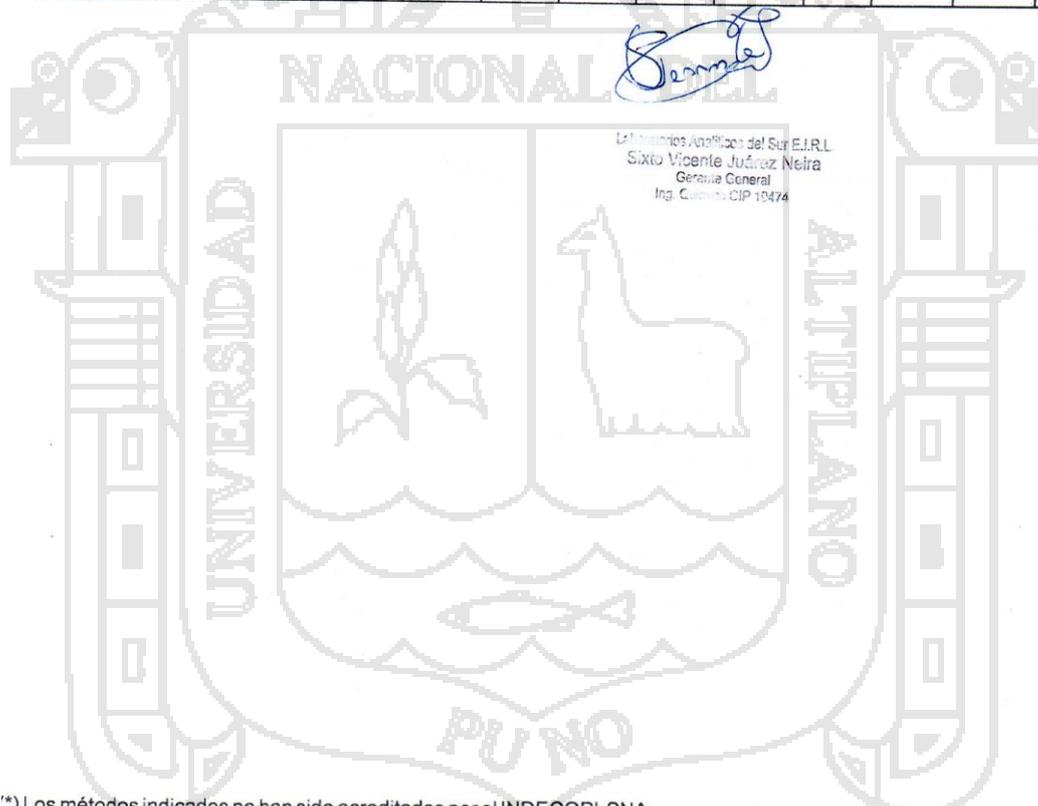
Hoja de resultados

29/11/2014

Pág.: 2/4

MT=metales totales

Codigo Interno #	Nombre de Muestra	802 Ag MT mg/L	802 Al MT mg/L	796 As MT mg/L	802 B MT mg/L	802 Ba MT mg/L	802 Be MT mg/L	802 Ca MT mg/L	802 Cd MT mg/L	802 Co MT mg/L	802 Cr MT mg/L
AG140000781	Punto de monitoreo de agua -1	<0,0024	<0,029	<0,0012	<0,0053	0,00145	<0,000079	12,7	<0,00011	0,003785	<0,00039
AG140000782	Punto de monitoreo de agua -2	<0,0024	<0,029	<0,0012	<0,0053	0,00305	<0,000079	11,2	<0,00011	0,002256	<0,00039
AG140000783	Punto de monitoreo de agua -3	<0,0024	<0,029	<0,0012	<0,0053	<0,00066	<0,000079	11,1	<0,00011	0,001754	<0,00039



*Serrano*

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Ciencias CIP 19474

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA.  
 <Valor numérico = Límite de detección del método, <sup>o</sup> <Valor Numérico = Límite de cuantificación del método.  
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
 Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE – 050



Laboratorios Analíticos del Sur

Registro N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS-14-06282

Hoja de resultados

29/11/2014

Pág.: 3/4

MT=metales totales

Código Interno #	Nombre de Muestra	802 Cu MT mg/L	802 Fe MT mg/L	800 Hg MT mg/L	802 K MT mg/L	802 Li MT mg/L	802 Mg MT mg/L	802 Mn MT mg/L	802 Mo MT mg/L	802 Na MT mg/L	802 Ni MT mg/L	802 P MT mg/L
AG140000781	Punto de monitoreo de agua -1	<0,002	0,606	<0,00041	0,123	0,01430	5,075	0,12816	0,00096	6,33	0,00756	0,0093
AG140000782	Punto de monitoreo de agua -2	<0,002	0,251	<0,00041	0,152	0,01193	4,606	0,08123	0,00121	5,87	0,00640	0,0098
AG140000783	Punto de monitoreo de agua -3	<0,002	0,224	<0,00041	0,110	0,01225	4,516	0,07693	<0,00038	5,55	0,00567	<0,0054



*[Handwritten signature]*  
 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
 Sixto Vicente Juárez Ivorra  
 Gerente General  
 Telf: 054 443294

\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA.  
 \*<Valor numérico> = Límite de detección del método, \*b<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.  
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
 Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE – 050



Registro N° LE-050

Laboratorios Analíticos del Sur

INFORME DE ENSAYO LAS-14-06282

Hoja de resultados

29/11/2014

Pág.: 4/4

MT=metales totales

Código Interno #	Nombre de Muestra	802 Pb MT mg/L	802 Sb MT mg/L	802 Se MT mg/L	802 SiO <sub>2</sub> MT mg/L	802 Sn MT mg/L	802 Sr MT mg/L	802 Ti MT mg/L	802 Tl MT mg/L	802 V MT mg/L	802 Zn MT mg/L
AG140000781	Punto de monitoreo de agua -1	<0,0026	0,00582	<0,002	14,11	<0,00085	0,0639	0,00171	<0,0013	<0,00014	<0,0031
AG140000782	Punto de monitoreo de agua -2	<0,0026	0,00561	<0,002	12,04	<0,00085	0,0557	0,00181	<0,0013	<0,00014	<0,0031
AG140000783	Punto de monitoreo de agua -3	<0,0026	0,00509	<0,002	11,77	<0,00085	0,0548	<0,00068	<0,0013	<0,00014	<0,0031



*[Handwritten signature]*

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Nolla  
Gerente General  
Inscripción N° 1274

\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA.  
 <Valor numérico> = Límite de detección del método, \*<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.  
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad y la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
 teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com



Universidad Nacional del Altiplano - Puno

Oficina Universitaria de Investigación  
Megalaboratorio de Investigación Ambiental-Suelos y Aguas  
Microscopia Electrónica de Barrido Rayos X



**INFORME DE ANÁLISIS N° 209-NOV13**

**ASUNTO ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO: AGUA DE LAGUNA (BOFEDAL)**

PROCEDENCIA : Procedencia San Antonio de Putina- Provincia Sandia -Puno  
 LUGAR : Distrito SINA Comunidad Campesina Potoni – Sector Cunuyo  
 INTERESADO : Blga. Lourdes Liliana, JARA ZUÑIGA  
 MOTIVO : Análisis físico químico agua de laguna (Bofedal)  
 MUESTREO : 14/11/13  
 ANÁLISIS : 15/11/13  
 MUESTRA TOMADA : Por el interesado y ha sido recepcionada en laboratorio en un frasco de vidrio de un 1L

**RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO**

Parámetros	Concentración			Unidad de medida
	PMB-E1	PMB-E2	PMB-E3	
Temperatura	15.5	15.5	15.5	°C
pH	7.57	7.35	7.48	[H]
Eh (potencial Redox)	55	46	28	mV
Conductividad Eléctrica	110.9	31.7	151.2	µS/cm
Sólidos disueltos totales	70	20	100.0	ppm
Salinidad	50	10	70	ppm
DBO <sub>5</sub>	15	45	75	mg/L

PMB-E1: San Antonio de Putina – Distrito SINA Comunidad Campesina Potoni – Sector Cunuyo  
 PMB-E2: San Antonio de Putina – Distrito SINA Comunidad Campesina Potoni – Sector Cunuyo  
 PMB-E3: San Antonio de Putina – Distrito SINA Comunidad Campesina Potoni – Sector Cunuyo

**Nota:** Los resultados obtenidos de la muestra son validados con las NTP y Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater 14th edition -1975 -20th edition -2005 APHA-AWWA—WPCF.

Puno, 04 diciembre de 2013



**Dr. M.J. Aranibar**  
 Jefe del Megalaboratorio  
 UNAP

Ciudad Universitaria – Apartado: 291, Teléfono y Fax: 051-364519



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE – 050**



Laboratorios Analíticos del Sur

Registro N° LE-050

**INFORME DE ENSAYO LAS-13-00151**

**Hoja de datos**

Pág: 1/3

Señores: COMING SANTIBAÑEZ EIRL  
 Dirección: JR. PROGRESO 736 URB. 28 DE JULIO - SAN ROMAN - JULIACA- PUNO  
 Atención: Ing. Zenón Quispe Arpasi  
 Proyecto: El Asd. "Planta Concentradora Azulcocha"

Producto(s) Declarado(s):  
 Nro de muestras: 3  
 Muestreo a cargo de(l): Ing. Zenón Quispe Arpasi  
 Registro de muestreo: H.C.C.N° 130-12  
 Fecha de recepción: 31/12/2012  
 Fecha de ensayo: 31/12/2012  
 Fecha de emisión: 09/01/2013  
 Condiciones de recepción de la muestra: Temp. Ambiente  
 Observaciones :

**Metodo de ensayo aplicado**

- 802 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -AES, Revisión 4.4.(METODO DE ENSAYO ACREDITADO)
- \*827 Método de Ensayo para Cromo VI fotometría en agua
- \*820 ASTM D 2036 - 06 Método de ensayo estándar para Cianuro total fotometría
- \*846 Método de Ensayo para sólidos suspendidos en agua
- \*858 Método de Ensayo para aceites y grasas en agua por extracción

Cod Int. #	Nombre de muestra	Lugar de muestreo	Punto de muestreo y/o coordenadas Coordenadas UTM Este / Norte	Fecha de muestreo
AG12000752	Punto de monitoreo de agua 1	Paraje Cunuyo / Sina/San antonio de Putina/Puno	Bocamina Principal	28/12/12
AG12000754	Punto de monitoreo de agua 2	Paraje Cunuyo / Sina/San antonio de Putina/Puno	Efluyente Riachuelo	28/12/12
AG12000753	Punto de monitoreo de agua 3	Paraje Cunuyo / Sina/San antonio de Putina/Puno	Salida de la laguna Azulcocha	28/12/12

*Sixto Vicente Juárez Meira*  
 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
 Gerente General  
 Ing Químico CIP 19874

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE – 050**



Laboratorios Analíticos del Sur

Registro N° LE-050

**INFORME DE ENSAYO LAS-13-00151**

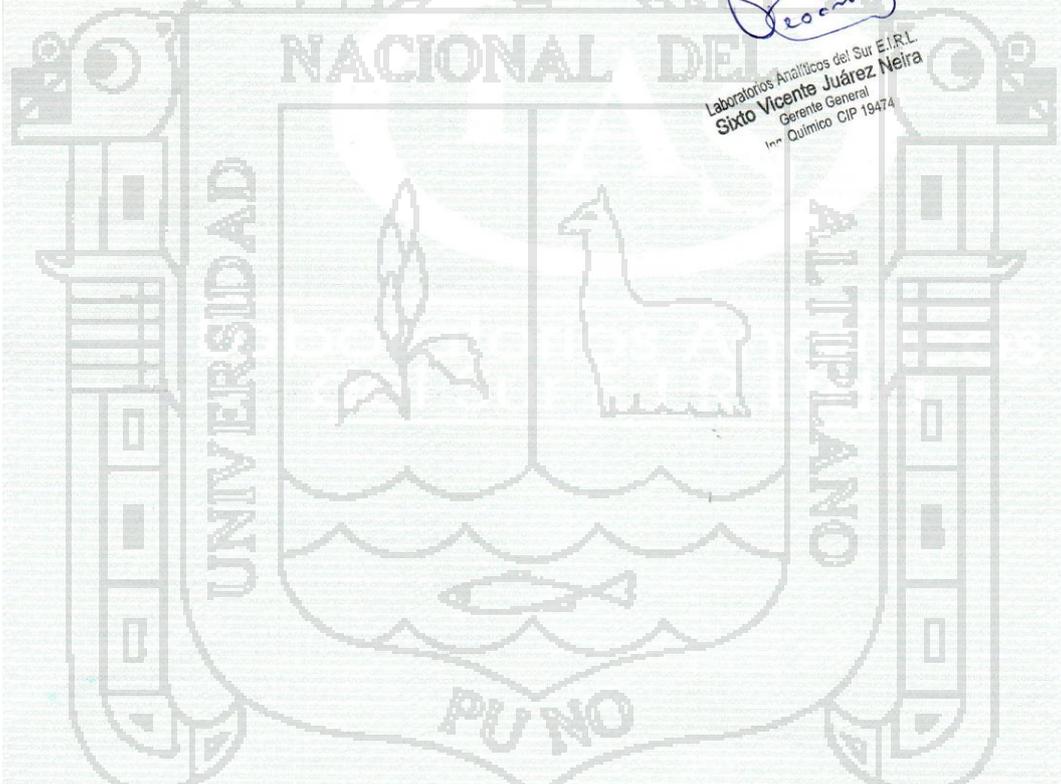
Hoja de resultados

Pág: 2/3

MT= Metales Totales

Código Interno #	Nombre de Muestra	Metodología	802	802	802	802	802	802	802
			As mg/L	Cd mg/L	Cu mg/L	Fe mg/L	Hg mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L
AG12000752	Punto de monitore de agua 1	MT	0.0007	0.002	*<0.00016	0.818	0.008	*<0.0006	0.019
AG12000754	Punto de monitore de agua 2	MT	0.0013	0.010	*<0.00016	0.406	0.009	*<0.0006	0.024
AG12000753	Punto de monitore de agua 3	MT	*<0.0006	0.000	*<0.00016	1.001	0.008	*<0.0006	0.087

*Sixto*  
 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
**Sixto Vicente Juárez Neira**  
 Gerente General  
 Ing. Químico CIP 19474



El resultado: "\*<Valor Numérico", significa, que se encuentra por debajo del límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de c. de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Rio Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
 Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE – 050



Registro N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS-13-00151

Hoja de resultados

Pág: 3/3

Código Interno #	Nombre de Muestra	827 Cr VI mg/L	820 CN Total mg/L	846 Solidos Suspendidos mg/L	858 Grasas mg/L
AG12000752	Punto de monitore de agua 1	< 0.01	<0.005	10	0.620
AG12000754	Punto de monitore de agua 2	< 0.01	<0.005	12	0.390
AG12000753	Punto de monitore de agua 3	< 0.01	<0.005	14	0.680

*Sixto*  
 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
**Sixto Vicente Juárez Neira**  
 Gerente General  
 Inq. Químico CIP 19474



El resultado:\*\*\*<Valor Numérico", significa, que se encuentra por debajo del límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
 Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

**Anexo 7. Puntos de monitoreo de flora y vegetación**

Estratos	Puntos de monitoreo	Coordenadas UTM DATUM WGS 84	
		Este (m)	Norte (m)
1	P4.1A	470167.00	8381292.00
	P1A	470230.00	8381338.00
	P2A	470265.00	8381335.00
	P1.1A	470201.00	8381352.00
	P18A	470224.00	8381374.00
	P2.1A	470246.00	8381396.00
	P18.1A	470213.00	8381417.00
	P19A	470245.00	8381461.00
2	P20A	470274.00	8381494.00
	P3A	470292.00	8381298.00
	P4A	470303.00	8381271.00
	P5A	470337.00	8381305.00
	P8A	470239.00	8381289.00
	P9A	470372.00	8381329.00
	P10A	470383.00	8381353.00
	P11A	470420.00	8381385.00
3	P12A	470480.00	8381499.00
	P13A	470524.00	8381519.00
	P14A	470479.00	8381542.00
	P17A	470340.00	8381527.00
	P16A	470443.00	8381553.00
	P2	470452.00	8381586.00
	P13	470386.00	8381607.00
	P3	470778.00	838615.00
	P4.1	470496.00	8381636.00
	P1	470435.00	8381648.00
P12	470412.00	8381682.00	
P8	470536.00	8381710.00	
P9	470436.00	8381711.00	

**Anexo 8. Panel fotográfico**

**ESTRATO 1**



Fotografía 1. Punto de muestreo en el área de bocamina



Fotografía 2. Presencia de Camélidos Sudamericano en el área de muestreo



Fotografía 3. Poza de sedimentación en el Estrato 1



Fotografía 4. Efluente de la Bocamina hacia la poza de sedimentación



Fotografía 5. Muestreo de biomasa en el Estrato 1



Fotografía 6. Cuadrante de 25 cm x 25 cm



Fotografía 7. Efluente de poza de sedimentación



Fotografía 8. Vista entre el campamento y Laguna Azulcocha



Fotografía 9. Cuadrante muestreo de biomasa (*Distichia sp.*)

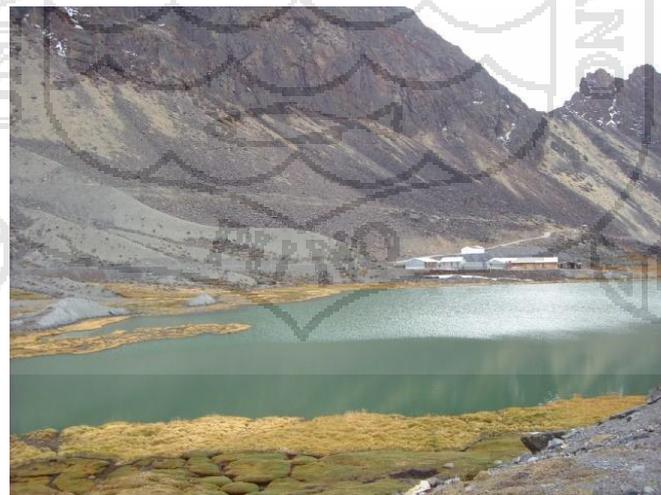


Fotografía 10. Cuadrante muestreo de biomasa (*Poa sp.*)



Fotografía 11. Muestras de agua del Estrato1

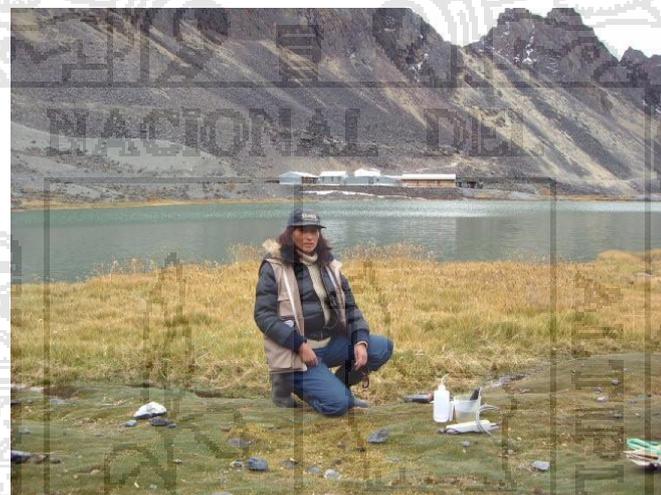
**ESTRATO 2**



Fotografía 12. Vista Campamento y Laguna Azulcocha



Fotografía 13. Vista panorámica Laguna Azulcocha



Fotografía 14. Lectura de los parámetros fisicoquímicos en el Estrato 2



Fotografía 15. Tesista tomando datos con Multiparámetro en el Estrato 2



Fotografía 16. Lectura de los parámetros fisicoquímicos con Multiparámetro en el Estrato 2



Fotografía 17. Identificación de la cobertura vegetal en el Estrato 2  
**ESTRATO 3**



Fotografía 18. Vista Campamento y Estrato 3



Fotografía 19. Muestreo de flora en el Estrato 3



Fotografía 20. Ubicación de los puntos de monitoreo cobertura vegetal



Fotografía 21. Determinación del peso de la materia húmeda