

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
Facultad de Tecnología  
Carrera de Geodesia, Topografía y Geomática  
Centro de Investigaciones y Aplicaciones Geomáticas



**MAESTRÍA EN CIENCIAS GEOMÁTICAS**

(Aplicada a la gestión territorial, recursos naturales y medio ambiente)

Tesis presentada para la obtención del Título de Magister Scientiarum

**ZONIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HUMEDALES CON RIESGO A  
PARASITOSIS EN EL MUNICIPIO DE HUARINA PROVINCIA OMASUYOS  
DEPARTAMENTO DE LA PAZ.**

**“Aplicación de Sistema de Información Geográfica e investigación con  
Percepción Remota”**

Postulante Ing. Oswaldo David Poma Arando  
Tutor MSc. Ing. José Luis Delgado Álvarez

LA PAZ- BOLIVIA  
Noviembre, 2020

## DEDICATORIA

A mis padres por darme la fuerza e impulso que un hijo siempre necesita y por la insistencia de decirme siempre “lo que se comienza se acaba” a mi hermano decirle si se pudo. Y uno muy especial a un amigo que sin su ayuda no podría haber acabado la maestría

Juan Carlos Camayo.

## RESUMEN

Se realizó el estudio cuyo propósito fue zonificar y caracterizar los humedales con riesgo a parasitosis en el municipio de Huarina, la metodología utilizada fue el descriptivo – analítico donde se tomaron como referencia 13 comunidades del municipio de Huarina, a quienes se realizaron estudios físicos/químicos, químicos, bacteriológicos y ecológicos.

Para el estudio físico/químico se utilizó como instrumento de análisis un sensor para medir el pH, conductividad eléctrica, salinidad y sólidos totales disueltos, para el análisis químico de macro nutrientes “ Ca, Mg, Na, K y As” se utilizó el de laboratorio de “SELADIS UMSA”, con otra muestra del mismo lugar se separó para el análisis bacteriológico, se identificó la presencia de ***Escherichia coli***, presentes en el agua, con el rastillaje ecológico se encontraron la presencia de moluscos *lymnaea truncatula* y *Biomphalaria*.

Para los análisis de heces fecales, se utilizó “Laboratorio de parasitología de la universidad católica San Pablo” dieron como resultado la existencia de parásitos como son las especies; *Ascarissuum*, *Balantidium coli*, *Bunus tomus spp*, *Capillaira spp*, *Cooperia spp*, *Eimeria spp*, *Fasciola hepática*, *Haemonchus spp*, *Moniezia spp*, *Nematodirus spp*, *Ostertagia spp*, *Strongylus spp*, *Trichostrongylus spp*, y *Trichuris spp*.

Gracias a la aplicación de sistemas de información geográfica e investigación con percepción remota se logra digitalizar los humedales existentes en la zona, por lo tanto, se concluye que los resultados obtenidos tanto en campo como en laboratorio ayudaron a realizar mapas de zonificación y caracterización de los diferentes humedales de Huarina teniendo una influencia positiva en la comunidad ya que estas tecnologías y análisis ayudaran a la economía familiar y tener un mayor conocimiento sobre la existencia de parásitos y bacterias en el lugar.

# CONTENIDO

	Página.
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción del área de estudio.....	4
1.2 ANTECEDENTES .....	5
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	9
1.5 ALCANCES.....	10
1.6 OBJETIVOS.....	11
1.6.1 Objetivo general.....	11
1.6.2 Objetivos específicos .....	11
1.6.3 Hipótesis .....	11
<b>2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>12</b>
2.1 Introducción a los Humedales .....	12
<b>2.1.1 Importancia y función de los humedales.</b> .....	<b>12</b>
2.2 Extensión de humedales en Bolivia.....	13
<b>2.2.1 Ecosistema de los Humedales</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2.2 Ecología de los humedales</b> .....	<b>16</b>
2.3 Indicadores físico-químicos de los humedales. ....	16
<b>2.3.1 Parámetros Físicos</b> .....	<b>17</b>
<b>2.3.2 Parámetros Químicos</b> .....	<b>18</b>
<b>2.3.3 Análís de agua de Macro elementos</b> .....	<b>19</b>
2.4 Importancia y Función de los humedales.....	21
<b>2.4.1 Hidrológica</b> .....	<b>21</b>
<b>2.4.1.1 Cuenca cerrada, lacustre o central.</b> .....	<b>21</b>
<b>2.4.2 Análisis bacteriológico del agua</b> .....	<b>22</b>
2.4.2.1 Parámetros microbiológicos .....	23
<b>2.4.3 Panorama Sociocultural</b> .....	<b>24</b>
<b>2.4.4 Análisis Económico</b> .....	<b>24</b>
2.5 Sistemas de información geográfica. ....	25
<b>2.5.1 Uso de sistemas de información geográfica para la detección de humedales.</b> .....	<b>25</b>
<b>2.5.1.1 Información satelital Sentinel 2b</b> .....	<b>26</b>
<b>2.5.2 Cálculo del índice de NDVI</b> .....	<b>27</b>
2.6 Conceptos y niveles de zonificación.....	28

2.7	<i>Que es un dron</i> .....	29
2.7.1	<b>Tipos de drones</b> .....	30
2.7.2	<b>Drones en cartografía.</b> .....	30
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>32</b>
3.1	<i>Materiales</i> .....	32
	<i>Materiales tecnológicos</i> .....	32
	<i>Material de campo</i> .....	32
	<i>Material de gabinete</i> .....	32
3.2	<i>Métodos</i> .....	33
3.2.1	<b>Contacto con las autoridades de las zonas.</b> .....	34
3.2.1.1	<b>Realización de itinerario y visitas de campo</b> .....	34
3.2.2	<b>Identificación de los humedales.</b> .....	34
3.2.3	<b>Toma de muestras de agua</b> .....	35
3.2.4	<b>Información satelital.</b> .....	36
3.2.5	<b>Ortofotos del año 2010</b> .....	36
3.2.6	<b>Procesamiento y análisis de la información</b> .....	36
3.2.6.1	<b>Comparación temporal de humedales.</b> .....	36
3.2.6.2	<b>Índice de vegetación</b> .....	37
3.2.7	<b>Procesamiento de imágenes obtenidas con el Dron.</b> .....	37
3.2.7.1	<b>Toma de puntos de control con GPS</b> .....	38
<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>39</b>
4.1	<i>Identificación de los humedales</i> .....	39
4.1.1	<b>Mapa de humedales</b> .....	40
4.1.2	<b>Puntos de control para dron</b> .....	41
4.1.3	<b>Ortofotos obtenidas con el dron.</b> .....	42
4.1.4	<b>Análisis del NDVI</b> .....	43
4.1.5	<b>Análisis Bacteriológico del municipio de Huarina.</b> .....	44
4.1.6	<b>Parámetros físicos / Químicos de los humedales de Huarina</b> .....	45
4.1.7	<b>Análisis químico del agua.</b> .....	46
4.1.8	<b>Caracterización Ecológica de Caracoles.</b> .....	46
4.1.9	<b>Humedales con riesgo de parasitosis.</b> .....	48
4.1.10	<b>Incidencia parasitaria en el municipio de Huarina</b> .....	49
4.1.11	<b>Mapa de zonificación del municipio de Huarina.</b> .....	50
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>51</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>53</b>

## INDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1. Estrategia regional de conservación y uso sostenible de los humedales alto-andinos .....</b>	<b>2</b>
<b>Cuadro 2. Características de normas bolivianas de calidad de agua. ....</b>	<b>20</b>
<b>Cuadro 3. Análisis de laboratorio de la bacteria Escherichia Coli.....</b>	<b>44</b>
<b>Cuadro 4. Caracterización ecológica de caracoles.....</b>	<b>47</b>

## INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura1. Humedales del municipio de Huarina .....	8
Figura 2. Estructura general de un ecosistema. ....	15
Figura 3: Resolución Espacial y Espectral de Sentinel 2 .....	27
Figura 4. Formula de del NDVI .....	28
Figura 5. Características del vuelo de un dron. ....	31
Figura 6. Metodología de investigación .....	33
Figura 7. Ortofotos 2010 Vs. Sentinel 2018 2B .....	34
Figura 8. Procesamiento de imágenes obtenidas con el programa "AGISOFT" .....	37

## INDICE DE GRÁFICOS

	<b>Pagina</b>
Gráfico 1. Comportamiento de la bacteria Escherichia Coli .....	45
Gráfico 2. Análisis de microelementos del agua .....	46
Gráfico 3. Porcentaje de Paracitos Gastrointestinales. ....	48
Gráfico 4. incidencia parasitaria.....	49



## INDICE DE IMÁGENES

	<b>Pagina</b>
Imagen 1. Representación de la banda roja y infrarroja cercana.....	27
Imagen 2. Recolectando muestra de agua y heces fecales en un cooler blanco. ....	35
Imagen 3. Lona de color rojo y azul para la toma de puntos de control. ....	38

## INDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
<b>Tabla 1. Extensión de humedales en el mundo.....</b>	<b>1</b>
<b>Tabla 2. Extensión de Humedales en Bolivia.....</b>	<b>13</b>
<b>Tabla 3. Sub cuencas andinas de Bolivia .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 4. Requisitos Bacteriológicos.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 5. Composición de Bandas Sentinel 2b.....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 6 Coordenadas de las comunidades del Municipio de Huarina .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 7. Propiedades Físicas y Químicas de las 13 comunidades del municipio de Huarina. ....</b>	<b>45</b>

## INDICE DE MAPAS

	<b>Página</b>
<b>Mapa 1. Área de estudio municipio de Huarina.....</b>	<b>4</b>
<b>Mapa 2. Ubicación de las comunidades en estudio. ....</b>	<b>39</b>
<b>Mapa 3. Humedales en el municipio de Huarina .....</b>	<b>40</b>
<b>Mapa 4. Puntos de control municipio de Huarina.....</b>	<b>41</b>
<b>Mapa 5. Ubicación de las ortofotos obtenidas con el dron.....</b>	<b>42</b>
<b>Mapa 6. Análisis del NDVI en el municipio de Huarina. ....</b>	<b>43</b>
<b>Mapa 7. Zonificación y caracterización de humedales con riesgo a parasitosis. ....</b>	<b>50</b>

# ZONIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HUMEDALES CON RIESGO A PARASITOSIS EN EL MUNICIPIO DE HUARINA PROVINCIA OMASUYOS DEPARTAMENTO DE LA PAZ.

## “Aplicación de Sistema de Información Geográfica e investigación con percepción remota”

### 1 INTRODUCCIÓN

Uno de los tipos de ecosistemas más productivos en el planeta Tierra son los humedales (Mitsch & Gosselink, 2000). Estos han sido denominados los “riñones del paisaje”, ya que permiten que se lleven a cabo fenómenos como el ciclo del agua y el ciclo de los nutrientes. Otra denominación dada a los humedales es la de “mercados biológicos”, debido a que proveen una extensa cantidad de alimentos y concentran una alta diversidad biológica (Mitsch & Gosselink, 2000).

Las estimaciones sobre la extensión de los humedales en el mundo van desde 5.7 hasta 12.8 millones de km<sup>2</sup> (Pittcock, 2005). Esta última estimación fue establecida por Mitsch y Gosselink el año 2000, y es la que la Convención RAMSAR de Humedales ha considerado oficialmente. Sin embargo, estas estimaciones generalmente no son confiables, debido a la dificultad de establecer figuras estándares de los humedales (Mitsch & Gosselink, 2000). Es importante enfatizar que de estos 12.8 millones de km<sup>2</sup>, casi un tercio (32.5%), están contenidos en la región Neotropical, la cual cubre únicamente el 13.6% de la Tierra. Ver tabla 1.

<b>Países</b>	<b>Área</b>	<b>%</b>	<b>Área de humedales</b>	<b>%</b>
<b>África</b>	30.20	22.10	1.20	9.50
<b>Asia</b>	44.90	32.80	2.00	16.00
<b>Europa Occidental</b>	3.90	2.80	0.20	2.30
<b>Europa Oriental</b>	6.40	4.70	2.20	17.90
<b>Neo-tropical</b>	18.50	13.60	4.10	32.50
<b>Norte América</b>	23.50	17.20	2.40	19.00
<b>Oceanía</b>	9.00	6.50	0.30	2.80
<b>Total</b>	<b>136.60</b>	<b>100.00</b>	<b>12.70</b>	<b>100.00</b>

Tabla 1. Extensión de humedales en el mundo.

(Fuente: Encarta, 2007 a y Mitsch y Gosselink, 2000)

En Sud América, se presentan humedales en los 7 países altoandinos y Costa Rica. Indicando la superficie aproximada de cada región. (ver cuadro 1)

<b>País</b>	<b>Sitios Ramsar altoandinos</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Área (has)</b>
<b>Argentina</b>	Laguna de los Pozuelos	3500	16,224
	Lagunas de Vilama	4500	157,000
	Reserva Provincial Laguna Brava	2500-4500	405,000
<b>Bolivia</b>	Laguna Colorada	4232	51,318
	Lago Titicaca (sector boliviano)	3809-4200	800,000
	Cuenca de Taczara	3700-4100	5,500
	Lagos Poopó y Uru Uru	3686	967,607
<b>Chile</b>	Salar de Surire	4200	15,858
	Salar de Huasco	3500	6,000
	Salar de Tara	4400	5,443
	Sistema Hidrológico de Soncor	2300	5016
	Laguna del Negro Francisco y Laguna Sta. Rosa	3715-4000	62,460
<b>Colombia</b>	Laguna de la Cocha	2700-3500	39,000
<b>Ecuador</b>	Sistema Lagunar del Parque Nacional El Cajas	3160-4445	29,477
<b>Perú</b>	Lago Titicaca (sector peruano)	3810	460,000
	Lago Junín	4080-4125	53,000
	Laguna del Indio y Dique de los Españoles	4440	502
	Bofedales y Laguna de Salinas	4300	17,657
	En el límite norte de la región de vida del páramo:		
<b>Costa Rica</b>	Turberas de Talamanca	2600-3290	192,520

Cuadro 1. Estrategia regional de conversación y uso sostenible de los humedales alto-andinos

(Fuente: Convención RAMSAR, 2002)

En la última década, los humedales están siendo afectados por el cambio climático, pues se evidencia que estos están cambiando en su extensión, distribución y funciones en respuesta a las modificaciones en los patrones de distribución de las precipitaciones (Convención de RAMSAR, 1999).

Los humedales, se destacan además porque cumplen múltiples funciones en el ecosistema (Vitt 2008), son hábitats únicos de vida silvestre, regulan los ciclos hidrológicos y Bio-geo-químicos, y para la sociedad tienen importancia agropecuaria, paisajística y económica (Vorosmarty 2009). En los Andes centrales, cuyas estaciones secas son muy marcadas (Favier et al. 2004), tal es el caso de la Cordillera Real en Bolivia, estos reservorios llegan a ser las fuentes naturales de agua prioritarias para el ecosistema (Squeo et al. 2006, Vorosmarty 2009, Segnini et al. 2010)

Respecto a los humedales de la Cordillera Real, los primeros estudios en Bolivia fueron realizados a través del Instituto de Ecología de la UMSA (Estenssoro 1991, Meneses 1997). Estas investigaciones mostraron la alta vulnerabilidad de los humedales frente a la amenaza

de las actividades humanas. Yager (2009), estudió humedales dentro del contexto de territorios tradicionalmente pastoriles en los Andes, encontrando una relación de su variación en su tamaño con el derretimiento glaciar y la desecación. más aún, se identificó que la presión antropogénica, a través de la sobreexplotación de turba (Estenssoro 1991), la contaminación minera (Meneses 1997), y el cambio de uso de suelos, pone en riesgo su conservación. Considerando que el retroceso acelerado de glaciares tropicales por debajo de 5.400 m puede llegar a ser total, siendo que la cantidad de agua que alimenta a los ríos dependientes de cuencas con glaciares será vez más escasa (Baraer et al. 2012).

Los agentes patógenos transmitidos por el agua constituyen un problema mundial que demanda un urgente control implementando medidas de protección ambiental a fin de evitar el aumento de las enfermedades relacionadas con la calidad del agua (Vargas 1996).

Cuando se utiliza como medio de eliminación de excretas y otros desechos orgánicos, el agua se convierte en un vehículo de transmisión de numerosos microorganismos, principalmente bacterias de origen intestinal.

Desde el punto de vista bacteriológico, el examen de la calidad del agua tiene por objetivo determinar la presencia de ciertos grupos de bacterias, que revelen una contaminación por materia fecal o por materia orgánica, el agua es un líquido primordial para la gente del lugar y que estos al estar contaminados son una fuente de infección de parásitos.

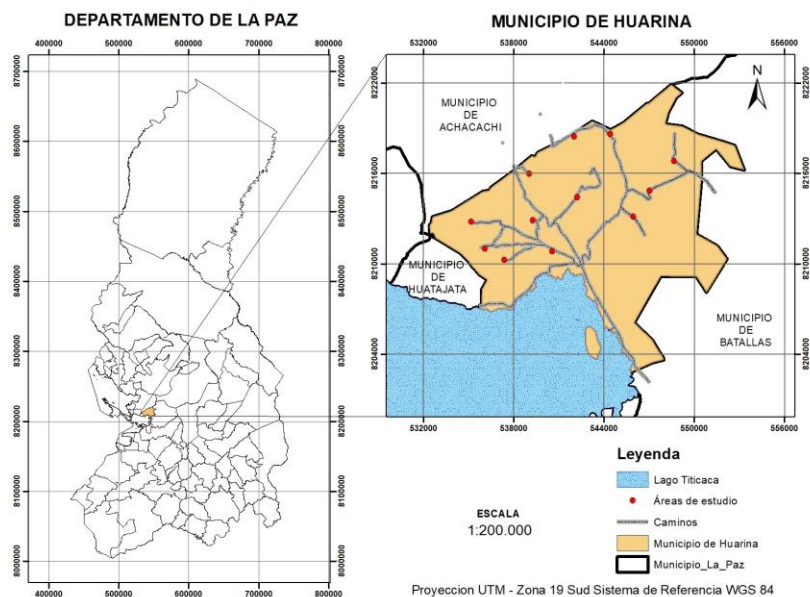
Los parásitos, son infecciones causadas por organismos como la "Fasciola hepática entre otros paracitos". Tienen una distribución mundial con tasas de prevalencia elevadas en numerosas regiones, sobre todo en zonas tropicales y subtropicales. Se consideran un problema de salud pública, que afecta a los países en desarrollo. Infectan por igual a individuos de todas las edades y sexos, siendo la población infantil la más afectada, debido a que en esta etapa no se han adquirido hábitos higiénicos necesarios, para prevenirlas y no se ha desarrollado la madurez inmunológica necesaria para combatir estas infecciones. Causando graves daños en la salud como anemia, desnutrición y retraso en el desarrollo físico e intelectual de los niños (Sánchez, *et al.*, 2013).

## 1.1 Descripción del área de estudio

El municipio de Huarina, uno de los cuatro municipios de la Provincia de Los Andes, se encuentra en la parte norte de la Provincia, confinado al oeste por el Lago Titicaca y el Municipio de Puerto Pérez, al sur con el municipio de Pucarani, al Norte de la provincia Larecaja y en el Noreste por la provincia Omasuyos sus coordenadas son NE 545705.15 y 8200145.60 SE 545205.89 y 8193096, NW 557179.81 y 8199650.06 (Coordenadas UTM Z19 – WGS84)

Ubicado en el altiplano Norte, entre la cordillera occidental al oeste, y la cordillera Central al este, la región tiene un pronunciado clima diurno en donde las variaciones de temperatura son más altas en el día y al llegar la noche desciende hasta bajo cero. La temperatura media anual en la región es de 8.8 °C, y las temperaturas medias mensuales varían muy poco entre 6°C en julio y 10 ° C en Noviembre / Diciembre. La precipitación anual es unos 600 mm la precipitación mensual es de menos de 20 mm entre mayo y agosto, y entre 100 y 120 mm, de diciembre a febrero.

La presente investigación se realizó en 13 comunidades del municipio de Huarina, en una superficie de 17.937,341 ha, las comunidades en estudio fueron; Apuvilque, Tairo, Samancha, Vilakullu, Quechapampa, Coromata Media, Icrana, Pairumani, Cota Cota Baja, Cota Cota Alta, Quimsachata Sipe Sipe e Isla Cojata,



Mapa 1. Área de estudio municipio de Huarina.  
(Fuente: Elaboración propia)

## 1.2 ANTECEDENTES

El Municipio de Huarina, Provincia Omasuyos, forma parte de la cuenca endorreica del Lago Titicaca, la ganadería es una de las actividades más importantes en la contribución económica y social de las familias, debido a la producción de bovinos de leche y carne misma que en los últimos años ha tenido una tendencia de crecimiento significativa (PDM 2010). Actualmente posee una serie de factores que afectan negativamente la producción como ser; la nutrición, reproducción, el manejo y la sanidad animal.

Los pobladores ganaderos emplean los humedales para alimentar su ganado, estos reportan que el pastar su ganado, se contagian de enfermedades parasitarias como la fasciola hepática y otras enfermedades, otros casos más importantes se refieren a la muerte repentina de ganado al día siguiente de haber pastado los humedales. Por otro lado, los encargados del pastoreo muchas veces son niños de edades tempranas; por ello, a nivel mundial se reconoce a Bolivia como uno de los países con mayor número de casos de fascioliasis humana, lastimosamente este hecho se ha intensificado en los últimos años (O'Neill 1998, SEDES 2014)

Como humedales entendemos a ecosistemas altamente dinámicos, sujetos a una amplia gama de factores naturales y antrópicos, los cuales determinan su modificación y calidad en el tiempo (Junk, 1980). En este sentido, las construcciones y desviaciones en el cauce, la contaminación de las aguas causadas por exceso de basura y desechos de construcción, se relacionan directamente con la cantidad de enfermedades parasitarias e infecciosas en el agua, que hasta el momento no pudieron ser erradicados ni controlados en el altiplano norte Esteban et. al., 2002. En este sentido, la mayor parte de los estudios realizados en las zonas altiplánicas se refieren a Fascioliasis, descuidando otras enfermedades bacterianas y virales, que también podrían estar asociadas a la calidad ecológica de los humedales.

En este sentido, una de las herramientas más importantes para evaluar la calidad de aguas es a treves del concepto de calidad o estado ecológico de las aguas, que es una relación de interdependencia entre las condiciones morfoestructurales ( tipo de cuerpo de agua, tipo de sustrato, profundidad y otros), y a su composición físico – química (niveles de pH, oxígeno, temperatura, concentración de nutrientes, entre otras), que en su conjunto influyen directa o indirectamente sobre la biodiversidad del agua (de lo cual se pueden extraer invertebrados indicadores de calidad de aguas los cuales son de rápido y fácil análisis), (Punti – Casadella



& Prat, 2000 y Bonada et al., 2000), a partir de estos análisis, es posible evaluar indirectamente si el agua es propia para consumo del ganado y la población, ya que se sabe que estos invertebrados se relacionan con contaminación orgánica, que es la principal fuente de enfermedades parasitarias e infecciosas.

El estudio de moluscos (*Lymnaea truncatula*), se inició en 1975 con la publicación de Ueno et al. (1975); en este sentido se reporta la aparición de estos moluscos asociados a plantas acuáticas como *Eleocharis sp.*, *Senecio sp.*, y *Vallisneria sp.* El autor, asocia a la densidad de este molusco la aparición y pandemia la Fasciolosis en el ganado; sin embargo, no menciona las tasas de infestación del molusco; por otro lado, no se analiza las condiciones físico-químicas del agua en la que vienen estos moluscos.

### 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial la contaminación de los ríos, lagos, humedales y otras fuentes de agua son a causa de la incorporación de productos químicos, Microorganismos, Aguas residuales y residuos industriales entre otros, Bolivia no está fuera de esta realidad según la Dirección General de Medio Ambiente, indica que “la región del altiplano presenta probables problemas de contaminación minera y otros elementos afectando directamente a los humedales de la cuenca endorreica del Titicaca, Quispe, (2016), indica que la calidad de agua es un conjunto de características físicas, químicas y biológicas que hacen que el agua sea apropiada para un uso determinado.

Para el municipio de Huarina, es fundamental la conservación de los humedales ya que es una fuente de ingresos, donde la ganadería es una de las actividades más importantes en la constitución económica y social de las familias, sin embargo, en el humedal se evidencian diferentes problemas, como ser; en primer lugar, conexiones erradas que vierten agua sin ningún control a este afluente, lo que contribuyen en la alteración de las propiedades físico-químicas y microbiológicas del agua, en segundo lugar, el uso inadecuado del suelo que constituye la zona con ubicación de viviendas de invasión, botaderos de residuos sólidos de tipo orgánico e inorgánico

Existe poca información sobre la calidad ecológica del agua, para un buen control de las enfermedades parasitarias e infecciosas, por lo que nos preguntamos; ¿Cuáles son las características regionales y locales (morfológicas, físico - químicas y biológicas), de los humedales donde predominan las enfermedades parasitarias?, si bien las enfermedades parasitarias suelen estar asociadas a cuerpos de agua, sufren diferentes influencias a niveles regionales y locales como pasa con otros humedales, (Quenta 2013).

Por lo tanto, es importante conocer cómo operan ambos tipos de factores o una combinación entre ellos, esto podría dar paso a una mejor comprensión sobre medidas apropiadas, para reducir la incidencia parasitaria en la zona.

Es importante mencionar que el ganado se alimenta en los humedales, llegando estos a consumir diferentes parásitos como ser: *Trematodos*, *nematodos*, *coccidios* y *phylum*”.

El aporte que se dará a la investigación es realizar un análisis de laboratorio de agua y heces fecales de 13 comunidades del municipio, también se medirá las propiedades físicas y

químicas del lugar, y para ser más precisos con la investigación se utilizarán nuevas herramientas y tecnologías aplicando la teledetección, uso de drones y Sistemas de Información Geográfica, con la finalidad de proveer información relevante para el manejo y conservación del humedal. (Flachier et al. 2009:20); que permite la sistematización y conformación de base de datos con un mejor análisis del mismo.

Es importante destacar que, para fines prácticos de esta investigación, el límite del humedal está definido como el límite del agua hasta donde podíamos entrar a tomar las muestras de agua para su análisis químico, físico y bacteriológico, dejando a un lado las áreas más profundas que están fuera de nuestro alcance. Debido fundamentalmente a la complejidad que el concepto de humedal conlleva, y la dificultad que suponía trabajar en la delimitación de un tipo de ecosistema, tan dinámico como lo es un humedal.



Figura1. Humedales del municipio de Huarina  
(Fuente: Elaboración propia 2018)

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

(Rocha 2002), La superficie de los humedales alto andinos en Bolivia es 2147 Km<sup>2</sup> y es nuestro deber cuidarlos, la ciudad de La Paz cuenta con una extensión de 218 km<sup>2</sup> aproximadamente el (MM y A, 2017) indica que la cuenca endorreica del Titicaca desempeña un papel fundamental en procesos hidrológicos, geomorfológicos y ecológicos así mismo (Alzerreca, et al., 2001:140), indica que son hábitats naturales, con agua permanente que vienen del deshielo, ríos y lluvias, de la zona.

La ganadería desempeña un papel muy importante, en el sustento económico de las familias, el municipio de Huarina, que cuenta con una superficie basta de humedales, mismos que sirven de alimento para los animales, también son fuente de agua para actividades productivas, pecuarias y riego para numerosos cultivos.

Pero con el pasar de los años estos ecosistemas tan dinámicos han sido dañados, debido a la contaminación de sus aguas por la alteración de las propiedades Físicas- Químicas y microbiológicas, ayudados con los desechos de residuos sólidos tipo orgánico e inorgánico a su fuente de vida. Esto ha generado que proliferen los parásitos como ser la (*Escherichia coli*), nos preocupa, porque los parásitos existentes en los humedales son considerados una enfermedad emergente a nivel mundial; la organización mundial de la salud ha estimado que afecta a 2,4 millones de personas y que otros 180 millones tienen riesgo de infección.

Por lo que resulta de especial interés conocer cuáles son los medios en que se desarrollan más estos parásitos, y a partir de ahí adoptar medidas que permitan prevenir los contagios tanto en animales como en personas, para así ayudar a la salud y la economía del lugar.

La presente investigación surge de la necesidad de (zonificar y caracterizar) los humedales con riesgo a parasitosis, tal como lo informan los mismos comunarios que se ven afectados por parásitos en sus animales, pero eso no sería lo más grave si no que niños de corta edad son los que pastean sus animales, siendo ellos los más vulnerables.

La propuesta de investigación busca proporcionar información que sea útil para todo el municipio para mejorar el conocimiento sobre el alcance del problema y formas de prevenirlo

Debido a que no se cuenta con suficientes estudios de alcance nacional sobre el tema de zonificación y caracterización de humedales con riesgo a parasitosis y sus estrategias de

prevención, el presente trabajo se convierte en una alternativa para que tengan mayor conocimiento sobre el riesgo que lleva esta enfermedad en los animales y seres humanos

## **1.5 ALCANCES**

El trabajo tuvo una utilidad técnica ya que se contaron con mapas temáticos de zonificación y caracterización de los humedales de cada comunidad a través de los siguientes análisis:

Los parámetros físico químicos se realizaron en el lugar (In – situ) en el área de estudio, al momento de tomar las muestras de agua, se tomaron también la temperatura ambiente, el pH, la temperatura del agua, la conductividad eléctrica, la salinidad y los sólidos totales disueltos; esto para ver en qué condiciones esta la muestra, así mismo se procedió a realizar la caracterización ecológica de caracoles presentes en el lugar si existe o no.

- Determinación de parámetros físico químicos del agua
- Caracterización ecológica de caracoles

Para el análisis de laboratorio, se tomaron dos muestras de agua por humedal, uno para el análisis bacteriológico para determinar la presencia o ausencia *Escherchia coli* y dos para el análisis químico de macro nutrientes calcio, magnesio, potasio, sodio y arsénico (Ca, Mg, Na, K y As).

- Análisis Bacteriológico de los humedales
- Caracterización química de macro nutrientes

Se utilizaron imágenes satelitales sentinel 2b para realizar un mapeo temporal en de dos épocas para referencia, época húmeda y épocas seca, realizando un análisis de NDVI, también se utilizar ortofotos para delimitar el humedal, acompañado con imágenes aéreas de un UAV.

- Levantamiento de imágenes aéreas a través de un UAV
- Delimitación del humedal mediante ortofotos e imágenes satelitales sentinel 2b
- Generación de un mapa de caracterización de la zona

## **1.6 OBJETIVOS**

### 1.6.1 Objetivo general.

Zonificar y caracterizar los humedales con riesgo a parasitosis en el municipio de Huarina.

### 1.6.2 Objetivos específicos

- Identificar y delimitar los Humedales aplicando sistemas de Información Geográfica “SIG” y Percepción remota “DRONES”
- Caracterizar y Zonificar los Humedales en función a sus parámetros físicos, químicos, ecológicos y bacteriológicos con riesgo a parasitosis en el municipio de Huarina.
- Elaborar mapas de caracterización con los datos obtenidos en los humedales y su riesgo a parasitosis en el municipio de Huarina.

### 1.6.3 Hipótesis

- Se logro zonificar y caracterizar los humedales con riesgo a parasitosis en el municipio de Huarina.
- No se logró zonificar y caracterizar los humedales con riesgo a parasitosis en el municipio de Huarina

## **2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

### **2.1 Introducción a los Humedales.**

Si bien sabemos o existen muchas definiciones de humedales ninguna de ellas podría proporcionar una definición precisa y ampliamente aceptada de lo que constituye un humedal, sin embargo, se encuentran muchas definiciones por diferentes autores como se muestra a continuación.

Los humedales son hábitats naturales, con agua permanente, alimentados de diferentes fuentes como manantiales, agua de deshielo, ríos y lluvia (Alzerreca, et al., 2001:140).

Según el CIPCA (1998), define a un humedal como un tipo de pradera nativa limitado a suelos húmedos, que generalmente están ubicados en vertientes y bordes de riachuelos. Flórez, A. (1991). Señala que, humedal es un ecosistema donde se desarrollan especies vegetales, animales y otros en altas condiciones de humedad.

Así mismo Flores, M (2004), indica que los humedales u oqhonales; son pequeños asociaciones de especies vegetales localizadas en zonas altas, que tienen buen suministro de agua durante todo el año, cuyo origen en su mayoría es natural y algunos con riego artificial.

Los humedales son praderas permanentemente húmedas, suelos hidromorfos, poco drenados con pastos y hierbas suculentas y de potencial pecuario elevado. Su composición botánica varía según la altitud, cantidad, calidad y persistencia del agua. (Alzerreca, 2001).

#### **2.1.1 Importancia y función de los humedales.**

El uso de los términos función e importancia de los humedales, se acompaña a menudo de una carga interpretación desconocida por muchos. Textos no especializados, e incluso en las opiniones del común se incurre en considerarlos sinónimos, o peor aún hacerlos extensivos y transversales a todos los humedales. Sobre su trato indistinto, es importante subrayar que su relación no se basa en la similitud, si no mas bien en su derivación.

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

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.

## 2.2 Extensión de humedales en Bolivia.

Por su parte, el creciente reconocimiento nacional de las funciones y valores de los humedales en Bolivia y su conversión en interés prioritario, ha propiciado intensificar la necesidad de contar con información confiable sobre el estado y alcance de estos recursos.

Rocha (2002), afirma que la superficie de los humedales alto andinos en Bolivia es 2.147 km<sup>2</sup>, comparable a la superficie ocupada por el cultivo de cebada en el Altiplano. En toda esta extensión aproximada pastorean 416.952 alpacas (5 alpacas/ha.) sin considerar llamas ni vicuñas y se aproxima al 2 % del área total de praderas nativas.

Departamento	Superficie Km <sup>2</sup>	(%) Porcentaje
Potosí	1.047.72	0.89
Oruro	826.21	1.54
La Paz	218.77	0.16
Cochabamba	44.46	0.08
Chuquisaca	7.61	0.01
Tarija	2.25	0.01
<b>Total, Bolivia</b>	2.147.02	2.69

Tabla 2. Extensión de Humedales en Bolivia

(Fuente: Rocha, 2002)

Tenemos una extensa superficie de humedales en toda Bolivia y el departamento de La Paz cuanta con el 0,16 % en superficie a nivel nacional, es poca y hay que saberla cuidar.



### **2.2.1 Ecosistema de los Humedales**

De igual forma, es entender que la interpretación de las características de un ecosistema, es lo que determina si un humedal cumple o no determinadas funciones, pues no todas las características están presentes en cada humedal. De hecho, pocos son los humedales que desempeñan todas las funciones.

Partiendo de la anterior consideración se menciona lo siguiente: que los humedales están entre los ecosistemas más productivos del mundo y son de inmensa importancia social y económica para la humanidad (Hall, 1997).

Ahora bien, los humedales cumplen con una serie de funciones relacionadas con los recursos hídricos, tales como el almacenaje natural del agua, reguladores del ciclo hidrológico y el clima, descarga y recarga de acuíferos, y bio-remediación (Acharya, G. 1998). La conservación y manejo sostenible de humedales alto-andinos es de urgente prioridad debido a la extrema vulnerabilidad de los mismos, y a la limitada disposición del recurso hídrico (RAMSAR, 1971).

En general, un ecosistema, es un sistema natural vivo, que está formado por un conjunto de organismos vivos y el medio físico en el cual se relacionan, biotopo. Además, Un ecosistema es una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat.

Las interacciones, químicas, físicas y biológicas que lleva un humedal, permiten responder a cambios en las condiciones ambientales, el tamaño de un ecosistema es arbitrario y se define en términos de lo que desea estudiarse en tal sistema.

Todos los ecosistemas de la tierra constituyen en conjunto la ecósfera. Como se muestra en la Figura 2.

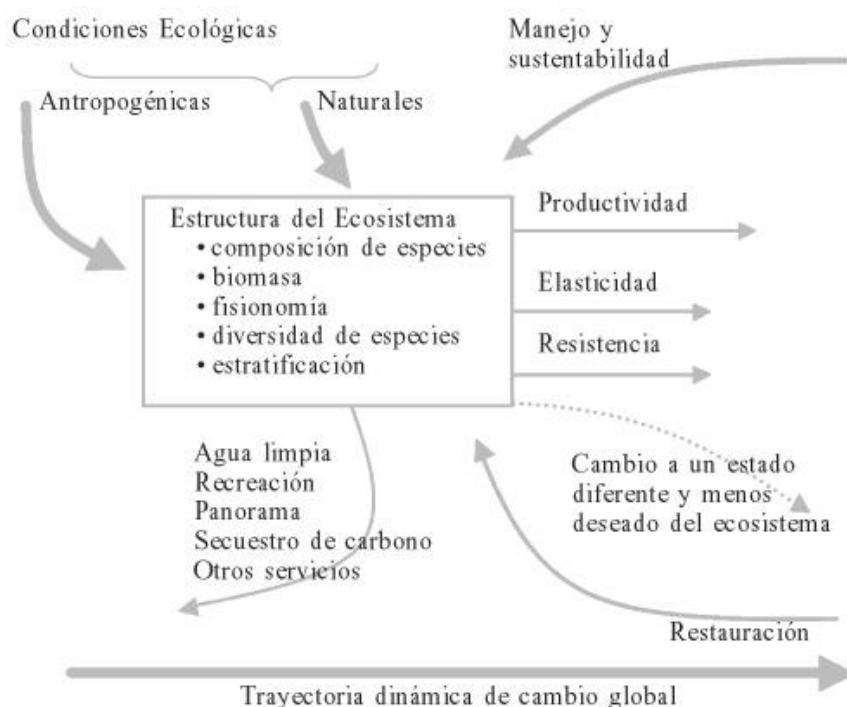


Figura 2. Estructura general de un ecosistema.  
(Fuente: INCI v.26 n.10 Caracas oct. 2001)

La Figura 2. muestra los principales componentes de la estructura del ecosistema (dentro del recuadro), que son afectados por el manejo con el objetivo de lograr respuestas funcionales favorables, para obtener los bienes y servicios deseados. Un manejo para la sustentabilidad exige conocer la estructura y dinámica eco-sistémica, para trabajar dentro de sus límites de tolerancia. Superar estos límites conlleva cambios en el estado del ecosistema. Se indican además funciones y propiedades del ecosistema (flechas delgadas), destacándose la acción de fuerzas externas (flechas gruesas), de diferente origen y escala incluyendo el cambio global. La flecha de puntos señala el cambio súbito de un estado a otro, lo cual requiere restauración para regresar al estado deseado.

Con todo, y a pesar de su enorme importancia los humedales en el municipio de Huarina no han merecido la atención prioritaria que merecen, y más bien se ha ignorado su verdadera contribución a la economía del país.

### **2.2.2 Ecología de los humedales**

Describir los procesos que ocurren en un humedal no es sencillo, debido a las propiedades únicas como las aguas estancadas o los suelos anegados, las condiciones anoxicas y las adaptaciones de plantas y animales que nos son cubiertas de manera adecuada por los paradigmas ecológicos actuales.

Por su parte, al ser ecosistemas claves en un medio con severas limitaciones climáticas y edáficas para la producción agrícola, constituyen hábitats y nichos para numerosas especies de fauna y flora nativa en comparación a otras formaciones vegetales típicas de alta montaña, poseen una gran diversidad biológica tanto a nivel de riqueza específica como de endemismo (plantas, aves, anfibios, peces, microcrustáceos (Telleria et al. 2006, Coronel et al. 2007, Meneses 2012, Flores 2013, Anthelme et al. 2014, Maldonado 2014).

Por otra parte, los humedales cumplen importantes funciones ecológicas y socioeconómicas, ayudan a controlar y regular la corriente de agua, reduciendo la erosión que puede disminuir la calidad del agua (Alzérreca et al. 2001, coronel et al. 2007, Squeo et al. 2006, Benavides et al. 2013).

Igualmente, los bofedales además pueden almacenar carbono orgánico (Segnini et al. 2010) tienen la capacidad de regular las emisiones de CO<sub>2</sub> a través del secuestro de carbono atmosférico (Buytaert et al. 2011). En efecto, 1 m<sup>2</sup> de Oxígeno, secuestra en un año la misma cantidad de CO<sub>2</sub> que al menos 10 m<sup>2</sup> de Sphagnum (briofito que forma las turberas de la zona templada; Earle et al. 2003)

### **2.3 Indicadores físico-químicos de los humedales.**

Los indicadores físico químicos permiten analizar la calidad de los humedales y resultan ser de gran importancia, ya que este tipo de indicadores arrojan un resultado claro y preciso a corto plazo.

No obstante, las variables que han sido más utilizadas para determinar la calidad fisicoquímicas de los humedales han sido principalmente. Porcentajes de conductividad

eléctrica, salinidad ppm. pH. Temperatura del agua, solidos totales disueltos (Pérez, et al. 2009)

Según Huerta, (2002). Los parámetros fisicoquímicos influyen significativamente en las comunidades de algas pues bajo condiciones óptimas del agua estas pueden convertir la energía lumínica en energía química. Estas comunidades de algas sirven de fuente de alimento para los moluscos (*lymneae sp.*) y a la vez para un buen desarrollo de los estadios pre parásitos, esporocitos y radia.

### 2.3.1 Parámetros Físicos

Para diferentes autores los parámetros establecidos para realizar las propiedades físicas son las siguientes:

- **Temperatura:** La temperatura es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia. Este factor está relacionado al Oxígeno Disuelto. El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales, a su vez aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. Este parámetro también interviene en el diseño de la mayoría de procesos del tratamiento del agua (Ocasio, 2008).
- **Transparencia:** Es la profundidad a la que penetra la luz, determinar esta profundidad define la porción de la columna de agua en la que podría realizarse fotosíntesis y por lo tanto, vivir plantas (Goyenola, 2007).
- **Sólidos disueltos:** Es la denominación que reciben todos los sólidos a disueltos en un medio acuoso y que sólo pueden quedar retenidos en un proceso de filtración fina a través de una membrana con poros de 2.0  $\mu\text{m}$  (Vázquez, 2003).
- **Sólidos en Suspensión:** Son partículas como arcillas, limo, residuos fecales, entre otras que no llegan a estar disueltas. Estas son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales); o en suspensión que sólo dura mientras el movimiento del agua las arrastra. Las suspendidas coloidalmente sólo precipitarán después de haber sufrido coagulación o floculación (Ocasio, 2008).

- **Turbidez:** La turbidez se define como la falta de transparencia en el agua debido a la presencia de sólidos disueltos en ella. La turbidez es un indicador del material suspendido que puede ser originado por los sedimentos provenientes de las cuencas hidrográficas o vertimientos domésticos y/o industriales; se mide en Unidades Nefelométricas de Turbiedad. (Ocasio, 2008).
- **Conductividad:** El agua por lo general posee una conductividad eléctrica baja. Esta es mayor y proporcional a las cantidades y características de los electrolitos presentes en el agua (iones en disolución). Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. La conductividad eléctrica puede ser afectada por la temperatura o el material de composición del lecho (Ocasio, 2008).

### 2.3.2 Parámetros Químicos

- **Potencial de Hidrógeno (pH):** En 1909 Sorensen propuso expresar la concentración de hidrogeniones en términos de su logaritmo negativo y designó este valor como pH+. Su símbolo ha sido remplazado por la designación más simple de pH. El subíndice “p” designa la relación matemática entre el Ion y la variable como una función de potencia; la “H” designa el Ion como hidrógeno.
- **Oxígeno Disuelto:** Este parámetro hace referencia a la cantidad disuelta de oxígeno en el agua. Las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida (Ocasio, 2008).
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Es la cantidad total de oxígeno disuelto consumida por los microorganismos durante los primeros cinco días de biodegradación de la materia orgánica presente en el agua. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas (Raffo y Ruiz, 2014).

- **Nitratos:** Es un contaminante común que se encuentra en el agua y que puede provocar efectos nocivos si se consume en altos niveles. El nitrato es inodoro e incoloro. Bajas concentraciones de nitrato son normales, pero altas cantidades pueden contaminar nuestra fuente de agua potable. Fuentes comunes de nitrato son los fertilizantes, estiércol, compost y pozos sépticos. El nitrato llega fácilmente a fuentes de agua por lixiviación (Water Boards, 2013).
- **Nitrógeno amoniacal:** Es uno de los componentes transitorios en el agua, ya que es parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica. Es un producto natural de la descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados. Las aguas superficiales no deben contener normalmente amoniaco. En general, la presencia de amoniaco libre o ion amonio se considera como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. Si el medio es aerobio, el nitrógeno amoniacal se transforma en nitrito (Sardiñas y Pérez, 2004).

### 2.3.3 Análís de agua de Macro elementos

- **Calcio** El ión calcio,  $Ca^{++}$ , 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.
- **Magnesio:** El 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 efectos laxantes.
- **Sodio:** El sodio es uno de los electrolitos (ion libre) más importante del organismo. Sus funciones principales son regular la distribución del agua en el cuerpo, participar en la transmisión de los impulsos nerviosos de las neuronas y posibilitar las contracciones musculares. Todas las aguas minerales naturales contienen menos de

20 mg/L de sodio, el sodio reacciona fácilmente con el agua de acuerdo con el siguiente mecanismo de reacción:



- **Potasio:** es un elemento metálico, extremadamente blanco y químicamente reactivo. Perteneciente al grupo IA del sistema periódico y es uno de los metales alcalinos. El número atómico del potasio es 19, tiene un punto de ebullición de 760°C y una densidad de 0,86 g/cm<sup>3</sup>
- **Arsénico:** Se encuentra distribuido ampliamente en la naturaleza (cerca de 5 x 10<sup>-4</sup> % de la corteza terrestre). En 2010, el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios reevaluó los efectos del arsénico en la salud humana, a la luz de los nuevos datos disponibles. Una de sus conclusiones fue que en el caso de algunas regiones del mundo donde las concentraciones de arsénico inorgánico en el agua de bebida superan los 50-100 µg/litro hay cierta evidencia de efectos adversos. En otras regiones, donde las concentraciones de arsénico en el agua son elevadas, aunque no tanto (10-50 µg/litro) el Comité concluyó que, si bien existe el riesgo de efectos adversos, estos presentarían niveles de incidencia bajos, que serían difíciles de detectar dentro de un estudio epidemiológico.

Características	Valor máximo aceptable	Observaciones
<b>Compuestos inorgánicos</b>		
Dureza total	500 mg/L CaCO <sub>3</sub>	
pH <sup>(1)</sup>	9,0	Límite inferior 6,5
Arsénico As	0,05 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Bario Ba	0,7 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Boro B	0,3 mg/L (**)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Cadmio Cd	0,005 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Cianuro CN <sup>-</sup>	0,07 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Cloruros <sup>(2)</sup> Cl <sup>-</sup>	250,0 mg/L (*)	Valores mayores originan sabor y corrosión
Cobre Cu	1,0 mg/L (**)	
Cromo total Cr	0,05 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Fluoruro <sup>(3)</sup> F <sup>-</sup>	1,5 mg/L (**)	Deberá tenerse en cuenta la adaptación climática del lugar
Hierro total Fe	0,3 mg/L (**)	
Manganeso Mn	0,1 mg/L (**)	
Mercurio Hg	0,001 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Níquel Ni	0,05 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Aluminio Al	0,2 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Amoníaco NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,5 mg/L (**)	
Antimonio Sb	0,005 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la

Cuadro 2. Características de normas bolivianas de calidad de agua.

(Fuente: IBNORCA Normas Bolivianas NB:512)

## **2.4 Importancia y Función de los humedales**

### **2.4.1 Hidrológica**

Los humedales son ambientes hidrológicamente sensibles, razón por la cual cualquier acción que implique un cambio en el régimen hídrico alterara drásticamente sus características ecológicas.

En lo que refiere a humedales, al observar los valores máximos y mínimos de caudal, cambios temporales y su variabilidad, patrones estacionales que en mayor o menor medida se repiten anualmente (Sanchez & Ibañez, 2007).

Esto determina una estrecha relación entre hidrografía de los humedales y su capacidad de proporcionar bienes y servicios a los ecosistemas y a la sociedad tales como: almacenaje y depuración de aguas, fijación de carbono en la vegetación y el suelo, forraje natural para ganadería.

Conforme a lo anterior, "La hidrología estudia los procesos hidrológicos influenciados por el clima, superficie y sub-superficie del suelo. La comprensión de las interacciones entre la hidrología y el ecosistema, permite transferir predicciones hidrológicas de una zona a otra, aunque la escala espacial juega un rol muy importante en la comparación de los procesos hidrológicos"; Juan C Mecca (2008).

#### **2.4.1.1 Cuenca cerrada, lacustre o central.**

La evolución del altiplano ha estado ligada fundamentalmente a los cambios de clima. La alternativa de los periodos húmedos y secos, cálidos y glaciales, han determinado en la cuenca endorreica del altiplano el desarrollo de lagos sucesivamente mas reducidos que los actuales.

Además, la cuenca cerrada o lacustre está situada en el sector occidental del país y es endorreica dado que es una cuenca cerrada, sin desagüe hacia el mar. Los ambientes hídricos de la cuenca endorreica son de dos tipos: Aguas corrientes, aguas estancadas (Peña et al., 1993 citado por Peña, 1994)



Si se estudia el área de cualquier río, deberíamos referirnos solamente al término “cuenca”, dejando los términos de subcuencas solo a las determinadas dentro de cada cuenca hidrográfica y para fines didácticos de ubicación.

Los ríos y lagos de esta zona se caracterizan por no tener salida a los océanos. Estos nacen en las alturas cordilleranas y mueren en la meseta andina; son cortos, de escaso caudal y ninguno es navegable, a excepción del Desaguadero que es surcado por pequeñas embarcaciones de poco calado. Los escasos ríos permiten abastecerse de sus pobladores con productos agrícolas.

La clasificación propuesta por, SNHN (2001), sostiene que normalmente se indica que Bolivia cuenta con tres grandes Cuencas, estas son: La Cuenca del Amazonas, la Cuenca del Plata y la Cuenca Cerrada o Lacustre. La Cuenca Cerrada o Lacustre, es una cuenca muy particular el agua colectada por la misma no tiene salida a ninguno de los océanos, y se queda en las altiplanicies andinas, perdiéndose por evaporación, en esta Cuenca podemos identificar cinco Subcuencas principales, estas son:

Subcuenca	Superficie Km <sup>2</sup>	Terreno Nal. %
Titicaca.	10.983	1.1
Desaguadero	35.700	3.2
Poopó	16.343	1.5
Coipasa	27.760	2.5
Uyuni	63.390	5.7

Tabla 3. Sub cuencas andinas de Bolivia

(Fuente: SNHN 2001)

Ahora bien, este tercer sistema hidrográfico de Bolivia, llamado cuenca interior, cerrada o sin desagüé, está formado por los lagos Titicaca, Poopó, y Coipasa; por las lagunas del Sudoeste de Potosí, y por los salares que salpican la región, como los de Uyuni, Coipasa, Empexa, Chalviri, entre algunos.

#### 2.4.2 Análisis bacteriológico del agua.

La contaminación del agua ha incidido para que se convirtiera en el principal medio de transporte de microorganismos patógenos, como ser la *Escherichia coli* por medio de la determinación de coliformes totales.

Por ejemplo, los materiales de desecho y las aguas residuales tienen una influencia importante sobre los cuerpos de agua a los cuales son vertidos, pues la microflora de los medios acuáticos sufre cambios significativos que contribuyen a la variación de su calidad (Rheinheimer 1997)

<b>Características</b>	<b>Valor máximo aceptable</b>	<b>Observaciones</b>
Coniformes totales	0,0 UFC/mL	< 5 NMP/100 mL (*)
Escherichia coli	0,0 UFC/mL	< 5 NMP/100 mL (*)

(\*) 95% de las muestras, con la serie de 5 tubos.

Tabla 4. Requisitos Bacteriológicos.  
(Fuente: Fuente: IBNORCA Normas Bolivianas NB:512)

Complementariamente, el agua es el recurso natural más utilizado y debido a su mal manejo su contaminación aumenta de forma acelerada, y uno de los mayores problemas es la presencia de microorganismos patógenos, ya que el agua posee las sustancias nutritivas suficientes que permiten el desarrollo de diversos microorganismos que provienen del contacto previo con el aire, el suelo, animales, plantas, o fuentes de contaminación como materia fecal (Romero 2002)

Finalmente, se ocasiona un impacto en el medio ambiente y en los seres vivos, ya que la transmisión de microorganismos patógenos a través de fuentes de agua ha sido causa grave de epidemias (Romero 2002). Entre los agentes patógenos relacionados con la transmisión a través del agua, se encuentran bacterias, virus, protozoos y otros microorganismos que en los últimos años ha aumentado su frecuencia (Ávila et al. 2005)

#### 2.4.2.1 Parámetros microbiológicos

**Coliformes Fecales:** Los coliformes fecales también denominados coliformes termo-tolerantes porque soportan temperaturas hasta de 45 °C, integran el grupo de los coliformes totales, pero se diferencian en que son indol positivo. Son mejores indicadores de higiene en alimentos y en aguas, la presencia de estos indica contaminación fecal de origen humano o animal. De ellos la mayoría son E. coli. (Carrillo y Lozano, 2008).

En lo referente a la bacteria, *Escherichia coli*, es una bacteria habitual en el intestino del ser humano y de otros animales de sangre caliente. Aunque la mayoría de las cepas son inofensivas, algunas pueden causar una grave enfermedad de transmisión alimentaria.

La infección por *Escherichia coli*, se transmite generalmente por consumo de agua o alimentos contaminados, como productos cárnicos poco cocidos y leche cruda.

Los síntomas de la enfermedad incluyen cólicos y diarrea, que puede ser sanguinolenta. También pueden aparecer fiebre y vómitos. La mayoría de los pacientes se recuperan en el término de 10 días, aunque en algunos casos la enfermedad puede causar la muerte. (Organización Mundial de la Salud)

### **2.4.3 Panorama Sociocultural**

Manifestado en el mensaje de la conservación de los humedales 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.

### **2.4.4 Análisis Económico**

Los humedales producen principalmente forraje para la producción de ganado camélido e introducido, esta ganadería genera una actividad económica única posible en estos medios ambientes, 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 kgMS/ha \* 102340.7 ha = 464.197 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).

## **2.5 Sistemas de información geográfica.**

Para realizar la sistematización de los datos se accedió a la herramienta de sistemas de información geográfica "SIG", que se define como Sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados para resolver problemas complejos de planificación y gestión.

La teledetección, ha demostrado ser una alternativa útil para la cuantificación de las variables biofísicas tales como índice de área foliar y la cubierta vegetal (Cohen et al., 2003) y en definitiva la disponibilidad de bajo costo de información multi-espectral y geográfica, mejora el potencial de integración de datos para mapear y monitorear hábitats específicos.

### **2.5.1 Uso de sistemas de información geográfica para la detección de humedales.**

Si bien estos análisis han partido siempre de imágenes de satélite, la aparición de DRONES ha acercado el cálculo de este indicador para el análisis de vegetación sobre su superficie. Su aplicación es uno de los puntos fuertes dentro la agricultura de precisión.

El siguiente autor (Vega, 2006), recomienda el uso de la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica para la elaboración de inventarios de humedal esta técnica permite la identificación y caracterización de estos ecosistemas, en ellos se distinguen clases de humedal en base a su respuesta espectral.

Por otra parte, el convenio de RAMSAR da prioridad a la cartografía de zonas húmedas, y recomienda el uso de la teledetección y los sistemas de información geográfica, para la elaboración de inventarios de humedales. El uso de esta técnica permite la identificación y caracterización de estos ecosistemas, en ellos se distinguen clases de humedal en base a su respuesta espectral. (Vega, 2006).

### 2.5.1.1 Información satelital Sentinel 2b

La resolución espacial, no es más que un rango o intervalo de longitudes de onda el sensor MSI del Sentinel 2 capta 13 bandas o 13 intervalos de longitudes de onda ver tabla 5.

<b>Bandas</b>	<b>Resolución espacial (m)</b>	<b>Resolución espectral (nm)</b>
Banda 1 (aerosol)	60	443
Banda 2 (azul)	10	490
Banda 3 (verde)	10	560
Banda 4 (rojo)	10	665
Banda 5 (NIR)	20	705
Banda 6 (NIR)	20	740
Banda 7 (NIR)	20	783
Banda 8 (NIR)	10	842
Banda 8 <sup>a</sup>	20	867
Banda 9 (vapor de agua)	60	9945
Banda 10 (cirrus)	60	1375
Banda 11 (SWIR)	20	1610
Banda 12 (SWIR)	20	2190

Tabla 5. Composición de Bandas Sentinel 2b

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

La resolución radiométrica es la capacidad del instrumento para distinguir diferencias en la intensidad de la luz o de reflectancia. Cuando mayor sea la resolución radiométrica, más precisa será la imagen detectada. Ver tabla 5.

La resolución radiométrica se expresa habitualmente como un número de bits, típicamente en el intervalo de 8 a 16 bits. La resolución radiométrica del instrumento MSI es de 12 bits, lo que permite que la imagen se adquiere un rango de 0 a 4095 valores posibles de intensidad

de luz, la precisión radiométrica es inferior al 5% (objetivo del 3%). Resolución radiométrica también depende de la relación señal a ruido (SNR) del detector.

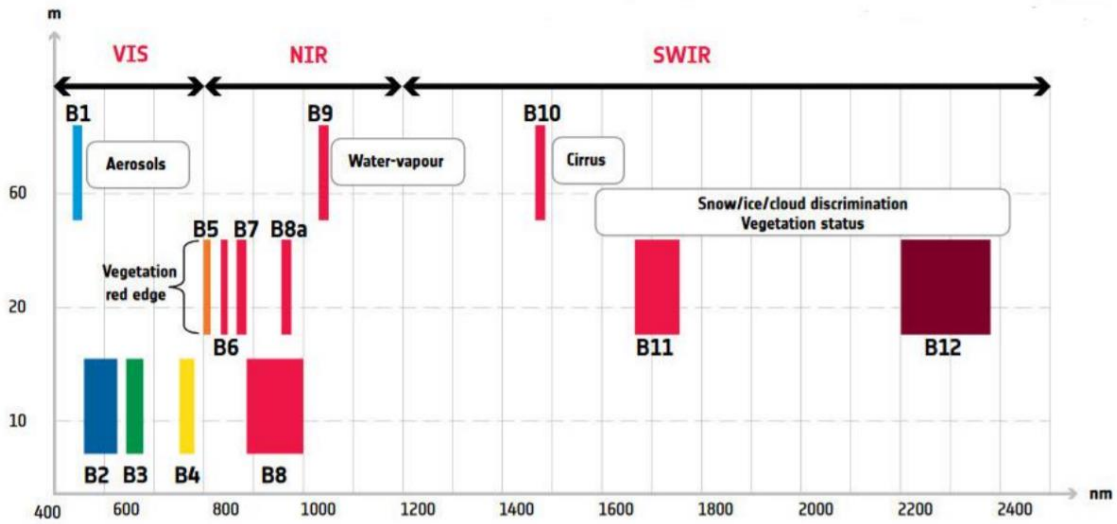


Figura 3: Resolución Espacial y Espectral de Sentinel 2

(Fuente: Programa Copernicus aplicado a la producción y gestión de información geoespacial 2018)

## 2.5.2 Cálculo del índice de NDVI

El fundamento del análisis, parte del estudio de las dos **bandas multispectrales** en las que la vegetación interacciona de una manera relevante dentro del espectro electromagnético. Por un lado, la parte del espectro visible en el que la vegetación muestra una elevada absorción en la sección del rojo, debido a la presencia de clorofila generando imágenes multispectrales oscuras. Por otro lado, la parte del infrarrojo cercano, en el que la vegetación se comporta de manera opuesta generando elevados niveles de reflexión, obteniéndose imágenes multispectrales brillantes (niveles radiométricos bajos Vs niveles radiométricos elevados).



Imagen 1. Representación de la banda roja e infrarrojo cercano

(Fuente: Gis & Beers)

Este comportamiento también se traduce en el estado en el que se encuentra la vegetación, pues un estrés hídrico o vegetación menos joven varía su pigmentación afectando de manera directa a los valores del índice NDVI. Así podemos diferenciar cubiertas vegetales en diferentes estados. Este índice podrá ser obtenido mediante la siguiente relación:

O lo que es lo mismo, y en términos de nomenclatura cuando trabajamos las bandas multiespectrales:

$$NDVI = \frac{(IRCercano - ROJO)}{(IRCercano + ROJO)}$$

Figura 4. Formula de del NDVI  
(Faúndez, M. 2007)

El intervalo de valores posibles resultante del NDVI oscila entre -1 y 1. Los valores negativos están asociados a zonas de agua y nieve. Valores positivos próximos a 0 representan zonas rocosas y desnudas que pueden adquirir algo de vegetación hasta llegar a valores próximos a 0,15. A partir de este valor encontramos presencia de vegetación. Cuanto mayor sea el valor más frondoso será la vegetación hasta adquirir valores próximos a 1.

Para el cálculo del índice NDVI, hay que recurrir a un SIG o cualquier gestor de imágenes ráster y multiespectrales, trabajando con los valores de píxel de cada una de las bandas puestas en juego. Software SIG como ArcGIS, gvSIG, qGIS, disponen de calculadoras ráster en las que realizar esta sencilla función matemática. Aplicaciones específicas destinadas a los análisis multiespectrales como ERDAS, IDRISI o **LEOWorks**, también disponen de herramientas directas para el cálculo de este índice específico.

## 2.6 Conceptos y niveles de zonificación

Desde la perspectiva del desarrollo sostenible, la zonificación debe trascender los límites de la concepción tradicional de este proceso. Una visión sectorial, agraria, económica o urbanista, por ejemplo, puede inducir a un esquema parcial del uso de la tierra, marginado

otras alternativas de uso; como, por ejemplo, la conservación de la diversidad, el ecoturismo, la piscicultura, u otra de acuerdo al potencial de la zona (IIAP 2003).

La zonificación debe incluir todas las variables físicas, biológicas y socioeconómicas, en el marco de una concepción holística y sistémicas de la realidad. A esta forma de concebir a la zonificación, hoy en día se le llama Zonificación Ecológica Económica (IIAP 2003).

En la reunión de los países del Tratado de Cooperación Amazónica, realizada en Manaus, en abril de 1994, se llegó a definir a la Zonificación Ecológica Económica(ZEE), como un instrumento de ordenación territorial, de carácter dinámico, que permite en una región un arreglo espacial de 6 unidades relativamente uniformes, caracterizadas sobre la base de factores físicos, bióticos y socioeconómicos, evaluadas con relación a su uso potencial sostenido o su tolerancia a las intervenciones del hombre, realizada a través del trabajo de equipos multidisciplinarios (IIAP 2003).

La ZEE, como una forma de planificación del uso de la tierra, se constituye en un instrumento técnico para la gestión del desarrollo sostenible, además de otros aspectos, proporciona información sobre la capacidad y fragilidad del territorio y sus recursos naturales en forma sistematizada y localizada geográficamente, que ayuda a la toma de decisiones sobre políticas de desarrollo, manejo y conservación de los ecosistemas (Couto 1994).

## **2.7 Que es un dron**

Hace mucho tiempo ya se usa esta tecnología que estaba ligada a el espionaje y como armas de guerra, pero hoy en día esta nueva herramienta nos sirve para visualizar lo que no podíamos ver.

La palabra dron o en plural “drones” se registra en la 23ª edición del Diccionario Académico, como adaptación al español del sustantivo inglés drone (literalmente ‘zángano’), para referirse a una ‘aeronave o vehículo no tripulado.

Un Dron es un aparato pilotado por control remoto que puede volar por medio de un controlador de vuelo, según los diferentes informes de las ponencias sobre (comunidad de Madrid, 2016), drones y sus aplicaciones a la Ingeniería civil. (2016).



### **2.7.1 Tipos de drones**

La clasificación que se puede realizar de los drones o Remotely Piloted Aircraft System “RPAS”, se establecen en 3 categorías, que pueden clasificarse según su peso, y las publicaciones de (Chen, H. Wang, X. Li, Y. , 2009) y (Dougherty, J. 2015):

- a) hasta 2 kg.
- b) menos de 25kg
- c) más de 25 kg.

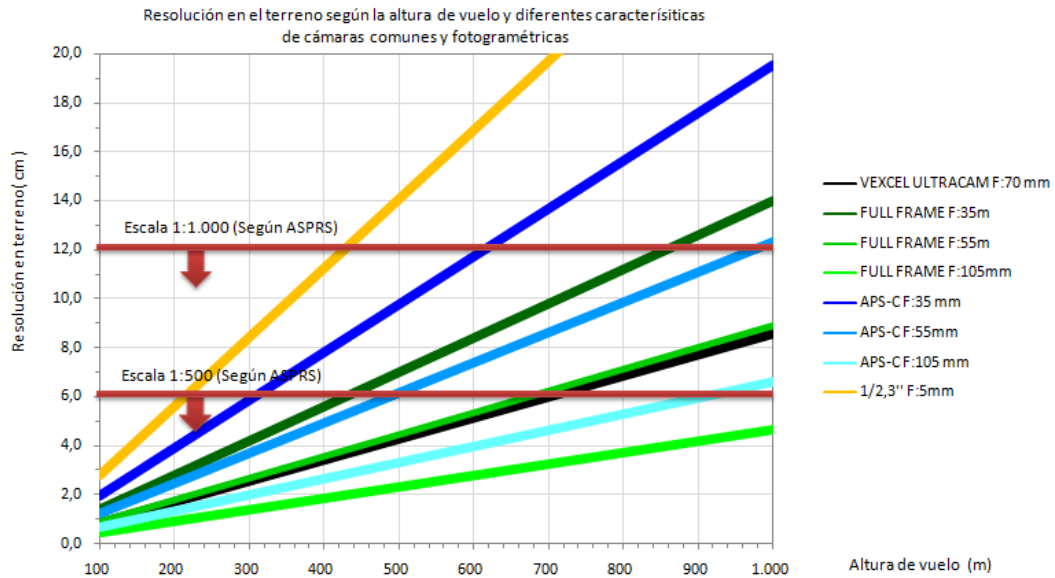
### **2.7.2 Drones en cartografía.**

El uso de drones o Unmanned Aerial Vehicle “UAV” para cartografía y fotogrametría, es una realidad gracias a los avances técnicos que se están dando en este campo, y para determinadas escalas y áreas de trabajo, son una de las mejores opciones.

Hasta ahora, las alternativas disponibles se centraban en imágenes de satélite de alta resolución y vuelos fotogramétricos. Sin embargo, con el desarrollo de tecnologías que mejoraron significativamente las características de navegación de drones, su versatilidad en cuanto a instalar dispositivos de captura de imágenes y su precio relativamente económico, son otra alternativa que permite realizar cartografía con unas excelentes prestaciones en cuanto a escala y periodicidad de adquisición, y viene a complementar un rango de escalas no habituales para el área de la fotogrametría, aunque colindantes ya con las utilizadas en el área de la topografía clásica.

En cuanto a la utilización de los drones de manera general, existen dos alternativas para el uso de estos dispositivos de captura; en primer lugar, drones con cámaras incorporadas y en segundo lugar, aquellos que ofrecen la posibilidad de instalar cámaras de gran formato. En el primer caso las cámaras disponen de una resolución media y un sistema óptico orientado a usos deportivos de focal pequeña como las GoPro y formato pequeño, mientras que en el segundo caso podemos utilizar cámaras de gran formato de hasta 36 megapíxeles y una óptica profesional de lentes intercambiables que nos permiten la selección de una focal adecuada. En ambos casos tendremos que considerar una calibración rigurosa de la cámara antes de cada vuelo.

Al momento de seleccionar altura de vuelo, focal, tamaño de píxel y escala de toma, tenemos que considerar, como se ilustra en los siguientes gráficos, sus relaciones entre ellos, para luego poder definir área a cubrir por cada toma, solape, intervalo de toma, rendimientos, etc.



Relación entre cámaras estándar / resolución espacial / altura de vuelo

CÁMARA	Ancho del sensor (mm)	Ancho del sensor en píxel	Sensor (Megapíxeles)	Formato eq. 35 mm	Focal (mm)	Focal eq. 35mm	Resolución (cm) en el terreno según la altura de vuelo (m)			
							1.000	500	200	100
FOTOGRAMÉTRICA VEXCEL ULTRACAM PAN	70	11.704	92	0,5	70	35	8,5	4,3	1,7	0,9
CÁMARAS FULL FRAME	36	7.360	36	1	35	35	14,0	7,0	2,8	1,4
					55	55	8,9	4,4	1,8	0,9
					105	105	4,7	2,3	0,9	0,5
CÁMARAS APS-C	22,3	5.184	18	1,6	22	35	19,6	9,8	3,9	2,0
					35	55	12,3	6,1	2,5	1,2
					65	102	6,6	3,3	1,3	0,7
CÁMARAS 1/2.3"	6,17	4.384	14	5,7	5	28	28,1	14,1	5,6	2,8

Figura 5. Características del vuelo de un dron.

(Fuente: <http://www.nosolosig.com/images/grafico-y-tabla.png>)

Sin embargo, aunque podemos señalar las ventajas que ofrecen los drones, para la actualización de cartografía a escalas grandes, y con una frecuencia alta de toma, cuando las extensiones de las áreas a cubrir sean grandes los vuelos aéreos convencionales ó imágenes de satélite de alta resolución, vuelven a presentarse entre las opciones con grandes ventajas.

### **3 MATERIALES Y MÉTODOS.**

#### **3.1 Materiales**

Los materiales y herramientas utilizadas son:

##### **Materiales tecnológicos**

- Un DRON marca Inspire 1 ver 2.0 con cámara de 12 megapíxeles.
- pH metro portátil.
- GPS (garmin)
- Cámara fotográfica de Celular Samsung s5
- Cámara fotográfica de celular Huawei p10.
- Sensor de temperatura
- Computadora de escritorio.

##### **Material de campo**

- Pala.
- Picota
- Botas de agua
- Bolsas plásticas
- Hojas de encuesta
- Formol
- Masquin
- Culer para conservar las muestras de heces fecales
- Culer para conservar las muestras de agua

##### **Material de gabinete**

- Imágenes satelitales sentinel 2b
- Ortofotos del año 2010.
- Software ArcGis
- Software Agisoft para ortofotos de dron
- Microsoft office

### 3.2 Métodos

La metodología utilizada fue el descriptivo – analógico, donde procedimentalmente se inicia con la identificación, descripción, geo-referenciación, siguiendo con la caracterización, análisis de laboratorio, mapas de las comunidades y por último el mapa de la zonificación del lugar

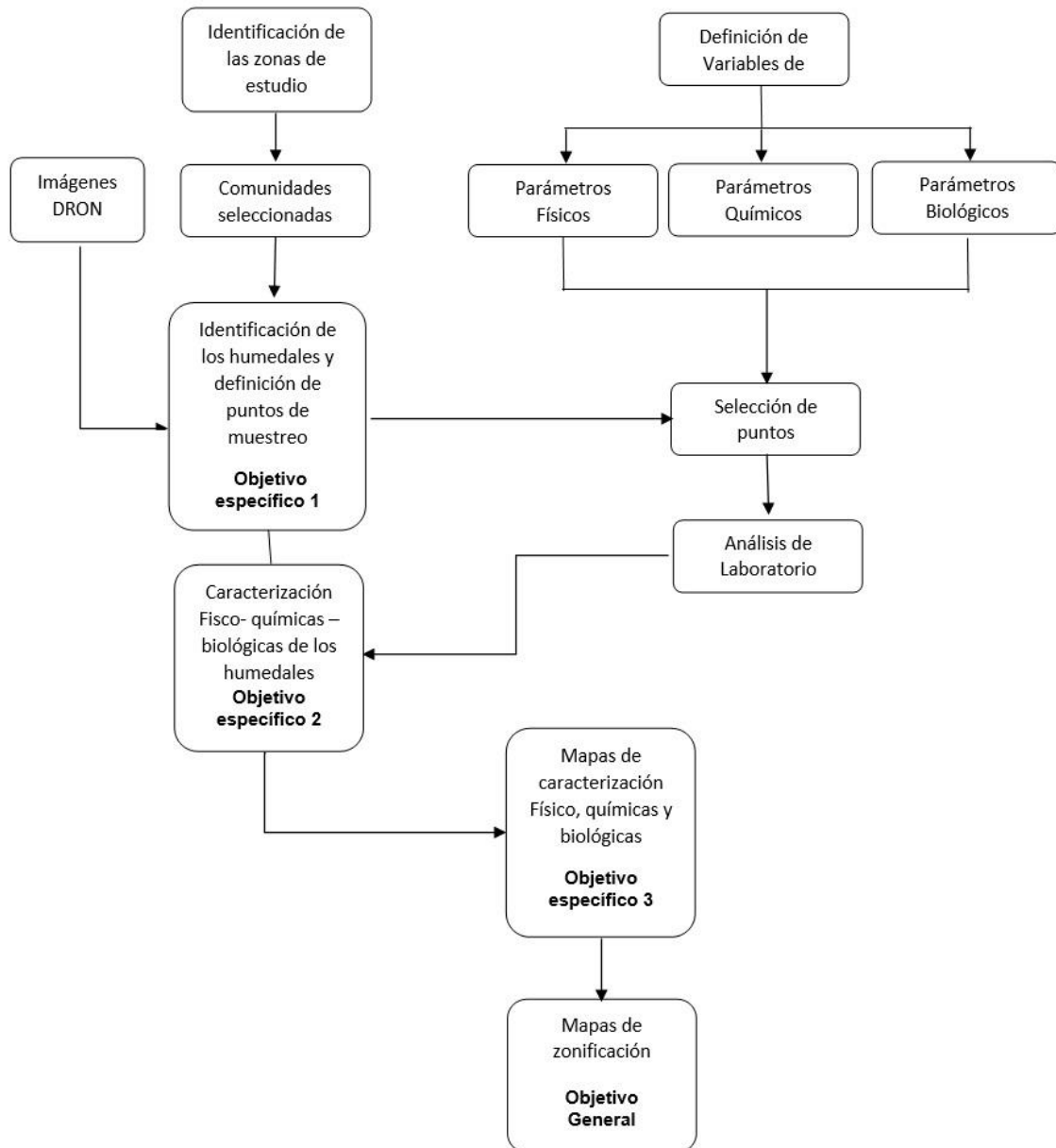


Figura 6. Metodología de investigación

(Fuente: Elaboración propia)

### 3.2.1 Contacto con las autoridades de las zonas.

Para los diversos recorridos de campo, 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 al ser habitantes cercanos de las diferentes comunidades del Municipio de Huarina.

#### 3.2.1.1 Realización de itinerario y visitas de campo

Previa realización del trabajo de campo, se crearon itinerarios para visitar los humedales identificados con anterioridad en un estudio paralelo en época seca de otra gestión, para su geo-referenciación y procesamiento de coordenadas obtenidas con equipos GPS eTrex<sup>R</sup> 10 marca Garmin Se planifico 6 salidas de campo donde se tomaron fotografías de cada humedal, y llenado de fichas individuales, recolectando muestras de agua y vegetación delimitando el perímetro de los humedales con imágenes satelitales y también con la ayuda de un Dron.

### 3.2.2 Identificación de los humedales.

Una vez localizadas las zonas de estudio se identificó los humedales más representativos y de mayor extensión ubicados a lo largo del municipio de Huarina para identificar y caracterizarlas. Se procedió a delimitar las áreas de los humedales con la ayuda de imágenes satelitales acompañado con los sensores remotos “dron” in - situ para posterior procesamiento digital. Como se muestra en la Figura 6.

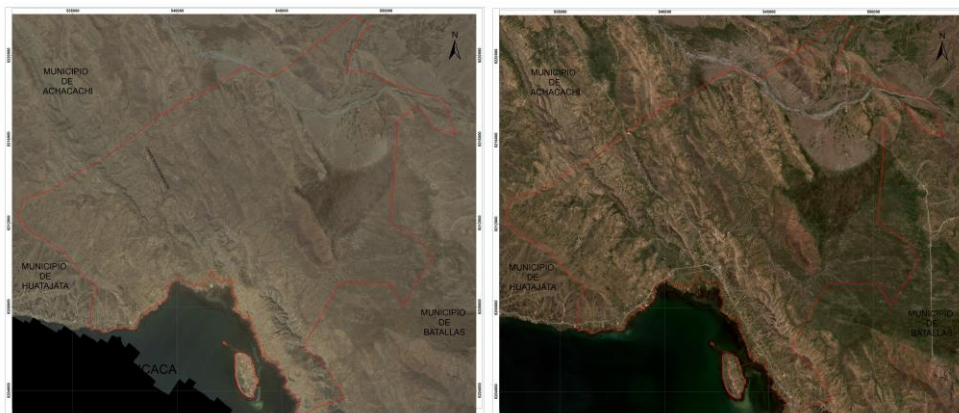


Figura 7. Ortofotos 2010 Vs. Sentinel 2018 2B  
(Fuente: Servidor Copérnico)

### 3.2.3 Toma de muestras de agua

Con el fin de analizar la contaminación hídrica en las 13 comunidades se tomaron muestras de agua *in situ*, para estudiar los siguientes parámetros físico, químicos: temperatura, pH, oxígeno disuelto, salinidad, conductividad eléctrica y cantidad total de sólidos disueltos.

CIDTA (2009), señala que los principales parámetros que deben tenerse en cuenta en un agua para determinar su calidad para el riego son los siguientes:

- a. Recipiente: El recipiente debe ser de plástico de 1 Litro de capacidad.
- b. Condiciones de muestreo: Enjuagar varias veces el recipiente con el agua a muestrear.

Si el agua es de pozo, la muestra debe tomarse después de algunas horas de su puesta en marcha. Si el agua procede de ríos o arroyos la muestra debe tomarse en zonas donde el agua esté en movimiento evitando zonas estancadas.

Tomar la muestra entre 5-15 cm por debajo de la superficie.

- c. Almacenamiento y conservación: Conservar la muestra en nevera a 4°C y protegida de la luz solar.

CIDTA (2010), menciona que los principales parámetros que deben tenerse en cuenta en un agua para determinar su calidad son los siguientes:

*Etiquetado del recipiente:* Indicar nombre y sitio de muestreo, fecha de la toma de muestra, nombre de quien toma la muestra, el contenido de sales la conductividad, sólidos totales



Imagen 2. Recolección de muestra de agua y heces fecales.  
(Fuente: Elaboración Propia)

### **3.2.4 Información satelital.**

Se ha trabajado con imágenes del satélite Sentinel 2b MSI + obtenidas del servidor scihub.copernicus.eu. Se han seleccionado 12 sets de imágenes de satélite multiespectrales de (12 bandas) que abarcan dos años disponibles en formato GEOTIFF rectificadas en el sistema de proyección UTM (Universal Transversa Mercator), WGS84 Zona 19s.

Así como el archivo de metadatos de Sentinel 2b que abarcan y corresponden a la época del presente año, con el fin de recoger la mayor variabilidad de los humedales en contenido de agua. Imágenes satelitales sentinel 2b 2017

### **3.2.5 Ortofotos del año 2010**

Se emplearon ortofotos del año 2010 como base para la digitalización de los humedales, las fotografías aéreas fueron tomadas con una cámara digital fotogramétrica matricial o de barrido, con resolución espacial de 60 cm. resolución espectral mínimo de 3 bandas (Rojo, verde, y azul), resolución radiométrica mínima de 36 bits (12 bits por cada banda). INRA, 2008.

### **3.2.6 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 humedal se procesaron mediante el paquete ArcGis 10.2.2 obteniendo un nuevo sistema de información geográfico de los humedales presentes en el municipio para procesar los mapas requeridos en este estudio.

#### **3.2.6.1 Comparación temporal de humedales.**

Se consideró la variación en rangos de tiempo de la misma superficie del área de estudio a través de las imágenes Sentinel 2b se puede observar el cambio de superficie de la vegetación característica de humedal en dos épocas del año época seca y época húmeda. La vegetación considerada para clasificar humedal en imágenes tomando como puntos de referencia las coordenadas de cada humedal donde se presentan especies comunes y dominantes del humedal.

### 3.2.6.2 Índice de vegetación

El índice de vegetación diferencial normalizado o índice NDVI, responde a uno de los parámetros calculados mediante análisis multispectral para el estudio de cubiertas vegetales. Su fundamento radica en el magnético. Mas concretamente en la banda visible del rojo y en la banda del infrarrojo cercano. Su resultado nos permite identificar de manera rápida la distribución y el tipo de vegetación en imágenes aéreas.

Para este estudio se empleó el NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada), de las imágenes unificadas, corregidas, multispectrales, comparación temporal y composición de bandas para el caso de imágenes sentinel se utiliza la siguiente combinación de capas.

$$\text{Sentinel 2B} = (8-4) / (8+4).$$

### 3.2.7 Procesamiento de imágenes obtenidas con el Dron.

Las imágenes obtenidas con el dron se sometieron a un proceso de análisis de estructuración y clasificación con el programa de acceso libre Agisoft. Se procedió al procesamiento de las imágenes creando capas de; alineado de fotos, nubes densas, mallas densas, texturas densas, generar un modelo digital de elevación “DEM” y para finalizar crearemos el orto-mosaico como se muestra en la figura 7.

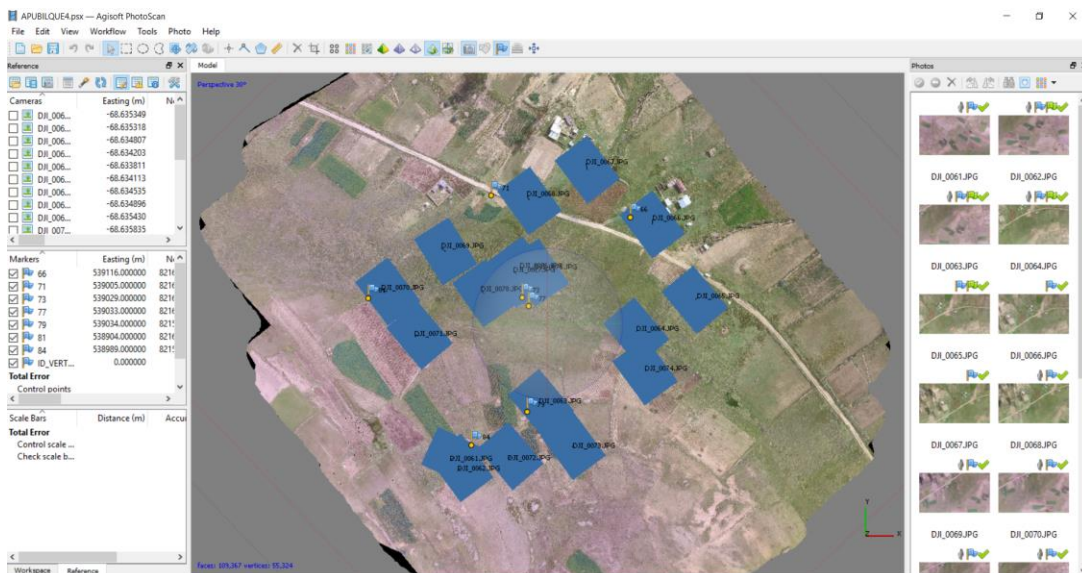


Figura 8. Procesamiento de imágenes obtenidas con el programa “AGISOFT”.

(Fuente. Elaboración propia.)



La resolución en terreo varía según las comunidades, en esta ocasión es de 8,3 cm/píxeles con una superficie cubierta de 0,175 Km<sup>2</sup> se solaparon 19 imágenes con un error de 0,74 píxeles. En la comunidad de apuvilque.

### 3.2.7.1 Toma de puntos de control con GPS

Usando el sistema de posicionamiento global (GPS), nos permitió optimizar los recursos y tiempo de la investigación, para ubicar nuestros puntos de control se trabajó con un mínimo de 4 satélites, esto porque, el GPS mide las distancias existentes entre las antenas emisoras de los satélites y las antenas receptoras calculando así las tres dimensiones (X, Y, Z) gracias a la ubicación de las lonas estas no tuvieron mucha interferencia, facilitando así los resultados siendo más precisos al contar con más satélites.



Imagen 3. Lona de color rojo y azul para la toma de puntos de control.

(Fuente. elaboración propia.)

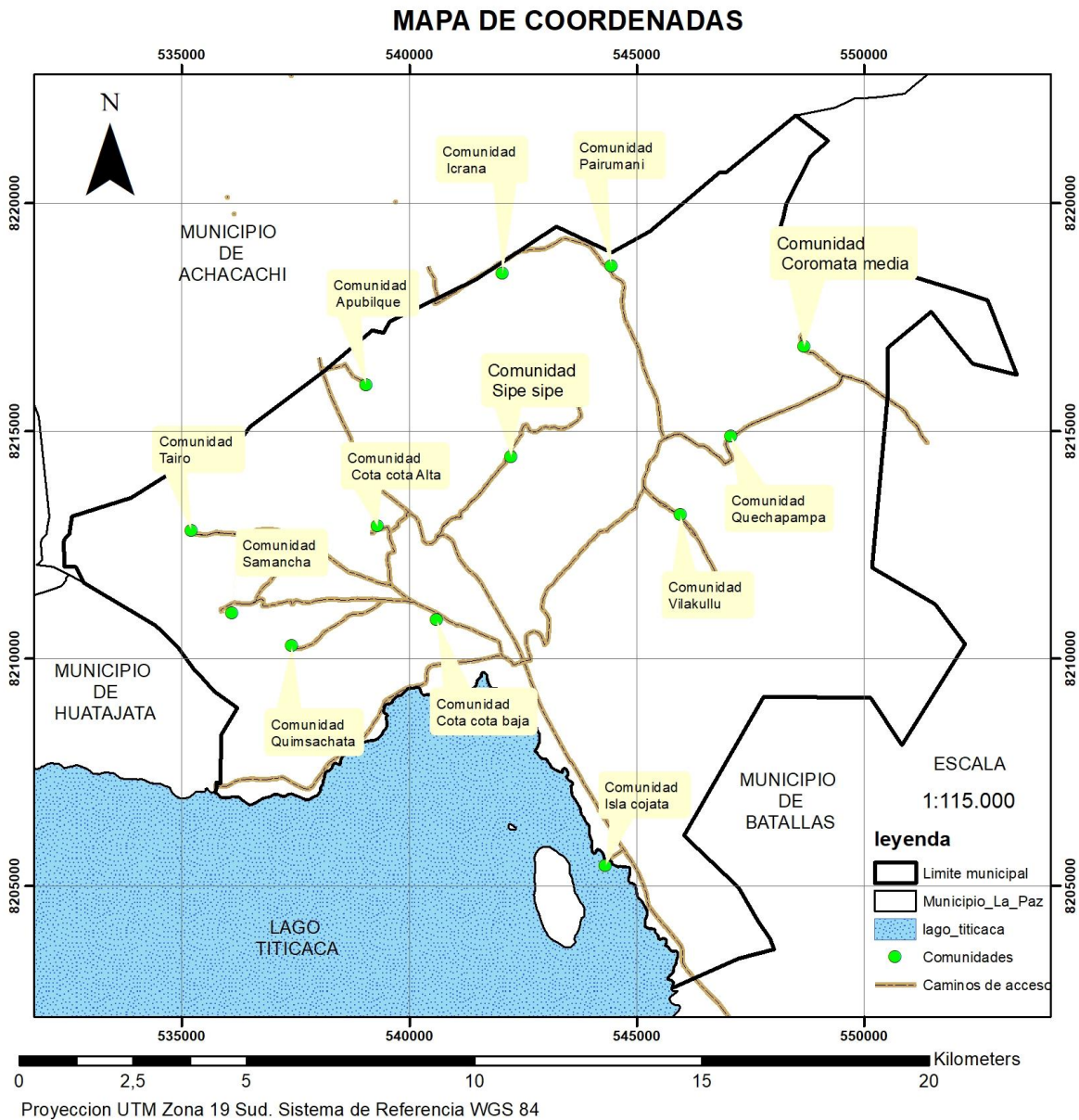
A continuación, se procedió a tomar el punto, colocando el GPS al centro de nuestra lona de colores, para que cuando nuestro dron sobrevuele la imagen esta la capture, y sea más fácil georreferenciar el lugar como se muestra en la imagen 3.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Identificación de los humedales

Se trabajaron con coordenadas UTM en la Zona 19 Sur, los datos fueron obtenidas con un navegador Garmin modelo eTREX 10 con una precisión de 3 m según su manual.

Se identificaron los siguientes puntos como se muestra en la tabla 4.



Mapa 2. Ubicación de las comunidades en estudio.

Fuete: Elaboración propia

Coordenadas obtenidas en campo.

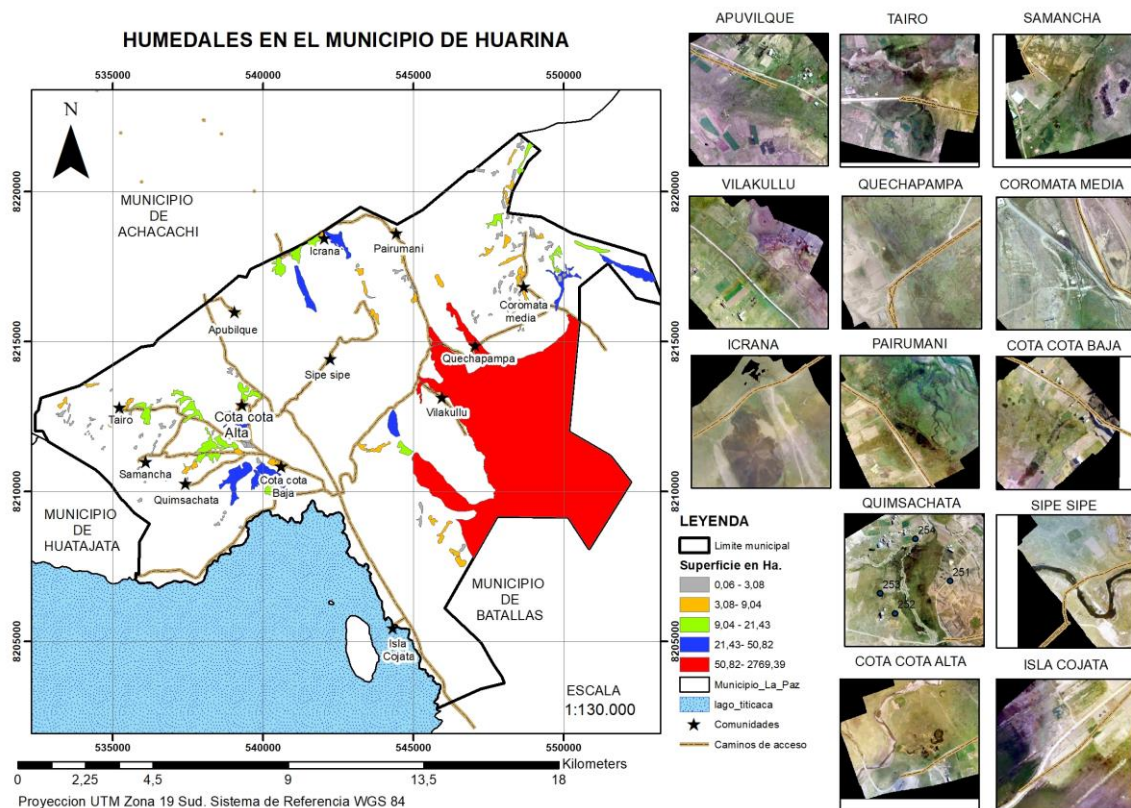
	Comunidad	Este	Norte	Altura	Habitantes
001	Apuvilque	539051	8215995	3896	208
002	Tairo	542050	8218451	3869	213
003	Samancha	544445	8218616	3908	203
004	Vilakullu	542244	8214428	3925	
005	Quechapampa	535222	8212808	3933	183
006	Coromata media	536106	8210989	3968	418
007	Icrana	537418	8210274	3891	152
008	Pairumani	539303	8212899	3920	315
009	Cota cota baja	540603	8210841	3817	463
010	Cota cota alta	545964	8213146	3832	419
011	Quimsachata	547072	8214880	3860	90
012	Sipe sipe	548681	8216846	3893	308
013	Isla cojata	544320	8205444	3819	

Tabla 6. Coordenadas de las comunidades del Municipio de Huarina

Fuente: Elaboración propia, número de habitantes según Censo 2012

#### 4.1.1 Mapa de humedales

Se digitalizo los humedales con la ayuda ortofotos del 2010, obteniendo el siguiente mapa.



Mapa 3. Humedales en el municipio de Huarina

Fuente: Elaboración propia.

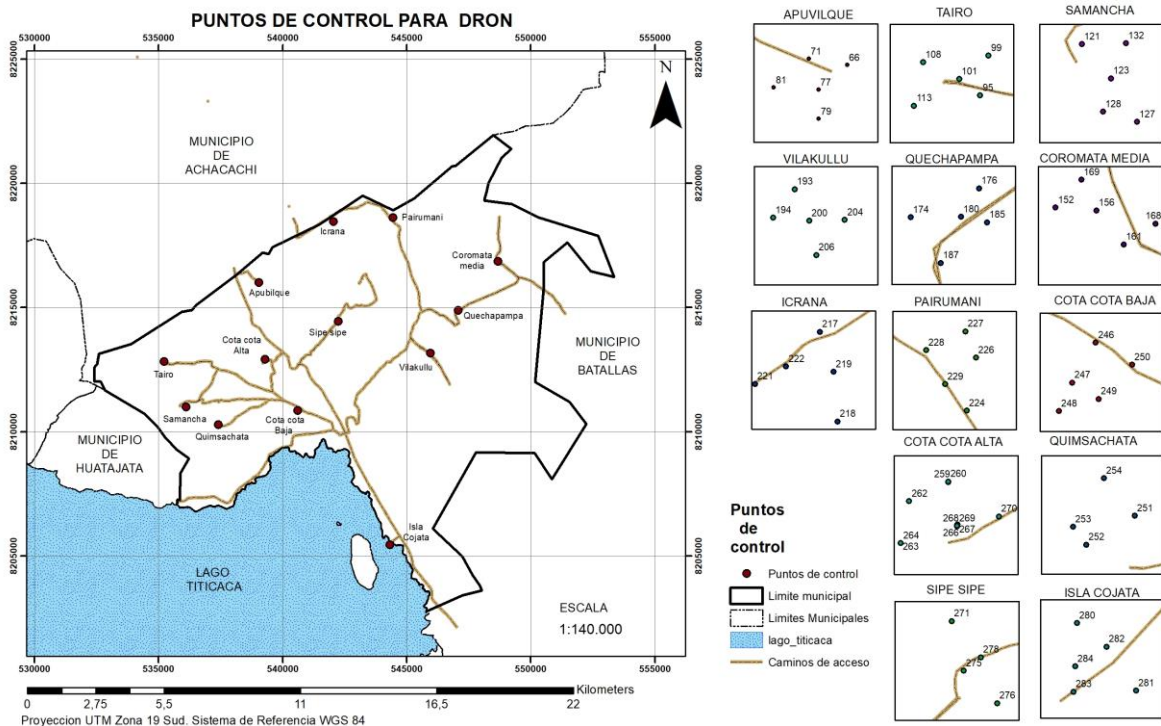


En el mapa se muestra las superficies aproximadas de humedales, Se encontraron superficies entre 0,06 a 3, 08 ha en las comunidades: Apuvilque, Samancha, Pairumani y Sipe sipe

, son humedales pequeños en comparación al resto, como la comunidad Quimsachata que el tamaño del humedal próximo fue, 0,06 y 9,04 ha. Subiendo un poco en superficies se tiene a las comunidades de Tairo, Coromata media y Cota cota alta, donde la superficie de los humedales se encuentra entre 0,06 y 21,43 ha. Icrana cuenta con alrededor de 9,04 a 50,82 Ha de humedal, la comunidad Cota cota baja es muy diversa en cuanto a superficies van desde 0,06, 3,08, 0,04, 21, 43 y 50,82 ha de humedales existentes en la zona. Pero si hablamos de cantidad las comunidades de Vilakullu y Quechapama albergan la mayoría en cuanto a este recurso ecológico con más de 50 ,82 ha, la Comunidad Isla cojata como su nombre indica está cerca de las orillas del Titicaca por lo cual no se cuantifico el tamaño del mismo.

#### 4.1.2 Puntos de control para dron

Se tomaron puntos de control en cada municipio para orientar las imágenes del dron como se muestra en el mapa 4.

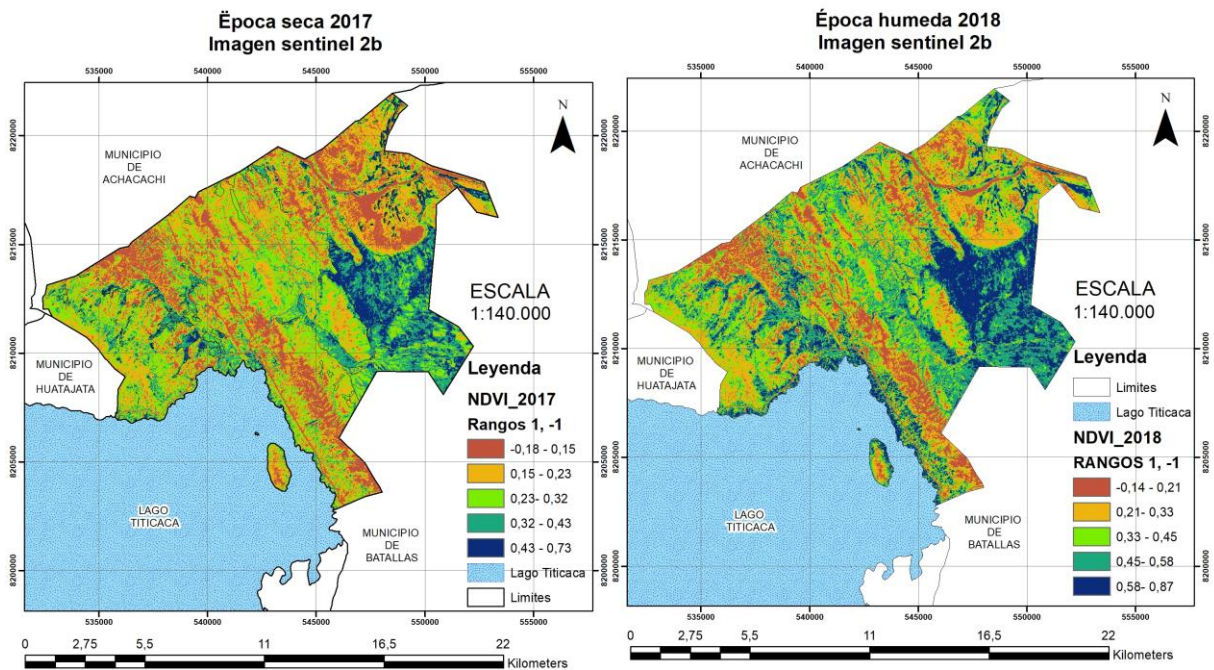


Mapa 4. Puntos de control municipio de Huarina

Fuente: Elaboración propia.



#### 4.1.4 Análisis del NDVI.



Escala 1:140.000 Proyeccion UTM - Zona 19 Sud Sistema de referencia WGS 84

Mapa 6. Análisis del NDVI en el municipio de Huarina.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis temporal de los humedales muestra que existe una mayor vegetación en época húmeda alcanzando valores cercanos a 1 con 0,87, también se ve cómo disminuye se con el pasar del tiempo “color azul”. En cambio, en época seca los valores de una vegetación van desde -0,18 a 0,73 lo que indica que si existe una diferencia entre ambas épocas.

#### 4.1.5 Análisis Bacteriológico del municipio de Huarina.

En total, se tomaron 13 muestras en el municipio de Huarina, que lanzaron los siguientes resultados. Según las normas bolivianas 512 del 2016. Como se muestra en la tabla 3.

ID	Comunidad	Norma técnica	Parámetros	Valor encontrado nmp/100ml	Valor de referencia nmp/100ml	Norma de referencia
001	Apuvilque	NB - 31006	Escherichia coli	500	2	NB 512: 2016
002	Tairo	NB - 31006	Escherichia coli	2	2	NB 512: 2016
003	Samancha	NB - 31006	Escherichia coli	2	2	NB 512: 2016
004	Vilakullu	NB - 31006	Escherichia coli	80	2	NB 512: 2016
005	Quechapampa	NB - 31006	Escherichia coli	2	2	NB 512: 2016
006	Coromata media	NB - 31006	Escherichia coli	30	2	NB 512: 2016
007	Icrana	NB - 31006	Escherichia coli	8	2	NB 512: 2016
008	Pairumani	NB - 31006	Escherichia coli	2	2	NB 512: 2016
009	Cota cota baja	NB - 31006	Escherichia coli	50	2	NB 512: 2016
010	Cota cota alta	NB - 31006	Escherichia coli	8	2	NB 512: 2016
011	Quimsachata	NB - 31006	Escherichia coli	2	2	NB 512: 2016
012	Sipe sipe	NB - 31006	Escherichia coli	4	2	NB 512: 2016
013	Isla cojata	NB - 31006	Escherichia coli	1600	2	NB 512: 2016

#### OBSERBACIONES:

**NMP:** Número más probable  
**NB 512-2016:** Norma Boliviana Agua Potable

Nota 1: Los resultados se refieren Únicamente a la muestra analizada

Cuadro 3. Análisis de laboratorio de la bacteria Escherichia Coli  
 (Fuete: Instituto de servicios de laboratorio de diagnóstico e investigación)

Por medio de la identificación y las características bacteriológicas se puede establecer el grado de ocurrencia de enfermedades en el municipio de Huarina.

Los resultados obtenidos en base a analisis de laboratorio muestran que la Escherichia coli, tiene mayor incidencia en la comunidad de Isla Cojata alcanzando un 1600 NMP/mL. Apuvilque tiene un recuento de 500 NMP/mL como se muestra en el grafico 1, Esto se deber a que todas las descargas de agua culminan a orillas del lago Titicaca y por ende llevan todo el material de arrastre aguas abajo.

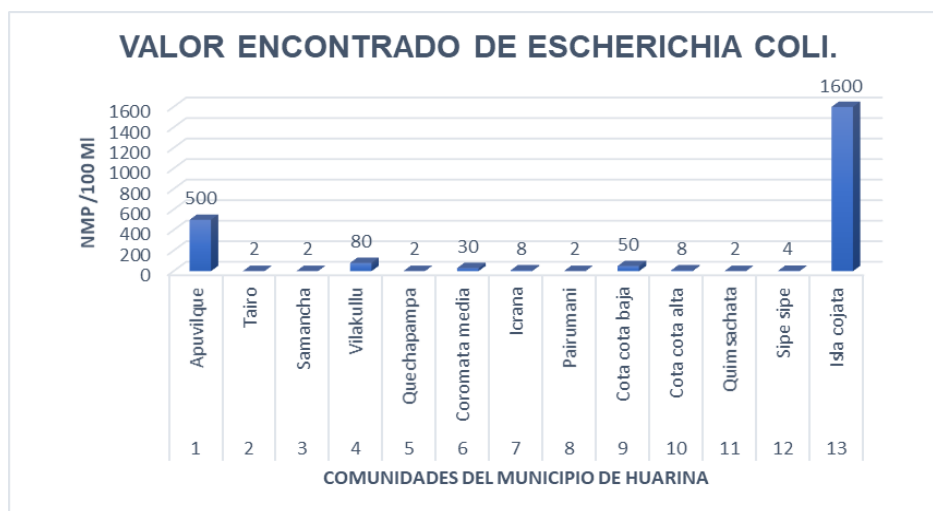


Gráfico 1. Comportamiento de la bacteria Escherichia Coli

Fuente: Elaboracion propia

#### 4.1.6 Parámetros físicos / Químicos de los humedales de Huarina

Dentro los parámetros físico Químicos de los diferentes humedales visitados en el municipio de Huarina se encontraron los siguientes parámetros como se muestra en la tabla 7.

	Comunidad	T°C Ambiente.	pH.	T°C del agua	Conductividad "ms"	Salinidad "ppm"	Tds
001	Apuvillque	11,00	6,72	20,70	127,60	0,07	90,70
002	Tairo	13,00	7,40	16,70	359,00	0,18	255,00
003	Samancha	9,00	7,45	16,40	105,00	0,05	74,00
004	Vilakullu	11,00	7,48	10,00	888,00	0,45	137,00
005	Quechapampa	7,00	7,80	13,40	53,00	0,03	37,30
006	Coromata media	11,00	7,31	16,80	45,60	0,02	32,00
007	Icrana	12,00	9,27	14,30	133,40	0,02	94,90
008	Pairumani	7,00	7,54	12,80	48,00	0,02	38,80
009	Cota cota baja	10,00	7,66	7,40	320,00	0,16	227,00
010	Cota cota alta	17,00	9,52	17,20	405,00	0,20	288,00
011	Quimsachata	11,00	7,68	11,40	446,00	0,22	315,00
012	Sipe sipe	19,00	9,20	14,00	122,60	0,06	87,00
013	Isla cojata	13,00	8,45	15,80	1.434,00	0,72	1,01
	<b>Promedio</b>	<b>11,62</b>	<b>7,96</b>	<b>14,38</b>	<b>345,17</b>	<b>0,17</b>	<b>129,05</b>

Tabla 7. Propiedades Físicas y Químicas de las 13 comunidades del municipio de Huarina.

Fuente: Elaboración Propia.

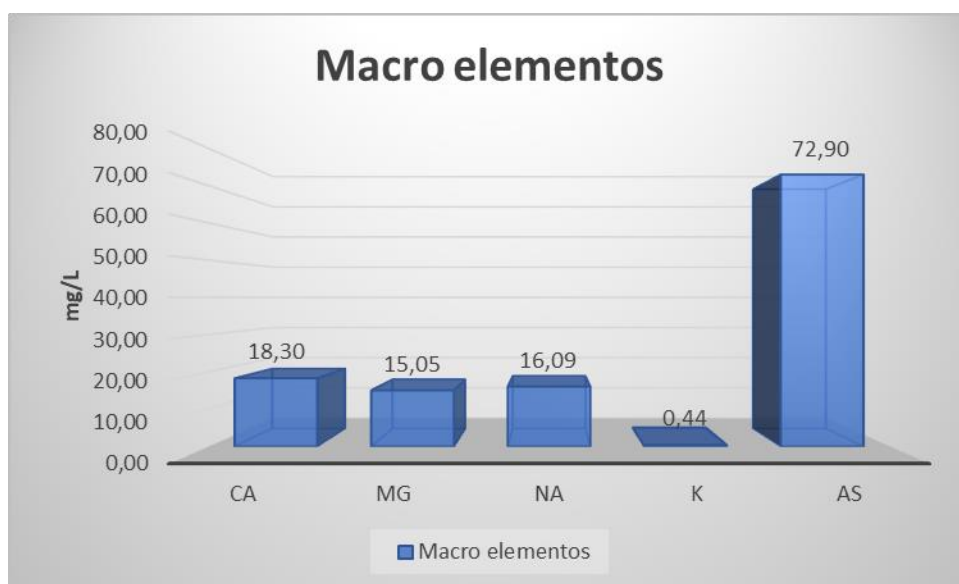
Los resultados obtenidos en campo lanzaron que el promedio de la temperatura ambiente de 11,62°C, con un pH promedio de 7,96 ligeramente alcalino, la temperatura del agua al tomar



la muestra fue de 14,38°C, teniendo un promedio de conductividad eléctrica de 345,17 MS, la salinidad promedio es de 0,17 ppm y teniendo un total de solidos disueltos de 129,05.

#### 4.1.7 Análisis químico del agua.

Según análisis de laboratorio se obtuvieron los siguientes resultados en el municipio de huarina.



**Gráfico 2.** Análisis de macroelementos del agua  
*Fuente: Elaboración Propia.*

En las muestras que se tienen de macroelementos según la gráfica se tiene una alta presencia de Arsénico donde llega en su máximo pico a 72,90 mg/L, la concentración de calcio en el humedal fue de 18,30 mg/L, así también se obtuvo 15,05 mg/L de Magnesio, incrementando un poco la concentración de sodio con un valor de 16,09 mg/L en el humedal y encontrando una concentración mínima de potasio con un 0,44 mg/L.

#### 4.1.8 Caracterización Ecológica de Caracoles.

A pesar del gran esfuerzo que se realizó en la búsqueda de los caracoles, no se encontraron en las comunidades de Quechapampa y Samancha esto puede deberse a que las altas contaminación por basura en sus aguas no dan las condiciones para que el caracol sobreviva a pesar de su resistencia a ambientes alterados, además en ambas comunidades en los sitios de muestreo el agua no abundaba.

Y en la comunidad Cota Cota baja la ausencia de caracoles puede deberse a que el caracol no estaba atravesando su ciclo de adulto, también puede deberse a que los caracoles se encontraban en las zonas más profundas de los humedales.

En Coromata media y Coromata alta se encontró la presencia de alga parda “cochayuyo” (*Durvillaea antártica*) conjuntamente con la alta abundancia de caracoles *lymnaea truncatula* y *biomphalaria*. Como se muestra en el siguiente cuadro.

	<b>Comunidad</b>	<b>Presencia / Ausencia</b>	<b>Caracoles</b>
001	Apuvilque	Caracoles <i>Lymnaea truncatula</i> ausentes Caracoles <i>Biomphalaria</i> presentes	Caracoles <i>Biomphalaria</i> presentes, pero en poca cantidad
002	Tairo	Caracoles <i>Lymnaea truncatula</i> presentes	Caracoles presentes en abundancia cantidad, pero en estadios primarios de vida por lo que era muy pequeños
003	Samancha	Caracoles Ausentes	Altos niveles de contaminación por basura en los cuerpos de agua, posiblemente por esto no se encontró ningún tipo de caracol
004	Villaqullu	Caracoles <i>Succineidae</i> Presentes	Presentes abundantes debajo de las heces de vacas alrededor de cuerpos de agua
005	Quechapampa	Caracoles Ausentes	Poca cantidad de Agua
006	Coromata media	Caracoles <i>lymnaea truncatula</i> presentes Caracoles <i>Biomphalaria</i>	Mayor abundancia de <i>Lymnaea truncatula</i> y menor abundancia de <i>Biomphalaria</i>
007	Icrana	Caracoles <i>Lymnaea truncatula</i> presentes Caracoles <i>Biomphalaria</i> presentes	Gran cantidad de caracoles <i>lymnaea truncatula</i> encontrados en un arroyo de la comunidad, <i>Biomphalaria</i> presente, pero en menor cantidad
008	Pairumani	Caracoles <i>lymnaea truncatula</i> presentes Caracoles <i>Biomphalaria</i> presentes	Caracoles <i>Biomphalaria</i> presentes en abundante cantidad
009	Cota cota baja	Caracoles Ausentes	Poca cantidad de Agua
010	Cota cota alta	Caracoles <i>Lymnaea truncatula</i> presentes	Caracoles <i>Lymnaea truncatula</i> presentes en abundante cantidad
011	Quimsachata	Ausencia de Caracoles	Cuerpo de agua escaso
012	Sipe sipe	Ausencia de Caracoles	Charco de agua con gran abundancia de plantas acuáticas
013	Isla cojata	Caracoles <i>Lymnaea truncatula</i> presentes	Presentes con abundancia media

Cuadro 4. Caracterización ecológica de caracoles.

Fuente: Elaboración propia

La diversidad de caracoles muchas veces puede ser considerada como una medida de la capacidad de un sitio de transmitir enfermedades provocadas por moluscos.

#### 4.1.9 Humedales con riesgo de parasitosis.

De las 28 comunidades existentes en el municipio de Huarina se trabajó con 13 comunidades con una alta presencia de parásitos gastrointestinales el análisis de laboratorio se llevó a cabo en base al método de MAC MASTER – SEDIMENTACION con un número población de 255 animales muestreados de los cuales 247 se encontraron con parásitos y 8 no presentaron parásitos como se ve en el grafico 3.



Gráfico 3. Porcentaje de Paracitos Gastrointestinales por comunidad.

Fuente: Elaboracion propia

La mayor carga parasitaria se encontró en la comunidad Cota Cota baja, con cerca de 433 Hpg,

#### 4.1.10 Incidencia parasitaria en el municipio de Huarina

Los datos obtenidos muestran los siguientes resultados de parásitos existentes.



Gráfico 4. Insidencia parasitaria por especie o genero

Fuente: Elaboracion propia.

El gráfico 4, se muestra la presencia de *Fasciola hepatica* y *Haemonchus spp.* con 692 y 669 Hpg. También *la ostertagia spp.* Con 585 Hpg. Siendo los parásitos más representativos de Huarina.



## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- Se identificó los humedales con un GPS garmin ETRex con un error de 3 m según el manual, se identificó una superficie de 3602,17 Ha gracias a la digitalización de los humedales con ortofotos del año 2010, y con ayuda de imágenes satelitales sentinel 2B, se sacó el NDVI de la época húmeda donde los valores muestran un valor de 0,87 cercano a 1 que indica vegetación sana. Y en época seca con un valor de 0,43 a 0,73.
- Se procesaron 13 ortofotos con un Unmanned aerial vehicle "UAV" a una altura de vuelo de 200 m.
- En esta tesis se caracterizó y zonificó el lugar con ayuda de análisis de laboratorio de heces fecales donde se identificó la bacteria *Escherichia coli* resaltando que en la comunidad Isla Cojata existe 1600 nmp/100ml con referencia al valor 2 nmp/L que da la Norma Bolivia de Agua Potable (NB 512 -2016), también la comunidad Apuvilque presenta un resultado de 500nmp/L, se evidencia que la bacteria está presente el lugar, las demás comunidades no presentaron un valor muy alto, oscilan entre 2 y 80 nmp/L.
- Los parámetros físico/químicos del municipio están alrededor de; temperatura ambiente de 11,62°C, un pH de 7,96, una conductividad eléctrica 345,17 ms, presenta también una salinidad de 0,17 ppm y sólidos totales disueltos de 129.05.
- Para el análisis químico del agua se obtuvieron los siguientes resultados, calcio 18,3 mg/L, manganeso 15,05 mg/L, sodio 16,09 mg/L potasio con 0,44 mg/L y lo que preocupa es la cantidad de arsénico encontrado con 72,90 mg/L lo que nos indica que existe una contaminación por arsénico.
- Se encontraron caracoles de la variedad *lymnaea truncatula* y *Biomphalaria* lo que indica que, si existe un molusco transmisor de *Faciola hepatica*, los humedales con más riesgo a parasitosis fueron; la comunidad Cota cota baja con cerca de 433 huevos por gramo según laboratorio (hpg), siguiendo de la comunidad Icrana con 400

hpg, las comunidades Pairumani y Quimsachata presentan 347 hpg. cota cota alta con 387. Las otras comunidades estas por debajo de 279 hpg.

- Por otra parte, las especies que prevalece en el municipio son la *Faciola Hepatica* con 692 hpg y la *haemonchus spp* con 669 hpg.
- En esta tesis se elaboraron mapas de caracterización con los datos obtenidos en los humedales y su incidencia a parasitosis, se elaboraron mapas de coordenadas, mapas de los humedales del municipio, mapas de puntos de control para dron, mapa de NDVI de dos épocas seca y humeda y un mapa general indicando la zonificación del área de estudio.
- Se recomienda dar continuidad con el proyecto esto para involucrarse más en el proyecto y dar énfasis en la zonificación de otros humedales.
- Recomendamos utilizar imágenes satelitales actuales así para tener un monitoreo continuo de los humedales, así mismo utilizar herramientas de precisión por percepción remota.
- Ausencia o escasez de información cartográfica básica, así como de información sobre los actores con los que se tiene el conflicto y de sus impactos, a partir de los cuales diseñar e implementar la estrategia de monitoreo.
- Mejora del conocimiento territorial y ecológico comunitario a partir de drones, y complementariedad con los métodos de mapeo participativo 2D y 3D cuyos resultados creemos que pueden mejorar en combinación.
- Posibilidad de fortalecimiento institucional y de generar mayor cohesión social a partir de una estrategia de defensa territorial bien planificada y basada en la utilización de drones.

## 6 BIBLIOGRAFÍA.

- Alzerreca, H. 2001. Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano del Sistema T.D.P.S. MAPZA – Gestión Parque nacional Sajama – SERNAP, La Paz, Bolivia. Pp 82-151.
- Acharya, G. 1998. Approaches to Valuing the Hidden Hydrological Services of Wetland Ecosystems. *Ecological Economics*, 35, 63 – 74.
- Anthelme, F., D. Jacobsen, P. Macek, R. I. Meneses, P. Moret, S. Beck & O. Dangles. 2014. Biodiversity patterns and continental insularity in the high tropical Andes. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 46: 811-830.
- 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, Bolivia; Puno, Perú. 234 p
- Buytaert, W., F. Cuesta-Camacho & C. Tobón. 2011. Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography* 20:19-33.
- Benavides, J. C, D. H. Vitt & R. K. Wieder. 2013. The influence of climate change on recent peat accumulation patterns of *Distichia muscoides* cushion bogs in the high-elevation tropical Andes of Colombia. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 118(4): 1627-1635.
- CIPCA (Centro de Investigación y Promoción del Campesinado), La Paz.1998. Manejo y Conservación de Praderas Nativas. La Paz, Bolivia. Ed. Virgo. 54 p.
- Cohen W. B., Maersperger T.K., Gower S.T., Turner D.P. (2003). An improved strategy for regression of biophysical variables and Landsat ETM + data Remote sensing of Environment, 84, 561–571.



- Chen, H. Wang, X. Li, Y.(2009) A survey of autonomous control for uav, Artificial Intelligence and Computational Intelligence, 2009. AICI '09. International Conference, pp. 267 –271.
- Comunidad de Madrid (2016). Los drones y sus aplicaciones a la Ingeniería civil. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.
- Coronel, J. S., S. Declerck & L. Brendonck. 2007. High altitude peatlands temporary pools in Bolivia house a high Cladoceran diversity. *Wetlands* 27 (4): 1166-1174.
- Couto, W. 1994. Zonificación ecológica económica: Instrumento para la Conservación y el Desarrollo Sostenible de los Recursos de la Amazonía. Materiales de Capacitación. PNUD. Proyecto RLA/92/G32. Iquitos, Perú. 35 p.
- Dougherty, J. (2015) El gran mundo de los drones. Edit: Edimat
- Esteban, J.G., Gonzalez, C., Bagues, M.D., Angles, R., Sanchez, C., Naquira, C., Mas-Coma, S., 2002. High fascioliasis infection in children linked to a man-made irrigation zone in Peru. *Trop. Med. Int. Health* 7, 339—348.
- Favier, V., P. Wagnon, J. P. Chazarin, L. Maisincho & A. Coudrain. 2004. One -year measurements of surface heat budget on the ablation zone of Antizana Glacier 15, Ecuadorian Andes. *Journal of Geophysical Research* 109(D18105).
- Flores, D. 2007. Identificación y Análisis de Cambios en Bofedales de la cordillera Occidental y del Altiplano de Bolivia Tesis maestría profesional en “levantamiento de recursos hídricos (manejo y conservación de cuencas)”
- Flores, A. 2013. Ecomorfología y ecología alimentaria del género *Orestias* (Pisces Cyprinodontiformes) en la puna xerofítica de la provincia Sud Lípez, Potosí - Bolivia. Tesis de licenciatura en biología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 80p.
- Faúndez, M. 2007. Análisis NDVI, VI región años 1989, 1998 y 2004. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo

- Flachier et al. (2009) Caracterización Ecológica de las Turberas y Bofedales del Sistema de Humedales Amaluza, Nudo de Sabanilla, Provincia de Loja, Ecuador. pg 9.
- Friedl, M. A., Brodley, C. E., 1997. Decision Tree Classification Of Land Cover From Remotely Sensed Data. Remote Sensing Of Environment, 61(3), 399-409.
- Halls, A. J. 1997. Wetlands, Biodiversity and the RAMSAR Convention: The Role of the Convention on Wetlands in the Conservation and Wise Use of Biodiversity. RAMSAR Convention Bureau, Gland, Switzerland.
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA. (2003). Estudios de Paisajes hidrológicos y balance hídrico de la cuenca Lerna Chapala. playadera.
- IIAP (Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana). 2003. Ordenamiento territorial con base en la zonificación ecológica económica en la amazonía peruana. Iquitos, Perú. 35 p.
- Mitsch W. J. y J. G. Gosselink. 2000. Wetlands. Editorial John Wiley e hijos. Tercera Edición. Ohio. Estados Unidos. 920p.
- Pérez, M. (2011). Aplicaciones de la teledetección y SIG en la caracterización de humedales en la reserva de la biosfera de la mancha Humeda. Tesis Maestría e tecnologías de la información geográfica. Universidad complutense de Madrid. Disponible en [http://eprints.ucm.es/13964/2/TFM\\_Maria\\_Perez.pdf](http://eprints.ucm.es/13964/2/TFM_Maria_Perez.pdf)
- Pittock, J. 2005. Challenges of freshwater Protecte Areas (en línea). Consultado el 25 de ago. de 2008. Disponible en: <http://www.panda.org/>
- Puntí Casadellá, T. & N. Prat Fornells. 2002. Evaluación del estado ecológico de un río mediterráneo: el Ripoll. En: III Congreso Ibérico sobre gestión y planificación del agua. Sevilla, España.

- Prat, N.; A. Munné; M. Riedarevall; C. Solá, & N. Bonada. 2000. ECOSTRIMED: Protocol per a determinar l'Estat Ecològic dels rius mediterranis. Estudis de la qualitat ecològica dels rius, Diputació de Barcelona, Area Medi Ambient. 94 pp.
- Quenta, E. 2013. Estructuración espacial de metacomunidades de cladóceras en los humedales altoandinos de la Cordillera Real. Tesis de maestría, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 48 p.
- 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.
- Rheinheimer, G. 1987. Microbiología de las aguas: 233-253. Editorial Acribia S.A, Zaragoza, España.
- ROCHA, O. 2003" Situación y conservación de los bofedales en Bolivia y su importancia en el uso pastoril" La Paz- BOLIVIA
- Romero, A. 2002. Calidad del agua: 165183. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C
- Sánchez, D., et al. Estudio de Parasitosis Intestinal en Población Escolar De 1° a 5° Grado de tres Instituciones Educativas de Diferente Nivel Socioeconómico en la Ciudad De San José De Cúcuta, Norte De Santander. INBIOM Revista Científica del Departamento de Medicina [en línea]: 1(1), pp. 5-10, 2013. [Fecha de consulta: 27 de abril de 2018]. Disponible en: [http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_43/recursos/revista\\_inbiom/16022013/revistainbiopm.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_43/recursos/revista_inbiom/16022013/revistainbiopm.pdf)
- Segnini, A., A. Posadas, R. Quiroz, D. M. B. P. Milori, S. C. Saab, L. M. Neto & C. M. P. Vaz. 2010. Spectroscopic assessment of soil organic matter in wetlands from the high Andes. Soil Science Society of American Journal 74(6): 2246-2253.

- Squeo, F. A., B. G. Warner, R. Aravena & D. Espinoza. 2006. Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 245-255.
- Ueno, H., Arandia, R., Morales, G., Medina, G., 1975. Fascioliasis of livestock and snail host for *Fasciola* in the Altiplano region of Bolivia. *Nat. Inst. Animal Health Quart.* 15, 61–67.
- Vega, L. 2006. “La Teledetección aplicada al Inventario de Humedales”, [en línea]. Mapping interactivo. *Revista Internacional de Ciencias de la Tierra*.
- Vitt, D. H. 2008. Peatlands. pp. 330 – 339. En: S. E. Jørgensen (ed.) *Ecosystem Ecology*. Elsevier, Copenhagen.
- Vorosmarty, C. J. 2009. The earth's natural water cycles. pp. 166 – 172, En: *World water assessment programme (ed.) Water in a Changing World*. UNESCO, Paris.
- Tellería, J. L., J. L. Venero & T. Santos. 2006. Conserving birdlife of Peruvian highland bogs: effects of patch-size and habitat quality on species richness and bird numbers. *Ardeola* 53: 271-283.
- Meneses, R. I. 2012. Estado de arte de los bofedales en la Cordillera Real en el área que abarca la cuenca de Khara Khota hasta la cuenca de Choqueyapu. Documento técnico no publicado. Banco Interamericano de Desarrollo (BID), La Paz. 74 p.
- Maldonado, F. 2014. An introduction to the bofedales of the Peruvian high Andes. *Mires and Peat* 15(5): 1-13.
- Segnini, A., A. Posadas, R. Quiroz, D. M. B. P Milori, S. C. Saab, L. M. Neto & C. M. P. Vaz. 2010. Spectroscopic assessment of soil organic matter in wetlands from the high Andes. *Soil Science Society of American Journal* 74(6): 2246-2253.

- Sanchez, R., & Ibañez, C. 2007. Criterios para la Implantación de Caudales Ecológicos. Plan Hidrológico del Ebro. España: IRTA. Unidad de ecosistemas acuáticos.
- Romero, A. 2002. Calidad del agua: 165- 183. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C.
- Rheinheimer, G. 1987. Microbiología de las aguas: 233-253. Editorial Acribia S.A, Zaragoza, España.
- Ávila, S., M. Pulido, S. Estupiñán-Torres & A. Prieto. 2005. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Nova 10: 69-79.
- Ocasio, F. 2008. Evaluación de calidad del agua y posibles fuentes de contaminación en un segmento del río Piedras. San Juan, Puerto Rico.
- Goyenola, G. 2007. Transparencia, Color y Turbidez. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos. Uruguay.
- Vazquez, D. 2003. Estudio de Factibilidad para la Construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la UDLA-P. Puebla, México
- Raffo, e., ruiz, e. 2014. Caracterización de las Aguas Residuales y la Demanda Bioquímica de Oxígeno. Industrial Data, vol. 17, num. 1. pp. 71-80. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Sardiñas, o., perez, A. 2004. Determinación de Nitrógeno Amoniacal y Total en Aguas de Consumo y Residuales por el Método del Fenato. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. Ciudad de la Habana, Cuba
- Peña, O. 1994 "Evaluación de los Recursos Hídricos del Cantón San José Llanga" UMSA; Facultad de Agronomía, tesis de Grado La Paz- Bolivia, p.143

- SNHN, 2001. "Hidrografía de Bolivia" Departamento de Recursos Naturales La Paz-Bolivia, 250 pág.
- Vargas c., r. Rojas, & j. Joseli. 1996. Control y vigilancia de la calidad del agua de consumo humano. Textos Completos. CEPIS. Lima, Perú. 27 pp.
- Water Boards. 2013. Recursos para Agricultores – Nitrato en el agua

Páginas web visitadas.

<http://www.gisandbeers.com/calculo-del-indice-ndvi/>

[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S160525282015000100004&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S160525282015000100004&script=sci_arttext&tlng=en)

# ANEXOS