

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA INGENIERÍA AGRONOMICA**



**TESIS DE GRADO**

**“CARACTERIZACIÓN MORFOLOGÍA FÍSICO QUÍMICO Y  
BACTERIOLÓGICA DE LOS BOFEDALES DEL MUNICIPIO DE  
HUARINA”**

**IRINEO QUENTA LAURA**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2019**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

**“CARACTERIZACIÓN MORFOLOGÍA FÍSICO QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICA  
DE LOS BOFEDALES DEL MUNICIPIO DE HUARINA.”**

*Tesis de Grado presentado como requisito  
parcial para optar el título de  
Ingeniero Agrónomo*

**IRINEO QUENTA LAURA**

**ASESORES:**

Lic. M.Sc. Edgar García Cárdenas

Ing. Oswaldo Poma Aranda

**TRIBUNAL:**

Ing. M.Sc. Isidro Callizaya Mamani

Ing. M.Sc. Paulino Ruiz Huanca

Ing. M.Sc. Fanny Arragan Tancara

**Aprobada**

Presidente Tribunal Examinador



---

---

---

---

---

---

---

## DEDICATORIA

- ✓ A Dios creador supremo: a quien le doy gracias por guiar mis pasos permitiéndome llegar a la culminación de cada uno de los objetivos trazados en mi vida.
  
- ✓ A mi padre: José Quenta Leiva, así como a mi madre Laura Cachi, quien ha sido un apoyo grande para culminar mi carrera y por haberme inculcado como principios, la responsabilidad y honestidad, ante los compromisos con cariño, sacrificio y comprensión, consolidando mi formación profesional cumpliendo así mis aspiraciones de superación.
  
- ✓ A mis hijos: Neyda Quenta Pacheco, Beymar Quenta Pacheco y Cyntia Quenta Lobo, quienes estuvieron conmigo en los momentos más difíciles de mi vida, y me dieron su apoyo moral en todo momento para llegar a la conclusión de este trabajo.

## INDICE GENERAL

1.INTRODUCCION.....	1
2.REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Antecedentes de Bofedales.....	4
2.2 Definición de bofedales .....	4
2.3 Importancia de los bofedales.....	7
2.4 Tipos de bofedales.....	7
2.5 Características hídricas de los bofedales.....	10
2.6 Importancia y función de los bofedales .....	11
2.6.1 Hidrológica .....	12
2.6.2 Sociocultural.....	12
2.6.3 Ecológica.....	12
2.6.4 Económico.....	13
2.6.5 Geopolítico .....	13
2.6.6 Importancia Hidrológica .....	13
2.7 Morfología de los bofedales.....	14
2.7.1 Bofedales permanentemente húmedos o hidromórficos.....	14
2.7.2 Economía Campesina.....	15
2.7.3 Clasificación de bofedales de acuerdo a su origen .....	15
2.8 De acuerdo a la posición fisiográfica.....	16
2.8.1 Por el tamaño del bofedal.....	16
2.8.2 Por la abundancia de agua que presentan.....	16
2.8.3 Vegetación en los bofedales.....	17
2.8.4 Presencia de Fauna .....	18
2.9 Calidad de agua.....	19
2.9.1 Parámetros Físicos del agua .....	19
2.9.2 Parámetros Químicos .....	21
2.9.3 Metales tóxicos .....	26
2.9.4 Arsénico .....	26
2.9.5 Nivel freático en bofedales.....	27
2.9.6 Índice de vegetación .....	28
2.10 Normas combinadas y directrices para evaluar la calidad del agua .....	29
2.10.1 Directrices de la FAO sobre calidad del agua para el riego.....	29
2.10.2 Normas para evaluar la calidad del agua .....	29
2.10.3 Distribución de la fasciolosis en el Altiplano.....	31
2.10.4 Ciclo biológico de la fasciola.....	32
2.10.5 Hospedero intermediario.....	32
2.10.6 Bacteriológica.....	33

3.MATERIALES Y METODOS .....	35
3.1 Localización .....	35
3.2 Características de la Zona de Estudio .....	36
3.2.1 Clima .....	36
3.3 Materiales.....	37
3.3.1 Material biológico y laboratorio .....	37
3.3.2 Materiales de Campo.....	37
3.3.3 Materiales de Gabinete.....	37
3.4 Metodología .....	38
3.4.1 Identificación de Humedales.....	38
3.4.2 Trabajo del campo .....	38
3.4.3 Recopilación de la información primaria.....	38
3.4.4 Procesamiento y análisis de la información. ....	39
3.4.5 Procesamiento de imágenes satelital.....	39
3.4.6 Toma de puntos de control con GPS Garming.....	39
3.4.7 Análisis físico químico de agua.....	39
3.4.8 Determinación de la superficie de los bofedales .....	40
3.4.9 Metodología para recolección de la muestra de agua. ....	40
3.4.10 Calibraciones del valorador Digital .....	43
3.4.11 Análisis de las muestras. ....	43
3.4.12 Diseño de muestreo .....	46
4 RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	46
4.1 Resultados .....	46
4.1.1 Identificación de Bofedales .....	46
4.2 Superficie de los bofedales.....	49
4.3 Volumen de Agua de los bofedales.....	49
4.4 Características físicas y Química de los bofedales.....	49
4.4.1 Características físicas del agua de bofedales del municipio de Huarina.....	49
4.4.2 Análisis bacteriológico de agua .....	56
4.4.3 Análisis de laboratorio de Coliformes fecales.....	58
4.4.4 Análisis de la presencia de caracoles.....	60
4.4.5 Análisis de correlación de las Características Físico Química del bofedal.....	63
5.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	66
5.1 Conclusiones .....	66
5.2 Recomendaciones .....	67
6.BIBLIOGRAFIA.....	68

## Índice de cuadros

Cuadro 1 Plantas que componen los bofelas.....	18
Cuadro 2 Descripción de la fauna dentro de los bofedales .....	19
Cuadro 3 Conductividad Eléctrica a 25 C en diferentes tipos de agua.....	21
Cuadro 4 Calidad del agua para uso potable con respecto al índice WQI .....	31
Cuadro 5 Clasificación para la contaminación bacteriana según el nivel de riesgo.....	35
Cuadro 6 Método para el análisis físico químico.....	42
Cuadro 7 Hidróxido de Amonio.....	44
Cuadro 8 Volumen de la muestra, dígitos de multiplicador y el dióxido de carbono .....	45
Cuadro 9 Volumen de muestra, dígitos de multiplicador y el carbonato de calcio esperado (mg/l) .....	46
Cuadro 10 Puntos de referencia de bofedas en el Municipio de Huarina.....	47
Cuadro 11 Promedios de Ph de los bofedales de estudio .....	51
Cuadro 12 Promedios de Conductividad Eléctrica de los bofedales de estudio .....	51
Cuadro 13 Distribución de análisis de sólidos disueltos totales (SDT).....	53
Cuadro 14 Resultados de laboratorio de características químicas.....	54
Cuadro 15 Resultados de Laboratorio de características químicas de la Escherichia Coli.....	58
Cuadro 16 Presencia de Caracoles de Limnaea Época Seca.....	60
Cuadro 17 Presencia de Caracoles de Limnaea Época Humeda .....	60
Cuadro 18 Análisis de Correlación de las características Físico Químicas del bofedal de Estudio .....	64

## Índice de figuras

Figura 1 Datos mensuales de temperatura C y Humedad Relativa % (Municipio Huarina)	36
Figura 2 Representación del Área de estudio Municipio de Huarina	37
Figura 3 Ubicación de Bofedales en el municipio de Huarina	48
Figura 4 Características de la superficie y Volumen de agua en los Bofedales	49
Figura 5 Temperatura Media en los Bofedales en la Zona de Estudio	50
Figura 6 Distribución de Ph en los Bofedales en la Zona de estudio	52
Figura 7 Puntos de muestra de Análisis Bacteriológico del agua en las Comunidades	57
Figura 8 Distribuciones de la Escherichia Coli en diferentes Comunidades del Municipio de Huarina	59
Figura 9 Distribución de la Limnaea en Época Seca en las Comunidades de Huarina	61
Figura 10 Distribución de la Limnaea en Época Humeda en las Comunidades de Huarina	62

## RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo durante la época húmeda de los años 2017 - 2018 en las comunidades de municipio de Huarina de la Provincia Omasuyos del departamento de La Paz, realizando la caracterización morfológica, física, química y bacteriológica de los bofedales que se encuentran en diferentes comunidades que tiene el municipio. Los objetivos de la presente tesis fueron: Identificar los bofedales existentes en el municipio de Huarina. Determinar las características morfológicas, físicas, químicas y bacteriológicas de los bofedales identificados. Realizar el análisis físico químico bacteriológico del agua colectada de los bofedales. Determinar la población del caracol *lymnaea truncatula* hospedero intermediario de la fasciola hepática y bacteriológica en los bofedales del municipio de Huarina. Correlacionar los factores físicos, químicos, bacteriológicos y *lymnaea*. Los bofedales estudiados en las comunidades del municipio de huarina cuenta con bofedales naturales de pastoreo para la crianza de ganado vacuno, ovinos y otros animales del lugar. El método utilizado en esta investigación combina diversas fuentes de información, logrando una visión comprensiva sobre la situación actual y permitiendo aportar los distintos antecedentes que sirven como propuesta de manejo de los bofedales. Por otra parte, se llevó muestras al laboratorio para su análisis, de los cuales los resultados obtenidos son; superficie de 2402,12 ha, y el agua tiene un volumen de 9235,73 m<sup>3</sup>, con Ph de 7,78, conductividad 247,83uS, en cuanto a las características químicas se tiene gran variabilidad de datos en las 10 comunidades de estudio, los bofedales de la comunidad Apuvillque tiene gran porcentaje de bacterias, la presencia de caracoles en época seca y húmeda la comunidad Villacollo tiene mayor porcentaje, en la correlación entre (conductividad–salinidad), (conductividad – calcio), (salinidad – calcio), (magnesio – sodio), (conductividad – cloruros), (salinidad – cloruros), (potasio – cloruros) todas las correlaciones son positivas a un nivel de significancia del 1% a medida que aumenta variable independiente aumenta la variable dependiente, la correlación negativa, (temperatura del agua – óxidos disueltos) a medida que aumenta la temperatura del agua disminuye los óxidos disueltos.



## ABSTRACT

The present work was carried out during the wet season of the years 2017 - 2018 in the communities of the municipality of Huarina of the Omasuyos Province of the department of La Paz, carrying out the morphological, physical, chemical and bacteriological characterization of the wetlands that are found in different communities that the municipality has. The objectives of this thesis were: Identify the existing wetlands in the municipality of Huarina. Determine the morphological, physical, chemical and bacteriological characteristics of the identified wetlands. Carry out the physical chemical bacteriological analysis of the water collected from the wetlands. To determine the population of the snail *lymnaea truncatula* intermediate host of the hepatic and bacteriological fluke in the wetlands of the municipality of Huarina. Correlate physical, chemical, bacteriological and *lymnaea*. The wetlands studied in the communities of the municipality of Huarina have natural grazing wetlands for raising cattle, sheep and other local animals. The method used in this research combines various sources of information, achieving a comprehensive view of the current situation and allowing to provide the different antecedents that serve as a proposal for management of the wetlands. On the other hand, samples were taken to the laboratory for analysis, of which the results obtained are; surface area of 2402.12 ha, and the water has a volume of 9235.73 m<sup>3</sup>, with a Ph of 7.78, conductivity 247.83uS, in terms of chemical characteristics there is great variability of data in the 10 study communities, the wetlands of the Apuvill community that have a large percentage of bacteria,

## 1. INTRODUCCION

Los bofedales son praderas nativas muy importantes de la región del Altiplano boliviano, se establecen en un ambiente edáfico, principalmente orgánico. Se caracteriza por una condición hídrica de saturación permanente, presentando una gran diversidad biológica respecto de su entorno. Estos humedales son zonas de forraje y abrevadero de valiosas especies como; vicuña, llama y alpaca, entre los más importantes. El tipo de vegetación está asociado directamente con las condiciones hídricas y el contenido salino de suelos y aguas. Cada sector presenta una cobertura vegetal dominante en función de la salinidad y condiciones particulares de tipo de suelo y el tiempo de formación de los mismos. Los bofedales constituyen las principales fuentes de forraje para el ganado del altiplano boliviano y se consideran de inmensa importancia social y económica para los productores de ganado, "...son hábitats naturales húmedos, con agua permanente, alimentados de diferentes fuentes como manantiales, agua de deshielo, ríos, en mayor proporción son alimentados por la lluvia..." (Alzérreca, et al., 2001, p. 11)

Los bofedales o jok'os (nombre aymara) son un tipo particular de humedales de turbera, característicos de la zona alto andina y puneña dentro de los Andes subtropicales y tropicales, situados a una "elevación de 3.200-5.000 m" (Estenssoro 1991, p. 12; Squeo et al. 2006, p. 20). Se caracterizan por estar "formados por plantas en forma de cojines abombados a planos" (Ostria 1987, Estenssoro 1991). En la Cordillera Real (Bolivia), los cojines están representados principalmente por "Distichia muscoides y Oxychloe andina, mientras que Distichia filamentosa, Plantago tubulosa y Phylloscirpus deserticola pueden ser dominantes sólo localmente" (Meneses, 2012, p.15). Hacia el sur de los Andes Centrales, se puede encontrar "Distichia muscoides pero dominan Oxychloe. Andina y Patosia clandestina" (Squeo et al., 2006, p.14; Ruthsatz, 2012, p. 24).

En medio de esta matriz de vegetación emergen y/o atraviesan cuerpos de agua (pozas y arroyos) "Los bofedales además pueden almacenar Carbono orgánico"(Segnini et al., 2010, p. 21) y tienen la capacidad de regular las emisiones de CO<sub>2</sub> a través del secuestro de carbono atmosférico" (Buytaert et al., 2011, p. 43).

En términos socioeconómicos, los bofedales son importantes porque proveen forraje rico en proteínas y nutrientes, muy apetecido por los camélidos sudamericanos domesticados “llamas, alpacas” (Pacheco, 1998, p.13). Todas estas plantas tienen características de palatabilidad para los animales alto andino porque poseen fibra, proteínas, vitaminas y minerales para su desarrollo en los animales.

Los bofedales de Bolivia y Argentina presentan baja precipitación, ambas reciben aguas con contenido de sales, algunas especies con iguales géneros; de éstas el agua es un factor limitante y tienen en común características salinas y/o alcalinas.

La salinidad restringe la disponibilidad de agua y exige especies tolerantes ya que la producción decrece linealmente a partir de cierto umbral de salinidad. La sucesiva acumulación de sales por el aporte de las aguas al mallín se puede remover durante los períodos de abundancia de agua, cuando la evapotranspiración es baja, siempre que el suelo tenga capacidad de drenaje. Las aguas sódicas tienen su efecto sobre suelo en la dispersión de las arcillas y destrucción de la estructura del suelo debido a la presencia de sodio en forma de hidróxido con tendencia a cambiar a carbonato. El pH es superior a 8,5. Frecuentemente, se reconoce esta agua por manchas negras (alcalinonegros) producto de la dispersión de la materia orgánicas (Fiorio, 1996, p. 20).

Según HIGA, T. (1993), los diferentes tipos de microorganismos eficaces presentes toman sustancias orgánicas y sustancias generadas por otros organismos, basado en ellas su funcionamiento y desarrollo. Durante su desarrollo los Microorganismos Eficientes sintetizan aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, Hormonas y otras sustancias bioactivas benéficas para los animales. En los bofedales también se observó bacterias de la especie *Escherichia Coli* es un elemento transmisor que a través de la bebida, baños y alimentos puede incorporar al ser humano aquellos gérmenes patógenos procedentes de la vía intestinal. Las heces contienen una variedad de microorganismos y formas de resistencia que son un riesgo para la salud de los animales y personas. Los parámetros bacteriológicos de los grupos de coliformes, *Escherichia Coli* y *Salmonella* son indicadores de contaminación fecal.

El presente estudio constituye una fase inicial de estudio sobre la caracterización de factores física, química y bacteriológica y sus influencias en el hospedero de la fasciola hepática que son los caracoles del género *Lymnaea* y la correlación existente entre estos factores en el municipio de Huarina.

El presente estudio constituye una fase inicial de estudio sobre la caracterización de factores física, química y bacteriológica y su influencia en el hospedero de la fasciola hepática que son los caracoles del género *Lymnaea* y la correlación existente entre estos factores en el municipio de Huarina.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Caracterizar morfología física, química y bacteriológica de los bofedales del Municipio de Huarina.

### **Objetivo específico**

- Identificar los bofedales existentes en el municipio de Huarina
- Determinar las características morfológicas físico químico y bacteriológico de los bofedales identificados.
- Realizar análisis físico químico bacteriológico del agua colectada de los bofedales.
- Determinar la población del caracol *lymnaea truncatula* hospedero intermediario de la fasciola hepática y bacteriológica en los bofedales del municipio de Huarina.
- Correlacionar los factores físicos, químicos, bacteriológicos y *lymnaea*

## **HIPÓTESIS**

- La característica morfológica física química y bacteriológico municipio de Huarina NO cumple con los parámetros establecidos.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Antecedentes de Bofedales

La Convención Ramsar (1966), establece que, en general, los humedales alto andinos (bofedales), son sistemas intermedios entre ambientes permanentemente inundados y ambientes normalmente secos, que muestran una enorme diversidad de acuerdo con su origen, localización geográfica, régimen acuático y químico, vegetación dominante y características del suelo. Puede existir una variación considerable en un mismo humedal y entre humedales diferentes próximos unos a otros, formando no sólo ecosistemas distintos, sino paisajes totalmente diferentes. "...Esta es la causa de la difícil tarea de clasificar los humedales y de definir sus límites con precisión" (Kalin – Arroyo et al., 1997, p.65).

En el altiplano boliviano se pueden encontrar bofedales, vegas y lagos. Un sitio Ramsar de relevancia es el lago Titicaca. Según Sosa, la biodiversidad del lago Titicaca es bastante amplia en cuanto a la flora se tiene *Schoenoplectus californicus* (totora), *Myriophyllum* (Llachu). La fauna está representada por *Anas geórgica* (pato maicero), *Anas flavirostris* (pato barcino), *Oxyura ferruginea* (patorana de pico ancho), *Chloephaga melanoptera* (Cauquén), *Phoenicoparrus andinus* (flamenco), *Ardea alba* (garza blanco), *Telmatobius culeus* (rana gigante), *Orestias agassizii* (carachi negro).

### 2.2 Definición de bofedales

En el altiplano boliviano se pueden encontrar bofedales, vegas y lagos. Un sitio Ramsar de relevancia es el lago Titicaca. Según Sosa, la biodiversidad del lago Titicaca es bastante amplia en cuanto a la flora se tiene *Schoenoplectus californicus* (totora), *Myriophyllum* (Llachu). La fauna está representada por *Anas geórgica* (pato maicero), *Anas flavirostris* (pato barcino), *Oxyura ferruginea* (pato rana de pico ancho), *Chloephaga melanoptera* (Cauquén), *Phoenicoparrus andinus* (flamenco), *Ardea alba* (garza blanco), *Telmatobius culeus* (rana gigante), *Orestias agassizii* (carachi negro).

Los bofedales llamados también turberas, vegas andinas, oqhonales, cenegales, humedales alto andinos y otros, son un tipo de pradera nativa 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 generalmente continuo” (Alzérreca, 1988, p. 33). Según CIPCA, (1998). define a bofedal como un tipo de pradera nativa limitado a suelos húmedos, que generalmente están ubicados en vertientes y bordes de riachuelos. Flórez M, A. (1991) señala que, bofedal es un ecosistema donde se desarrollan especies vegetales, animales y otros en altas condiciones de humedad.

Los bofedales llamados también “turberas”, “vegas andinas”, “oconales”, “cenegales”, “humedales” y otros, son un tipo de pradera nativa 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 generalmente. Los bofedales son llamados cenécales según Seibert (1993), tienen agua permanentemente y están ubicados en fondos de valles influenciados por los deshielos glaciares. Por su parte, Flores (1984) “señala que el bofedal es un pantano artificial con un nivel constante de agua que facilita el desarrollo de plantas propias de ambientes húmedos.”

Por su parte, Olivares (1988) define al bofedal como “una formación pratense siempre verde, que se desarrolla en fondos de quebradas o en valles sobre suelos de turba alcalina que presenta niveles altos de agua subterránea y escurrimientos superficiales permanentes”. El mismo autor, indica que el bofedal presenta un perfil constituido por una masa fibrosa de plantas herbáceas vivas y en distintos estados de descomposición. Por las condiciones de clima, la descomposición de la materia orgánica es lenta; la profundidad del perfil turbosa varía entre algunos decímetros a varios metros. La turba se asocia a material mineral, generalmente ceniza volcánica

y presenta cierta estratificación de tipo aluvio-coluvial. "...El bofedal se mantiene permanentemente saturado y es alimentado por vertientes que aportan sales solubles continuo" (Alzérreca, 1988, p.43). Las turberas son humedales de altura que, debido a las características del suelo del páramo (baja temperatura, alta acidez, escaso oxígeno y bajo contenido de nutrientes) y, obviamente, a la presencia de agua, "la materia orgánica se descompone muy lentamente, formándose una acumulación comúnmente conocida como turba..." (Murillo y Jufosky, 2001, p. 32).

Por lo tanto, ésta se caracteriza por tener un alto contenido de carbono compactado, ser de material esponjoso y ligero, de color café muy oscuro a negro. Generalmente, se la utiliza como combustible al ser secada, material de construcción de las viviendas del páramo o para la obtención de abonos orgánicos. "...Las turberas se parecen a pantanos o Ciénegas, sin embargo, se diferencian porque estos últimos se asientan sobre suelos mayormente inorgánicos..." (Ramsar, 2004, p. 23).

Un bofedal es un humedal de altura, ecosistema presente en zonas agroecológicas de puna seca. Es decir, de alturas mayores a los 4000 msnm "Es considerado una pradera nativa poco extensa con humedad y agua permanente, vegetación siempre verde y de elevado potencial productivo" (Alzérreca, 2001, p.5).

Manifiesta que hay tres parámetros básicos que ayudan a identificar un humedal: el suelo, la hidrología y la vegetación. El suelo se compone primordialmente de sedimentos anaeróbicos y dependen del nivel de inundación y saturación del agua. "La hidrología es esencial y varía en tiempo y en espacio, dependiendo de la precipitación proximidad a fuentes de agua. La vegetación es quizás el indicador más utilizado, para caracterizar un humedal." (Bautista, 2002, p. 54).

Los bofedales son praderas permanentemente húmedas suelos hidromorfos, poco drenados con pastos y hierbas suculentas y de potencial productivo elevado. "...Su composición botánica varía según la altitud, cantidad, calidad y persistencia del agua." (Alzérreca, 1986, p. 21).

## 2.3 Importancia de los bofedales

La importancia de este ecosistema radica en que posee vegetación durante todo el año por lo cual, los bofedales son muy aprovechados por las comunidades campesinas de la zona ya que se constituyen en la base de la ganadería de camélidos sudamericanos como las "...alpacas, vicuñas y llamas" (Autoridad Autónoma del Sistema Hídrico del T.D.P.S., 2001, p.55).

En los bofedales se desarrolla una diversidad de especies vegetales y animales que hacen posible el sostenimiento de la vida humana en estos parajes y que, de no existir, sería probable que muchos de los ciclos de vida que se dan en ellos, serían reemplazados "por la soledad de inmensas extensiones de tierra, improductivas y despobladas..." (Medio ambiente en defensa de los bofedales, 1995, p.34).

## 2.4 Tipos de bofedales

Alzérreca (1988) indica: que los bofedales se diferencian en función de la altura de su ubicación, calidad, cantidad y permanencia del agua que los riega. (p. 23) Así, los bofedales se ubican en el Altoandino semihúmedo, Altiplano semihúmedo, Altiplano semiárido y Alto andino semiárido y árido.

Parque Nacional Sajama Quintana (1996) clasificó dos tipos de bofedales:1) los Altoandinos y 2) los Salinos de llanura y valles. (p.7) Los primeros están ubicados en valles glaciares a una altura que oscila entre los 4700 y 5000 m, se localizan en las faldas del nevado Sajama y riveras de las lagunas ubicadas al Noroeste del Parque. Los suelos son ricos en materia orgánica en descomposición (histosoles), pendientes que varían entre 0 a 3%. Son pastoreados por vicuñas, alpacas y llamas. La cobertura vegetal está representada por *Oxychloe andina*, *Distichia muscoides* y *Calamagrostisrigescens*, estas suman un total de 75% de cobertura relativa, mientras otras especies como *Calamagrostis jamessi*, *Calamagrostis ovata*, *Calamagrostis chrysantha*(sora) y *Hypochoeris sp.* Suman una cobertura relativa de 16%.

Los bofedales salinos de llanuras y valles, se encuentran en planicies de inundación de la llanura de pie de monte, ocupando el norte y oeste. La altitud varía entre 3900 y 4300 m, el relieve es plano con pendientes desde 1 a 3%. Los suelos son húmicos



con presencia de materia orgánica en descomposición. Durante el período de lluvias estas se inundan temporalmente, por tanto, son utilizadas para pastoreo extensivo durante el período de estiaje. La vegetación alcanza una cobertura entre 80 a 90%, 10 a 20% son charcos de agua donde predominan hierbas. La composición florística está dada por macollos de *Calamagrostis ovata* y *Calamagrostis rigescens*. Distribuidos en cojines en un estrato inferior se tiene a *Distichia muscoides* (cachu paco) y *Oxychloe andina* (orko paco). En algunos sectores se tiene en forma dispersa a *Werneria pygmaea*, *Perezia spp.*, *Hypochoeris spp.* Castilleja pumila.

En bordes de los charcos de agua se hallan *Polipogon interruptus*, *Mimulus glabratus*, *Perezia sp.* y *Zanichellia andina*. Buttolph (1998) a los bofedales de la localidad de Cosapa (provincia Sajama, Oruro) los clasifica en tres clases en función de la abundancia del agua: 1) bofedales de mayor humedad, 2) bofedales de humedad intermedia y 3) bofedales de menor humedad. Los primeros se caracterizan por permanecer permanentemente inundados por ello presentan dominancia de *Distichia muscoides* y *Oxychloe andina*; los segundos a menudo son áreas salinizadas que reciben suficiente agua durante gran parte del año, y están dominados por *Werneria pygmaea*, *Plantago tubulosa*, *Juncus stipulatus* y *Puccinellia oresigena*; y los últimos reciben humedad semipermanente hacia intermitente, razón por la cual durante el invierno pueden estar secos, las especies dominantes son *Calamagrostis curvula*, *Distichlis humilis* y *Carex sp.* (p.14)

En un estudio agrostológico hecho por Luna (1994) en la comunidad de Aguas Calientes de la Provincia Pacajes de La Paz, los bofedales fueron clasificados en dos subtipos: 1) bofedales údicos y 2) bofedales ústicos diferenciados por las especies dominantes y la humedad del suelo. (p.15) Los údicos se ubican en áreas con humedad permanente con presencia de las especies suculentas *Distichia muscoides* (k'achu paco paco) y *Oxychloe andina* (ork'o paco paco). Mientras los ústicos se ubican en las áreas adyacentes de los údicos y presentan un período seco durante el año, en tanto, las especies peculiares son la *Festuca dolichophylla* (chillihua), *Carex sp.* y *Calamagrostis curvula* (pork'e).

Otra información de clasificación es dada por Loza et al. (2000) para bofedales ubicados entre 4000 y 4500 m de altitud, ellos encontraron tres tipos de bofedales: 1) los bofedales estacionales, 2) los bofedales siempre húmedos y 3) los bofedales con riego artificial. Estas áreas son pastoreadas generalmente todo el año por las alpacas y las especies vegetales más consumidas son *Deyeuxiacurvula* (pork'e), *Distichia muscoides* (kachu paco), *Hypochoeris taraxacoides* (sik'i), *Plantagotubulosa* (sik'i), *Deyeuxia rigescens* (chillk'a), *Eleocharis albibracteata* (kemallu), *Scirpus aff. deserticola* (cabeza de fósforo), *Lilaeopsis andina* (kuchisitu, lima), *Festuca sp.* (chillihua), *Werneria pygmaea* (ovejati), etc.

Pacheco (1998) indica la existencia de 3 tipos de bofedales: 1) bofedal con agua permanente, altamente productivo y de rápida recuperación; 2) bofedal temporal que se seca temporalmente; y 3) bofedal tipo halófilo con agua salada temporal.

Por otro lado, González y Sotomayor (1992) indican la existencia de 2 tipos de bofedales según la pendiente o posición geográfica: 1) bofedal de pampa y 2) bofedal de ladera. (p.12)

Por su parte Flores (1984) señala dos tipos de bofedales: 1) bofedales naturales producidos por los deshielos o corrientes de agua, dando la impresión que no son tan extensos como los artificiales; y 2) bofedales artificiales que cuentan con riego permanente en grandes extensiones para lo cual se construyen canales que derivan las aguas de los ríos. (p.9) En este caso el terreno debe ser plano o con una ligera pendiente para evitar que el agua discurra rápidamente.

Fiorio (1996) asegura, que dentro de un mallín (bofedal) se distinguen tres zonas o estratos: 1) La central, que es la más húmeda e inundable, con características hidromórficas, donde predominan las especies acuáticas (*Juncos* y *Carex*); las gramíneas raramente están presentes. Por lo general en esta zona siempre se encuentra presente un cauce que actúa como drenaje del agua y su profundidad está en relación proporcional al estado de conservación de la cuenca. En estos sitios con características hidromórficas ocurren procesos de desnitrificación que lo convierten en lugares con poca aptitud forrajera; 2) zona intermedia, es la de mayor producción

forrajera, con predominio de gramíneas y leguminosas (poas y tréboles); es el sitio donde hay mayor actividad biológica y por consecuencia bien dotado de fertilidad debido a que la presencia de humedad permite cumplir con la liberación de nitrógeno y su mineralización. Se puede observar una tendencia a perder fósforo y azufre solubles por las constantes lavadas, que cuando son aportados por fertilización modifican notablemente la presencia de leguminosas, aumentando rápidamente la abundancia de estas; y 3) zona periférica, que se encuentra influenciada por *Stipas* y otras especies pertenecientes a la estepa, constituyéndose en un sitio de equilibrio muy frágil. (p.5)

En el Parque Nacional Lauca de Chile, Troncoso (1982) clasifica, a los bofedales siguiendo un criterio hídrico asociado a las especies vegetales dominantes, en forma sintética se menciona: Bofedal hídrico de *Deyeuxia crisantha*, bofedal indicador de mejor condición de la pradera, ubicado en depresiones abiertas al fondo de quebradas o valles, sobre suelo de turba profundos con nivel freático alto (aprox. 5 cm). (p.6)

Bofedal hídrico de *Oxichloe andina* – *Distichia muscoides*, praderas intensamente utilizadas por ganado, ubicado en depresiones abiertas correspondiente a fondo de quebradas o valles, suelos de turba generalmente con más de 1 m de profundidad, connapafreática de 0 a 40 cm de profundidad y abundante escurrimiento superficial.

Bofedal méxico de *Carex incurva*–*Werneria pygmaea*, ubicado en depresiones abiertas de quebrada o valles, suelos sobre turba poco fibrosa o suelta en general de más de un metro de profundidad y con napa freática entre 40 a 120 cm.

## **2.5 Características hídricas de los bofedales**

Olivares (1988), al referirse a la hidrografía de los bofedales, indica que la napa freática llega a su punto más elevado al final del período lluvioso en marzo y luego desciende hasta fines del invierno en agosto. (p.44). Por el efecto de la evapotranspiración propia del Altiplano los bofedales reducen su período productivo anual, esto influye sobre el caudal específico de una cuenca.

la cuenca se incremente. Este efecto de reducción es la razón de que en Hidrología aún se emplee el término “pérdidas”, asociado a los bofedales. “Solo la existencia de estaciones hidrométricas aguas arriba y debajo de ciertos bofedales importantes permite cuantificar estas pérdidas” (Molina, 1996, p.12).

La hidrología de los bofedales en el “Parque Nacional Sajama está dado por la existencia de los ríos Sajama, Tomarapi, Esquillani, Blanco y algunos pequeños cuerpos de agua que funcionan como vasos receptores de aguas afluentes” (Molina, 1996, p.8)

Los bofedales de Bolivia y Argentina presentan baja precipitación, ambas reciben aguas con contenido de sales, algunas especies con iguales géneros; de éstas el agua es un factor limitante y tienen en común características salinas y/o alcalinas. La salinidad restringe la disponibilidad de agua y exige especies tolerantes ya que la producción decrece linealmente a partir de cierto umbral de salinidad. La sucesiva acumulación de sales por el aporte de las aguas al mallín (bofedal) se puede remover durante los períodos de abundancia de agua, cuando la evapotranspiración es baja, siempre que el suelo tenga capacidad de drenaje.

Las aguas sódicas tienen su efecto sobre suelo en la dispersión de las arcillas y destrucción de la estructura del suelo debido a la presencia de sodio en forma de hidróxido con tendencia a cambiar a carbonato. “El ph es superior a 8.5. Frecuentemente, se reconoce esta agua por manchas negras (alcalinonegros) producto de las dispersiones de la materia orgánica” (Fiorio, 1996, p. 23).

## **2.6 Importancia y función de los bofedales**

A pesar de la baja cobertura que poseen estos ecosistemas en una superficie tan vasta como el altiplano, éstos son considerados una fuente basal del sustento de la economía de las comunidades indígenas Aymaras, quechuas. Al respecto ALT PNUD (2001) y Quispe (2003), coinciden en señalar tres funciones fundamentales de los ecosistemas en estudio. Cuatro son los aspectos que hacen importantes a los bofedales. (p.33).

### **2.6.1 Hidrológica**

- Almacenamiento y recarga de acuíferos subterráneos.
- Protección física contra las fuerzas de corte de flujo y estabilización de suelos, mediante el desarrollo de vegetación densa.

### **2.6.2 Sociocultural**

Es manifestado en el mensaje hacia las generaciones venideras respecto a los derechos y obligaciones en el uso de la tierra y los recursos naturales. Para una planificación consiente del manejo de bofedales se debe recordar que debido a su presencia se ha desarrollado una cultura pastoril desde hace más de 3000 años, en zonas climáticas con severas restricciones para otras actividades humanas. Así en el sur de los andes centrales, en climas áridos y semiáridos la ganadería sobre campos naturales de pastoreo es posible por la presencia de los bofedales y la causa para que en su entorno hayan prosperado culturas nativas de pastores de camélidos. Durante la colonia gran parte de los camélidos fueron desplazados de los bofedales ubicados en zonas bajas de la planicie altiplánica y remplazados por la cría de ovinos y vacunos, y una apreciable extensión fue transformada a tierras agrícolas perdiéndose un recurso natural importante apto para pastoreo.

### **2.6.3 Ecológica**

- Fijación de sedimentos y establecimiento y expansión de la cobertura vegetal.
- Generación de un hábitat único para una gran diversidad de especies de plantas y animales.
- Agente purificador hídrico mediante la fijación de sales y metales a través de procesos físicos y químicos, permitiendo la potabilidad del agua para la fauna y, en algunas ocasiones, para los seres humanos.
- Generación de microclimas debido a la evapotranspiración y mantenimiento de cuerpos de aguas, que contribuyen a la regulación de la temperatura y la humedad relativa

#### **2.6.4 Económico**

Los bofedales producen forraje que es motivo de la producción de ganado camélido e introducido, esta ganadería genera una actividad económica única posible en estos medio ambiente, importante a través de la producción de carne, lana, cueros, estiércol, reproductores, exportación de animales vivos, etc. para más de 17.000 personas y actividades derivadas como la artesanía, agricultura, carne salada, embutidos, curtiembre, etc. para gran cantidad de familias rurales y urbanas. En forraje la producción anual promedio es de aproximadamente  $4535.8 \text{ kgMS/ha} * 102340.7 \text{ ha} = 464.197 \text{ tm}$ , 228 tm de fibra de alpaca y 150 tm de carne. Entre fibra, carne y cueros producidos al año se genera más de 1.000.000 de dólares americanos (Cardozo 1988 y Suarez 1995). Considerando solo las alpacas, como principal animal que se cría en los bofedales, se tiene una población cercana a 325.000 cabezas a las que se dedican más de 3.200 familias generando anualmente más de 2.3 millones de bolivianos al año (Cardozo, 1996. p. 21).

#### **2.6.5 Geopolítico**

Por su ubicación geográfica gran parte de las unidades de producción de camélidos están a lo largo de la línea fronteriza con los países de Perú y Chile, en una extensa frontera con recursos naturales ricos y abundantes, especialmente hídricos. De no ser la existencia de la relación bofedales–camélidos en estas zonas, serían deshabitadas perdiéndose la presencia humana que es tan importante para sentar soberanía en estas regiones tan inhóspitas (Paredes, 1995. p.41). A pesar de esta situación el mismo autor indica que la crianza de llamas y alpacas no ha recibido la suficiente atención de las autoridades y sigue siendo mayormente iniciativa privada de ganaderos productores (98%) que continúan generalmente usando tecnologías heredadas de sus antepasados.

#### **2.6.6 Importancia Hidrológica**

El agua acumulada en un bofedal durante la época húmeda, está disponible en los períodos secos, en especial cuando se trata de bofedales drenados y/o canalizados; en este caso, juega un rol importante en la regulación del régimen hidrológico de los

cursos de agua. Existen bofedales donde el recurso agua es abundante, permitiendo el desarrollo de especies piscícolas, las mismas que son de consumo para el poblador rural o la producción de truchas a pequeña escala y se planifica mejorar este proceso, que permitan un desarrollo económico (Olivares, 1988, p. 55). En el caso de turberas intactas (no drenadas), desempeñan cierto papel en la alimentación de las fuentes de agua freática o para mantener el nivel freático de tierras agrícolas vecinas, sobre todo, si están destinadas para tal fin.

## **2.7 Morfología de los bofedales**

Se puede definir a los bofedales como praderas naturales que se desarrollan en áreas constantemente saturadas de agua, y por esta característica se consideran ecosistemas particularmente vulnerables al cambio climático y al sobrepastoreo (Beck et al., 2010, p.32). Como la permanencia de un bofedal se encuentra fuertemente asociado al continuo aporte hídrico ya sea por precipitación, alimentación por aguas subterráneas o cuerpos de agua cercanos (como lagunas o ríos), y/o deshielo de los glaciares (Zavala & Cepeda 2006); resultan ecosistemas altamente sensibles al cambio climático; particularmente por alteraciones en el patrón de lluvias y la pérdida o retroceso de glaciares (Squeo et al., 2006, p. 65).

Asimismo, cambios drásticos en el régimen hídrico que alimenta a los bofedales puede asociarse con la desviación de los cursos de agua por actividades humanas (como la agricultura, minería, etc.), o debido a las actividades insostenibles como el sobrepastoreo; que puede producir el rápido desecamiento y degradación de estos ecosistemas y/o cambios en la diversidad de especies que los componen (Spehn et al., 2006, p.12). Según el nivel de agua que poseen, se los puede clasificar en dos tipos:

### **2.7.1 Bofedales permanentemente húmedos o hidromórficos**

Ubicados en los fondos de los valles, cerca de ríos y arroyos o en laderas con vertientes u ojos de agua. Este tipo se encuentra especialmente en las planicies de inundación de llanuras y poseen una irrigación continua a lo largo de todo el año (Pacheco, 1996, p.23).

La vegetación predominante está constituida por cojines de *Oxychloeandina*, *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa*. Entre los cojines también crecen varias plantas pequeñas como *Werneria pygmaea*, *Gentiana sedifolia* y *Phylloscirpusboliviensis*. Al borde de los ojos de agua se encuentran *Deyeuxia chrysantha* y *D.spicigera* (Beck et al. 2010, p. 45).

Bofedales temporalmente húmedos o méxicos, que pierden agua durante la época seca, produciendo la descomposición de los cojines y la acumulación de sales en el suelo. Usualmente esta formación está asociada con los collpares (Beck et al., 2010, p. 65).

### **2.7.2 Economía Campesina**

Las limitaciones que imponen los efectos climáticos en nuestras provincias altiplánicas son las: bajas temperaturas, heladas, la altitud, la aridez y las topografías fuertemente accidentadas, hace que la utilización de la tierra para la agricultura sea baja (Espinosa, 2000, p 43). Es por tal motivo que el poblador andino dedique el uso de sus tierras a la ganadería extensiva; donde en las zonas bajas domina el ganado ovino y secundariamente el vacuno, en las zonas altas (por encima de los 4100msnm), donde los pastos son duros dominan los camélidos sudamericanos como llamas, alpacas y vicuñas en forma silvestre. La economía campesina gira alrededor de la producción de camélidos sudamericanos, por ser esta especie de mayor adaptación a las condiciones del medio ecológico, esto permite la integración al mercado a través de la comercialización de manera muy especial de la fibra y carne siendo un producto exportable (CIPCA, 1998, p.32).

### **2.7.3 Clasificación de bofedales de acuerdo a su origen**

#### **2.7.3.1 Bofedal natural**

Los bofedales naturales son producidos por los deshielos o corrientes de agua, dando la impresión que no son tan extensos como los artificiales son asociaciones de vegetales localizadas en zonas donde existe buen suministro de agua durante todo el año. “Estos tienen un gran potencial productivo que es casi exclusivamente utilizado para pastoreo de alpacas, llamas y vicuñas (silvestre),” (Sotomayor, 1990, p 23).



### **2.7.3.2 Bofedal artificial**

Flórez M, A. (1991) considera a bofedal artificial como, el espacio irrigado por los ganaderos, que cuentan con riego permanente en grandes extensiones para lo cual se construyen canales que derivan las aguas de los ríos donde presenta mayor productividad en comparación con el bofedal natural. En este caso el terreno debe ser plano o con una ligera pendiente para evitar que el agua discurra rápidamente.

### **2.8 De acuerdo a la posición fisiográfica**

Según (Pacheco, 1998), sostiene que existen:

- 1) Bofedales de pampa
- 2) Bofedales de ladera

La clasificación es dada por (Loza *et al.*2000) para bofedales ubicados entre 4000 y 4500 m de altitud, ellos encontraron tres tipos de bofedales:

Los estacionales, los siempre húmedos y con riego artificial.

#### **2.8.1 Por el tamaño del bofedal**

- Grandes de uso comunal
- Pequeños de uso familiar

#### **2.8.2 Por la abundancia de agua que presentan**

- Buttolph (1998), clasifica a los bofedales en tres clases en función de la cantidad o volumen de agua abundancia del agua.
- Bofedales de mayor humedad o con bastante volumen de agua.
- Estos se caracterizan por permanecer permanentemente inundados.
- Bofedales de humedad intermedia, estos a menudo son áreas salinizadas que reciben suficiente agua durante gran parte del año.
- Bofedales con humedad temporal y/o menor humedad.
- Estos reciben humedad semipermanente hacia intermitente, razón por la cual durante el invierno pueden estar secos.

### **2.8.3 Vegetación en los bofedales**

Los pastizales naturales de los Andes de Bolivia, donde éstas proveen la mayor parte del forraje consumido por los camélidos, y se estima que constituye el 100% del forraje para camélidos. Estos valores indican la importancia económica de las praderas naturales como base para el desarrollo para la ganadería alto andina (Quispe, 2003, p.33).

La región natural de puna, altiplano o fría está ubicada entre 4000 a 5600 msnm, el clima es frío, varía con las estaciones, en época seca se registra un descenso de temperatura en comparación de la época lluviosa donde se observa un ligero incremento de la temperatura. La topografía es variada, aunque en su mayor extensión se puede considerar como una llanura elevada. La flora es diversa y aquí se encuentran las praderas nativas con predominio de gramíneas. También en las áreas húmedas se presentan los bofedales, de gran utilidad para mantener a los camélidos sudamericanos: llama, alpaca y vicuña.

Por su parte Troncoso (1982) identifica: como atributo sobresaliente de la variación de vegetaciones a la presencia de las corrientes de agua, otros atributos en importancia son la posición fisiográfica, frecuencia de escurrimientos superficiales, profundidad del nivel de agua subterránea, concentración de sales, sustrato edáfico edad de la comunidad e intensidad de uso. (p. 25)

**Cuadro 1 Plantas que componen los bofelas**

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMUN	GRADO DE PALATABILIDAD
<i>Achemilla diplophila</i>		Media
<i>Carex spp</i>		Media – alta
<i>Deyeuxia curvula</i>	P'ork'e	Media
<i>Distichia filamentosa</i>	Kachu pacu	Media
<i>Muscoides falata</i>	Kunkuna	Alta
<i>Elodea spp.</i>	Llanchu	Alta
<i>Juncus spp.</i>	Totorilla	Media
<i>Miryphyllum spp.</i>	Lima	Alta
<i>Plantago tubulosa</i>	Sik'i	Media
<i>Scirpus bolivianensis</i>		Baja

Fuente: Plan de Manejo Apolobamba,

#### **2.8.4 Presencia de Fauna**

En la zona alta, el número de especies es restringido por la falta de alimento y por las duras condiciones de vida. Los animales demuestran adaptaciones a las condiciones peculiares de la zona, según Van Damme (2002, p.23). En la zona alto andina se encuentran mamíferos y aves dentro de los bofedales:

**Cuadro 2 Descripción de la fauna dentro de los bofedales**

MAMÍFEROS		AVES	
Especie	Nombre científico	Especie	Nombre científico
Alpaca	Lama pacus	Huallata	Chloephaga melanoptera
Llama	Lama glama	Pato de las torrenteras	Merganeta armata
Vicuña	Vicugna	Choca grande	Fúllica gigantea

Fuente. Plan de Manejo Apolobamba

## 2.9 Calidad de agua

Payeras (2009), menciona los siguientes parámetros de Calidad:

### 2.9.1 Parámetros Físicos del agua

#### a) Sabor y Olor

Estos parámetros son determinaciones organolépticas y de determinación subjetiva, para dichas observaciones no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida. Tienen un interés muy evidente en las aguas potables dedicadas al consumo humano y podemos establecer ciertas reglas: Las aguas adquieren un sabor salado a partir de 300 ppm de Cl<sup>-</sup>, y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de SO<sub>4</sub><sup>=</sup>. El CO<sub>2</sub> libre en el agua le da un gusto picante. Trazas de fenoles u otros compuestos orgánicos le confieren un olor y sabor desagradables.

#### b) Color

El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. El agua pura es bastante incolora sólo aparece como azulada en grandes espesores. En general presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos vegetales:

- Color amarillento debido a los ácidos húmicos.
- Color rojizo, suele significar la presencia de hierro.
- Color negro indica la presencia de manganeso.

### **c) Turbidez**

Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos y que se presentan principalmente en aguas superficiales, en general son muy difíciles de filtrar y pueden dar lugar a depósitos en las conducciones.

La medición se hace por comparación con la turbidez inducida por diversas sustancias, la medición en ppm de  $\text{SiO}_2$  ha sido muy utilizada, pero se aprecian variaciones según la sílice y la técnica empleadas. Otra forma es mediante célula fotoeléctrica, existen numerosos tipos de turbidímetros.

### **d) Conductividad y Resistividad:**

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad y la resistividad es la medida recíproca. Son indicativas de la materia ionizable presente en el agua. El agua pura prácticamente no conduce la electricidad; por lo tanto, la conductividad que podamos medir será consecuencia de las impurezas presentes en el agua.

Es por lo tanto un parámetro físico bastante bueno para medir la calidad de un agua.

### e) Conductividad y Resistividad:

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad y la resistividad es la medida recíproca. Son indicativas de la materia ionizable presente en el agua.

El agua pura prácticamente no conduce la electricidad; por lo tanto, la conductividad que podamos medir será consecuencia de las impurezas presentes en el agua.

Es por lo tanto un parámetro físico bastante bueno para medir la calidad de un agua.

**Cuadro 3 Conductividad Eléctrica a 25 °C en diferentes tipos de agua**

CONDUCTIVIDAD	(MS/C M)
Temperatura de la muestra 25 °C	Conductividad
Agua Ultrapura	0,05
Agua alimentación calderas	1 a 5
Agua Potable	50 a 100
Agua de Mar	53.000

Fuente: Payeras (2009).

### 2.9.2 Parámetros Químicos

#### a) PH

Nos mide la naturaleza ácida o alcalina de la solución, la mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8.

#### b) Dureza

La dureza, es debida a la presencia de sales de calcio y magnesio y mide la capacidad de un agua para producir incrustaciones. Afecta tanto a las aguas domésticas como a las industriales y desde el punto de vista de la ósmosis inversa es uno de los principales parámetros que se deben controlar. Las aguas con menos de 50 ppm de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  se llaman blandas. Hasta 100 ppm de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , ligeramente duras. Hasta 200

ppm de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , moderadamente duras. Y a partir de 200 ppm de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , muy duras.

### **c) Alcalinidad**

La alcalinidad es una medida de neutralizar ácidos. Contribuyen, principalmente, la alcalinidad de una solución acuosa los iones bicarbonato ( $\text{CO}_3\text{H}^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{=}$ ), y oxidrilo ( $\text{OH}^-$ ), pero también los fosfatos, ácido silícico u otros ácidos de carácter débil. Su presencia en el agua puede producir  $\text{CO}_2$  en el vapor de calderas que es muy corrosivo y también puede producir espumas, arrastre de sólidos con el vapor de calderas, etc. Se mide en las mismas unidades que la dureza. Se corrige por descarbonatación con cal, tratamiento ácido o desmineralización por intercambio iónico.

### **d) Coloides**

Es una medida del material en suspensión en el agua que, por su tamaño alrededor de  $10^{-4}$  ~  $10^{-5}$  mm, se comportan como una solución verdadera y atraviesa el papel de filtro. Los coloides pueden ser de origen orgánico (macromoléculas de origen vegetal) o inorgánico (oligoelementos: óxidos de hierro y manganeso). Se eliminan por floculación y coagulación, precipitación y eliminación de barros. La filtración es insuficiente y se requiere ultrafiltración.

### **c) Acidez mineral**

La acidez es la capacidad para neutralizar bases. Es bastante raro que las aguas naturales presenten acidez, no así las superficiales. Es responsable de corrosión y se corrige por neutralización con álcalis.

### **d) Sólidos Disueltos**

Los sólidos disueltos o salinidad total, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua. El origen puede ser múltiple tanto en las aguas subterráneas como en las superficiales. Para las aguas potables se fija un valor máximo deseable de 500 ppm, este dato por sí sólo no es suficiente para catalogar la bondad del agua. El proceso de tratamiento, entre otros, es la ósmosis inversa.

### **e) Sólidos en Suspensión**

Se suelen separar por filtración y decantación. Son sólidos sedimentables, no disueltos, que pueden ser retenidos por filtración. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1 ppm, las superficiales pueden tener mucho más dependiendo del origen y forma de captación. Sólidos Totales: Es la suma de los dos anteriores disueltos y en suspensión.

### **f) Cloruros**

El ión cloruro  $\text{Cl}^-$ , forma sales muy solubles, suele asociarse con el ión  $\text{Na}^+$  esto lógicamente ocurre en aguas muy salinas. Las aguas dulces contienen entre 10 y 250 ppm de cloruros, pero también se encuentran valores muy superiores fácilmente. Las aguas salobres contienen millares de ppm de cloruros, el agua de mar está alrededor de las 20.000 ppm de cloruros.

### **g) Sulfatos**

El ión sulfato ( $\text{SO}_4^{=}$ ), corresponde a sales de moderadamente solubles a muy solubles. Las aguas dulces contienen entre 2 y 250 ppm y el agua de mar alrededor de 3.000 ppm



#### **h) Nitratos**

El ión nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) forma sales muy solubles y estables. En un medio reductor puede pasar a nitritos, nitrógeno e incluso amoníaco. Las aguas normales contienen menos de 10 ppm, y el agua de mar hasta 1 ppm. Aguas con infiltraciones de zonade riego con contaminación por fertilizantes pueden tener hasta varios centenares de ppm.

#### **i) Fosfatos**

El ión fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) en general forma sales muy poco solubles y precipita fácilmente como fosfato cálcico. Como procede de un ácido débil contribuye, a la alcalinidad del agua. No suele haber en el agua más de 1 ppm, salvo en los casos de contaminación por fertilizantes.

#### **i) Fluoruros**

El ión fluoruro ( $\text{F}^-$ ), corresponde a sales de solubilidad muy limitada, suele encontrarse en cantidades superiores a 1 ppm. Hay quien mantiene que alrededor de dicha concentración puede resultar beneficioso para la dentadura, no aconsejable añadirlo al agua con este objeto, no existen estudios a largo plazo de efectos secundarios.

#### **j) Sílice**

La sílice,  $\text{SiO}_2$  se encuentra en el agua disuelta como ácido silícico  $\text{SiO}_4\text{H}_4$  y como materia coloidal; contribuye a provocar algo de alcalinidad en el agua. Las aguas naturales contienen entre 1 y 40 ppm, pudiendo llegar a las 100 ppm.

#### **k) Bicarbonatos y Carbonatos**

Como ya hemos visto anteriormente, existe una estrecha relación entre los iones bicarbonato  $\text{CO}_3\text{H}^-$ , carbonato  $\text{CO}_3^{=}$ , el  $\text{CO}_2$  gas y el  $\text{CO}_2$  disuelto. El equilibrio, está muy afectado por el pH; todos estos iones contribuyen, fundamentalmente, a la alcalinidad del agua. Las aguas dulces suelen contener entre 50 y 350 ppm de ión bicarbonato, y si el pH es inferior a 8,3, no habrá ión bicarbonato

### **l) Sodio**

El ión sodio,  $\text{Na}^+$ , el primero de los componentes catiónicos corresponde a sales de solubilidad muy elevada y muy difícil de precipitar; suele estar asociado con el ión cloruro  $\text{Cl}^-$ . El contenido en aguas dulces está entre 1 y 150 ppm, pero se pueden encontrar casos de hasta varios miles de ppm. Las aguas de mar contienen alrededor de 11.000 ppm.

### **m) Potasio**

El ión potasio,  $\text{K}^+$ , también corresponde a sales de muy alta solubilidad y difíciles de precipitar. Las aguas dulces no suelen contener más de 10 ppm. El agua de mar contiene alrededor de 400 ppm.

### **n) Calcio**

El ión calcio,  $\text{Ca}^{++}$ , forma sales generalmente poco solubles, en algunos casos de solubilidad muy moderada pero la mayoría son muy insolubles. Precipita fácilmente como carbonato cálcico. Es el principal componente de la dureza del agua y causante de incrustaciones. Las aguas dulces suelen contener de 10 a 250 ppm, pudiendo llegar hasta 600 ppm. El agua de mar alrededor de 400 ppm.

### **ñ) Magnesio**

El ión magnesio,  $\text{Mg}^{++}$ , tiene propiedades muy similares a las del ión calcio, aunque sus sales son un poco más solubles y difíciles de precipitar. El hidróxido de magnesio es, sin embargo, menos soluble. Las aguas dulces suelen contener entre 1 y 100 ppm. El agua de mar contiene alrededor de 1.300 ppm. Su aparición en el agua potable con varios centenares de ppm provoca un sabor amargo y efectos laxantes.

### **n) Hierro**

Es un catión muy importante desde el punto de vista de contaminación, aparece en dos formas: ión ferroso,  $\text{Fe}^{++}$ , o más oxidado como ión férrico,  $\text{Fe}^{+++}$ . La estabilidad y aparición en una forma u otra depende del pH, condiciones oxidantes o reductoras, composición de la solución, etc. Afecta a la potabilidad de las aguas y es un inconveniente en los procesos industriales por provocar incrustaciones. Por todo lo anterior, las aguas subterráneas sólo contienen el ión ferroso disuelto, que suele

aparecer con contenidos entre 0 y 10 ppm, pero al airear el agua se precipita el hidróxido férrico de color pardo-rojizo, y se reduce el contenido a menos de 0,5 ppm.

Para que parezcan contenidos de hierro de varias docenas de ppm hacen falta que el medio sea ácido.

### **2.9.3 Metales tóxicos**

Los más comunes son el arsénico, el cadmio, el plomo, el cromo, el bario y el selenio. Todos deben ser seriamente controlados en el origen de la contaminación.

### **2.9.4 Arsénico**

El arsénico se encuentra en el ambiente en forma natural y su abundancia en la "corteza terrestre es de 1,8 mg kg<sup>-1</sup>, con 1 mg kg<sup>-1</sup> para la corteza terrestre continental" (Taylor y McLennan, 1985, p.12). Asimismo, se lo encuentra también en forma apreciable como producto de la actividad industrial y antropogénica (Mandaly Suzuki, 2002, p.71). El arsénico se encuentra en aguas naturales en muy bajas concentraciones, pero también muy variable. Los valores, en µg/l encontrados en algunos tipos de aguas y en diferentes partes del mundo, se resumen en la Tabla 1. Tabla 1. Concentración de arsénico en algunas aguas del mundo. En el pasado, la concentración máxima permitida en aguas de consumo humano por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) era de 50 µg/l, mientras que a partir del 2001 organismo internacional como la misma EPA y la Organización Mundial de la Salud (WHO) adoptaron un nuevo estándar referente a la máxima concentración permitida para As de 10 µg/l. Este valor tendrá vigencia a partir de enero del año 2006 en Estados Unidos (Melamed, 2005, p.65). En realidad, estos máximos, al igual que el de algunos otros elementos tóxicos como el Pb, Hg y Cr, han estado un poco de acuerdo con el avance de las técnicas y metodologías para determinar dichos elementos, particularmente en lo que se refiere a los límites de detección y de cuantificación. En la actualidad, los valores permitidos están más de acuerdo con la realidad de las técnicas analíticas modernas. La forma química principal en que aparece el As es el As<sup>v</sup> bajo la forma de arseniato, siendo la relación con As<sup>III</sup> muy variado,

aunque casi siempre mayor que 1. Las formas orgánicas se encuentran en general en pequeñas concentraciones, y de ellas las formas metiladas, a semejanza de lo que ocurre con el Hg, son las principales. Las concentraciones de As en aguas dulces son muy variables, de 1 a 10 µg/l y de 100 a más de 50.000 µg/l en áreas con importantes influencias de mineralización y actividad minera.

#### **a) Salinidad**

A medida que aumenta el contenido de sales en la solución del suelo tanto más se incrementa la tensión osmótica y por tanto, la planta tiene que hacer mayor esfuerzo de succión para absorber el agua por las raíces. Todo ello se traduce, en última instancia, en una disminución de la cantidad de agua disponible para la planta.

#### **b) Toxicidad**

Algunos iones, tales como los de sodio, cloro y boro se pueden acumular en los cultivos en concentraciones suficientemente altas como para reducir el rendimiento.

### **2.9.5 Nivel freático en bofedales**

Olivares (1998), citado por Alzerreca, sostiene que en suelos de bofedales, la napa freática más alta encontrada fue de 0,15 m y se asocia con una formación vegetal densa donde domina *Oxichloe andina*. Cuando se logra excluir un sector, domina *Deyeuxiacurvula*. Y la napa freática más inferior se encontró a 1,15 m asociada con una dominancia de *Werneria pygmaea*. En suelo orgánico profundo con sumersión y renovación permanente de agua, el suelo se mantiene entre 0.05 y 0,15 m bajo el nivel de agua. En estas condiciones se desarrolla una formación vegetal poco densa en la cual domina *Azolla filiculoides*, acuática flotante no enraizada y *Oxichloe andina geófito* con rizomas emergentes. (p.32). Esta comunidad constituye un ecotado entre la vegetación lacustre de flotantes y la comunidad de geófitos. En el suelo orgánico hidromórfico se establece la comunidad de *Oxichloe andina*. Este suelo se caracteriza por tener un drenaje externo lento y drenaje interno regular. 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.

### 2.9.6 Índice de vegetación

Chuvienco (1995), sostiene que los índices de vegetación son formulas empíricas diseñadas para resaltar el contraste entre regiones pertenecientes al rojo y al infrarrojo cercano del espectro electromagnético (0.7um). (p. 21). Estos producen medidas digitales cuantitativas que intentan medir el vigor de la biomasa y vegetación. Cuanto más alto el índice de vegetación, más alta la probabilidad de que al área correspondiente en tierra tenga una cobertura vegetal verde, densa, saludable y vigorosa. Por otro lado, Gibson y Power, (2000), menciona que los índices de vegetación también pueden ser considerados como mecanismos a través de los cuales se puede combinar o comprimir información proveniente de las imágenes para procesamientos futuros, para que las clasificaciones sean más eficientes. (p.43). Richards (1993), destaca que, si se utiliza esta técnica, resulta imprescindible realizar una buena corrección atmosférica de las imágenes. (p. 23) Si todas son de la misma fecha, la influencia de la atmósfera es la misma para todas por tanto podemos asumir que no influye demasiado en la clasificación. Sin embargo, si las imágenes proceden de diferentes fechas, la diferente influencia de la atmósfera puede enmascarar y distorsionar los cambios en la respuesta espectral.

El índice normalizado de diferencia en la vegetación es uno de los más utilizados en estudios de cobertura y vegetación.

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Infrarrojo cercano} - \text{rojo visible}}{\text{Rojo visible} + \text{infrarrojo cercano}}$$

Este índice está diseñado exactamente para ofrecer características estadísticas deseables para varios parámetros asociados con el crecimiento de vegetación, tipos y ecosistemas. Produce un valor de índice con un rango de -1 (no vegetación) y +1 (completa cobertura vegetal verde y vigorosa) (Gibson y Power, 2000, p. 87).

## **2.10 Normas combinadas y directrices para evaluar la calidad del agua**

UPM (1997), señala que las normas combinadas se usan para catalogar la calidad agronómica de un agua las de aplicación más extensa son:

- a. Normas FAO
- b. Normas Riverside.
- c. Normas Green.
- d. Normas Wilcox.

### **2.10.1 Directrices de la FAO sobre calidad del agua para el riego.**

UPM (1997), Menciona que las directrices FAO de calidad de un agua de riego se basan en las directrices para evaluar la calidad del agua de riego publicado por Ayers y Wescoten 1984 y que fueron adoptadas por la FAO en 1987. Estas directrices de calidad del agua tratan de cubrir la amplia gama de condiciones existentes en la agricultura de regadío en California. Se han utilizado varias hipótesis para definir el ámbito de aplicación de estas directrices. Si las condiciones de utilización del agua son muy diferentes de las que aquí se han tenido en cuenta, estas directrices tendrán que ser modificadas. Una discrepancia importante con las hipótesis de partida puede dar lugar a juicios erróneos sobre la idoneidad de una determinada fuente de abastecimiento, especialmente si sus características se sitúan en los valores límites de una de las categorías.

Fuentes (1998), señala que la calidad de agua para riego no solo depende del contenido de sales, sino también el tipo de sales. (p.12). Los problemas de más comunes derivados de la calidad de agua se relacionan con los siguientes efectos: salinidad, infiltración del agua en el suelo, toxicidad y otros efectos relacionado al contenido de nutrientes y se tiene las siguientes directrices establecidos por la FAO. Estas directrices se han elaborado a partir de los siguientes supuestos básicos:

### **2.10.2 Normas para evaluar la calidad del agua**

- El clima es árido o semiárido, con precipitaciones bajas.

- El drenaje es bueno y no hay un nivel freático alto.

Se supone que el agua extraída por la planta es su zona radical procede; el 40% de la cuarta parte más superficial; el 30% de la segunda cuarta parte; el 20% de la siguiente; y el 10% restante, de la más profunda.

Este análisis permite ordenar un número de variables posiblemente correlacionadas en un conjunto menor de variables llamadas componentes principales. El primer componente (eje) absorbe la mayor varianza dentro del conjunto de datos y cada uno de los componentes restantes absorbe el resto, este método es empleado para reducir la dimensión de un conjunto de datos multivariados. "...Con base en estos componentes o factores generalmente los dos primeros (F1 y F2), se obtienen las coordenadas de las variables originales para su ubicación en diagramas de dispersión" (Ramírez y Viña, 1998, p. 65).

Cálculo del Índice General de Calidad (WQI). El Índice de Calidad Ambiental (**ICA**) o WQI por sus siglas en inglés (Water Quality Index) mide la calidad físico-química del agua en una escala de 0 a 100 referida principalmente para potabilización (0, muy mala; 100, excelente).

Es el índice de uso más extensivo en los trabajos de este tipo a nivel mundial con ciertas restricciones en Europa, y fue creado por la NSF (National Sanitation Foundation), entidad gubernamental de Estados Unidos. Para su empleo se toman en cuenta los valores de nueve variables: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DQO, temperatura del agua, fósforo total, nitratos, turbiedad y sólidos totales reunidos en una suma lineal ponderada

$$N \text{ WQI} = \sum_{i=1} W_i I_i$$

Donde:

**N** es el número de parámetros que intervienen en la sumatoria,

**W** es el peso o ponderación de cada variable **i**,

I es el punto de intersección del valor de cada parámetro sobre una curva de sensibilidad de óptimos e indeseables.

Esta curva es a su vez propia de cada variable debido a la naturaleza intrínseca de cada una de estas. La calidad del agua puede determinarse a partir de la puntuación obtenida por el índice.

**Cuadro 4 Calidad del agua para uso potable con respecto al índice WQI**

CALIDAD	RANGO	COLOR
Muy buena	97-100	
	91-90	
Buena	81-90	
	71-80	
Regular	61-70	
	51-60	
Mala	39-50	
	26-38	
Muy mala	13-25	
	0-12	

Fuente: Adaptado de Ramírez y Viña, 1998

### 2.10.3 Distribución de la fasciolosis en el Altiplano

Según INE (1992), la zona endémica del Altiplano con presencia de Fasciola hepática se extiende en el valle grande de la ciudad de La Paz. (p.1)

La distribución del parásito concierne todo el corredor norte Oriental Andino; que recorre la localidad de El Alto, la colina pequeña de Pucarani y Cutusuma, llegando al lago Titicaca y sus alrededores Chua y Belén y extendiéndose al sur a la localidad



de Viacha. En el altiplano la Fasciola hepática se encuentra en cuatro provincias del Altiplano Norte y el valle vecino de la ciudad de La Paz. En la provincia de los Andes; en las regiones de Batallas, Calasaya, Kallataka, Santa Ana, Takachira, Tambillo. En la provincia Omasuyos; en las regiones de Belén, Chua, Pajchani, Huarina y Tauca. En la provincia Ingavi; en la región de Viacha. En la provincia Murillo; en las regiones de Achocalla, El Alto- La Paz, Palca y Rio abajo. Según (Oviedo Bargas, 1995, p.44).

#### **2.10.4 Ciclo biológico de la fasciola**

La Fasciola hepática adulta es un trematodo que reside en los conductos biliares del huésped definitivo. Para completar su ciclo biológico, necesita dos huéspedes, uno intermediario (caracol) y otro definitivo (mamífero). En ambos las poblaciones del parasito puede aumentar en número, dentro del intermediario por la producción de cercarías y dentro del definitivo por la postura de huevos.

Cada parasito adulto puede llegar a producir entre 20.000 a 50.000 huevos por día, estos son arrastrados por la bilis hasta el intestino y evacuados con la materia fecal. Dependiendo de la temperatura (mayor a 10°C) y humedad ambiente, dentro del huevo se desarrolla el miriácido, que será el encargado de buscar y penetrar al caracol intermediario para evolucionar hasta el estadio de cercarías, el resultado de una infección exitosa de un miriácido en un caracol puede llegar a producir de 400 a 1000 cercarías, que luego de abandonar el caracol, nadan hasta enquistarse en formas infestantes llamadas metacercarias, estas al ser ingeridas con el pasto y al llegar al intestino se transforman en fasciolas jóvenes que atravesando la pared intestinal, migran hacia el hígado a través de la cavidad peritoneal. Luego perforar la capsula hepática, continúan migrando a través del parénquima durante 6 a 7 semanas, hasta llegar a los conductos biliares, donde con la puesta de huevos, 8 a 12 semanas post infección, completando el ciclo. Carrada, T. (2007)

#### **2.10.5 Hospedero intermediario**

Castillo (2009), el hospedero intermediario de la Fasciola hepática se encuentra limitada a caracoles de género Lymnaea. Estos caracoles son anfibios de color pardo viven en barro húmedo, en orillas de riachuelos, vertientes, bofedales o lugares de

aguas poco profundas y no estancadas. En condiciones de sequía o frío, tanto el caracol como los estadios intermedios de *Fasciola hepática* disminuyen su actividad metabólica pudiendo sobrevivir varios meses para reaparecer cuando las condiciones resulten más favorables. Temperaturas inferiores a 10°C inhiben la actividad del caracol intermediario.

El uso de riego para mejorar la calidad y cantidad de forraje a los animales, así como las inundaciones por desborde o precipitación, también producen un incremento del hábitat para *Lymnaea*, que aumentan el riesgo del parasitismo. Las características de humedad definen los ambientes endémicos en focos de origen donde las poblaciones de caracoles son permanentes, focos de diseminación donde hay colonias cambiantes dependientes de los focos de origen y focos temporales donde los caracoles encuentran esporádicamente condiciones de supervivencia

#### **2.10.6 Bacteriológica**

Las bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes termo tolerante. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes. *Escherichia Coli*

Se puede distinguir por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima  $\beta$ -glucuronidasa. *E. Coli* está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal, aunque hay indicios de que puede crecer en suelos tropicales. (Ashbolt Nj.Grabow Work y Snozzi M. 2001).

##### **a) Valor como indicador**

Se considera que *Escherichia Coli* es el índice de contaminación fecal más adecuado. En la mayoría de las circunstancias, las poblaciones de coliformes termo tolerante se componen predominantemente de *E. Coli*. Por lo tanto, este grupo se considera un

índice de contaminación fecal aceptable, pero menos fiable que *E. Coli*. *Escherichia coli* (o bien los termo tolerantes es el microorganismo de elección para los programas de monitoreo para la verificación, incluidos lo de vigilancia de la calidad del agua de consumo. Estos microorganismos también se utilizan como indicadores de desinfección, pero los análisis son más lentos y menos fiables que la medición directa de la concentración residual de desinfectante. Además, *E. coli* es mucho más sensible a la desinfección que los protozoos y virus entéricos.

#### **b) Fuentes y prevalencia**

Hay grandes cantidades de *Escherichia coli* en las heces humanos y animales, en las aguas residuales y en el agua que ha estado expuesta recientemente a contaminación fecal. Es muy poco probable que la disponibilidad de nutrientes y la temperatura del agua en los sistemas de distribución de agua de consumo favorezcan la proliferación de estos microorganismos.

#### **c) Aplicación en la práctica**

La concentración de *Escherichia Coli* (o bien de coliformes termo tolerantes) se mide por lo general en muestras de 100 ml de agua. Para ello existen diversos procedimientos relativamente sencillos basados en la producción de ácido y gas a partir de lactosa o en la producción de la enzima  $\beta$ -glucuronidasa. Los procedimientos incluyen la filtración de agua con una membrana que después se incuba en medios selectivos a 44-45°C, transcurridas 24 h, se realiza un recuento de colonias. Otros posibles métodos son los procedimientos de “número más probable”, en los que se utilizan tubos de ensayo o placas de micro valoración y pruebas de P/A, algunas con volúmenes de algunas, mayores que 100 ml. Existen equipos de análisis para uso sobre el terreno.

#### **d) Relevancia de su presencia en el agua de consumo**

La presencia de *E. Coli* (o bien de coliformes termo tolerantes) es un indicio de contaminación fecal reciente, por lo que tras su detección debería considerarse la

toma de medidas adicionales, como la realización de muertas adicionales y a la investigación de las posibles fuentes de contaminación como un tratamientos inadecuado o alteraciones de la integridad del sistema de distribución.

### e) Nivel de contaminación bacteriana

La contaminación bacteriana está determinada por la concentración de coliformes de fecales y *Escherichia Coli*. El grado de riesgo para la salud se determina por el nivel de contaminación bacteriana. Según la concentración de coliformes fecales se han desarrollado cinco categorías: A, B, C, D y E (cuadro 9), dentro de las cuales únicamente la A es la calidad potable y las demás corresponden a no potables.

**Cuadro 5 Clasificación para la contaminación bacteriana según el nivel de riesgo**

GRADO	COLIFORMES FECALES	CLASIFICACIÓN DEL RIEGO	CÓDIGO DE COLOR
A	0	Riego nulo	Azul
B	1 a 4	Riesgo bajo	Celeste
C	5-100	Riego intermedio	Verde
D	101-100	Riego Alto	Amarillo
E	>1000	Riesgo muy alto	Rojo

Fuente: Valiente 1999.

## 3. MATERIALES Y METODOS

### 3.1 Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en la provincia Omasuyos en el Gobierno Autónomo municipal de Huarina del departamento de La Paz, se encuentra ubicada geográficamente a 3.823 m.s.n.m.,

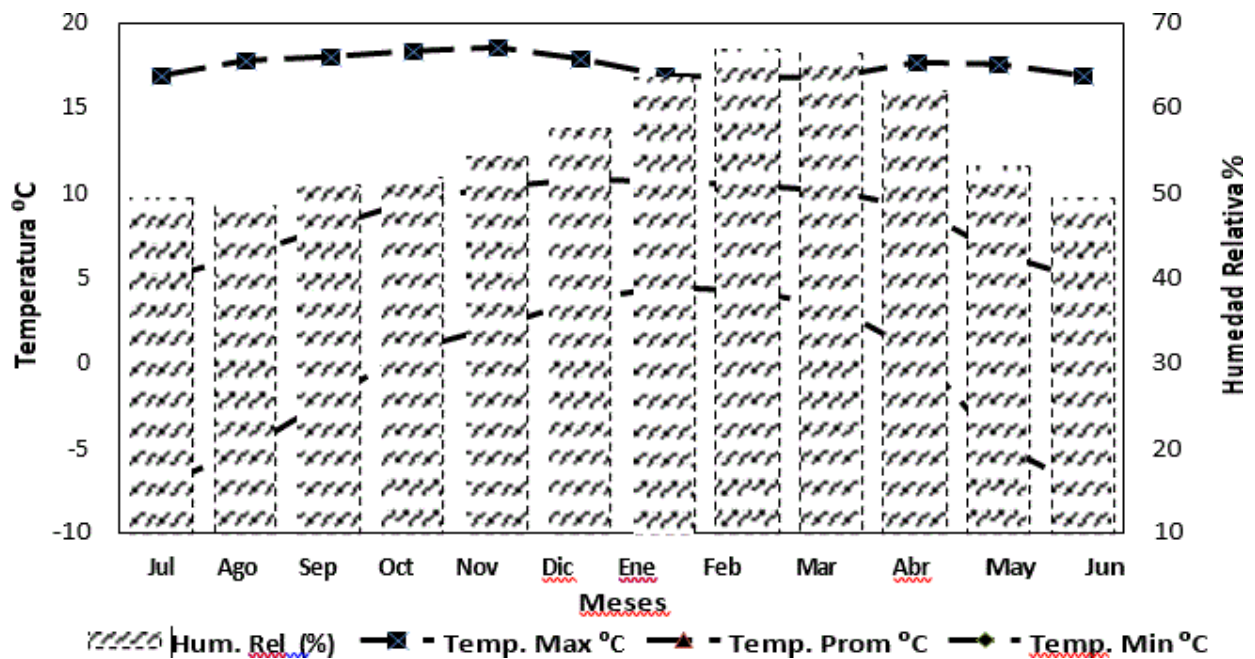
Entre los paralelos 16°10'34" de latitud sur y 68°37,50", se encuentra situada en la

Región del Altiplano norte, ubicada entre dos cadenas montañosas la Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental o Real, una pequeña parte de este municipio se encuentra a orillas del Lago Titicaca.

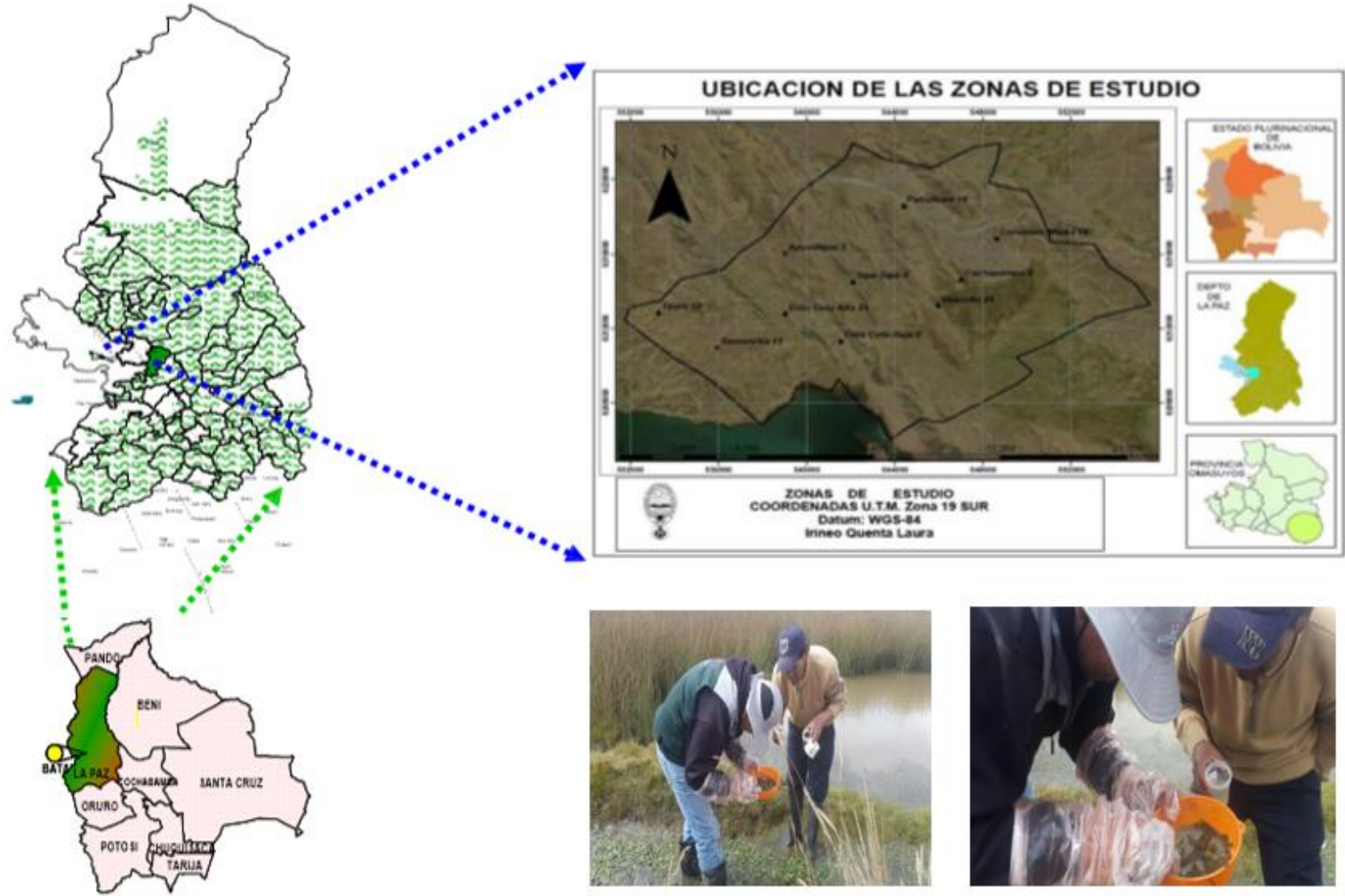
### 3.2 Características de la Zona de Estudio

#### 3.2.1 Clima

El comportamiento térmico de la zona es semiárida, fría, presenta temperaturas anual promedio de 15,78 °C, que varían entre 19,5 °C como máximo; tal como se muestra en la Figura 1. La temperatura mínima baja (9,33°C), con una humedad relativa de 56% y velocidad de viento de 1,91 m s<sup>-1</sup> (SENAMHI, 2018).



**Figura 1 Datos mensuales de temperatura C y Humedad Relativa % (Municipio Huarina)**



*Figura 2 Representación del Área de estudio Municipio de Huarina*

### **3.3 Materiales**

#### **3.3.1 Material biológico y laboratorio**

En las características del trabajo de investigación se realizó diferentes muestras de agua en diferentes comunidades del municipio de Huarina.

- Microscopio, Cajas Petri, Pinzas, Estereoscopio, Gotero, Porta objetos, guantes, barbijo, aguja de disección, gradillas, foco y tubo de ensayo.
- Kit de pruebas de Acuicultura Modelo FF-2 de Hach.

#### **3.3.2 Materiales de Campo**

##### **Material e insumos para el trabajo de campo:**

- Global Position Source (GPS).
- Imágenes satelitales (Google maps), del lugar de estudio, cámara fotográfica, lápiz, jabón líquido alcohol en gel, planillas de campo.
- Termómetro.
- Frascos de muestra de agua.
- Guante de goma, cinta pasquín, conservadora, pH metro, termómetro.

#### **3.3.3 Materiales de Gabinete**

Los materiales de gabinete han permitido planificar, desarrollar y cumplir el cronograma de actividades.

- Material de escritorio y equipo de computación

##### **Softwar para análisis de datos e información de campo:**

- Microsoft Office y Excel 2017
- Software (arcGis 10.2.2, office 2010, agisoft)

### **3.4 Metodología**

Primero se definió el área del estudio, con los criterios de muestreo y la selección de métodos para los análisis morfológicos físicos químicos y bacteriológicos, la identificación de bofedales en las comunidades de estudio.

#### **3.4.1 Identificación de Humedales**

Para los diferentes recorridos por las comunidades, fue necesario la presencia del secretario general junto con personal de apoyo guías conocedores de la zona, mismos que compartieron su conocimiento y fuentes de información pertinentes y habitantes cercanos de las diferentes comunidades del Municipio de Huarina.

Se identificaron las comunidades que tienen bofedales Apuvilque, Tairo, Samancha, Cachapamapa, Coromata Media Vilacollo, Cota Baja, Quimsachata, Cota Alta, Sipe, Copancara, Icrana, Pairumani para medir el perímetro de bofedal, paratomar muestras para el análisis físico químico, bacteriológico y el número de caracoles.

#### **3.4.2 Trabajo del campo**

Previa realización del trabajo de campo, se crearon itinerarios para visitar los bofedales identificados con anterioridad en un estudio paralelo, para su ubicar la georreferenciación y procesamiento de coordenadas obtenidas con equipos GPS Garmin csx map 60. Se planifico 6 salidas de campo donde se tomaron fotografías de cada bofedal, y llenado de fichas individuales, recolectando muestras de agua y vegetación delimitando el perímetro de los bofedales Pérez, M. (2011:24).

#### **3.4.3 Recopilación de la información primaria**

##### **a) Información ambiental**

Información levantada in-situ, en base a parámetros establecidos para el estudio. Previo a las salidas, se diseñó un modelo general de ficha de campo se elaboraron matrices para recoger la información más relevante de cada bofedal y su entorno.



## **b) Identificación de los bofedales.**

Una vez identificadas las zonas de estudio se identificaron los bofedales más representativos y de mayor extensión ubicados en diferentes comunidades a lo largo del municipio de Huarina para caracterizarlas. Se procedió a delimitar el área de los bofedales con la ayuda de imágenes satelitales acompañado con un GPS posterior procesamiento de los datos obtenidos.

### ***3.4.4 Procesamiento y análisis de la información.***

La información obtenida se sometió a un proceso de revisión complementación y estructuración con base a las diferentes fuentes referidas. Los datos geo-referenciados de cada bofedal se procesaron mediante el paquete ArcGis 10.2 obteniendo un nuevo sistema de información geográfico de los bofedales presentes en el municipio para procesar los mapas requeridos en este estudio.

### ***3.4.5 Procesamiento de imágenes satelitales.***

La información obtenida se sometió a un proceso de análisis y estructuración, clasificando las imágenes en buenas y malas para el procesamiento mediante el paquete Agisoft obteniendo una ortofoto geo-referenciada y posterior generar un mapa del lugar.

### ***3.4.6 Toma de puntos de control con GPS Garmin***

Se procedió a colocar puntos de control con el GPS en cada bofedal en lugares donde se tomó muestras de aguas de los diferentes bofedales para tener los puntos de referencia en la identificación de los diferentes bofedales y sea más fácil identificar y geo-referenciar con el GPS el lugar.

### ***3.4.7 Análisis físico químico de agua.***

Se seleccionó e identificó geográficamente los puntos de muestreo y se diseñó una red de muestreo para realizar el análisis físico químico y bacteriológico del agua.

Se seleccionó los bofedales que tienen una cantidad considerable de agua en las comunidades.

Ubicación geográfica de los puntos de muestreo con un Sistema de posicionamiento Geográfico (GPS).

Se tomaron como puntos de muestreo de agua los mismos puntos que se ubicaron con el Sistema de posicionamiento Geográfico (GPS).

Para hacer el análisis del agua y la contaminación hídrica y parámetros físicos químicos de cada uno de los bofedales seleccionados para el estudio, se tomaron muestras de agua in-situ, para estudiar los siguientes parámetros físico, químicos, temperatura, pH, oxígeno disuelto, salinidad, conductividad eléctrica y cantidad de sólidos disueltos. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de SELADIS

Delimitar subdividir las principales zonas de distribución de bofedales en el municipio de Huarina utilizando imágenes satelitales y el análisis de una respuesta espectral de vegetación.

#### **3.4.8 Determinación de la superficie de los bofedales**

La metodología para determinar la superficie de los bofedales en época húmeda se realizó una identificación a todas las comunidades que tienen humedales o bofedales de las 28 comunidades de las cuales se identificaron 10 humedales de las comunidades de Pairumani, Quechapampa, Icrana cota Baja, Samancha, Coromata media, Coromata Alta, Vila Collo, Quimsachata, son las comunidades que tiene humedales en grandes superficies y que son de mucha importancia.

#### **3.4.9 Metodología para recolección de la muestra de agua.**

La recolección y conservación de las muestras de agua se realizaron siguiendo los procedimientos del Manual Métodos Normalizados para el análisis de aguas Potable y residuales (APHA *et al.*1995, Eaton *et al.*2005, p. 54) la recolección para el análisis bacteriológica y físicos químicos se realizó a partir de la 9:00 a.m. aproximadamente hasta las 4:00 p.m. en el mismo día, desde los sitios ubicados de los bofedales de aguas abajo aguas hacia arriba para evitar la contaminación por manipulación. Se realizaron *insitu* mediciones de pH, conductividad, temperatura del agua, temperatura del ambiente.

En cada muestreo se recolectaron 10 muestras en botellas plásticas de 800 mL, sin tratamiento ni conservación, para análisis de color y turbiedad, 10 muestras para en frascos esterilizados bien tapados herméticamente conservadas a bajas temperaturas (entre 4 y 10 C), y transportadas dentro de las 24 horas después de su recolección al laboratorio de SELADI donde se analizaron coliformes fecales y *Escherichia Coli*. De la misma manera se recolectaron 15 muestras en frascos de plástico de 500 ml para el análisis de cationes por absorción atómica y fueron transportadas el mismo día la Laboratorio de Química de Cota Cota para su respectivo análisis.

Para el análisis de agua se tomó muestras simples para determinar cualitativamente y cuantitativamente la calidad de agua de cada uno de los puntos de muestreo de los bofedales.

Para el análisis físico químico se tomó 1 litro de muestra sin tratamiento ni adición de conservantes cumpliendo con el siguiente procedimiento:

**a)** Previo al muestreo todos los frascos fueron etiquetados indicando los siguientes datos:

- Referencia de la muestra
- Nombre de quien realizo la muestra
- Fecha y hora de toma de la muestra
- Identificación del punto de muestreo.

**b)** Antes de recoger las muestras se lavaron los frascos de 1 litro tres veces con la misma agua, se tomaron a una altura de 20 cm del espejo de agua, los envases se llenaron hasta el borde, procurando no dejar una cámara de aire entre el agua y el tapón de cierre las cuales se conservaron en una caja para que no se caliente, se conservaron a 10 C°.

**c)** Se etiqueto las muestras, se etiquetaron a todas las muestras con sus nombres de cada comunidad.

d) El transporte de las muestras se realizó teniendo cuidado de asegurar que los envases estén herméticamente cerrados resguardados de la luz y evitando que las muestras se calienten y se contaminen.

El análisis químico se realizó en laboratorio con las siguientes metodologías para cada parámetro.

**Cuadro 6 Método para el análisis físico químico**

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES
Ph	Potenciómetro	Ph
	Pocket pro multi 2 tester	
Conductividad (CE)	Conductivímetro	µS
	Pocket pro multi 2 tester	
Total de sólidos disueltos TDS	Pocket pro multi 2 tester	Ppm
Sales	Pocket pro multi 2 tester	Ppt
Temperatura	Pocket pro multi 2 tester	°C
Ácidos	Volumetría Clásica	meq/l
Base	Volumetría Clásica	meq/l
Niveles de amonio en el agua	Volumetría Clásica	g/l NH <sub>3</sub>
Dióxido de carbono	Volumetría clásica	mg/l CO <sub>2</sub>
Dureza total	Volumetría clásica	mg/l CaCO <sub>3</sub>
Oxígeno disuelto	Volumetría clásica	mg/l
Cloruros	Volumetría clásica	mg /l
Nitrato	Espectrofotometría UV- Visible.	mg /l
Sulfatos	Espectrofotometría UV- Visible.	mg /l

El equipo que se utilizó para determinar ácidos, base, niveles de amonio en el agua, dióxido de carbono, dureza total y oxígeno disuelto. Es el Kit de pruebas de Acuicultura Modelo FF-2 de Hach.

Según el Manual de Análisis de Agua de Hach (8376). El mismo es un Valorador Digital de Hach es un nuevo concepto en el análisis volumétrico. Es un dispositivo de dispensación de precisión equipado con cartuchos compactos que contienen reactivos de titulación concentrados. Titulaciones precisas se realizan sin el grueso y la fragilidad

de buretas convencionales.

Un tornillo de accionamiento principal en la tituladora digital controla un émbolo que fuerza del valorante concentrado a partir de un cartucho de titulación en un flujo cuidadosamente regulado.

Para el análisis de cloruros, sulfatos y nitratos las muestras se analizaron en el Instituto de Investigaciones Químicas.

### **3.4.10 Calibraciones del valorador Digital**

Previamente se realizó la calibración del valorador Digital

### **3.4.11 Análisis de las muestras.**

Se determinó la concentración de los diferentes parámetros químicos de acuerdo al manual Digital Hash.

- a) **Amoniaco.** - Los niveles de amonio en el agua  $\text{NH}_3$  presente en el medio ambiente procesos metabólicos agropecuarios e industriales.

El amoníaco existe en el agua como el hidróxido de amonio.

Los iones de hidróxido son titrated con el ácido sulfúrico a un final de colorimétrico el punto correspondiente a un pH valora entre 4,4 y 6,2.

La concentración de hidróxido es directamente proporcional al volumen de ácido titrantusado.

El nivel de amonio que tiene el agua se encuentra con la siguiente fórmula

$$\text{digitos usados} \times \text{digitos del multiplicador} = \text{concentracion } \text{NH}_4\text{OH} \left( \frac{\text{g}}{\text{L}} \right)$$

Para encontrar la concentración de muestra esperada se utilizó las tablas (**ver anexos**) para hidróxido de amonio (% o g/L) (ver anexos) posteriormente se encontró el volumen de muestra correspondiente y los dígitos del multiplicador.

**Cuadro 7 Hidróxido de Amonio**

Esperado g/l NH <sub>4</sub> OH	Volumen de muestra (ml)	Dígitos del multiplicador
50-150	1	0,35
100-300	0,5	0,70
250-600	0,2	1,75

**Nota.** Recuperado de "manual de digital Titrator: Ammonia, High Rang (Ammonium Hydroxide)". p.55. Estados Unidos.

**b) Oxígeno disuelto.** - La cantidad de oxígeno disuelto en el agua se encontró con la siguiente fórmula:

$$\text{digitos requeridos} \times 0.1 = \text{oxigeno disuelto} \left( \frac{\text{mg}}{\text{l}} \right)$$

**c) Dióxido de Carbono.** - La cantidad de Dióxido de Carbono presente en el agua se encontró con la siguiente fórmula:

$$\text{total de digitos requeridos} \times \text{digitos multiplicador} = \text{CO}_2 \left( \frac{\text{mg}}{\text{l}} \right)$$

**Cuadro 8 Volumen de la muestra, dígitos de multiplicador y el dióxido de carbono**

Rango mg/l como CO <sub>2</sub>	Muestra Volumen (ml)	Titulación Cartucho (NNaOH)	Número de catalogo	Dígitos del Multiplicador
10-50	200	0,3636	14378-01	0,1
20-100	100	0,3636	14378-01	0,2
100-400	200	3,636	14378-01	1,0
200-1000	100	3,636	14378-01	2,0

**Nota.** Recuperado de "manual de digital Titrator: Carbon Dioxide "p.61. Estados Unidos.

**d) Dureza total.** - Con los criterios actuales la dureza total se define como la suma de las concentraciones de Ca y Mg, ambos expresados como carbonato cálcico, enmg/l.

Para calcular la concentración de la muestra se usa la siguiente fórmula:

$$\text{dígitos requeridos} \times \text{dígitos multiplicador} = \text{Dureza CaCO}_3 \text{ (} \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{)}$$

**Cuadro 9 Volumen de muestra, dígitos de multiplicador y el carbonato de calcio esperado (mg/l)**

RANGO (MG/L) CaCO <sub>3</sub>	VOLUMEN DE MUESTRA	cartucho titulación esta	número de catalogo	Dígitos de multiplicador
10-40	100	0,0800	14364-01	0,1
40-160	25	0,0800	14364-01	0,4
100-400	100	0,800	14364-02	1,0
200-800	50	0,800	14364-03	2,0
500-2000	20	0,800	14364-04	5,0
1000-4000	10	0,800	14364-05	10,0

**Nota.** Recuperado de "manual de digital Titrator: Hardness, Total ". p.140.

Estados Unidos. Fuente: [https:// www.agromatica.es/sentinel-2-teledeteccion-agricultura](https://www.agromatica.es/sentinel-2-teledeteccion-agricultura)

### **3.4.12 Diseño de muestreo**

Se eligió los humedales más representativos tomando los costos de análisis que presenta y el tiempo, se muestrearon 10 humedales por comunidad. En total se muestrearon 10 sitios que es un número estadístico robusto, dado que los mínimos son diez.

## **4 RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **4.1 Resultados**

#### **4.1.1 Identificación de Bofedales**

Según bibliografía la identificación de bofedales se clasifican a los bofedales se clasifican por el tamaño, en grandes (Jach'a jock'os) y chicos (Jisk'a juck'os). Los grandes son usufructuados por un número variable de familias, aunque la cría del ganado es unifamiliar. Mientras los Juck'os (chicos) están ubicados en predios familiares, quedando por lo tanto su cuidado y uso a nivel del propietario. Novoa y



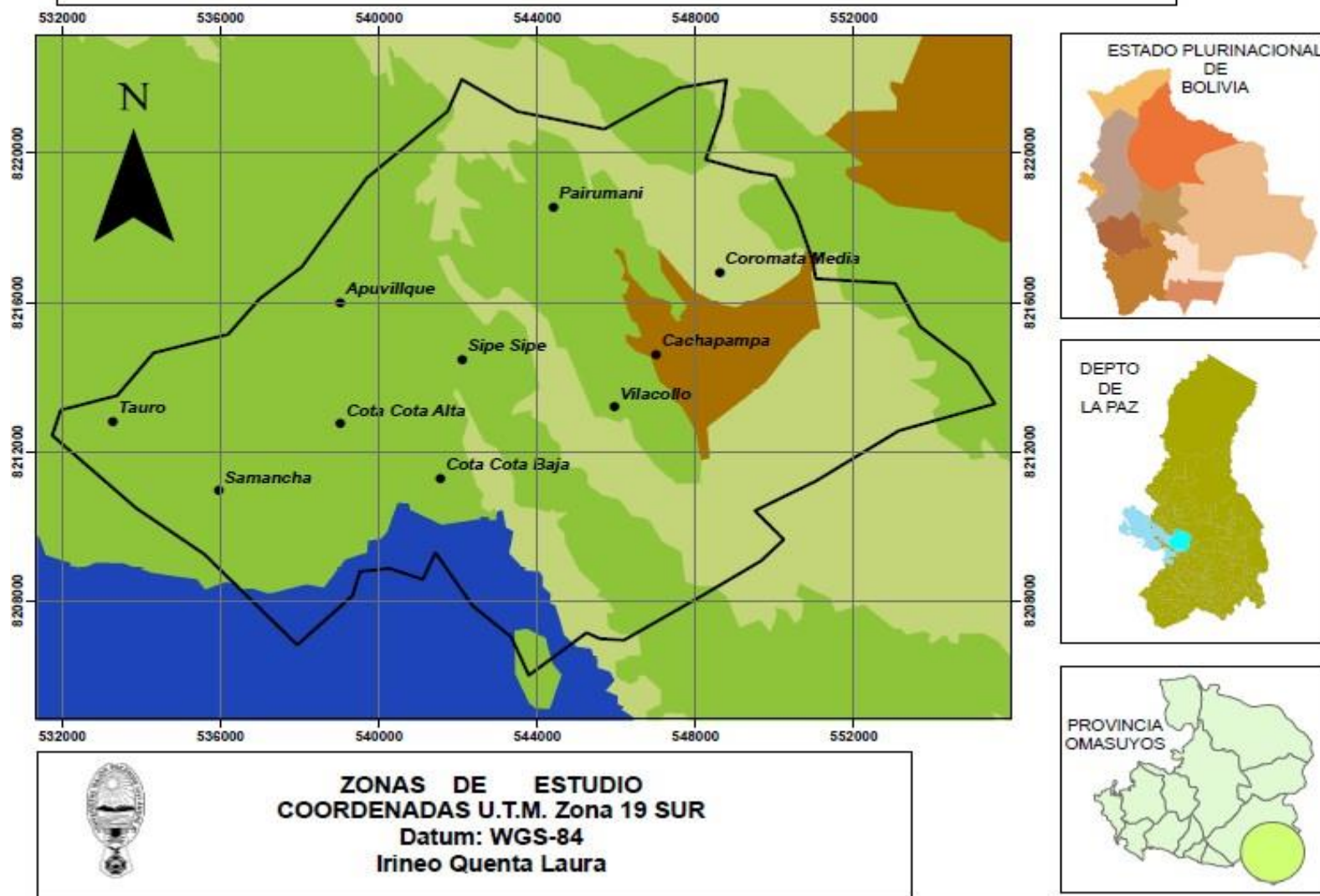
Flores (1991), Se identificaron grandes y pequeños bofedales con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) en las 10 comunidades del municipio de Huarina.

**Cuadro 10 Puntos de referencia de bofedas en el Municipio de Huarina**

<b>N</b>	<b>COMUNIDAD</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
1	Apuvillque	53902	8216012
2	Tauro	53327	8212807
3	Samancha	53595	8210952
4	Cachapamapa	54699	8214762
5	Coromata media	54861	8216839
6	Sipe Sipe	84214	8214374
7	Vila collo	54598	8213152
8	Cota Cota Baja	54154	8211287
9	Cota Cota Alta	53903	8212752
10	Pairunani	54441	8218580

**Elaboración:** fuente propia

# DISTRIBUCION ESPACIAL DE AREAS DE ESTUDIO



*Figura 3 Ubicación de Bofedades en el municipio de Huarina*

En este estudio se identificaron 10 bofedales en el municipio de Huarina, se realizó con la siguiente metodología aplicando el SIG con la finalidad de proveer información relevante al municipio de Huarina, sobre la zonificación y caracterización de los bofedales con riesgo a parasitosis cuyo ecosistema es vital para la alimentación de los animales de la zona.

#### **4.2 Superficie de los bofedales**

Se determinó una superficie aproximada de 2402,12 ha sumado los 10 bofedales que hay en diferentes comunidades del municipio de Huarina, (Figura 4).

#### **4.3 Volumen de Agua de los bofedales**

Se determinó el volumen de agua de los bofedales de las comunidades del municipio de Huarina, con los datos obtenidos de cada bofedal se tiene un volumen de 9235,73 m<sup>3</sup> (Figura 4).

#### **4.4 Características físicas y Química de los bofedales**

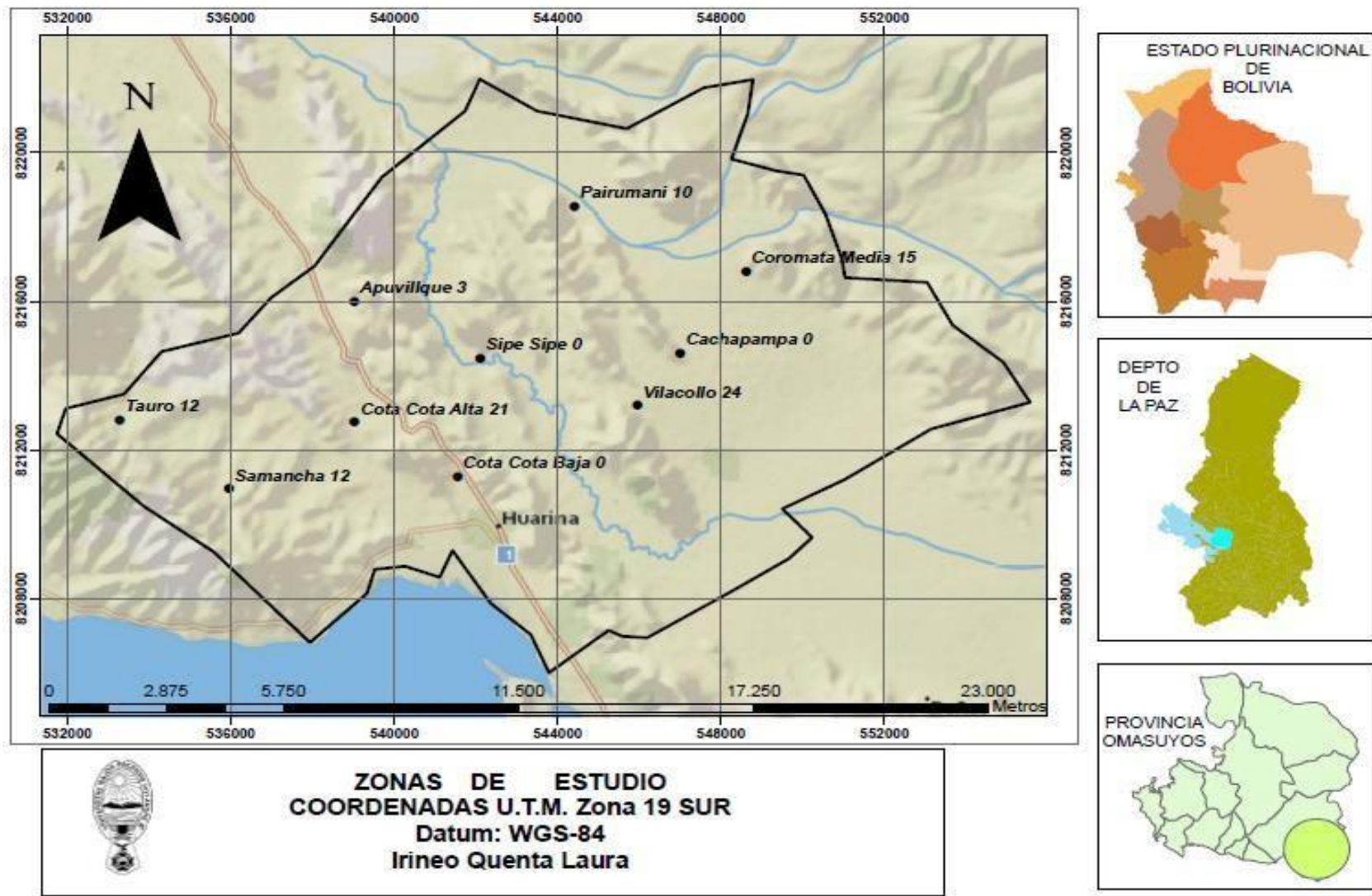
Las características físicas y químicas de los humedales del municipio de Huarina es la siguiente:

##### ***4.4.1 Características físicas del agua de bofedales del municipio de Huarina***

Las características de los parámetros físicos, tales como temperatura, pH, color, turbiedad, conductividad y sólidos totales disueltos, se presentan a continuación.

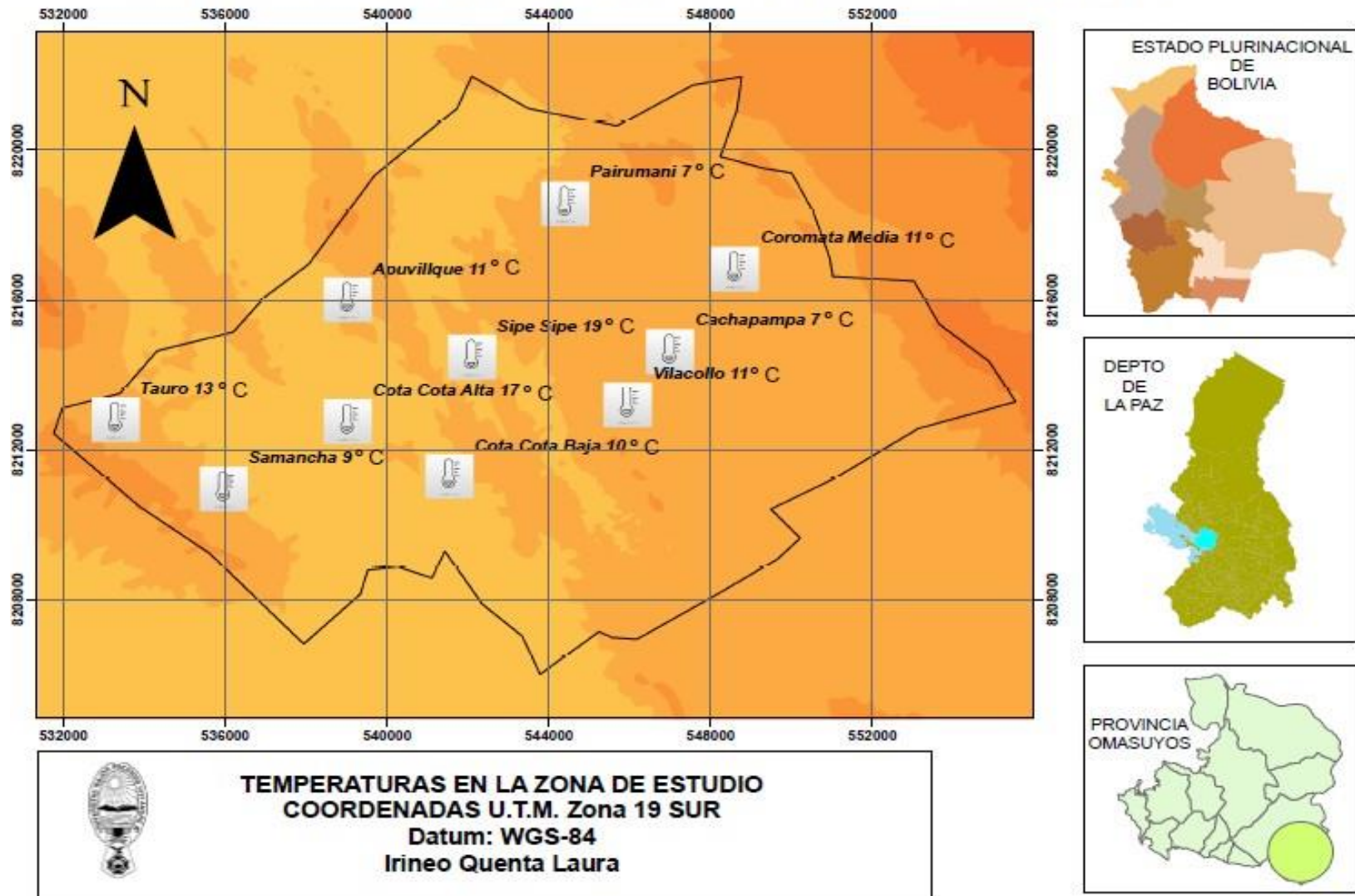
##### **4.4.1.1 Temperatura**

Este parámetro juega un papel importante de los procesos fisiológicos de los organismos acuáticos, tales como la respiración microbiana, la cual es responsable de muchos procesos de auto-purificación en los cuerpos de aguas superficiales (Chapman, 1996). Por lo tanto, la temperatura debe ser uno de indicadores básicos de un programa de seguimiento de calidad de agua, ya que además su medición es sencilla, rápida y económica.



*Figura 4 Características de la superficie y Volumen de agua en los Bofedales*

# MAPA DE DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS



*Figura 5 Temperatura Media en los Bofedales en la Zona de Estudio*

La temperatura media de las aguas de los bofedales de las comunidades del municipio de Huarina es 12,7 C° con una mínima de 7,0 C° y una máxima de 19 C°.

#### 4.4.12 Potencial de Hidrogeno

Los resultados de pH del agua de los sitios evaluados se presentan en el siguiente Figura 6, donde muestra un promedio de 7,78 con un máximo de 9,92 y mínimo de 6,72 con un desvió estándar de 0,89 y un coeficiente de variación de 11,40% donde está en los rangos permisibles de estadística.

**Cuadro 11 Promedios de Ph de los bofedales de estudio**

Estadística Descriptiva	Valor
Promedio	7,78
Máximo	9,52
Mínimo	6,72
Desvió Estándar	0,89
Coeficiente de Variación	11,40

Elaboración: fuente propia

#### 4.4.13 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica media de los bofedales es 247,82  $\mu$ S, con una máxima 888,0  $\mu$ S, y con una mínima de 48  $\mu$ S, con un desvió estándar de 262 donde muestra que se tiene gran variabilidad de datos, los bofedales de cada comunidad de estudio su conductividad es diferente con un coeficiente de variación de 105,88%, los datos son de desvió alto con variabilidad de datos de la muestra.

**Cuadro 12 Promedios de Conductividad Eléctrica de los bofedales de estudio**

Estadística Descriptiva	Valor $\mu$ S
Promedio	247,82
Máximo	888,00
Mínimo	48,00
Desvió Estándar	262,39
Coeficiente de Variación	105,88

Elaboración: fuente propia

# MAPA DE DISTRIBUCION DEL PH

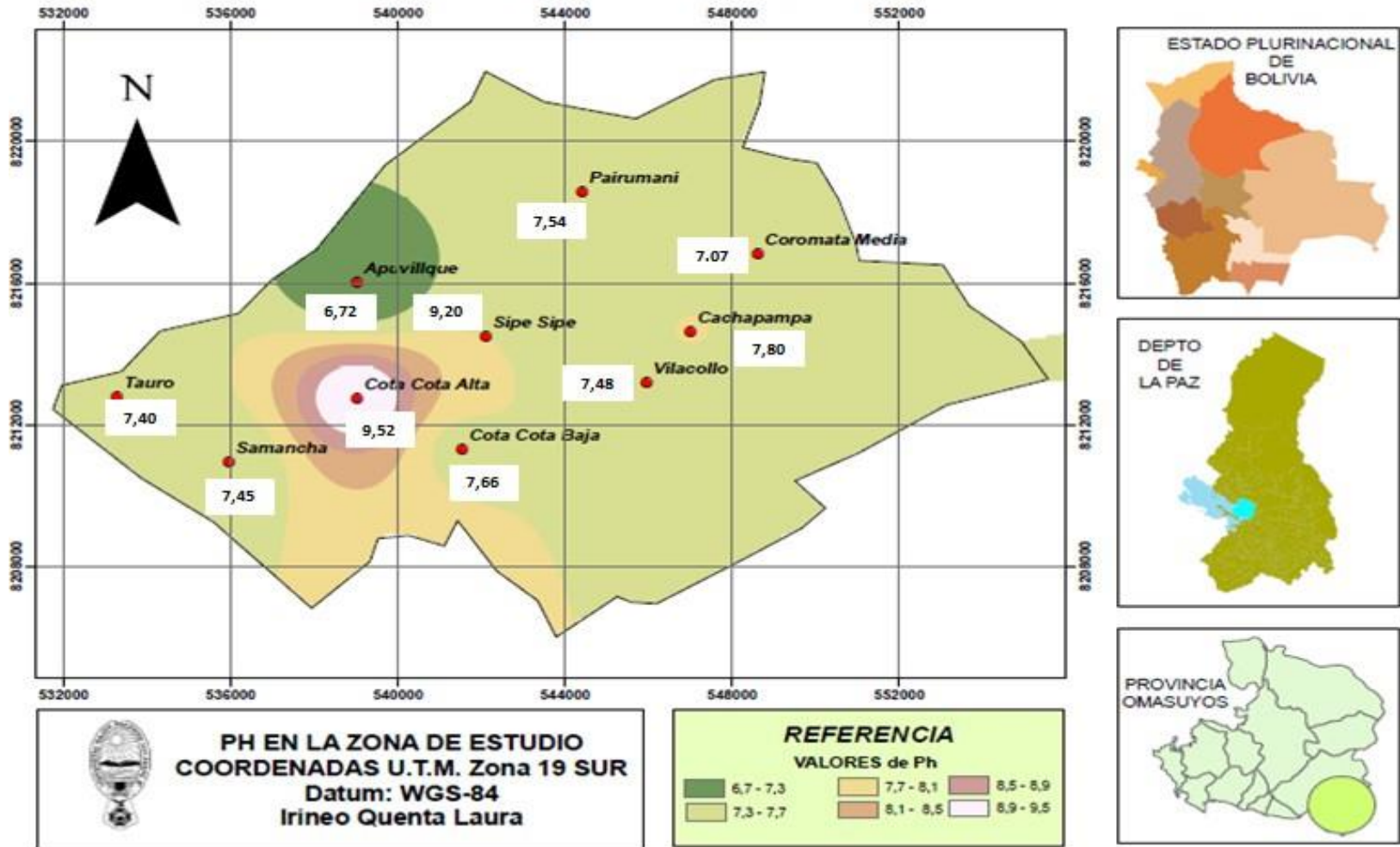


Figura 6 Distribución de Ph en los Bofedales en la Zona de estudio

#### 4.4.14 Sólidos disueltos totales

Los sólidos disueltos totales dependen de la conductividad eléctrica es uno de los más usados debido a la rigidez de su medición y, al ser una representación del total de los sólidos disueltos, permite detectar variaciones en la composición química de los constituyentes del agua. Por lo tanto, su importancia de los programados de seguimiento de la calidad de agua para tomar acciones correctivas o preventivas Asimismo el monitoreo de este parámetro indicador permite definir la necesidad de realizar otros análisis físicos químicos de bofedales.

**Cuadro 13 Distribución de análisis de solidos disueltos totales (SDT)**

Estadística Descriptiva	Valor
Promedio	7,30
Máximo	17,00
Mínimo	2,00
Desvió Estándar	5,70
Coefficiente de Variación	78,04

Elaboración: fuente propia

En el cuadro 13, se puede observar que en promedio se tiene de 7,30 de (SDT), con una máxima de 17 y mínima de 2, con un desvió estándar de 5,70 de (SDT).

La evaluación de contaminantes físicos es importante, ya que todos los parámetros indicadores se complementan para comprender los fenómenos en el medio hídrico.

Así desde el punto de vista de la vida acuática al haber mayor cantidad de sólidos suspendidos en agua la turbidez aumenta lo que genera un aumento de temperatura del agua, ya que las partículas suspendidas absorben el calor de la luz solar, lo que es perjudicial para las plantas y los peces y puede provocan su desaparición.

Estos parámetros son los indicadores básicos de control de calidad de agua en todos los casos que se quiere analizar el agua (APHA *et al.*2005).



#### 4.4.15 Características Químicas

Las características químicas que se estudiaron en el municipio, obtenidos de las diferentes muestras de agua se determinaron las cantidades de elementos disueltos en las aguas los bofedales del municipio son las cuales determinan la calidad de agua que se tienen en bofedales y son consumidos por la ganadería que poseen y en otros casos son consumidos por personas. En el siguiente cuadro 14 podemos observar los siguientes elementos presentes en las aguas de los bofedales, es el análisis de muestras recolectado de las comunidades de Huarina.

**Cuadro 14 Resultados de laboratorio de características químicas**

N°	MUESTRA	Ca	Mg	Na	K	As
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	ppb
1	COTACOTA BAJA	12,41	8,37	4,98	0,39	66,69
2	COTACOTA ALTA	19,83	29,95	9,31	0,15	74,62
3	TAIRO	30,19	28,97	27,32	-0,16	68,33
4	ICRANA	6,36	4,55	2,89	0,49	71,02
5	APUVILLQUE	19,60	13,95	21,77	0,85	82,51
6	PAIRUMANI	18,68	21,81	18,78	0,62	70,21
7	SAMANCHA	9,90	6,83	4,83	-0,24	65,87
8	COROMATA MEDIA	3,71	0,69	2,15	-0,19	61,97
9	SIPE	21,74	12,97	25,70	0,82	94,20
10	VILLACOLLU	30,48	17,90	41,11	2,36	81,74
<b>PROMEDIO</b>		<b>17,29</b>	<b>14,60</b>	<b>15,88</b>	<b>0,51</b>	<b>73,72</b>
<b>MAXIMA</b>		<b>30,48</b>	<b>29,95</b>	<b>41,11</b>	<b>2,36</b>	<b>94,20</b>
<b>MINIMA</b>		<b>3,71</b>	<b>0,69</b>	<b>2,15</b>	<b>-0,24</b>	<b>61,97</b>
<b>DESVIO ESTANDAR</b>		<b>9,17</b>	<b>10,01</b>	<b>13,12</b>	<b>0,77</b>	<b>9,77</b>

Elaboración: fuente propia

Es el análisis de laboratorio de las muestras obtenidas de los bofedales de las comunidades del municipio de Huarina, de los elementos cationes presentes en las aguas, para su luego correlacionar con los resultados con el número de caracoles *Lymnaea Truncala* y las bacterias presentes *Escherichia Coli*.

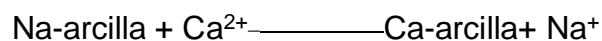
En el cuadro 14, se observa que el calcio en (mg/L), que presenta cada comunidad, en variables estadísticas que en promedio de las muestras es 17,29 mg/L con una máxima de 30,48 mg/L en la comunidad de Villacollu y una mínima de 3,71 mg/L en la comunidad Coromata Media en el Municipio de Huarina.

Los resultados en laboratorio de las características químicas en Magnesio se observa un promedio de 14,60 mg/L, con una máxima de 29,95 mg/L en la comunidad de Cota cota Alta y una mínima de 0,69 mg/L en la comunidad Coromata Media en el Municipio de Huarina.

Según la bibliografía Payera, (2009) el Magnesio está presente en forma de ión magnesio,  $Mg^{++}$ , tiene propiedades muy similares a las del ión calcio, aunque sus sales son un poco más solubles y difíciles de precipitar. El hidróxido de magnesio es, sin embargo, menos soluble. Las aguas dulces suelen contener entre 1 y 100 ppm. El agua de mar contiene alrededor de 1.300 ppm. Su aparición en el agua potable con varios centenares de ppm provoca un sabor amargo y efecto laxante.

En los resultados de Sodio muestra, que se tiene un promedio de 15,88 mg/L, con una máxima de 41,11 mg/L en la comunidad de Villacollu y una mínima de 2,15 mg/L en la comunidad Coromata Media en el Municipio de Huarina.

Según Hounslow 1995 principales, fuentes de sodio son la alita (Na Cl), espuma del mar, manifestaciones hidrotermales, salmueras, algunos silicatos y minerales raros como la nacolita ( $NaHCO_3$ ) u otros. En el agua, el sodio se origina del intercambio iónico natural, en donde la arcilla que la contiene reacciona con el calcioo magnesio y la libera (Reacción 3) (Hounslow.1995).



El sodio se encuentra en niveles elevados en aguas subterráneas, donde hay abundancia de depósitos de minerales de sodio, o por infiltración de aguas geotérmicas de origen profundo (superior a 3000 mg/L); mientras que, en cuerpos de agua superficiales de las nacientes el contenido es relativamente bajo (APHA et al.1995).

El ión sodio,  $Na^+$ , el primero de los componentes catiónicos corresponde a

sales de solubilidad muy elevada y muy difícil de precipitar; suele estar asociado con el ión cloruro Cl<sup>-</sup>. El contenido en aguas dulces está entre 1 y 150 ppm, pero se pueden encontrar casos de hasta varios miles de ppm. Las aguas de mar contienen alrededor de 11.000 ppm.

En el cuadro 14, se observa que el potasio en (mg/L), que presenta cada comunidad, en variables estadísticas se tiene un promedio de 0,51 mg/L con una máxima de 2,36 mg/L en la comunidad de Villacollu y una mínima de -0,24 mg/L en la comunidad Samancha Media en el Municipio de Huarina.

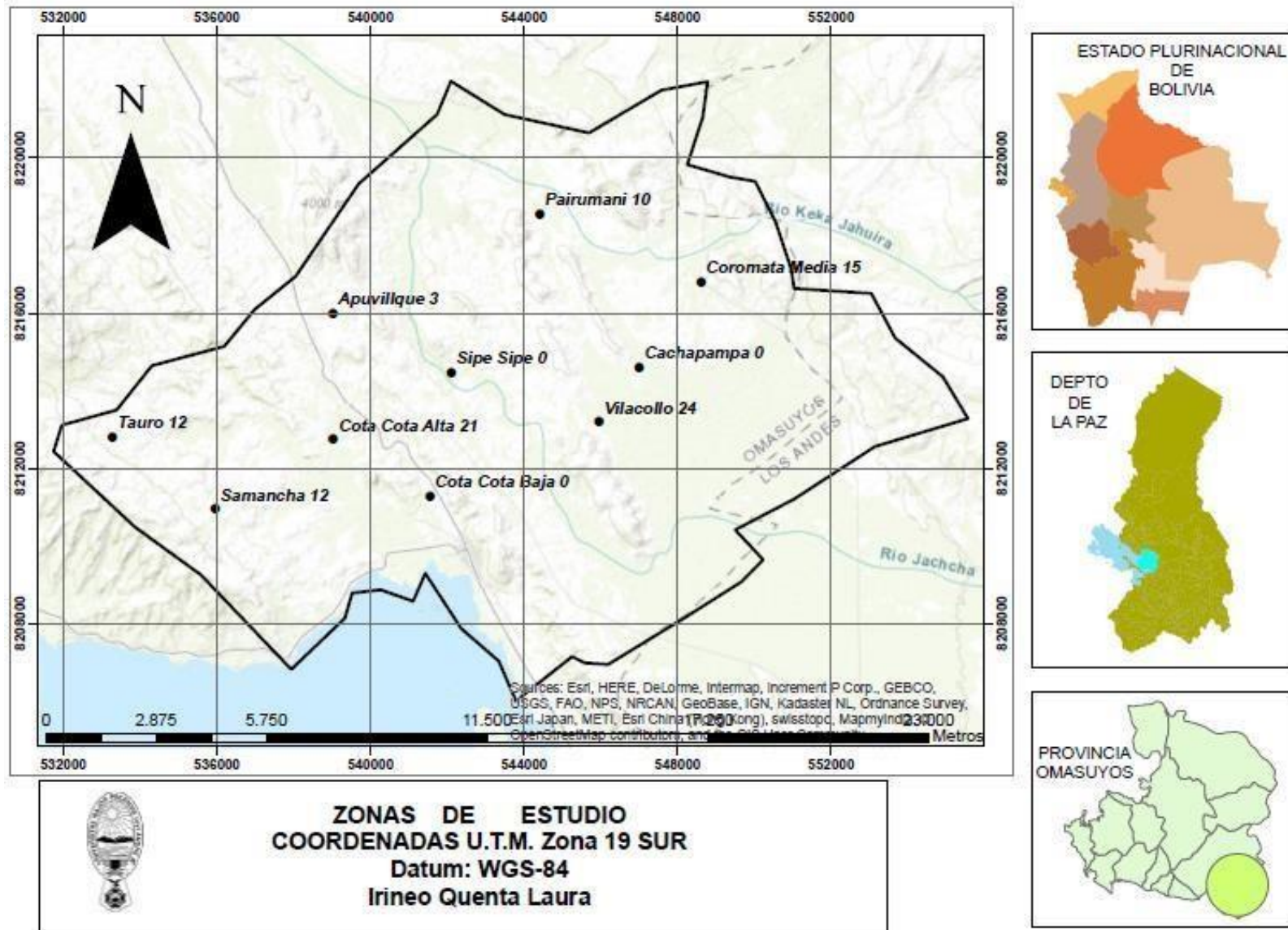
Según (Payeras, 1995) El ion potasio, K<sup>+</sup>, también corresponde a sales de muy alta solubilidad y difíciles de precipitar. Las aguas dulces no suelen contener más de 10 ppm. El agua de mar contiene alrededor de 400 ppm.

El Arsénico mostró los siguientes resultados en laboratorio, que se tiene un promedio de 73,72 mg/L, con una máxima de 94,20 mg/L en la comunidad de Sipe y una mínima de 61,97 mg/L en la comunidad Coromata Media en el Municipio de Huarina.

El arsénico se encuentra en el ambiente en forma natural y su abundancia en la corteza terrestre es de 1,8 mg kg<sup>-1</sup>, con 1 mg kg<sup>-1</sup> para la corteza terrestre continental (Taylor y McLennan, 1985). Asimismo, se lo encuentra también en forma apreciable como producto de la actividad industrial y antropogénica (Mandal y Suzuki, 2002) El arsénico se encuentra en aguas naturales en muy bajas concentraciones, pero también muy variable. Los valores, en µg/l encontrados en algunos tipos de aguas y en diferentes partes del mundo.

#### **4.4.2 Análisis bacteriológico de agua**

El agua es un elemento transmisor que a través de la bebida, baños y alimentos puede incorporar al ser humano aquellos gérmenes patógenos procedentes de la vía intestinal (Custodio y Díaz, 2001). Las heces una variedad de microorganismos y formas de resistencia que son un riesgo para la salud pública. Los parámetros bacteriológicos de los grupos coliformes, *Escherichia Coli* son indicadores de contaminación fecal.



**Figura 7 Puntos de muestra de Análisis Bacteriológico del agua en las Comunidades**

#### 4.4.3 Análisis de laboratorio de Coliformes fecales

Es una bacteria de origen fecal que pertenece al grupo de las bacterias coliformes. Es un indicador específico de contaminación fecal en el agua, responsable de gastroenteritis. Su supervivencia en medios no entéricos es limitada, por lo que su presencia indica una contaminación reciente. No se admite la presencia de ninguna unidad formadora de colonia en 100 ml de muestra. ([www.cofourense.com](http://www.cofourense.com)).

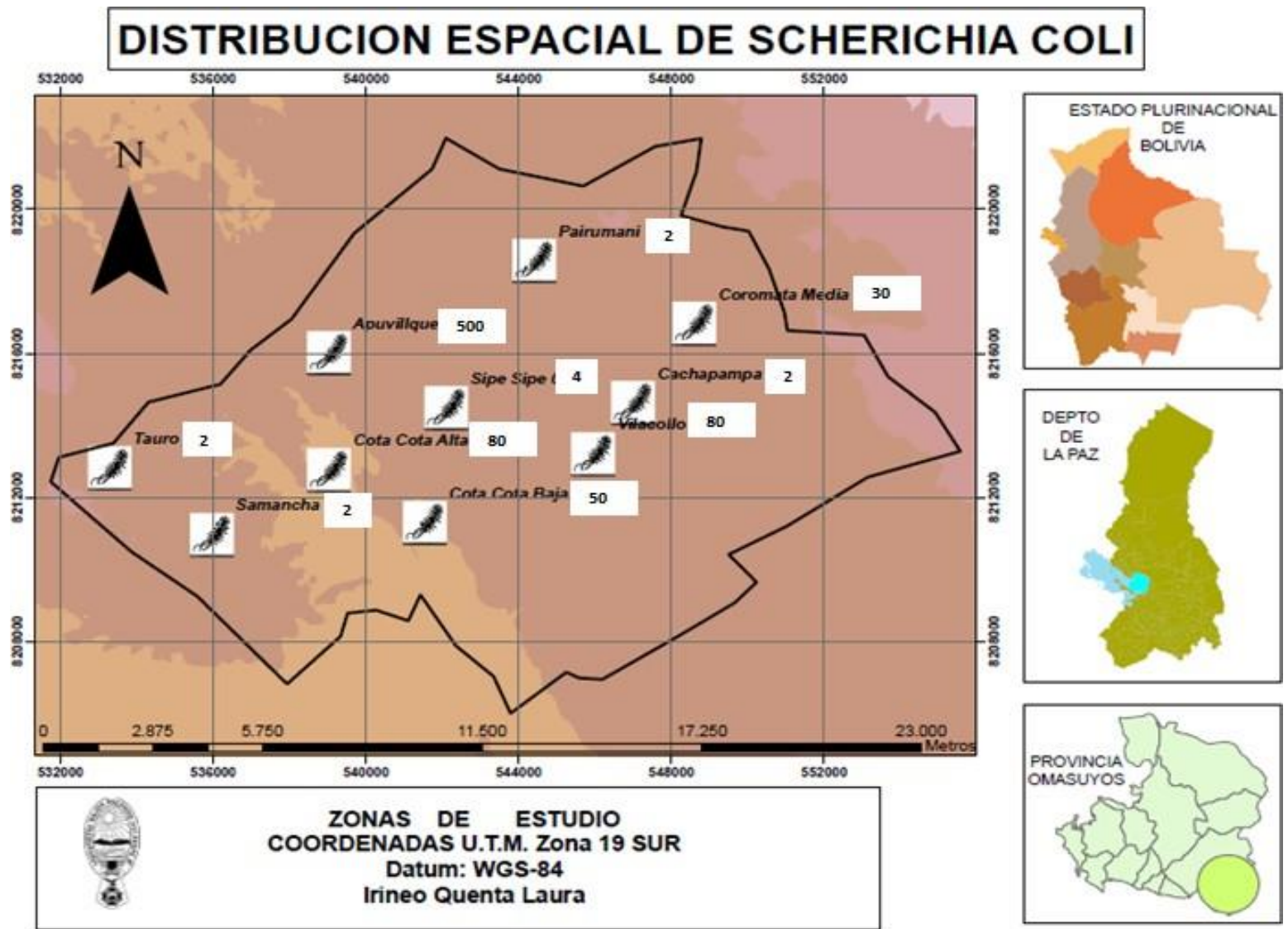
Se realizó el análisis bacteriológico de todos los humedales del municipio de Huarina por comunidad la siguiente grafica nos indica las cantidades de Bacteria *Escherichia Coli*.

**Cuadro 15 Resultados de Laboratorio en cantidad de la *Escherichia Coli***

Estadística Descriptiva	Valor
Promedio	78,00
Máximo	500,00
Mínimo	2,00
Desvió Estándar	161,62

Elaboración: fuente propia

Como se observa en el cuadro 15, se tiene un promedio de 78 de bacterias con un máximo de 500 que tiene la comunidad Apuvillque, (Figura 8), y una mínima de 2 en las comunidades de Tauro, Samancha, Cachapamapa y Pairunani.



*Figura 8 Distribuciones de la Escherichia Coli en diferentes Comunidades del Municipio de Huarina*

#### 4.4.4 Análisis de la presencia de caracoles

Se identificó la cantidad de población de caracoles de género *Limnaea* en porcentaje por comunidad a la población de caracoles que es hospedero intermediario de la *faciolariaepática* se puede observar en el siguiente en época húmeda y seca.

**Cuadro 16 Presencia de Caracoles de *Limnaea* Época Seca**

Estadística Descriptiva	Valor
Promedio	27,80
Máximo	74,00
Mínimo	0,00
Desvió Estándar	26,05

Elaboración: fuente propia

En el Cuadro 16, se observa la presencia de caracoles *Limnaea* en época seca que se tiene un promedio de 27,80, con un máximo de 74 que se encuentra en la comunidad Villacollo y una mínima de 0 en la comunidad de Cota baja (Figura 9).

**Cuadro 17 Presencia de Caracoles de *Limnaea* Época Humeda**

Estadística Descriptiva	Valor
Promedio	9,70
Máximo	24,00
Mínimo	0,00
Desvió Estándar	8,81

Elaboración: fuente propia

En el Cuadro 17, se observa la presencia de caracoles *Limnaea* en época húmeda que se tiene un promedio de 9,70, con un máximo de 24 que se encuentra en la comunidad Villacollo y una mínima de 0 en la comunidad de Cota baja, Cachapampa y Sipe (Figura 10).

# DISTRIBUCION ESPACIAL DE LIMNAEA EPOCA SECA

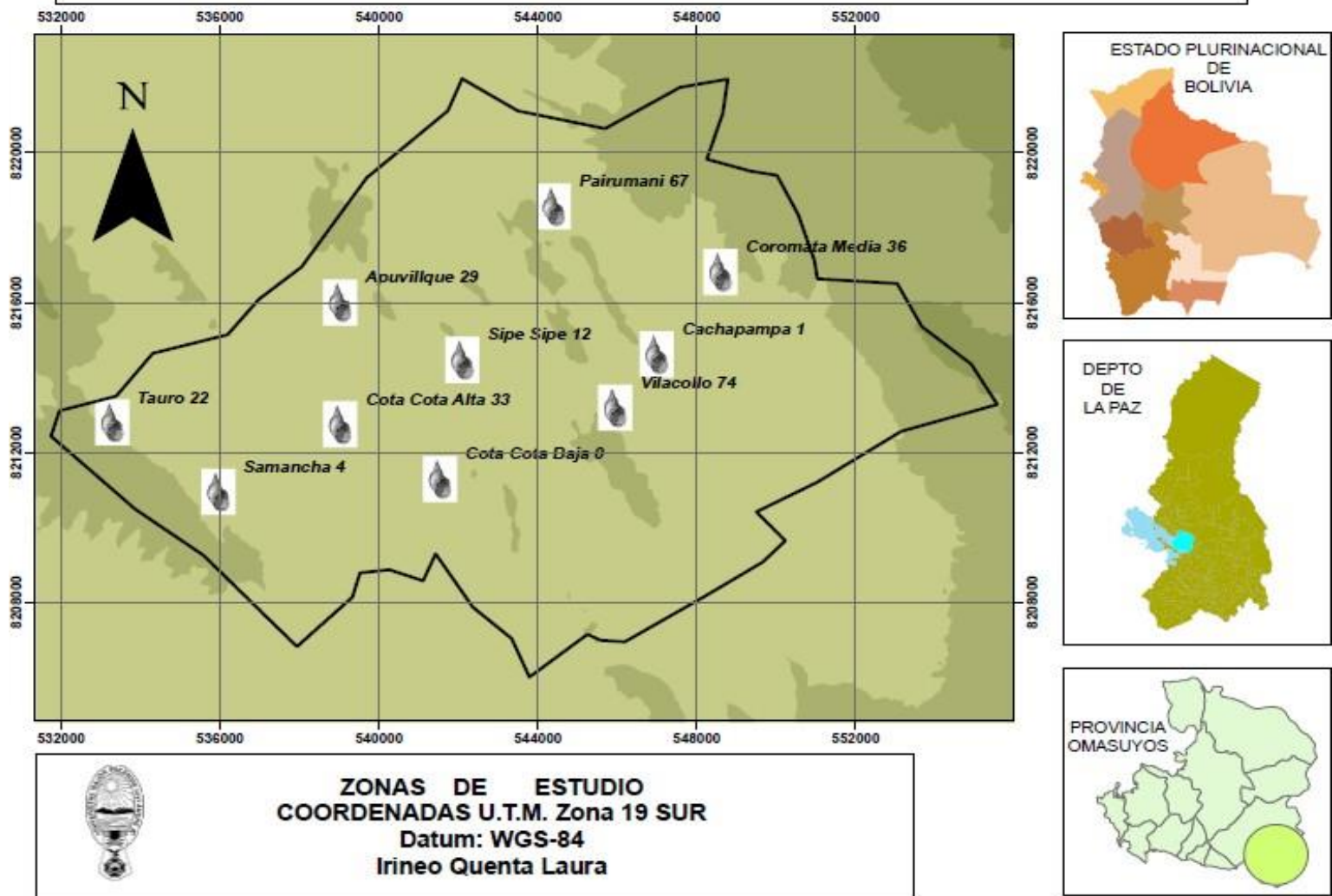


Figura 9 Distribución de la Limnaea en Época Seca en las Comunidades de Huarina



# DISTRIBUCION ESPACIAL DE LIMNAEA EPOCA HUMEDA

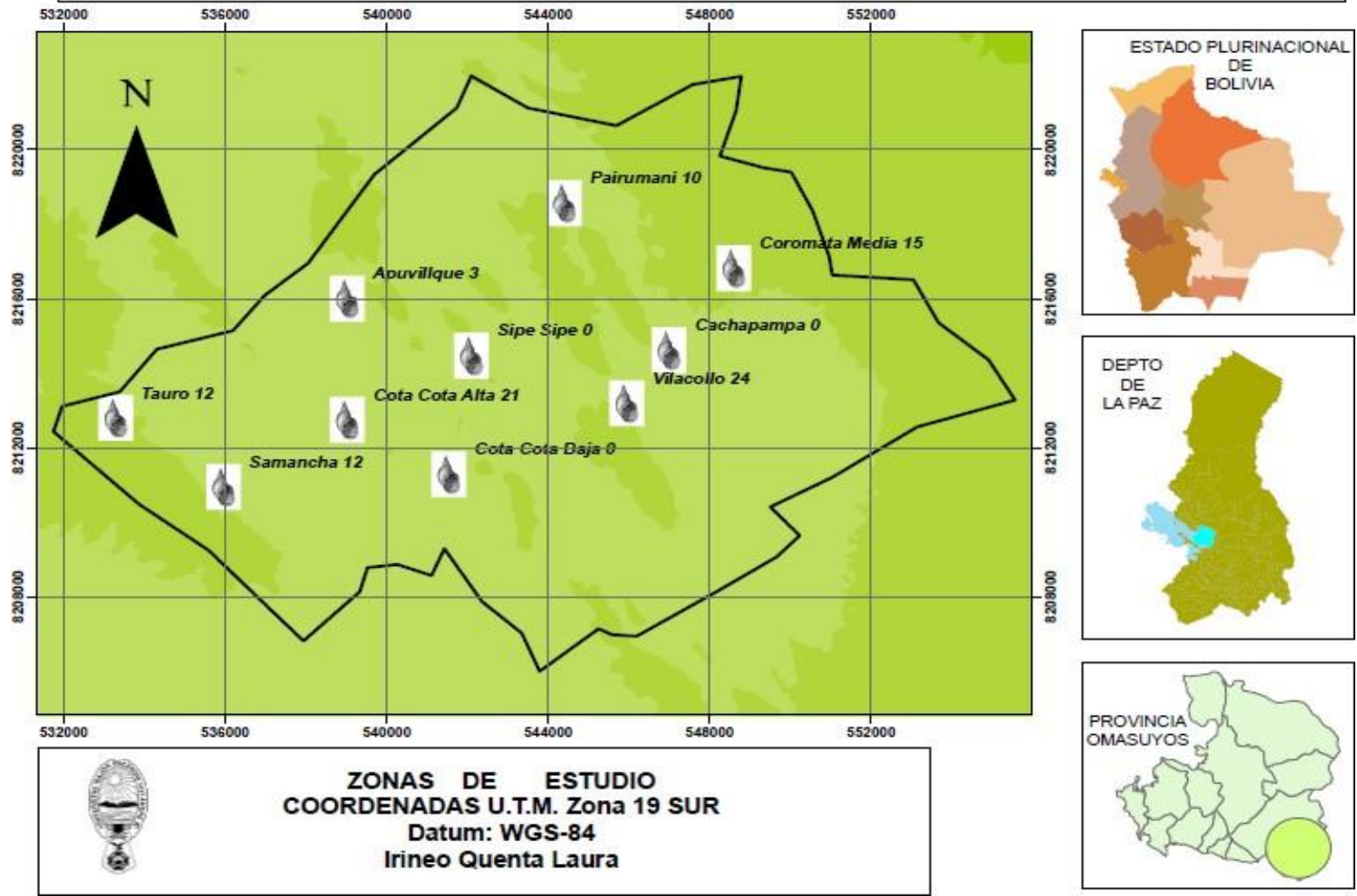


Figura 10 Distribución de la Limnaea en Época Humeda en las Comunidades de Huarina

#### **4.4.5 Análisis de correlación de las Características Físico Química del bofedal**

##### **4.4.5.1 Análisis de Correlación de Conductividad y Salinidad**

Se observa en el Cuadro 18, las correlaciones entre las variables conductividad y salinidad mostraron diferencias significativas con una probabilidad ( $P < 0,01$ ) en la comparación. La correlación entre Conductividad y Salinidad;  $r = 0,998$  ( $P < 0.0001$ ), donde existe diferencias significativas, quiere decir que el aumento de la conductividad es proporcional a la salinidad de los resultados obtenidos en las comunidades del bofedal en el Municipio de Huarina.

##### **4.4.5.2 Análisis de Correlación de Conductividad y Calcio**

Se observa que las correlaciones entre las variables conductividad y calcio existen diferencias significativas con una probabilidad ( $P < 0,01$ ) en la comparación. La correlación entre Conductividad y Calcio;  $r = 0,796$  ( $P < 0.0001$ ), donde existe diferencias significativas, quiere decir que el aumento de la conductividad es proporcional al incremento del Calcio obtenidos en laboratorio.

##### **4.4.5.3 Análisis de Correlación de Salinidad y Calcio**

Los resultados obtenidos en laboratorio entre las variables salinidad y calcio existen diferencias significativas con una probabilidad ( $P < 0,01$ ) en la comparación. La correlación entre Salinidad y Calcio;  $r = 0,793$  ( $P < 0.0001$ ), donde existe diferencias significativas estadísticas, quiere decir que el aumento de la Salinidad es proporcional al incremento del Calcio en las 10 comunidades.

##### **4.4.5.4 Análisis de Correlación de Magnesio y Sodio**

Los resultados obtenidos entre las variables magnesio y sodio existen diferencias significativas con una probabilidad ( $P < 0,01$ ) en la comparación. La correlación entre Magnesio y Sodio;  $r = 0,983$  ( $P < 0.0001$ ), donde existe diferencias significativas estadísticas, quiere decir que el aumento de la Magnesio es proporcional al incremento del Sodio en los bofedales (Cuadro 17).

**Cuadro 18 Análisis de Correlación de las características Físico Químicas del bofedal de Estudio**

VARIA+AZ: X25BLES	T° AMB	PH	T°H2O	COND	SALIND	TDS	Ca	Mg	Na	k	As	ACIDO	BASE	NH4	CO2	OD	CaCO3	Cl-1	NO3	SO4	LYES	LYEH	E.COLI	
T° AMB	1																							
PH	,665*	1																						
T°AGUA	-0,048	-0,085	1																					
COND	0,206	0,141	0,094	1																				
SALIND	0,199	0,104	0,093	,998**	1																			
TDS	0,302	0,128	0,517	0,029	0,022	1																		
Ca	0,287	0,039	0,476	,796**	,793**	0,296	1																	
Mg	-0,366	-0,022	-0,015	-0,133	-0,116	-0,181	-0,192	1																
Na	-0,374	-0,027	-0,066	-0,043	-0,027	-0,318	-0,172	,983**	1															
K	0,107	-0,031	-0,192	,669*	,668*	-0,278	0,47	-0,251	-0,137	1														
AS	,649*	0,344	-0,18	0,366	0,363	-0,114	0,472	-0,125	-0,069	,592*	1													
ACIDO	-0,392	-0,239	-0,255	0,508	0,494	-0,125	0,065	0,085	0,145	0,548	-0,18	1												
BASE	0,069	0,33	0,005	-0,092	-0,104	0,106	-0,036	-0,357	-0,401	-0,052	-0,098	-0,247	1											
NH4	-0,013	-0,373	-0,04	-0,241	-0,223	0,122	-0,325	-0,071	-0,093	-0,119	-0,211	0,181	-0,204	1										
CO2	0,148	-0,155	0,231	0,148	0,178	0,418	0,348	0,352	0,295	-0,204	0,083	-0,189	-0,395	-0,203	1									
OD	0,162	0,186	-,706**	0,224	0,218	-0,088	-0,099	0,242	0,246	0,221	0,216	0,525	-0,327	0,052	0,111	1								
CaCO3	0,298	0,322	0,34	0,214	0,187	0,114	0,349	-0,142	-0,108	0,134	0,282	-0,295	0,073	-,650*	0,341	-0,306	1							
Cl_	0,04	-0,044	-0,04	,864**	,858**	-0,166	,624*	-0,106	-0,004	,921**	0,431	,675*	-0,136	-0,123	-0,047	0,269	0,079	1						
NO3-N	-0,513	-0,349	-0,043	0,253	0,182	0,24	0,003	-0,153	-0,097	0,52	-0,127	,667*	-0,261	-0,032	0,094	0,232	0,07	0,465	1					
SO4	0,183	-0,064	-0,346	0,6	,606*	-0,028	0,297	0,022	0,074	0,531	0,356	,635*	-0,266	0,542	-0,042	,632*	-0,432	,622*	0,153	1				
LYE.S.	-0,068	-0,108	-0,215	0,296	0,284	-0,203	0,218	-0,304	-0,281	,638*	0,19	0,443	0,405	0,019	-0,371	0,188	-0,121	,581*	0,373	0,334	1			
LYE.H	0,158	0,313	-0,334	0,427	0,375	-0,112	0,054	-0,338	-0,305	0,401	-0,013	,588*	0,191	0,108	-0,53	0,474	-0,329	0,476	0,096	0,476	,597*	1		
E.COLI	0	-0,377	-0,125	-0,096	-0,078	-0,033	-0,018	-0,14	-0,129	0,19	0,29	0,01	-0,03	,654*	-0,265	-0,029	-0,48	0,037	-0,048	0,492	0,116	-0,152	1	

\* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Elaboración: fuente propia

#### **4.4.5.5 Análisis de Correlación de Temperatura del Agua y Óxidos Disueltos**

Los resultados obtenidos entre las variables temperatura del agua y óxidos disueltos existen diferencias significativas con una probabilidad ( $P < 0,01$ ) en la comparación. La correlación entre Temperatura del Agua y Óxidos Disueltos;  $r = - 0,706$  ( $P < 0.0001$ ), donde existe diferencias inversas significativas estadísticas, quiere decir que a medida que aumenta la Temperatura del Agua disminuye la proporciones de los Óxidos Disueltos.

#### **4.4.5.6 Análisis de Correlación entre Conductividad y Cloruros**

Se observa en el Cuadro 17, las correlaciones entre las variables conductividad y cloruros mostraron diferencias significativas con una probabilidad ( $P < 0,01$ ) en la comparación. La correlación entre Conductividad y Cloruros;  $r = 0,864$  ( $P < 0.0001$ ), donde existe diferencias significativas, quiere decir que el aumento de la conductividad es proporcional a la proporción de Cloruros de los resultados obtenidos en las comunidades del bofedal en el Municipio de Huarina.

#### **4.4.5.7 Análisis de Correlación de Salinidad y Cloruros**

Los resultados obtenidos en laboratorio entre las variables salinidad y cloruros existen diferencias significativas con una probabilidad ( $P < 0,01$ ) en la comparación. La correlación entre Salinidad y Cloruros;  $r = 0,858$  ( $P < 0.0001$ ), donde existe diferencias significativas estadísticas, quiere decir que el aumento de la Salinidad es proporcional al incremento de los Cloruros en las 10 comunidades del Municipio de Huarina.

#### **4.4.5.8 Análisis de Correlación de Potasio y Cloruros**

Los resultados obtenidos entre las variables potasio y cloruros existen diferencias significativas con una probabilidad ( $P < 0,01$ ) en la comparación. La correlación entre Potasio y Cloruros;  $r = 0,921$  ( $P < 0.0001$ ), donde existe diferencias significativas estadísticas, quiere decir que el aumento del Potasio es proporcional al incremento de los Cloruros en los bofedales (Cuadro 17).

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- En las 10 comunidades de estudio se identificó que la temperatura media es de 12,7°C con una superficie de bofedal de 2402,12 ha y volumen de agua tiene 9235,73 m<sup>3</sup>.
- Los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio y campo de las características morfológicas físico químico y bacteriológico, se tiene en el potencial de hidrogeno en promedio de 7,78 donde está entre los rangos permitidos, la conductividad eléctrica se tiene 247,82 uSm se muestra que hay gran variabilidad de conductividad en los diferentes puntos de muestreo de cada bofedal, los Sólidos Disueltos Totales (SDT) tiene un promedio de 7,30 las características químicas en promedio se tienen de calcio (17,29 mgL<sup>-1</sup>), magnesio (14,60 mgL<sup>-1</sup>), sodio (15,88 mgL<sup>-1</sup>), potasio (0,51 mgL<sup>-1</sup>) y 73,72 ppb de arsénico, los parámetros encontrados en las diez comunidades muestran diferencias significativas entre comunidades por lo que tienen gran variabilidad de los resultados.
- Los resultados del análisis bacteriológico en el agua en los distintos puntos de muestreo se obtuvieron un promedio de 78 de bacterias con una máxima de 500 que tiene la comunidad Apuvillque, mínima de 2 bacterias en las comunidades de Tauro, Samancha, Cachapamapa y Pairunani, de acuerdo al análisis se tiene variabilidad entre diferentes puntos por lo que la comunidad más afectada es Apivillque con mayor cantidad de coliformes en comparación a las demás comunidades.
- En cuanto a la cantidad de caracoles presentes en los bofedales en diferentes épocas de seca y húmeda la presencia de caracoles se tiene un promedio de 27,80, con un máximo de 74 que se encuentra en la comunidad Villacollo y una mínima de 0 en la comunidad de Cota baja, en la época húmeda muestra un 9,70 máximo de 24 en la comunidad Villacollo y una mínima de 0 en las comunidades de Cota baja, Cachapampa y Sipe.

- Los resultados de correlaciones entre diferentes variables mostraron diferencias significativas con una probabilidad ( $P < 0,01$ ) en la comparación, entre (conductividad – salinidad), (conductividad – calcio), (salinidad – calcio), (magnesio – sodio), (conductividad – cloruros), (salinidad – cloruros), (potasio – cloruros) todas las correlaciones son positivas a un nivel de significancia del 1% a medida que aumenta la variable independiente aumenta la variable dependiente, se mostró esta correlación negativa (temperatura del agua – óxidos disueltos) a medida que aumenta la temperatura del agua disminuye los óxidos disueltos donde existe diferencias estadísticas significativas.

## **5.2 Recomendaciones**

Con base en el estudio realizado se plantean las siguientes recomendaciones:

Si bien en el trabajo de investigación se utilizó una muestra de agua por bofedal para el análisis de físico, químico y bacteriológico del agua se recomienda realizar con muestras de diferentes épocas para un mejor parámetro de cómo se comporta la fasciolosis.

Para tener datos más específicos se recomienda realizar varios estudios de análisis físicos, químicos y bacteriológicos debido a que cambian constantemente o hay evolución en el comportamiento de los organismos por el factor cambio climático.

Por otro lado, se ve la necesidad de tener un banco de datos de estudios para posteriores trabajos o programas a implementarse en este municipio debido a que hay muy poco estudio de relacionadas con los análisis morfológicos, físicos, químicos y bacteriológicos que influyen en la presencia de fasciolosis que es un problema latente.

Finalmente se recomienda divulgar el presente trabajo a todos los agricultores del municipio haciendo cursos de extensión con los resultados del trabajo que es muy importante para el sector de Huarina y comunidades aledañas.

## 6. BIBLIOGRAFIA

ALT – PNUD, (2001). Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Sub-Contrato No. 21.11: “Determinar la Capacidad de Carga de los Bofedales para la Alpaca en el Ámbito Peruano”. Documento digital. Puno.

Alzérreca, H. (2001). Los campos naturales de pastoreo del Parque Nacional Sajama (PNS) y su capacidad de carga. Proyecto manejo de aéreas protegidas y zonas de amortización Cooperación Técnica Alemana (MAPZA\_GTZ). Informe de consultoría. La Paz.

Alzérreca, H. y R. Lara. (1988). Evaluación de Praderas Nativas en el Altiplano Central y Oeste del Departamento de Oruro. En: Primera Reunión Nacional en Praderas Nativas de Bolivia. Programa de Autodesarrollo Campesino, Corporación Desarrollo de Oruro (PAC, CORDEOR). Oruro.

Beck, S., Domic, (A. I). (2010), García, C., Meneses, R. I., Yager K. & S. Halloy. El Parque Nacional.

Sajama y sus plantas. Fundación PUMA & Conservación Internacional, La Paz.

Buttolph, L. (1998). Rangeland Dynamics and Pastoral Development in the High Andes: The Camelids Herders of Cosapa, Bolivia. Thesis for Doctor of Philosophy, Utah State University. Logan, Utah.

Autoridad Autónoma del Sistema Hídrico del T.D.P.S. (1999). Fomento de uso de tecnologías adecuadas para la producción agropecuaria sustentable del altiplano de Perú y Bolivia. Vol.1. Consejo interamericano para el desarrollo integral de la organización de los estados americanos CEDI-OEA. La Paz.

Alzérreca, H. (2001). “Características Y Distribución De Los Bofedales En el Ámbito boliviano”, informe Interno (AIGACAA), LA PAZ – BOLIVIA, 190 Pág. Alzérreca. (2001). Estudio de la capacidad de carga en Bofedales para la cría de alpacas en el sistema T.D.P.S.- Bolivia. La Paz.

Alzerreca, H. y Luna, D. (2001). Manual del Ganadero para el Manejo de Bofedales, La Paz.

APHA (American Public Health Association, US); AWWA (American Water Works Association, UD); WPCF (Water Pollution Control Federation, US).(1995) Métodos Normalizados para el Análisis de aguas Potables y residuales. Madrid, Díaz de Santos, S.A.,2-1 a 2-105,3-1a 3-186,4-1 a 4-235,9-1 a 9-179.

Ashbolt Nj,Grabow Work y Snozzi M. (2001). Indicador of microbial wáter quality. En:Fewtrell L, BartramJ.(eds.) Water cuality:Guidelines,standards and health – Assessment of rist and rist management for wáter –related infectiuos diesase.Serie de monografias de la OMS sobre el agua(Water Series). Londres (Reino Unido), IWA Publishing.

Bautista, L. 2002. Identificación de Humedales en Puerto Rico utilizando Imágenes Multiespectrales, publicación, Puerto Rico.

HIGA, T. (1993). Una revolución para salvar la tierra una formade resolver los problemas de nuestro mundo a través de los microorganismos efectivos (EM) Okinawa - Japón.

CHUVIECO, E. (1995). Fundamentos de Teledetección Espacial. 2 da Ed. Ediciones Rialp, S.A. Madrid.

CIPCA. (1998). Centro de Investigación y Promoción del Campesinado, La Paz. Manejo y conservación de praderas nativas. La Paz, BO. 1 editorial. Imprenta Virgo. Kalin-Arroyo, M.; SQUEO, F.; VEIT, H.; CAVIERES, L.; BELMONTE, P.; BELMONTE, E. (1997). “Flora and Vegetation of Northern Chilean Andes”, en: “El Altiplano: Ciencia y Conciencia en los Andes”. Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos. Vicerrectoría Académica y Estudiantil, Universidad de Chile. Santiago, Chile.



Cardozo, A. (1988). Integración del sistema de los camélidos, En: Primera Convención Nacional en Producción de Camélidos Sudamericanos. CORDEOR-CEE-ABOPA. La Paz.

Hounslow, A.W. (1995). Water Quality Data. New York, USA, CRC Lewis Publishers

Lara, R. y A. Lenis. (1996). Identificación y Caracterización de Bofedales en los Lípez-Potosí. En: Seminario Taller Manejo Sostenible de Praderas Nativas Andinas. Programa de Autodesarrollo Campesino-Fase Consolidación, Foro Boliviano para el Medioambiente y Desarrollo (PAC-C, FOBOMADE). Potosí.

Loza, F., S. Moreau, M. Liberman, J.L. Lizeca y F. Gasc. 2000. Zonificación de las Aéreas Propicias para la Crianza de Camélidos en el Altiplano Central y Norte de Bolivia. Informe Final de la Asociación Boliviana de Teledetección y Medio Ambiente (ABTEMA). Unidad Ejecutora de Proyectos en Camélidos (UNEPCA). La Paz.

Luna, D. (1994). Caracterización de Asociaciones Vegetales de la Comunidad Altoandina Aguas Calientes. Oruro: Tesis Ing. Agr., Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Universidad Técnica de Oruro.

Alzérreca, H. (2001). Los campos naturales de pastoreo del Parque Nacional Sajama (PNS) y su capacidad de carga. Proyecto Manejo de Aéreas Protegidas y Zonas de Amortiguación, Cooperación Técnica Alemana (MAPZA-GTZ). Informe de Consultoría. La Paz.

Fiorio, D. (1996). Manejo de agua y conservación de bofedales. En: Seminario Taller de Manejo sostenible de praderas nativas Andinas. Programa de auto desarrollo Campesino-Fase Consolidación, Foro Boliviano para el Medio Ambiente y Desarrollo (PAC-C, FOMOBADÉ). Potosí.

Fiorio, D. (1996). Manejo de Agua y Conservación de Bofedales. En: Seminario Taller Manejo Sostenible de Praderas Nativas Andinas. Programa de

Autodesarrollo Campesino-Fase Consolidación, Foro Boliviano para el Medio Ambiente y Desarrollo (PAC-C, FOBOMADE). Potosí.

Molina, J. (1996). Informe Final de Hidrología. Plan de Manejo del Parque Nacional Sajama. La Paz.

MMAyA (Ministerio de Medio Ambiente y Aguas). Segunda comunicación Nacional del Estado Plurinacional de Bolivia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Olivares, A. (1988). Experiencias de Investigaciones en Pradera Nativa en un Ecosistema Frágil. En: Primera Reunión Nacional en Praderas Nativas de Bolivia. Programa de Autodesarrollo Campesino, Corporación Desarrollo de Oruro (PAC, CORDEOR). Oruro.

Novoa, C. y A. Flores. (1991). Producción de rumiantes menores. Impresión RERUMEN 1991, con el auspicio del Programa de Apoyo a la Investigación Colaborativa en Rumiantes Menores (SR – CRSP). Lima.

Flórez M, A. (1991). Producción de rumiantes menores. Lima: PE. Ed. Novoa y Flórez. Impresión RERUMEN. Apartado 110097.

Higa, T. (1993). Una revolución para salvar la tierra una forma de resolver los problemas de nuestro mundo a través de los microorganismos efectivos (EM) Okinawa - Japón.

Richards, J. (1993). "Remote Sensing Digit Image Análisis: an Introduction". 2nd Ed. Springer – Verlag, Berlin Heidelberg, Germany.

Ramsar COP9 DOC 26. (2005). Estrategia regional de conservación y uso sostenible de los humedales altoandinos. 9ª Reunión de la conferencia de las partes contratantes en la convención de los humedales. Kampala, Uganda 8 a 15 de noviembre de 2005.

Ramsar. (1996). "Manual de la Convención de Ramsar; Una guía a la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional". Preparado por: T. J. Davis, D. Blasco y M. Carbonell. España: Oficina de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.

Publicado por la Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente.

Espinoza, C. (2000). Propuesta de estudio de sistemas de producción y estructuras socio organizativa.

Fiorio, D. (1996). Manejo de Agua y Conservación de Bofedales. En: Seminario Taller Manejo Sostenible de Praderas Nativas Andinas. Programa de Autodesarrollo Campesino-Fase Consolidación. Potosí: Foro Boliviano para el Medio Ambiente y Desarrollo (PAC-C, FOBOMADE).

Quispe M. Jaime (2011). Evaluación de la dinámica hidrológica en bofedales de la zona de Tuni Condoriri, La Paz: Tesis.

Prieto, et al. (S-A). Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano del sistema T.D.P.S.

Pacheco, M. (1998). Aprovechamiento de áreas hidromórficas en el altiplano peruano-boliviano. Manejo de bofedales. Cría de alpacas. Cooperación Andina de Fomento y Autoridad Binacional del Lago Titicaca. La Paz.

Paredes M. (1995). El desarrollo sostenible del recurso camélido y la organización campesina en: Lineamientos de políticas para el desarrollo sostenible del recurso camélido. Documentación del Seminario Taller Nacional. 21 al 22 de octubre de 1993. La Paz: Red Boliviana de producción de Camélidos-PRODENA-CERENA.

Quintana, G. (1996). Informe Final del Plan de Manejo del Parque Nacional Sajama: Área Geobotánica. La Paz.

Troncoso. (1982). Evaluación de la capacidad de carga animal del Parque Nacional Lauca. Corporación Nacional Forestal, Región Tarapacá. Arica: Informe de Consultoría.

Troncoso, R. (1982). Caracterización ambiental de ecosistema bofedal de Parinacota y su relación con la vegetación. Santiago, Chile: Tesis Ing. Agr., Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales de la Universidad de Chile.

- Sotomayor, B. (1990). "Tecnología Campesina en el pastoreo altoandino".Puno: Proyecto Alpacas. INIA-COTESU/IC.
- Quispe, J., (2003). "Los Bofedales de la Zona Agroecológica Puna en la Cuenca del Titicaca, Puno. Distrito de Riego Llave. Granja Salcedo. La Paz: Documento electrónico en formato PDF.
- Suarez, G. (1995). Los camélidos sudamericanos en Bolivia. En: Lineamientos de políticas para el desarrollo sostenible del recurso camélido. Seminario Taller Nacional. La Paz: Red Boliviana de Producción de Camélidos-PRODENA-CERENA.
- Squeo, F., Warner, B., Aravena R. & D. Espinoza. (2006). Bofedales: high altitude peat lands of the Central Andes. Santiago de Chile: Revista Chilena de Historia Natural 79: 245-255.
- Troncoso, R. (1982). Caracterización Ambiental de Ecosistema Bofedal de Parinacota y su relación con la vegetación. Santiago de Chile: Tesis Ing. Agr., Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales.
- Sueirora et al.,(2001). Evaluación of –ID AND Mug Plus media for recovering *Escherichia coli* and other coliform bacteria from groundwater samples. Water Science and Technology, 43:213-216.
- Payeras, A. (2009). "Parámetros de calidad de aguas" Escola Bonsai Menorca. Madrid.
- Gobierno Municipal de Huarina. (2016). Recuperado 11 de agosto 2017 de:<https://www.google.com/Fpdm%2Fhuarina2012-2016.pdf>
- Gobierno Municipal de Huarina. (2016). Recuperado 11 de agosto 2017 de: <https://www.google.com/sahuarina2012-2016.pdf>.
- Senamhi. (2004). Servicio nacional de meteorología e hidrología. Recuperado 2 de junio de 2017 de: <http://ww.senamhi.gob.bo/&vedAhttp://www.eldiario>.
- Van Damme, P. (2018). Disponibilidad, Uso y Conservación de los Recursos Hídricos en el altiplano boliviano. La Paz.

# ANEXOS

## Anexo 1. Fotografías



Fotografía 1. Toma de muestras para laboratorio



Fotografía 2. Toma de muestras de agua para laboratorio



Fotografía 3. Toma de muestras de caracoles en época húmeda



Fotografía 4. Toma de puntos en los bofedales en las comunidades de estudio



Fotografía 5. Talleres de capacitación a los comunarios del municipio de Huarina



Fotografía 6. Bofedal en época humedad de la comunidad de Vila Collo



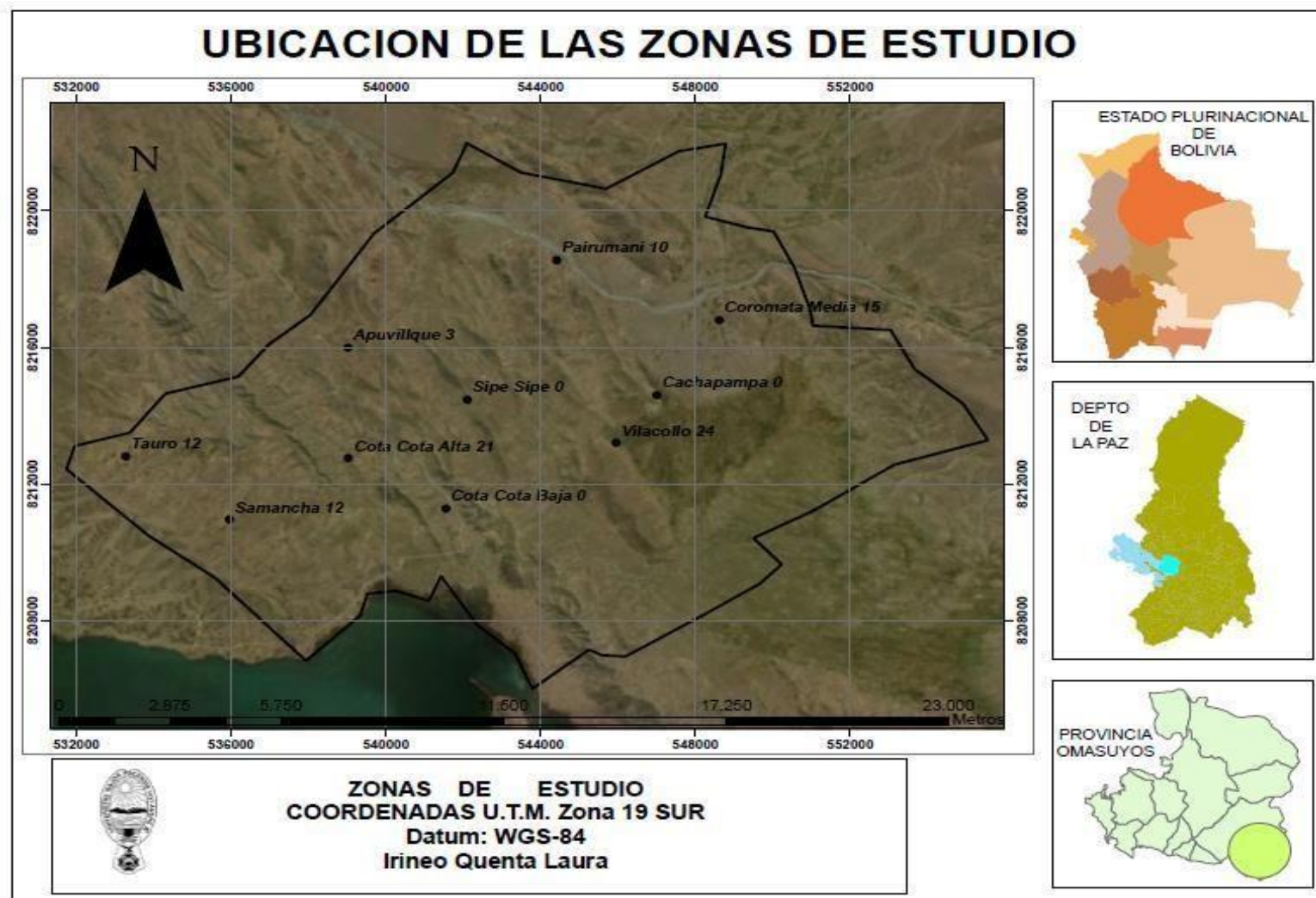


Fotografia 7. Bofedal de la comunidad de Pairumani



Fotografia 8. Bofedal de la comunidad Pairumani

## Anexo 2. Ubicación de los bofedales de estudio



Fotografía 9. Equipo de medición de Ph, CE, TDS, Salinidad

### Anexo 3. Análisis de Laboratorio de SELADI

N <sup>o</sup>	MUESTRA	Ca	Mg	Na	K	As
1	COTACOTA BAJA	12,41	8,37	4,98	0,39	66,69
2	COTACOTA ALTA	19,83	29,95	9,31	0,15	74,62
3	QUEHAPAMPA	5,78	2,47	4,98	-0,02	69,05
4	TAIRO	30,19	28,97	27,32	-0,16	68,33
5	ICRANA	6,36	4,55	2,89	0,49	71,02
6	APUVILLQUE	19,6	13,95	21,77	0,85	82,51
7	PAIRUMANI	18,68	21,81	18,78	0,62	70,21
8	QUIMSACHATA	40,89	32,17	29,31	0,17	68,53
9	SAMANCHA	9,9	6,83	4,83	-0,24	65,87
10	COROMA TAMEDIA	3,71	0,69	2,15	-0,19	61,97
11	SIPE SIPE	21,74	12,97	25,7	0,82	94,2
12	COPANCARA	46,18	29,42	102,69	1,49	82,51
13	VILLACOLLU	30,48	17,9	41,11	2,36	81,74
	UNIDAD DE MEDIDA	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L

#### Anexo 4. Análisis Bacteriológico de los bofedales

COMUNIDAD	ESCHERICHIA COLI	COLOR	OLOR	ASPECTO	
APUVILQUE	500	CAFÉ	INOLORO	PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	ok
COPANCARA	11	INCOLORO	INOLORO	PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	ok
COROMATA ALTA	80	INCOLORO	INOLORO	PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	ok
COROMATA MEDIA	30	INCOLORO	INOLORO	PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	ok
COTA COTA ALTA	8	INCOLORO	INOLORO	PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	ok
COTA COTA BAJA	50	CAFÉ CLARO	INOLORO	PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	ok
ICRANA	8	AMARILLENTO	INOLORO	PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	ok
ISLA COJATA	1600	INCOLORO	INOLORO	PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	ok
PAIRUMANI	2	AMARILLENTO	INOLORO	PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	ok
QUECHAPAMPA	2	AMARILLENTO	INOLORO	PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	ok
QUIMSACHATA	2	INCOLORO	INOLORO	PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	ok
SAMANCHA	2	INCOLORO	INOLORO	PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	ok
SIPE SIPE	4	CAFÉ	INOLORO	MUCHAS PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	ok
TAIRO	2	INCOLORO	INOLORO	PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	ok
VILLA COLLO	80	AMARILLENTO	INOLORO	TURBIO	ok
	NMP/10 0mL			PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	