**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO**
**VICERRECTORADO**
**DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**
**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

# "EVALUACIÓN DEL ESTADO DE BOFEDALES ALTOANDINOS Y SU CONTRIBUCIÓN EN EL CONTROL DE LA SEDIMENTACIÓN EN FUENTE, MUNICIPIO DE SANTIAGO DE MACHACA"

PROYECTO FINANCIADO CON RECURSOS PROPIOS
Resolución N° 77/2021

**EQUIPO DE INVESTIGADORES:**

MSc. Ing. Sergio Pérez Limachi

EL ALTO – BOLIVIA
2021

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO**

**AUTORIDADES**

Dr. Carlos Condori Titirico
**RECTOR**

Dr. Efrain Chambi Vargas Ph.D.
**VICERRECTOR**

Dr. Antonio López Andrade Ph.D.
**DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

Ing. Roger Omar Llanque Villavicencio
**DECANO DE ÁREA DE INGENIERIA "DESARROLLO TECNOLÓGICO PRODUCTIVO"**

Ing. José Luis Berrios Soruco
**DIRECTOR DE CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Ing. Benigno Prada Portillo
**COORDINADOR INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

REGISTRO SENAPI Resolución Administrativa NRO. 1-3306/2021

DERECHOS RESERVADOS: Universidad Pública de El Alto

Dirección UPEA: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza

Diciembre. 2021
El Alto – Bolivia

## PRESENTACIÓN

La presente investigación “EVALUACIÓN DEL ESTADO DE BOFEDALES ALTOANDINOS Y SU CONTRIBUCIÓN EN EL CONTROL DE LA SEDIMENTACIÓN EN FUENTE, MUNICIPIO DE SANTIAGO DE MACHACA”, se focaliza en el análisis de la crisis ambiental considerada como parte de un proceso socio histórico de evolución incierta, cuyos orígenes se remontan a los albores del proyecto moderno debiendo rastrearse en un cúmulo de circunstancias que expresan las contradicciones de un modelo socioeconómico identificado con el crecimiento sostenido de la producción y las magnitudes económicas. Acorde con esta posición y considerando la naturaleza construida de la problemática ambiental, se propone afrontar la relación entre los problemas existentes en los bofedales y la crisis ambiental con la generación de afluentes, a partir del abordaje de las contribuciones teóricas de las causas profundas para la crisis ambiental y sus elementos constitutivos.

Desde una perspectiva a partir del cual se considera que investigar las raíces del problema y examinar sus alternativas de solución forman parte de los propósitos de una pedagogía ambiental crítica, que analice el estado situacional de los bofedales, puesto que estos son fuentes naturales de gran impacto para los servicios eco sistémicos, proceso productivo y pastoril en las mesetas altoandinas.

En este sentido, se busca responder algunas interrogantes como: ¿Cuáles son los elementos que, a lo largo del proceso natural, se identifican como constitutivos en el transporte de sedimentos y como inciden en los mecanismos de control en la sedimentación desde el ámbito científico?

Para intentar dar respuesta a esta interrogante, se profundiza algunas categorías analíticas desarrolladas por otros investigadores, donde se vislumbran como campos fértiles para comprender los procesos generadores de la crisis ambiental así como las alternativas que han de adoptarse para su resolución, teniendo en cuenta los mecanismos que ejerce el sistema para neutralizar esta problemática, en concordancia con ello, se considera prioritario para entender la situación actual de crisis estructural y los desequilibrios ambientales que de ella se derivan. Se espera que los resultados obtenidos del proceso analítico desarrollado constituyan un aporte para el entendimiento de las causas profundas de la crisis ambiental, que contribuya al enriquecimiento de los fundamentos teóricos a los que recurre la Educación Ambiental para dar cuenta de su origen causal, así como a la explicación de los obstáculos que impiden la concreción de las estrategias en las soluciones propuestas.

Ing. Benigno Prada Portillo
**COORDINADOR**
**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

## AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

A las instituciones que poyaron el presente trabajo de investigación: “Evaluación del Estado de Bofedales Altoandinos y su Contribución en el Control de la Sedimentación en Fuente, Municipio de Santiago de Machaca”:

Universidad Pública de El Alto - UPEA
Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología – DICyT - UPEA
Área de Ingeniería “Desarrollo Tecnológico Productivo”
Carrera de Ingeniería Ambiental
Instituto de Investigación de la Carrera de Ingeniería Ambiental
Proyecto: “Proyecto piloto para la aplicación de tecnologías ancestrales para el control de la sedimentación en fuente”, ejecutado por PRACTICAL ACTION con financiamiento del PNUD
Gobierno Autónomo Municipal de Santiago de Machaca
Comunidades y autoridades de Llallagua, Hichucata y San Juan de Rosa Pata

MSc. Ing. Sergio Pérez Limachi
**INVESTIGADOR PRINCIPAL**
**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

# ÍNDICE

RESÚMEN ..... vi
ABSTRACT ..... vii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN ..... 1
1.1 ANTECEDENTES ..... 1
1.1.1 Características generales del área de intervención ..... 3
1.1.2 Algunos conceptos asociados a la temática abordada ..... 9
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 10
1.2.1 Identificación y planteamiento del problema ..... 10
1.2.2 Formulación del problema ..... 11
1.3 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN ..... 13
1.3.1 Objetivo General ..... 13
1.3.2 Objetivos Específicos ..... 14
1.4 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 14
1.5 JUSTIFICACIÓN ..... 14
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO ..... 16
2.1 MENCIÓN DE OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA ..... 16
2.1.1 La Convención Ramsar sobre humedales ..... 16
2.1.2 Ecosistema bofedal ..... 20
2.1.3 Características bióticas de los bofedales ..... 22
2.1.4 Los servicios ecosistémicos de los bofedales ..... 23
2.1.5 Uso y Aprovechamiento ..... 25
2.1.6 Amenazas de los bofedales ..... 29
2.1.7 Impactos sobre los bofedales y degradación ..... 30
2.1.8 El retroceso glaciar y los bofedales ..... 30
2.1.9 Como evaluar la condición ecológica a través del Índice de Integridad Biológica - IBI ..... 32
2.2 MENCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES 32
2.3 CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR ..... 34
2.3.1 Corriente de investigación ..... 34
2.4 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES ..... 34
2.4.1 Información de fuente primaria ..... 34
2.4.2 Información de fuente secundaria ..... 35
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO ..... 36

3.1 UNIDAD DE ANÁLISIS ..... 36
3.2 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN ..... 36
3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN ..... 36
3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN ..... 37
3.5 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN ..... 38
3.5.1 Variable independiente ..... 38
3.5.2 Variable dependiente ..... 38
3.6 POBLACIÓN Y MUESTRA ..... 40
3.7 AMBIENTE DE LA INVESTIGACIÓN ..... 40
3.8 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS ..... 41
3.9 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN ..... 42
3.9.1 Método o estructura ..... 42
3.9.2 Procedimiento metodológico ..... 42
3.9.3 Criterios de validez ..... 48
3.9.4 Confiabilidad ..... 49
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES ..... 50
4.1 DIAGNÓSTICO ..... 50
4.1.1 Análisis documental ..... 50
4.1.2 Trabajo de campo ..... 50
4.1.3 Recolección, presentación, análisis e interpretación de los datos ..... 50
4.1.4 Codificación y digitalización ..... 51
4.2 PRESENTACIÓN DEL MODELO DE RESULTADO Y DISCUSIONES ..... 51
4.2.1 Evaluación del estado de conservación de bofedales ..... 52
4.2.2 Contribución de los bofedales en la retención de sedimentos ..... 68
4.2.3 Medidas prioritarias para la gestión comunal de los bofedales ..... 72
4.3 VALIDACIÓN O REFUTACIÓN DE LA HIPÓTESIS PLANTEADA ..... 75
CAPITULO V: CONCLUSIONES ..... 76
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES ..... 78
BIBLIOGRAFÍA ..... 79
ANEXOS ..... 84
Anexo A: Registro SENAPI Resolución Administrativa ..... 84
Anexo B: Acta de acuerdo con las comunidades para la investigación ..... 86
Anexo C: Registro fotográfico de la visita inicial de campo a comunidades del área de intervención ..... 87
Anexo D: Identificación de bofedales y delimitación ..... 93

Anexo E: Factores de degradación de bofedales ..... 96
Anexo F: Puntajes de indicadores y comparación de valores de referencia ..... 97
Anexo G: Planilla de registro de información de campo ..... 101
Anexo H: Puntajes del valor relativo obtenido por unidad muestral ..... 106
Anexo I: Base de datos por unidad muestral ..... 107

# LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Temperatura máxima media mensual, periodo 2015 - 2018. ..... 7
Tabla 2: Temperatura mínima media mensual, periodo 2015 - 2018. ..... 7
Tabla 3: Precipitación total mensual, periodo 2015 - 2018. ..... 8
Tabla 4: Sitios Ramsar priorizados en Bolivia y número de municipios que se encuentran dentro de este. ..... 19
Tabla 5: Características edáficas e hídricas de bofedales altoandinos hidromórficos ácidos. ..... 21
Tabla 6: Capacidad de carga de bofedales Altoandinos, Tipo 1. ..... 26
Tabla 7: Composición vegetacional en época seca y húmeda en bofedales de Ulla Ulla. ..... 27
Tabla 8: Rendimiento de fitomasa de tipos de bofedales dentro del Sistema TDPS-Bolivia. ..... 28
Tabla 9: Principales amenazas que atraviesan los bofedales. ..... 30
Tabla 10: Diseño de la investigación. ..... 37
Tabla 11: Operacionalización de las variables. ..... 39
Tabla 12: Características altitudinales de los bofedales. ..... 53
Tabla 13: Densidad aparente del suelo por unidad muestral. ..... 59
Tabla 14: Evaluación de signos de erosión en bofedales. ..... 59
Tabla 15: Riqueza y diversidad de especies en bofedales evaluados. ..... 61
Tabla 16: Riqueza de especies por tipo de bofedal. ..... 61
Tabla 17: Evaluación de factores de degradación de los bofedales. ..... 64
Tabla 18: Evaluación de la conectividad hidrológica de los bofedales. ..... 66
Tabla 19: Puntaje del valor relativo promedio obtenido para los bofedales. ..... 67
Tabla 20: Contribución de los bofedales en el control de sedimentos. ..... 68

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación del municipio de Santiago de Machaca. ..... 4
Figura 2: Área de influencia de la cuenca del Jacha Mauri, municipios de Santiago de Machaca y San Andrés de Machaca. ..... 5
Figura 3: Distribución regional (%) de las áreas de humedales (a partir de Davinson et al., 2018). ..... 16
Figura 4: Servicios ecosistémicos de los humedales. ..... 17
Figura 5: Conceptualización de las características ecológicas como componentes, procesos y servicios de los ecosistemas que caracterizan a un humedal (a partir de Filayson et al, 2018). ..... 17
Figura 6: El papel de los humedales en el apoyo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible. ..... 18
Figura 7: Principales servicios ecosistémicos de los bofedales. ..... 24
Figura 8: Niveles de organización de un sistema pastoril. ..... 25
Figura 9: Secuencia metodológica del trabajo en relación a los objetivos. ..... 42
Figura 10: Identificación de bofedales de interés a evaluar. ..... 43
Figura 11: Ubicación de los bofedales en el territorio de Santiago de Machaca. .. 52
Figura 12: Relación entre napa freática y profundidad de la turba. ..... 53
Figura 13: Niveles de napa freática en bofedales del tipo natural y artificial. ..... 54
Figura 14: Relación entre napa freática y profundidad de la turba. ..... 55
Figura 15: Conductividad eléctrica por bofedal. ..... 56
Figura 16: Fotografías del bofedal Lallagua, nótese al fondo el material de partida y afloramientos de sales. ..... 57
Figura 17: Profundidad de la turba por bofedal. ..... 57
Figura 18: Contenido de MO por bofedal. ..... 58
Figura 19: Cobertura absoluta por bofedal. ..... 62
Figura 20: Biomasa aérea por bofedal. ..... 63
Figura 21: Fotografías de Llallagua e Hichucata, expuestos a procesos de degradación. ..... 65
Figura 22: Fotografías del sitios que retienen sedimentos en los tres bofedales Lallagua Chico, Hichucata y San Juan de Rosa Pata. ..... 69
Figura 23: Ubicación de los bofedales en relación a la cuenca del Jacha Mauri. . 71
Figura 24: Retención de sedimentos y nutrientes en bofedales. ..... 71
Figura 25: Gestión comunitaria de bofedales. ..... 72
Figura 26: Algunas prioridades para la mejora de la gestión comunitaria de bofedales. ..... 74

# RESÚMEN

Entre junio a septiembre de 2021, evaluamos el estado de bofedales altoandinos y su contribución en la retención de sedimentos en territorio de Santiago de Machaca, con los objetivos de: 1) evaluar el estado de conservación de ecosistemas de bofedal a partir de indicadores en campo, en comunidades de cabecera del municipio de Santiago de Machaca, 2) iidentificar las contribuciones de los bofedales en el control de los sedimentos en fuente y su uso en medidas de mitigación in situ, y 3) proponer medidas complementarias para la gestión comunal de los bofedales bajo el enfoque de cuenca. Implementamos transectos en unidades muestrales de tres bofedales, siguiendo la metodología que sugiere el Índice de Integridad Biológica, donde se analizaron distintos atributos: agua (napa freática y CE); suelo (profundidad de turba, MO, Da y signos de erosión); biota (% de especies nativas, cobertura vegetal y biomasa aérea); alteración del paisaje (factores de degradación y conectividad hidrológica). Además del análisis de la contribución en el control de sedimentos y proponer medidas complementarias para la gestión comunitaria. Los bofedales son del grupo hidromórfico y mésico, en un rango altitudinal de 3.900 a 4.250 metros sobre el mar, encontrándose valores de: napa freática < 60 cm, CE menor a < 602 µS/cm; suelo, profundidad de turba < 81 cm, MO < 63%, Da < 0,4, signos de erosión laminar; biota, riqueza con 11 especies en 8 familias Cyperaceae (*Phylloscirpus* spp*.y Phylloscirpus desertícola*), Poaceae (*Deyeuxia curvula, Deyeuxia* sp*. Stipa ichu*), Rosaceae (*Lachemilla diplophylla*), Gentianaceae (*Gentiana prostrata*), Compositae (*Werneria pygmaea*), Asteraceae (*Leucheria* sp.), Campanulaceae (*Lobelia oligophylla*) y Juncaceae (*Distichia* sp.), diversidad 11 espacies en 780 apariciones, cobertura entre 25 a 100%, biomasa de 2.453,33 a 18.906,67 kg MS/ha; paisaje, con alteración hidrológica y ganadería; dando un estado de conservación ecológico de bueno y regular. En cuanto a contribución de bofedales en el control de sedimentos, existen sitios en los tres bofedales que retienen sedimentos. Además existen prácticas y conocimientos ancestrales como el riego de bofedales, rotación de ganado, regeneración de bofedales y protección, que pueden ser mejoradas en la gestión comunitaria local.

# ABSTRACT

Between June and September 2021, we evaluated the state of high Andean bofedales and their contribution to sediment retention in the territory of Santiago de Machaca, with the objectives of: 1) evaluating the conservation status of bofedal ecosystems based on field indicators, in head communities of the municipality of Santiago de Machaca, 2) identify the contributions of bofedales in the control of sediments at source and their use in in situ mitigation measures, and 3) propose complementary measures for the communal management of bofedales under the basin approach. We implemented transects in sample units of three bofedales, following the methodology suggested by the Biological Integrity Index, where different attributes were analyzed: water (water table and CE); soil (peat depth, MO, Da and signs of erosion); biota (% of native species, vegetation cover and aerial biomass); landscape alteration (degradation factors and hydrological connectivity). n addition to the analysis of the contribution in the control of sediments and propose complementary measures for community management. The bofedales are of the hydromorphic and mesic group, in an altitudinal range of 3,900 to 4,250 meters above the sea, finding values of: water table < 60 cm, EC less than < 602 µS / cm; soil, peat depth < 81 cm, MO < 63%, Da < 0.4, signs of laminar erosion; biota, richness with 11 species in 8 families Cyperaceae (Phylloscirpus spp. and Phylloscirpus desertícola), Poaceae (*Deyeuxia curvula, Deyeuxia* sp. *Stipa ichu*), Rosaceae (*Lachemilla diplophylla*), Gentianaceae (*Gentiana prostrata*), Compositae (*Werneria pygmaea*), Asteraceae (*Leucheria* sp.), Campanulaceae (*Lobelia oligophylla*) and Juncaceae (*Distichia* sp.), diversity 11 spacings in 780 appearances, coverage between 25 to 100%, biomass from 2.453,33 to 18.906,67 kg MS/ha; landscape, with hydrological alteration and livestock; giving a state of ecological conservation of good and regular. As for the contribution of bofedales in sediment control, there are sites in the three bofedales that retain sediments. In addition, there are ancestral practices and knowledge such as bofedales irrigation, livestock rotation, bofedales regeneration and protection, which can be improved in local community management.

# CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

## 1.1 ANTECEDENTES

El 2 de febrero de 1971 en la localidad iraní de Ramsar, fue aprobado el tratado intergubernamental de la Convención de Ramsar, teniendo como nombre oficial "*Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas*". Dicho instrumento, entra en vigor posteriormente en el año de 1975, con más de 153 Partes Contratantes, o Estados miembros, de todo el mundo (Ramsar, 2006). De acuerdo a esta instancia, los humedales "son zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él. Los humedales se dan donde la capa freática se halla en la superficie terrestre o cerca de ella o donde la tierra está cubierta por aguas poco profundas". Es decir, este componte comprende "las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros".

De acuerdo al Sistema de Clasificación de Tipos de Humedales de Ramsar, se tiene: humedales marinos y costeros; humedales continentales; y humedales artificiales. Los ecosistemas de bofedales, forman parte del tipo de humedales continentales, representada como U—turberas no arboladas; incluye turberas arbustivas o abiertas ("bog"), turberas de gramíneas o carrizo ("fen"), bofedales, turberas bajas.

En este contexto, los bofedales son "formaciones vegetales que crecen sobre suelos orgánicos turbosos saturados o anegados de agua durante todo el año, formando praderas densas de plantas herbáceas vivaces y semileñosas, que forman carpetas compactas planas o cojines almohadillados, generalmente constituidos por una o dos especies de juncáceas con algunas gramíneas y diversas especies herbáceas de pequeño tamaño, pueden ser permanentes o estacionales" (Lorini, 2014).

Los Andes Tropicales incluye la región andino – amazónica de Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia además del Chocó colombiano y del noroeste ecuatoriano (Tognelli et al., 2016). Estas áreas albergan ecosistemas de agua dulce y los más amenazados del planeta, y afectados por impactos de la población humana y el desarrollo económico. Estas áreas están expuestas a una fuerte presión humana, pero también la incidencia del calentamiento global, que afectan paramos, jalcas y bofedales que actúan como reservorios hídricos.

En países como Chile durante las últimas décadas se ha evidenciado variaciones climáticas en la región del Altiplano, aspecto que afecta la sustentabilidad de los bofedales de la región y consigo y consigo la sustentabilidad de las prácticas de cría

de ganado (Meza y Díaz, 2014). Las montañas tropicales son uno de los biomas más amenazados del mundo (Dangles et al., 2014).

Similar escenario ocurre en Bolivia, donde el aumento de la temperatura viene acelerando la reducción de los glaciares con una pérdida del 40% de la masa glacial en los últimos 40 años. Por la aceleración del calentamiento, esta tendencia podría aumentar en las próximas décadas, particularmente en latitudes bajas y a mayor altitud. Esta pérdida de volumen y masa de hielo se podría traducir en un aumento significativo de la escorrentía anual solo durante unos pocos años y posterior descenso. Dada la relación de bofedales y agua se espera que el retroceso glacial afecte negativamente estos humedales, causando su paulatina contracción por desecamiento (Loza et al., 2015).

Las variaciones en el clima, también producen la reducción del agua en los humedales y consigo baja disponibilidad de forraje para las especies domésticas y silvestres; además de alterar los servicios ecosistémicos. El calentamiento global, a su vez genera un conjunto fenómenos: degradación de los ecosistemas altoandinos; incremento de superficies de bofedales y cuerpos de agua; bajos índices de productividad y deficiente carga animal; bajo porcentaje de fertilidad del ganado camélido; baja calidad de fibra y carne; perdida de la integridad cultural y organización social en la comunidad campesina; bajos ingresos económicos; e incremento de pobreza en ganaderos lo que contribuye en los procesos de migración campesina a las ciudades (Liberman y Molinillo, 2015). En tal sentido, estos frágiles ecosistemas se encuentran amenazados por la rapidez del derretimiento de los glaciares de los cuales dependen significativamente (Dangles et al., 2014).

De otra parte, la reducción en la disponibilidad de agua y sobre todo en las precipitaciones, pueden reducir el tamaño de los bofedales y/o convertirse en espacios secos, reduciendo de esta forma la producción de biomasa vegetal. Asimismo, el calentamiento global, sin considerar la reducción del agua, podría aumentar la productividad de la vegetación debido al incremento de las temperaturas (Cochi et al., 2014). En este escenario, por lo menos se espera que estos ecosistemas de bofedales se mantengan frágiles y consigo si se produjeran cambios en la intensidad de la ganadería, estos pueden tener efectos exacerbados sobre su productividad y biodiversidad.

En el área de investigación del presente proyecto, territorio de Santiago de Machaca, existen pequeños bofedales naturales y otros artificiales por los comunarios para la producción de forraje. Estos ecosistemas, se encuentran ubicados en cabeceras de la cuenca, próximos a las serranías que se complementan con escurrimientos de agua y complejos sistemas de riego implementados por las familias ganaderas. Si bien estos bofedales no dependen directamente de los glaciares, es posible que el calentamiento global, también esté

produciendo efectos en los mismos, además de observarse efectos del sobrepastoreo, contaminación ambiental, reducción de áreas de bofedales y procesos de erosión a consecuencia de la reducción de la cobertura vegetal.

Con el fin de contribuir en la investigación y el conocimiento de bofedales altoandinos en comunidades criadoras de ganado camélido de Santiago de Machaca, hemos priorizado evaluar el estado de dichos ecosistemas, valorando su contribución en los servicios ecosistémicos, como la reducción de sedimentos en fuente, que generan preocupación en comunidades de la cuenca media y baja de aguas que escurren al rio Mauri; en cuyo recorrido existen riesgos de desborde e inundaciones que producen perdidas en el sector ganadero e incluso el riesgo de pérdidas humanas.

### 1.1.1 Características generales del área de intervención

#### a) Ubicación y acceso al territorio

Santiago de Machaca fue creado mediante decreto Ley del 29 de Abril del 1986, perteneciendo hasta ese entonces a la Provincia Pacajes. El municipio de Santiago de Machaca se encuentra ubicado al sureste de la ciudad de La Paz, en la provincia José Manuel Pando, del departamento de La Paz, en la región del Altiplano de Bolivia.

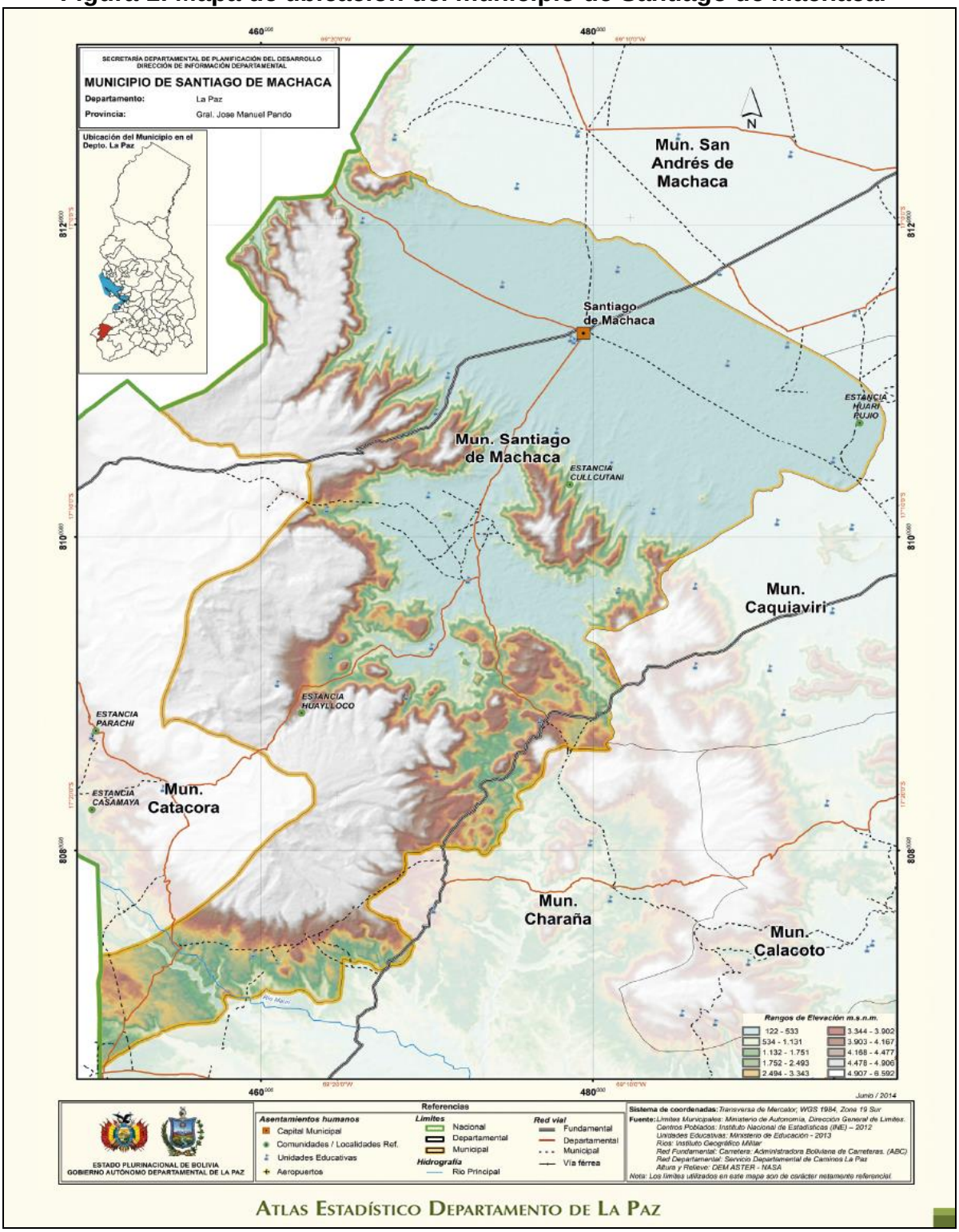
Se encuentra ubicada a 16º 25’ a 16º 41’ de latitud Sur y los meridianos 68º 51’ a 68º 35’ de longitud Oeste, con una altura promedio de 4.000 metros sobre el nivel del mar y ocupa una extensión territorial de aproximadamente 1.255 $Km^2$. El acceso al municipio es por la carretera asfaltada El Alto – Viacha – San Andrés de Machaca – Santiago de Machaca, con un recorrido de más de 140 km y un tiempo de viaje que dura 2 horas en promedio desde la ciudad de La Paz.

#### b) Población y estructura de la organización social

El municipio, cuenta con una población de 4.593 habitantes, de acuerdo al Último Censo Nacional de Población y Vivienda (2012) del Instituto Nacional de Estadística. Asimismo, de acuerdo al Plan Territorial de Desarrollo Integral - PTDI 2016 – 2020, el municipio está dividido en 3 Ayllus: Q’elca, llave y Chocorosi; 5 Markas: José Ballivian, Huaripujo, Berenguela, Exaltación y Bautista Saavedra (Añufani).

La estructura organizacional de la organización comunal, está distribuida en torno a Markas y Ayllus, donde la autoridad originaria es el Jach’a Mallku, Sullka Mallku y a nivel comunal el Jatha Mallku. Asimismo, toda esta estructura se articula a la autoridad del nivel departamental y nacional conforme, quienes a su vez desarrollan intervenciones a nivel seccional, provincial y departamento.

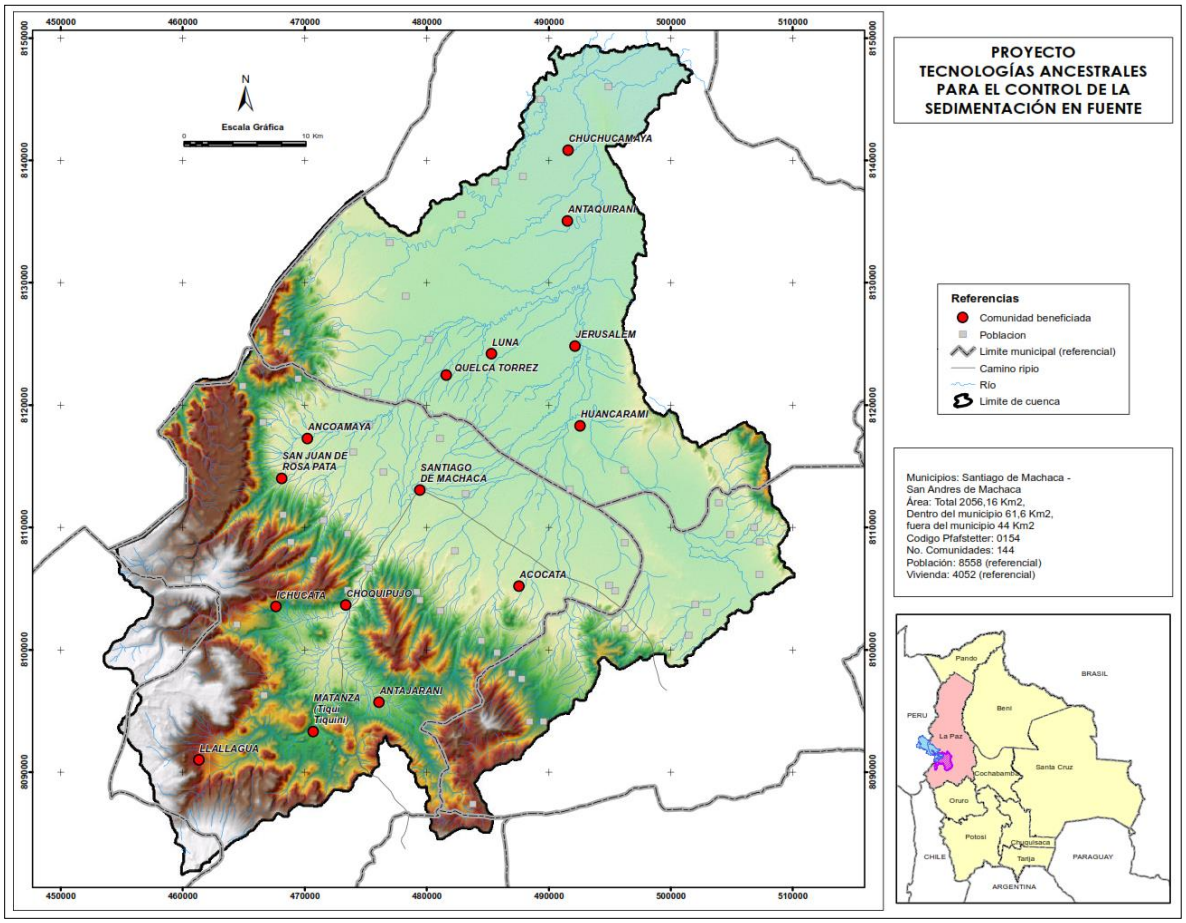
**Figura 1: Mapa de ubicación del municipio de Santiago de Machaca.**




Fuente: santiagomapa.jpg (900×1155) (gobernacionlapaz.com).

El área de influencia de la cuenca del Jacha Marui, abarca comunidades de la cuenca alta, media y baja de los municipios de Santiago de Machaca y San Andrés de Machaca. Para la presente investigación y por la amplitud de la cuenca, se ha identificado bofedales en tres comunidades del municipio de Santiago de Machaca: Llallagua e Hichucata, se encuentran ubicadas en la cuenca alta, y San Juan de Rosa Pata, en la cuenca media.

**Figura 2: Área de influencia de la cuenca del Jacha Mauri, municipios de Santiago de Machaca y San Andrés de Machaca.**




Fuente: Proyecto: "Proyecto piloto para la aplicación de tecnologías ancestrales para el control de la sedimentación en fuente" (2021).

## c) Características biofísicas

**Zonas de Vida**, de acuerdo al PTDI del municipio, destacan:

- Pajonales amacollados y th'olares en pedregales de la Puna Norteña subhúmeda a húmeda, ganadería, agropecuario, con áreas de minería, Pajonales amacollados y th'olares en pedregales de la Puna Norteña subhúmeda a húmeda, ganadería, agropecuario, con áreas de minería.

- Pajonales amacollados y th'olares en pedregales de la Puna Norteña subhúmeda a húmeda, ganadería, agropecuario, con áreas de minería y pastoreo limitado.
- Pajonales, herbazales amacollados y bofedales altoandinos de la Puna húmeda, ganadería, agropecuaria y minería por sectores.
- Dispersa de arbustos y pajonales en sustrato rocoso de la Puna Sureña subhúmedo, agropecuario, ganadero, con áreas de uso restringido y protegido.

## Fisiografía

De acuerdo a la clasificación de la biodiversidad en Bolivia, de Ibisch y Mérida (2003), clasificación de ecoregiones y ecosistemas, destacan una amplia variabilidad y consiguiente limitación de cuantificar dichos ecosistemas. A nivel del Altiplano, destacan la clasificación Altoandina de la Cordillera Oriental con pisos nivales y subnivales, entre ellas Puna Seca y Puna Desértica (incluyendo la Vegetación Altoandina de la Cordillera Occidental), en estos espacios se encuentra las provincias de José Manuel Pando y Pacajes.

En el territorio de Santiago de Machaca se presentan paisajes cerros/volcanes, serranías, extensas llanuras altiplánicas, valles con escasa vegetación, dunas, salares, además de mesetas altas y colinas, en alturas promedio de los 4.000 metros sobre el nivel del mar. En estas áreas, destacan familias botánicas: Apiaceae, Asteraceae, Poaceae, Cactaceae, Carypophyllaceae, Frankeniaceae, Chenopodiaceae, Leguminosae, Rosaceae y Verbenaceae.

## Suelos

Información del PTDI, destaca las características de los suelos del territorio. En serranías se presentan regosoles, de textura franco – arcillo - arenosa a arcillosos de coloración predominantemente rojiza, con abundante pedregosidad y rocosidad superficial; existen altos procesos erosivos debido a una fuerte meteorización física y química, de ligero a severo del tipo laminar, eólico y en cárcavas. En estos espacios, las pendientes varían entre 15 y 60%, donde existen suelos jóvenes de material suelto o no consolidado de 10 a 20 cm, que también contribuyen a los procesos erosivos.

En laderas los suelos están clasificados como litosoles, de textura franco-arcillo-arenosos de color rojizo también con abundante pedregosidad y rocosidad superficial, de profundidad efectiva escasa y drenaje bueno, expuestos a un proceso erosivo de tipo laminar y en cárcavas; las pendientes son moderadamente escarpadas de 15 - 30%. La capa arable u horizonte "A" está severamente lavado, son suelos poco evolucionados con un máximo de 10 a 15 cm. de espesor, pobres en materia orgánica y escasa capacidad de retención de agua.

En mesetas y colinas, destacan los leptosoles y cambisoles, con texturas franco - arcilloso a franco - limosa, bien drenados, sin pedregosidad, de formación superficial a 14 moderadamente profundos, con profundidades menores a 0.3 m, presentan ligera evidencia de erosión laminar.

Respecto al uso del suelo, corresponde a área de ganadería de camélidos, ovinos y pocos vacunos. Localmente cultivos de papa (*Solanum sp.*) y cañahua (*Ch. pallidicaule*), y la explotación de minerales y halógenos; turismo (Ibisch y Mérida, 2003).

## Clima

El territorio se caracteriza por un clima frígido y seco, con una marcada estacionalidad de épocas: una seca y otra lluviosa, esta última se acorta a 2 y 3 meses. El comportamiento de las temperaturas máximas media mensual en el periodo 2015 – 2018, resalta que las temperaturas máximas mensuales anuales estuvieron entre un mínimo y máximo de 17,4 - 29,6°C, con temperaturas máximas registradas entre septiembre y octubre como meses más cálidos.

**Tabla 1: Temperatura máxima media mensual, periodo 2015 - 2018.**

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2015 | 17.4 | 19.0 | 18.6 | 17.6 | 18.8 | 19.2 | 18.2 | 18.1 | 19.3 | 20.2 | 21.7 | 21.6 | 19.1 |
| 2016 | 21.9 | 18.3 | 21.6 | 18.6 | 18.8 | 18.0 | 18.2 | **** | 20.5 | 20.3 | 21.2 | 21.6 | **** |
| 2017 | 17.8 | 19.3 | 17.3 | 18.8 | 17.8 | 18.1 | 19.0 | 20.3 | 18.6 | 20.9 | **** | 20.9 | **** |
| 2018 | 18.6 | 17.7 | 18.6 | 20.9 | 21.4 | 18.1 | 19.5 | 20.8 | 24.6 | 25.0 | **** | **** | **** |

Fuente: SISMET – SENAMHI Estación Santiago de Machaca.

De otra parte las temperaturas mínimas medias mensuales en teste mismo periodo, muestran que los meses de abril, mayo, junio, julio y agosto, presentan las temperaturas más bajas, con variaciones entre los 0°C hasta -14,5°C, de acuerdo a información de registros históricos del SENAMHI. En estos meses es frecuente la presencia de temperaturas por debajo de los 0ºC, y precisamente entre junio y julio se presentan heladas, y entre julio y agosto también la probabilidad de presencia de nevadas contribuye a un mayor descenso de las temperaturas en la región.

**Tabla 2: Temperatura mínima media mensual, periodo 2015 - 2018.**

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2015 | 1.0 | 1.2 | 0.4 | -1.5 | -11.5 | -12.8 | -15.5 | -12.2 | -7.8 | -5.8 | -5.2 | -3.5 | -6.1 |
| 2016 | -2.0 | 2.9 | -3.5 | -3.3 | -11.4 | -13.1 | -13.5 | **** | -9.9 | -7.3 | -7.9 | -1.2 | **** |
| 2017 | 2.1 | -0.5 | 1.2 | -4.3 | -7.9 | -12.6 | -14.5 | -13.8 | -6.4 | **** | **** | -1.3 | **** |
| 2018 | 1.8 | 1.9 | 0.3 | -6.6 | -11.6 | -8.3 | -8.9 | -11.6 | -12.7 | -4.0 | **** | **** | **** |

Fuente: SISMET – SENAMHI Estación Santiago de Machaca.

En general, la precipitación total mensual e incluso la anual, a nivel del territorio son bajas. La precipitación total anual registrada en el periodo 2015 – 2020, alcanzo a

un promedio de 491,08 mm. En este mismo periodo, los años más lluviosos fueron: 2018 con 629,3 mm acumulado, seguido del 2019 con 499,4 mm y el 2015 con 489,0 mm acumulados, respectivamente.

**Tabla 3: Precipitación total mensual, periodo 2015 - 2018.**

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2015 | 166.9 | 91.3 | 81.9 | 43.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 8.0 | 12.2 | 27.8 | 23.7 | 33.4 | 489.0 |
| 2016 | 49.0 | 118.7 | 10.3 | 105.9 | 0.0 | 2.0 | 2.4 | 6.5 | 0.0 | 6.2 | 17.2 | 41.1 | 359.3 |
| 2017 | 97.4 | 120.7 | 94.4 | 14.6 | 7.9 | 0.0 | 4.4 | 0.0 | 25.0 | 28.1 | 26.7 | 59.2 | 478.4 |
| 2018 | 145.5 | 158.0 | 76.5 | 19.6 | 15.3 | 16.3 | 34.4 | 0.0 | 0.0 | 60.4 | 54.0 | 49.3 | 629.3 |
| 2019 | 138.2 | 153.7 | 30.1 | 26.5 | 0.0 | 0.0 | 6.9 | 0.0 | 48.4 | 19.0 | 26.5 | 50.1 | 499.4 |
| 2020 | 111.8 | 182.4 | 93.5 | 4.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 19.5 | 17.0 | 2.5 | **** | *** |

Fuente: SISMET – SENAMHI Estación Santiago de Machaca.

Contrariamente, en este mismo periodo de tiempo, 6 años, el año con menos precipitaciones totales, fue el 2016 con sólo 359,3 mm. Asimismo, si bien el 2020 tuvo un comportamiento con bajas precipitaciones, lo cual se observa en los registros mensuales y que en el 2021 viene generando incertidumbre a nivel local en relación a la poca recarga hídrica en los distintos sistemas hídricos del municipio en general.

La actividad socioeconómica a través de la agropecuaria, está muy ligada a la dinámica estacional seca y lluviosa. El inicio del ciclo agrícola depende de la presencia de nevadas entre julio y agosto, y la presencia de las primeras lluvias entre septiembre a octubre. Esta condición hace de una producción a secano y dependiente de los periodos de lluvia y consigo expuestas a un conjunto de amenazas climatológicas.

La probabilidad de precipitaciones, es mayor entre los meses de septiembre a febrero, meses en los cuales la humedad relativa se incrementa por encima del 65%, y en el resto de los meses este valor reduce hasta el 45% y consigo también reduce también las probabilidades de precipitación.

## Hidrografía

La orohidrografía del Altiplano está configurado por un bajo gradiente altitudinal de norte a sur: de 4.300 a 3.700 metros sobre el mar. Este gradiente hace que estos ríos no tengan mucha fuerza de erosión, y no llevan agua continua, salvo estén conectados a los glaciares, lagunas o pantanos (Ibisch y Mérida, 2003).

El municipio de Santiago de Machaca, está constituido por una red de aportantes de curso temporal, que escurren hacia la Unidad Hidrográfica de la cuenca endorreica de la Cuenca del Altiplano, donde varios aportantes escurren hacia el rio Mauri, entre ellos: rio Ingenio, Berenguela, Khullu Uta, Huanaque, Cusicusini y Kala Kala.

### 1.1.2 Algunos conceptos asociados a la temática abordada

**Humedal,** son lugares que están húmedos de forma permanente o con frecuencia, como son lagos, ríos, estanques, marismas, pantanos, turberas, bosques de manglares, salinas, playas de arena, arrecifes de coral y otros (Ramsar, 2011).

**Bofedal**, turbera de altura, lugar pantanoso donde crecen abundantes hierbas cuyos residuos se acumulan en el sitio (Diccionario Ecológico - B (peruecologico.com.pe)).

**Comunidades ecológicas**, todo grupo natural de especies que vive en un hábitat común interactuando entre sí, sobre todo en sus relaciones relativas a los alimentos, y con relativa independencia con respecto a otros grupos. El tamaño de las comunidades ecológicas puede variar y las comunidades numerosas pueden comprender comunidades más pequeñas (Ramsar, 2018).

**Comunidad ecológica amenazada,** comunidad ecológica que puede extinguirse en la naturaleza si siguen incidiendo las circunstancias y los factores que amenazan su distribución, supervivencia o evolución (Ramsar, 2018).

**Condiciones adversas,** condiciones ecológicas inusualmente desfavorables para la supervivencia de especies vegetales o animales, como las que se dan en el caso de excesos del clima (sequías de larga duración, inundaciones, frío, etc.) (Ramsar, 2018).

**Diversidad biológica,** la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie (diversidad genética), entre las especies (diversidad de especies) y de los ecosistemas (diversidad de ecosistemas) y de los procesos ecológicos. (Esta definición se basa en gran parte en la contenida en el artículo 2 del Convenio sobre la Diversidad Biológica) (Ramsar, 2018).

**Beneficios de los humedales**, los servicios que los humedales prestan al ser humano, como control de inundaciones, purificación de aguas superficiales, suministro de agua potable, peces, plantas, materiales de construcción y agua para el ganado, recreación y educación al aire libre (Ramsar, 2018).

**Valores de los humedales**, las funciones que los humedales desempeñan en el funcionamiento del ecosistema natural, como atenuar inundaciones, mantener reservas de aguas subterráneas y superficiales, retener sedimentos, controlar la erosión, atenuar la contaminación y suministrar hábitat (Ramsar, 2018).

**Suelo hidromórfico**, suelo sobresaturado debido al escaso drenaje en marismas, pantanos, zonas de infiltración o zonas inundadas (Ramsar, 2018).

**Degradación de turberas,** los principales factores que provocan la degradación de las turberas a escala local y mundial son los siguientes: a) el drenaje, b) la eliminación o perturbación de la vegetación, c) la construcción de infraestructuras, d) la extracción de turba, e) la eutrofización y contaminación, f) la lluvia ácida, g) la extracción y/o desviación del agua, y h) los incendios. Estos factores, que pueden presentarse en las turberas o en sus zonas de influencia, tienen distintas consecuencias, que se deben tener en cuenta al definir los límites de los sitios Ramsar de turberas y decidir su gestión (Ramsar, 2018).

**Restauración de turberas,** la rehumidificación de las turberas significa restaurar el nivel freático o el régimen hidrológico para lograr una condición en la que el nuevo nivel freático esté próximo a la superficie de la turbera, con el objetivo de revertir parcial o totalmente los efectos del drenaje. (El hundimiento de la turbera podría imposibilitar la recuperación de sus condiciones originales) (Ramsar, 2018).

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.2.1 Identificación y planteamiento del problema

Los bofedales altoandinos, constituyen ecosistemas de alta importancia en la conservación de la biodiversidad nativa, funciones ambientales y, el uso y aprovechamiento de recursos naturales para las comunidades locales. Pero también, son ecosistemas altamente vulnerables a distintas amenazas y frágiles por sus características ecológicas. Estas áreas áridas, de baja cobertura vegetal y restricciones climáticas adversas, albergan un conjunto de comunidades asentadas desde tiempos pasados, quienes interactúan de manera continua con los ecosistemas de su entorno.

En comunidades de Santiago de Machaca, existen bofedales naturales y artificiales, estos últimos promovidos por la mano del hombre. En ambos casos, los befedales son ecosistemas dependientes de la intervención del ser humano, particularmente a través del manejo de los sistemas, sobre todo en épocas secas. Son comunes en estas áreas los desvíos y conducción de aguas a través de canales abiertos de manera manual y en algunos casos con maquinaria pesada. Las *irpas* son canales abiertos de tierra para conducir agua desde los ríos mediante la técnica del *ch'ampeo*, en la cual se emplean materiales locales como arbustos, cojines, tepes, rocas, barro, yutes con arena y solo arena para derivar el agua en los canales hasta los bofedales.

Esta intervención humana del riego de bofedales, es recurrente todos los años y se inicia a partir de los meses de junio, incluso antes. Su objetivo es promover la

regeneración de la vegetación y disponer de mayor biomasa forrajera para el pastoreo de especies como alpacas, llamas, ovejas y en menor grado bovinos.

Los procesos de degradación en zonas de humedales y bofedales, son casi comunes. Entre ellos: el drenaje, la eliminación o perturbación de la vegetación, la construcción de infraestructura, la extracción de turba, la eutrofización y contaminación, la lluvia ácida, la extracción y/o desviación del agua, y los incendios (Ramsar, 2018).

En el área de estudio, al igual que la mayoría de la región del Altiplano y los Andes, los bofedales están expuestos a una fuerte presión humana, particularmente por la actividad ganadera. El sobrepastoreo, la contaminación ambiental por residuos plásticos, incremento de las cargas de sedimento y desborde de ríos que depositan sedimentos en los bofedales (*llajmas*), son algunos de los problemas que se observan. Asimismo, también es evidente la incidencia del calentamiento global, particularmente por la variación en los regímenes de lluvia, que generan variaciones en la recarga hídrica de cabeceras de cuenca, generando una variación en la disponibilidad de agua para riego de bofedales. Asimismo desde el punto de vista socioambiental, la implementación de sistemas de riego viene generando dificultades entre comunidades en torno a la gestión y gobernanza del agua en las microcuencas.

Esperamos que los resultados de la presente investigación, contribuyan con información cuantitativa y cualitativa sobre el estado de conservación de estos bofedales, y su contribución en el control de sedimentos en fuente de la cuenca del Jacha Mauri, que en los últimos tiempos se ha visto alterado por la elevada carga de sedimentos generando desbordes, afectaciones y amenaza para las comunidades ubicadas a lo largo de esta cuenca. En este marco, empleamos la metodología del Índice de Integridad Biológica – IBI, recomendado para este tipo de investigaciones relacionadas al estado de conservación, y busca cuantificar que tanto el ecosistema se ha alejado de la integridad ecológica ideal. Es decir, estimar los efectos del impacto de actividades humanas.

### 1.2.2 Formulación del problema

¿Las actividades humanas de las comunidades en ecosistemas altoandinos de Santiago de Machaca, producen efectos al estado de conservación de los bofedales y cual la contribución de estos ecosistemas en la retención de sedimentos en cabeceras de la cuenca del Jacha Mauri?

Para este fin hemos priorizado bofedales ubicados en las comunidades de Llallagua, San Juan de Rosa Pata e Hichucata, en coordinación con autoridades locales y el proyecto “Aplicación de Tecnologías Ancestrales para el Control de la Sedimentación en Fuente de los municipios de Santiago de Machaca y San Andrés

de Machaca", en cuyos ecosistemas realizaremos el presente trabajo de investigación:

**a) Evaluación del estado de conservación del bofedal**

**Indicadores de la condición del agua**

- Nivel de la napa freática en época seca, es la profundidad en la que se encuentra la napa freática, en relación a la superficie del suelo. Su medición se realiza durante la época seca como un indicador de qué tanto la estacionalidad afecta al bofedal.

**Indicadores de la condición biótica**

- Abundancia de especies nativas, la presencia de especies nativas (bioindicadoras) es un buen indicador de la condición ecológica del bofedal. De otra parte, la posible presencia de otras especies que no son nativas, pueden indicar cambios que bien pueden estar relacionados a la reducción de la humedad, cambio en la disponibilidad de nutrientes, presencia de ganado como dispersores, y otros.

- Riqueza de especies**,** referido a establecer el número de especies vegetacionales presentes en un área o en una muestra determinada, como expresión de la diversidad.

- Cobertura vegetal viva, relaciona la protección de la vegetación a la turba, evitando procesos de erosión. Mientras mayor es la cobertura vegetal, mayor es la protección de la turba.

**Indicadores de la alteración del paisaje**

- Presencia de factores de degradación (amenazas) en el bofedal, pondera las evidencias de factores de degradación presentes en el bofedal y sus alrededores.

- Conectividad hidrológica del bofedal, evalúa si hay infraestructura u otras evidencias de alteraciones en el curso del agua que debería llegar directamente al bofedal en evaluación. Incluye tomas de agua, canales, construcción de carreteras, explotaciones mineras cercanas, morrenas en las laderas cercanas, etc.

**Indicadores de la condición del suelo**

- Profundidad de turba**,** reconocer la profundidad a la que desaparece la turba y se encuentra el suelo mineral o la roca madre; ayuda a reconocer la capacidad de almacenamiento de agua y carbono que tiene un bofedal.

- Materia orgánica superficial, la materia orgánica acumulada en el horizonte superficial del suelo nos refleja la capacidad de acumulación de carbono que tiene la turba.

- Densidad aparente en la capa superficial, indica la capacidad de almacén de agua que hay en la turba. A valores más bajos de densidad, mayor capacidad de almacén.

- Signos de erosión, indicador cualitativo, que evalúa visualmente los procesos de erosión hídrica de la turba

**b) Identificación de la contribución en el control de sedimentos**

Para este fin se procederá de la siguiente manera:

- Identificación de sitios de importancia en la retención de sedimentos, se definirán puntos de conexión entre cursos de agua y bofedales para percibir la dinámica de los sedimentos en relación al bofedal.

- Impactos de la sedimentación en el bofedal, este punto identifica y describe los posibles impactos de la sedimentación a consecuencia de posibles acciones humanas mediante la derivación del agua de los ríos y otra infraestructura.

**c) Priorización de medidas para la gestión comunal de bofedales**

Este punto comprende es de orden social relacionada a la gestión local de los bofedales, para lo cual se realizaran las siguientes intervenciones.

- Reuniones comunales**,** se define como espacios participativos con los actores locales de las comunidades que habitan estos ecosistemas. Se complementa con ciertas técnicas que permiten recoger los puntos de vista de la comunidad.

- Lineamientos de gestión comunitaria**,** son propuestas de acciones, actividades e ideas de proyectos, que permitan mejorar la gestión de los bofedales con la participación directa de las comunidades.

## 1.3 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.3.1 Objetivo General

- Evaluar el estado de los bofedales altoandinos ubicados en cabeceras del municipio de Santiago de Machaca, y su contribución en el control de la sedimentación en fuente.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el estado de conservación de ecosistemas de bofedal a partir de indicadores en campo, en comunidades de cabecera del municipio de Santiago de Machaca.
- Identificar las contribuciones de los bofedales en el control de los sedimentos en fuente y su uso en medidas de mitigación in situ.
- Proponer medidas complementarias para la gestión comunal de los bofedales bajo el enfoque de cuenca.

## 1.4 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

“Si los bofedales altoandinos son ecosistemas frágiles y altamente vulnerables a las actividades antropogénicas y el calentamiento global, entonces se espera encontrar bofedales con diferente estado de conservación y escasa contribución en los procesos de control de sedimentos, por la continua presión de la actividad ganadera en las comunidades del municipio de Santiago de Machaca”.

## 1.5 JUSTIFICACIÓN

Justificación teórica, la investigación contribuirá con información cuantitativa y cualitativa sobre el estado de los bofedales ubicados en cabeceras del municipio de Santiago de Machaca, además de la valoración de los servicios ecosistémicos que cumplen estos ecosistemas en el control de los procesos de erosión en fuente. Según Goitia et al. (2007), desde el punto de vista de la gestión y conservación de estos ambientes es necesario profundizar en el efecto ecológico de la presión ganadera sobre el estado trófico de los bofedales y su rol funcional en el sistema íntegro como base de las cadenas tróficas detritívoras, pozas génicas de organismos acuáticos, entre otros.

Justificación metodológica, la evaluación de los bofedales permitirá establecer conocer el estado de la riqueza y diversidad de los mismos, para lo cual se pretende utilizar un protocolo de transectos e identificar todas la plantas presentes (Naoky et al., 2014). Asimismo se realizará un análisis de la sobrecarga animal en estos espacios, empleando la relación entre la vegetación y el pastoreo a través de observación in situ y medición de la cobertura vegetal.

Justificación social, estos espacios al contener flujos de agua, resultan muy atractivos para el desarrollo de una importante riqueza y diversidad de especies vegetales, aves, peces y otras especies acuáticas. Este aspecto también resulta muy atractivo para las comunidades, quienes ocupan estos territorios para desarrollar la crianza de ganado camélido y otras especies. Así lo demuestran los estudios realizados por Meneses et al. (2015), quienes destacan distintas funciones, entre ellas ecosistemicas, económicas, culturales y paisajísticas.

Justificación técnica, la presente investigación contribuirá con información cuantitativa y cualitativa a distintos ámbitos, entre ellos: la academia, las instituciones y las comunidades. Además, actualmente en estas áreas se encuentra en ejecución el “Proyecto piloto para la aplicación de tecnologías ancestrales para el control de la sedimentación en fuente”, como parte del proyecto “Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa (TDPS)-Componente Nacional – sitio piloto 01-B-01 Aplicación de Tecnologías Ancestrales para el control de la sedimentación en fuente”, de la cual forman parte el Ministerio de Medio Ambiente, la Cancilleria de Bolivia, con financiamiento del PNUD y ejecutado por PRACTICAL ACTION.

En este marco, se contribuirá con información del estado de situación de los bofedales ubicados en la cabecera del municipio de Santiago de Machaca, los cuales están sometidos a una actividad ganadera, principalmente el pastoreo de alpacas, llamas y presencia de vicuñas, lo cual posiblemente esté generando una fuerte sobrecarga, alteraciones e impactos negativos en los servicios ecosistémicos de los bofedales; cuya valoración a partir de la contribución de los bofedales en la contención del arrastre de sedimentos en fuentes de cabecera de los aportantes a la cuenca del Jacha Mauri.

# CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

## 2.1 MENCIÓN DE OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA

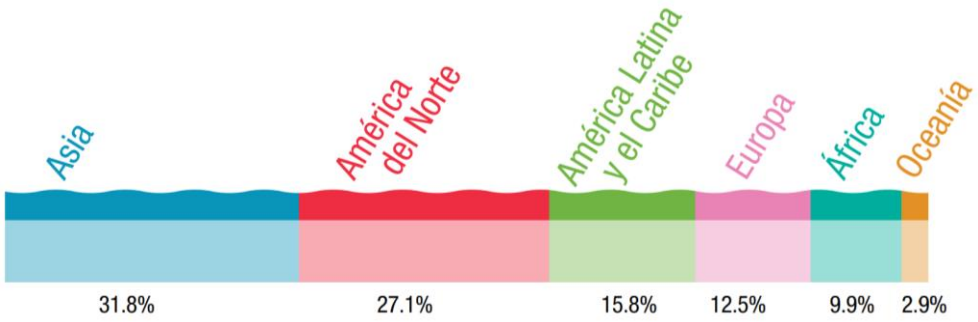
### 2.1.1 La Convención Ramsar sobre humedales

Como se mencionó en el anterior acápite, esta Convención se firmó en 1971. Tratado jurídico internacional que busca asegurar la incorporación de los humedales en la agenda mundial para el desarrollo sostenible, apoyando iniciativas con la diversidad biológica, el cambio climático, la reducción del riesgo de desastres y la degradación de las tierras (Ramsar, 2018). Donde las partes Contratantes tienen las tres obligaciones principales o pilares Ramsar:

- Conservar y usar de manera racional todos los humedales;
- Designar y conservar al menos un Humedal de Importancia Internacional o Sitio Ramsar; y
- Cooperar más allá de las fronteras nacionales en humedales transfronterizos, sistemas de humedales compartidos y especies compartidas.

Una estimación reciente de la superficie mundial de humedales continentales y costeros supera los 12,1 millones de km$^2$, del cual el 54% está inundado de forma permanente y 46% inundado de forma estacional (Ramsar, 2018).

**Figura 3: Distribución regional (%) de las áreas de humedales (a partir de Davinson et al., 2018).**




Fuente: Extraído de Ramsar (2018).

La importancia mundial de los humedales, radica en que son esenciales para la supervivencia humana y se constituyen en uno de los ecosistemas más productivos y brindan numeroso servicios ecosistémicos con innumerables beneficios. De acuerdo a (EM, 2005; Russi et al., 2013 citado en Ramsar, 2018), sostiene. “Estos ecosistemas incluyen hábitats de agua dulce inundados de forma permanente o estacional, desde lagos y ríos hasta pantanos, así como áreas costeras y marinas tales como estuarios lagunas costeras, manglares y arrecifes”.

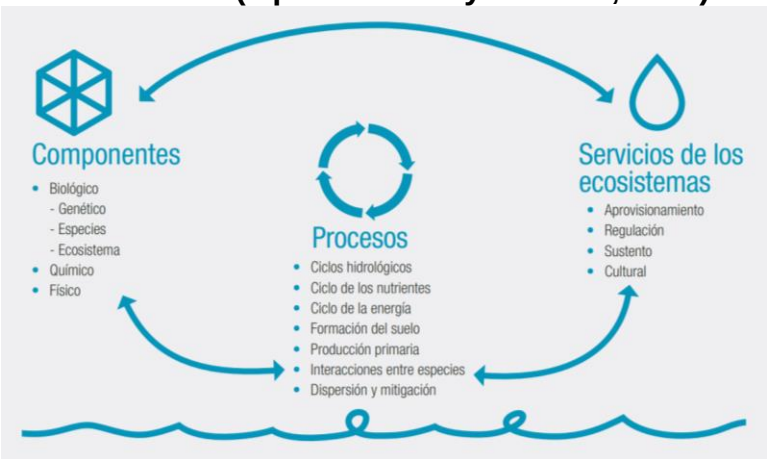
**Figura 4: Servicios ecosistémicos de los humedales.**

Fuente: Extraído de Ramsar (2018).

Actualmente de acuerdo a las Partes Contratantes, es prioridad la realización de inventarios para recopilar información sobre las características ecológicas de los humedales, entre ellas referidas a extensión y dinámica del agua en el tiempo, los cuales son bases fundamentales para los informes.

Desde el punto conceptual, en 2005 la Convención Ramsar, definió que las características Ecologicas, como “la combinación de los componentes, procesos y beneficios/servicios del ecosistema que caracterizan al humedal en un determinado momento” (Ramsar, 2018).

**Figura 5: Conceptualización de las características ecológicas como componentes, procesos y servicios de los ecosistemas que caracterizan a un humedal (a partir de Filayson et al, 2018).**




Fuente: Extraído de Ramsar (2018).

El papel de los humedales en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS, el acuerdo de Paris sobre el Cambio Climático y el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres – RRD,

constituyen un espacio importante para promover la conservación y uso racional de los humedales y el cumplimiento de los compromisos.

**Figura 6: El papel de los humedales en el apoyo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.**

Fuente: Extraído de Ramsar (2018).

Bolivia, en el año 1990 se adhiere como país firmante a la Convención Ramsar, que posteriormente dio curso a la elaboración de la Estrategia Nacional para la Gestión

Integral de los Humedales y sitios Ramsar de Bolivia, la cual busca orientar y aplicar políticas públicas destinadas a la gestión de los humedales.

De acuerdo al Ministerio de Medio Ambiente y Agua - MMAyA Bolivia (2017), Bolivia encabeza la lista de 168 países en la Convención Ramsar, con 11 humedales designados equivalente a 14,8 millones de hectáreas, lo que representa una superficie del 13% del territorio del país.

**Tabla 4: Sitios Ramsar priorizados en Bolivia y número de municipios que se encuentran dentro de este.**

| CUENCA | SUPERFICIE POR CUENCA (ha) | SITIOS RAMSAR | FECHA DE DESIGNACIÓN | SUPERFICIE POR HUMEDAL (ha) | NÚMERO DE MUNICIPIOS |
|---|---|---|---|---|---|
| Cuenca Endorreica | 15.417,62 | Los Lípez (Laguna Colorada) | 27-Jun-90 | 1.424.068 | 5 |
| | | Lago Titicaca | 11-Sept-98 | 1.861.266 | 44 |
| | | Lagos Poopó y Uru Uru | 11-Jul-02 | 968.484 | 16 |
| Cuenca Del Plata | 22626,82 | Cuenca de Tajzara | 13-Jun-00 | 46.622 | 5 |
| | | Palmar de las Islas y las Salinas de San José | 17-Sept-01 | 857.778 | 1 |
| | | Pantanal Boliviano | 17-Sept-01 | 3.368.658 | 9 |
| Cuenca Amazónica | 71.813,70 | Bañados de Izozog y el río Parapet | 17-Sept-01 | 626.577 | 3 |
| | | Laguna Concepción | 6-May-02 | 159.992 | 2 |
| | | Río Blanco | 2-Feb-13 | 2.398.156 | 9 |
| | | Río Matos | 2-Feb-13 | 1.729.788 | 6 |
| | | Río Yata | 2-Feb-13 | 2.813.230 | 6 |

Fuente: MMAyA (2017).

No obstante, estos ecosistemas del territorio de Bolivia, están expuestos a un conjunto de presiones antrópicas y naturales. En el primero, resalta: sobrepesca, sobrepastoreo, actividad minera (pasivos ambientales, metales pesados) y urbanización (residuos domésticos e industriales y turismo invasivo). En el segundo, se tiene: actividad magmática, variabilidad climática y Cambio Climático, procesos de salinización natural y antrópica, y erosión natural (MMAyA, 2017).

En el presente estudio, se aborda el termino humedal en relación a los bofedales, que de acuerdo al Sistema de Clasificación de Tipos de Humedales de Ramsar, los ecosistemas de bofedales, se encuentran dentro los humedales continentales, representada como U—turberas no arboladas; incluye turberas arbustivas o abiertas (“bog”), turberas de gramíneas o carrizo (“fen”), bofedales, turberas bajas (Ramsar, 2006).

### 2.1.2 Ecosistema bofedal

Bofedal ("bofedales" en plural) es el nombre local que se utiliza para describir varios tipos de comunidades vegetales de humedal, caracteriza: la humedad edáfica durante el año, pueden ser estacionales y permanentes, naturales o artificiales, presencia de suelo orgánico o turba, y color verdoso característico (Maldonado, 2014). Por su parte el término "bofedales altoandinos", hace referencia a humedales que se encuentran en altitudes significativas de la Cordillera Tropical de los Andes, en cuyos espacios crecen plantas hidrófilicas presentes en llanuras planas en arroyos y manantiales, con humedad constante durante casi todo el año (Fonken, 2015 citado en Meneses, 2012).

Es un ecosistema andino hidromórfico con vegetación herbácea de tipo hidrófila, con presencia en los Andes en relieves planos, depresiones o ligeramente inclinados (Ministerio del Ambiente Perú, 2019). Son un tipo particular de humedales de turbera, característicos de la zona altoandino y puneña dentro de los Andes Subtropicales y Tropicales, situados a elevaciones entre 3.200 y 5.000 m., los cuales se caracterizan por estar compuestos por plantas en forma de cojines abombados a planos, en medio de esta matriz de vegetación emergen o atraviesan cuerpos de agua (Loza et al., 2015).

Son ecosistemas semiacuáticos de la zona altoandina de los Andes centrales, que particularmente se encuentran en la puna (Naoky et al., 2014). Presentan turberas naturales ubicadas en los pisos orotropical y criorotropical de las Cordilleras Occidental y Oriental de Bolivia (Goitia et al., 2007).

Otros términos que se asocian a los bofedales, son zonas inundadas estacionalmente, conocidos también como "oconales" que en quechua significa "zona húmeda" (Ministerio del Ambiente Perú, 2019). Son ecosistemas semi – acuáticos que forman parte de ambientes alpinos y subalpinos, distribuidos en proximidades de los Andes Tropicales; presentan comunidades vegetacionales que conviven en ambientes y suelos húmicos con altos contenidos de materia orgánica (García et al., 2014). Entre las familias presentes en estos ecosistemas están la familia Juncaceae y Cyperaceae.

De manera específica para el caso de Bolivia, Alzérreca et al. (2001), hace una agrupación y caracterización de tipos de bofedales, desde el punto de vista del hidromorfismo y el grado de acidez del suelo. Los valores encontrados por dicho autor en sus estudios realizados, muestra un pH acido en suelos de 5,5, pH del agua 7,5 próximos a neutro y otras variables, que describen de las características de los bofedales altoandinos. Sin embargo, estas características probablemente hayan sufrido alteraciones por los problemas y amenazas que exponen el estado de situación de estos ecosistemas.

## Tabla 5: Características edáficas e hídricas de bofedales altoandinos hidromórficos ácidos.

| N° | CÓDIGO | PROVINCIA | L OCALIDAD | ALTITUD | pH SUELO | CE SUELO µS/cm | TEXTURA | CAUDAL lt/s | pH AGUA | CE AGUA µS/cm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6/E1 | F. Tamayo | Apacheta | 4650 | 4.9 | | M.O. | 24.9 | 6.5 | 0.024 |
| 2 | 6/E2 | F. Tamayo | Apacheta | 4650 | 4.9 | | M.O. | 24.9 | 6.5 | 0.024 |
| 3 | 18/E1 | F. Tamayo | Nubekuchu | 4580 | 5.2 | 0.023 | FYL | 28.2 | 7.3 | 1.282 |
| 4 | 18/E2 | F. Tamayo | Nubekuchu | 4580 | 6.2 | | M.O. | 114.5 | 7.3 | 1.282 |
| 5 | 18/E3 | F. Tamayo | Nubekuchu | 4580 | 6.2 | | M.O. | 35.8 | 7.3 | 1.282 |
| 6 | 12/E1 | F. Tamayo | Puyu Puyu C. | 4570 | 4.0 | | M.O. | 19.4 | 6.0 | 0.055 |
| 7 | 12/E2 | F. Tamayo | Puyu Puyu C. | 4570 | 5.0 | 0.027 | FYL | 45.6 | 8.8 | 0.055 |
| 8 | 7/E1 | F. Tamayo | Lurata | 4550 | 5.6 | | M.O. | 4.2 | 6.9 | 0.115 |
| 9 | 7/E2 | F. Tamayo | Lurata | 4550 | 5.0 | 0.348 | | 4.2 | 6.9 | 0.115 |
| 10 | 8/E1 | B. Saavedra | Taipicañuma | 4500 | 5.1 | 0.076 | FL | 97.7 | 7.1 | 0.114 |
| 11 | 23/E1 | Omasuyos | Altura Surpo | 4500 | 4.6 | 0.170 | FYL | 29.5 | 8.2 | 2.492 |
| 12 | 23/E2 | Omasuyos | Altura Surpo | 4500 | 5.5 | 0.056 | FL | 8.2 | 8.2 | 2.492 |
| 13 | 3/E1 | Los Andes | Labrahuani | 4480 | 6.2 | | M.O. | 29.5 | 7.3 | 1.308 |
| 14 | 3/E2 | Los Andes | Labrahuani | 4480 | 6.2 | | M.O. | 45.1 | 7.3 | 1.308 |
| 15 | 3/E3 | Los Andes | Labrahuani | 4480 | 6.2 | | M.O. | 52.8 | 7.3 | 1.308 |
| 16 | 14/E1 | F. Tamayo | Kachuca-Kellu | 4480 | 4.9 | 0.183 | | 32.1 | 9.5 | 4.278 |
| 17 | 14/E2 | F. Tamayo | Kachuca-Kellu | 4480 | 9.5 | | M.O. | 132.4 | 9.5 | 4.278 |
| 18 | 2/E1 | Los Andes | Alto Peñas | 4360 | 4.5 | 0.063 | FA | 45.3 | 7.3 | 1.340 |
| 19 | 9 2/E2 | Los Andes | Alto Peñas | 4360 | 5.2 | 0.024 | FL | 18.0 | 7.3 | 1.340 |
| 20 | 13/E1 | F. Tamayo | Jockopata Ch. | 4350 | 6.6 | | M.O. | 19.7 | 7.6 | 0.070 |
| 21 | 13/E2 | F. Tamayo | Ucha Ucha | 4350 | 3.7 | 0.699 | | 17.0 | 4.8 | 0.700 |
| 22 | 1/E1 | Los Andes | K'aracota | 4348 | 5.0 | 0.113 | L | 112.1 | 7.3 | 1.343 |
| 23 | 1/E2 | Los Andes | K'aracota | 4348 | 5.7 | 0.049 | FL | 19.3 | 7.3 | 1.343 |
| 24 | 9/E1 | F. Tamayo | Ichucollu-fr. | 4340 | 4.7 | 0.890 | | 2.7 | 7.2 | 1.144 |
| 25 | 39/E1 | Pacajes | Achuta | 4340 | 6.3 | 0.299 | F | 11.5 | 7.7 | 1.771 |
| 26 | 11/E1 | F. Tamayo | Huacuchani | 4320 | 4.7 | 0.101 | F | 27.8 | 7.4 | 1.350 |
| 27 | 11/E2 | F. Tamayo | Huacuchani | 4320 | 6.2 | 0.042 | FL | 0.1 | 7.4 | 1.350 |
| 28 | 15/E1 | Camacho | Esquillani | 4300 | 4.7 | 0.028 | AF | 1.1 | 7.4 | 1.435 |
| 29 | 54/E1 | J.M. Pando | Callaza | 4290 | 6.7 | | S/M | 4.2 | 7.7 | 1.892 |
| 30 | 54/E2 | J.M. Pando | Callaza | 4290 | 5.7 | 0.095 | FA | 24.0 | 7.7 | 1.892 |
| 31 | 36/E1 | Sajama | Kalachoco | 4245 | 5.1 | 0.259 | FA | 2.0 | 8.0 | 1.560 |
| 32 | 32/E1 | Sajama | Lerk'o | 4210 | 7.6 | 0.123 | FA | 0.1 | 7.9 | 1.500 |
| 33 | 32/E2 | Sajama | Lerk'o | 4210 | 4.7 | 0.749 | | 2.3 | 7.8 | 1.962 |
| 34 | 53/E1 | J.M. Pando | Chukaque | 4210 | 5.5 | 0.073 | FYL | 2.0 | 7.9 | 2.086 |
| 35 | 53/E2 | J.M. Pando | Chukaque | 4210 | 5.7 | 0.136 | Y | 23.6 | 7.9 | 2.086 |
| 36 | 52/E1 | J.M. Pando | Lliza | 4180 | 6.1 | 0.054 | FYA | 18.3 | 7.9 | 2.159 |
| 37 | 42/E1 | Pacajes | Choquepujru | 4130 | 6.4 | 0.083 | FA | 0.7 | 8.0 | 2.280 |
| 38 | 38/E1 | Pacajes | Cosapa | 4120 | 3.7 | 0.498 | FL | 6.2 | 8.1 | 2.304 |
| **Promedio** | | | | **4395** | **5.5** | **0.202** | | **28.6** | **7.5** | **1.440** |
| Máximo | | | | 4650 | 6.4 | 0.890 | | 132.4 | 9.5 | 4.278 |
| Mínimo | | | | 4120 | 3.7 | 0.023 | | 0.1 | 4.8 | 0.024 |

Fuente: Extraído de Alzérreca et al. (2001).

### 2.1.3 Características bióticas de los bofedales

Según Maldonado (2014), en el país de Perú, los bofedales son ecosistemas o centros de biodiversidad y recurso fundamental para las comunidades, donde resalta:

**a) Flora**

Su riqueza y diversidad varía en función a la ubicación, altitud, topografía, humedad, exposición, latitud, influencia del ganado y otros aspectos de actividad antropogénica. Destaca comunidades de plantas hidrófilas asociadas a bofedales como: turberas de *Distichia*, turberas con musgos y arbustos, prados turbosos, césped de arroyo.

**b) Fauna**

Los bofedales son un recurso fundamental para la vida silvestre: proporciona agua, alimentos, refugio y sitios de anidamiento. Son hábitat de especies como vicuña (*Vicugna vicugna*), taruca (*Hippocamelus antisensis*), puma (*Puma concolor*), zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), además de aves, anfibios, peces y otras numerosas especies.

En general estos ecosistemas de bofedal actúan como hotspots o puntos calientes, contribuyendo enormemente en la preservación de especies altoandinas.

**c) Agua, turba y almacenamiento de carbono**

Muchos de los bofedales reciben aguas del deshielo de glaciares, ríos lagos y acuíferos subterráneos, además de escurrimientos de la precipitación almacenándola en las partes altas de la cuenca y liberándolas de manera gradual el flujo de agua durante el año. Las asociaciones bofedal – cuerpos de agua son variables: algunos conectados a ríos, arroyos, lagos o estanques; y otros a ojos o vertientes de agua. En el área de estudio, los bofedales provienen directamente de escurrimientos de la cabecera de la cuenca y no así de glaciares.

Caracteriza también la presencia de suelo orgánica o turba, que es una característica de estos espacios, lo cual expone a su extracción por el hombre. Algunas características sobre profundidad y característica de la turba, revelan valores muy importantes: contenido de carbono de 30 a 40%, y en algunos casos hasta 78%.

En relación a los contenidos de carbono, en espacios de Perú, se encontraron valores de 121,7 a 215,6 $gCkg^{.1}$, destacando estos contenidos en los primeros 30 cm de profundidad del suelo.

### 2.1.4 Los servicios ecosistémicos de los bofedales

Cumplen varias funciones y/o servicios, tales como reservorios de agua y albergue de biodiversidad. Además de beneficio económico, social y cultural, pues permiten el desarrollo de actividades pesqueras y agrícolas, proveen de agua poblaciones, explotación de turba, leña, recreación y turismo (Castro y Fernández, 2009).

En esta lógica, autores como Meneses et al. (2015), destacan un conjunto de servicios ecosistémicos que cumplen estos ecosistemas altoandinos, entre ellos podemos destacar:

***En funciones ecosistémicas***

- Destaca las relacionadas con los servicios hídricos, incluyendo la regulación del caudal, la recarga de acuíferos, la acreción de sedimentos, la remoción de contaminantes y la conversión del agua de lluvia en un flujo constante de agua que alimenta a los ríos bofedales, ayudan a retener nutrientes, previenen la erosión y crean un microclima.
- Fungen como acumuladores efectivos de carbono.
- Son el hábitat para una gran diversidad biológica, tanto a nivel de riqueza específica como de endemismo (plantas, aves, anfibios, peces y microcrustáceos).

***En el ámbito socieconómico***

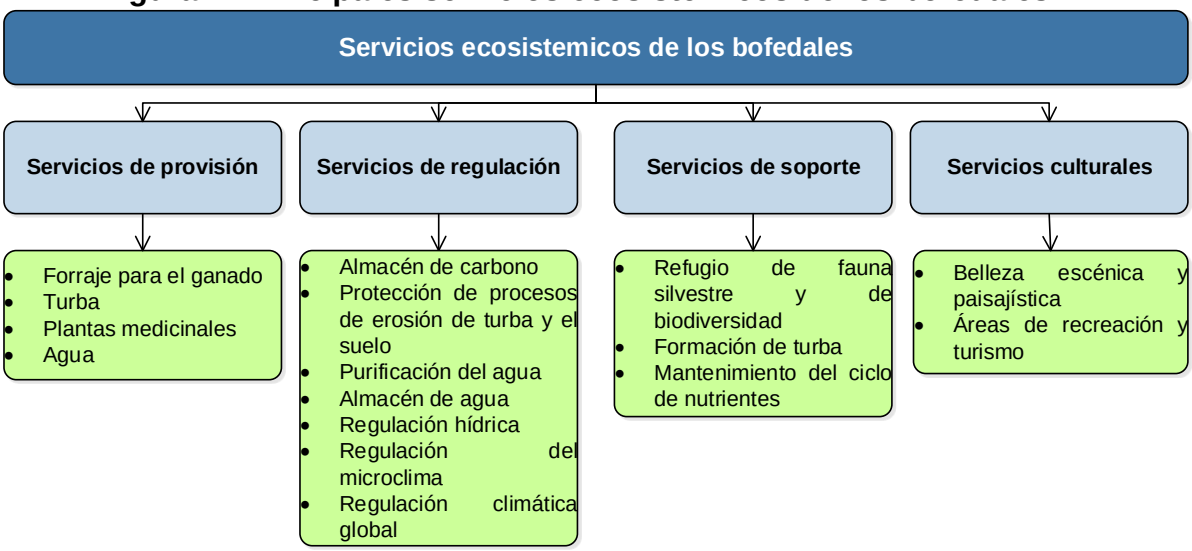
- Los bofedales se constituyen en una fuente importante de forraje fresco, palatable y nutritivo para el ganado camélido y ovino durante todo el año.
- Por esta razón, los pastores andinos poseen varías prácticas tradicionales que emplean para incrementar la productividad y el área ocupada por los bofedales.
- Realizan prácticas de riego, que incluye la construcción y mantenimiento de canales a lo largo del año.

Ecológicamente mantienen el microclima y albergan a diferentes especies de vertebrados e invertebrados característicos de la zona, los cuales dependen de los bofedales para alimentarse, reproducirse y como fuente de agua (Naoky et al., 2014). Son ecosistemas muy importantes y cumplen un conjunto de funciones ecosistémicas, económicas, culturales y paisajísticas (Meneses et al., 2015). Además de ser turberas naturales altoandinas de los pisos orotropical y criorotropical de las Cordilleras Occidental y Oriental de Bolivia (Goitia et al., 2007)

Dada la importancia que adquieren este tipo de ecosistemas y sus diferentes funciones con el entorno que los rodea, una mayoría de estos espacios se encuentran afectados y en serios procesos de deterioro. Principalmente la actividad

humana, a través del sobrepastoreo, extracción de turba, actividad minera, agricultura, entre otros, vienen provocando la desaparición de estos ecosistemas y consigo el riesgo de problemas medioambientales en dichas áreas. Estas acciones producen por ejemplo la mala circulación del agua, problemas de salinización, erosión de suelos, degradación de pastos y la desaparición de especies que habitan estos ecosistemas, incluyendo la emigración de especies silvestres.

**Figura 7: Principales servicios ecosistémicos de los bofedales.**




Fuente: Elaborado en base a Ministerio del Ambiente Perú (2019).

Otras funciones ecológicas y socioeconómicas, 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, microcrustaceos). Ayudan a controlar y regular las corrientes de agua, reduciendo la erosión que puede disminuir la calidad de agua. Almacenan carbono orgánico y tienen la capacidad de regular las emisiones de $CO^2$ a través del secuestro de carbono atmosférico. En términos socioeconómicos los bofedales son importantes ya que proveen forraje rico en proteínas y nutrientes, muy apetecidos por los camélidos (llamas alpacas), silvestre (vicuñas) (Loza et al., 2015).

Estudios realizados en territorios del Sajama, revelan que en época seca, las vicuñas pasan hasta seis horas por día en los bofedales. Puesto que estos espacios poseen alta capacidad de almacenar el agua, funcionan como esponjas que liberan el agua cuando bajan las precipitaciones en época seca (Loza et al., 2015).

### 2.1.5 Uso y Aprovechamiento

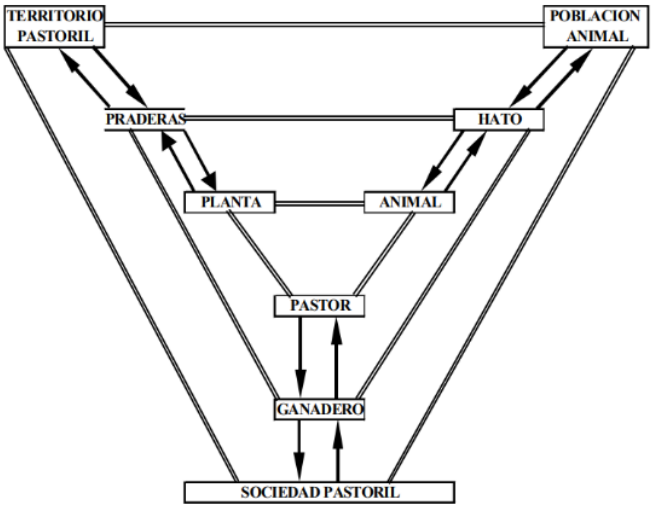
Según Liberman y Molinillo (2015), en estudios realizados en el Área Natural de Manejo Integrado Nacional Apolobamba - ANMINA, destacan las siguientes prácticas de uso y aprovechamiento de los bofedales.

#### a) Pastoreo

En estos ecosistemas, es característico el manejo tradicional de la ganadería, pues constituyen fuentes importantes de alimento y agua. La práctica tradicional de alpacas y llamas, fueron heredados por las comunidades durante generaciones. Esta condición también ha permitido el desarrollo de conocimientos y tecnologías en su manejo, entre ellas la aplicación del riego a partir de implementar técnicas de derivación y conducción con el empleo de materiales locales (Maldonado, 2014).

Dependiendo de la tenencia de ganado familiar, las familias locales de las comunidades emplean los bofedales para pastoreo de alpacas, llamas, ovino e incluso ovino. En temas de pastoreo, las comunidades del ANMIN Apolobanba, realizan dos tipos de movimientos del ganado: 1) en Valles de los glaciares practican movimiento trashumante con mayor amplitud espacial y altitudinal, debido a la disponibilidad de terrenos, 2) *Jacha Uta*, se localizan en los bofedales y laderas de pastizales, en el cual se produce una residencia temporal del ganado denomina *Jitiña*., los cuales son intercambiados entre familias extensas.

**Figura 8: Niveles de organización de un sistema pastoril.**




Fuente: Extraído de Alzérreca et al. (2001).

En torno a los bofedales, las tierras de pastoreo están divididos en estancias conformadas por grupos de familias relacionadas y son manejadas como propiedades familiares (Alzérreca et al, 2001). En áreas de la comunidad de

Llallagua, ocurre esta forma de acceso a tierras en los bofedales, donde existen familias agrupadas en estancias, y al interior de estas, el cuidado del ganado esta cargo de un miembro de la familia (hermano o hermana, o pariente cercano) que cuida el ganado de aquellos miembros de la familia que radican en otros lugares del municipio y ciudades urbanas. Asimismo desde el entorno social, generalmente las personas mayores cuidan del ganado de los hijos que tuvieron que emigrar en busca de mejores oportunidades, esta condición hace que en estas comunidades habiten predominantemente personas adultas y la tercera edad.

### b) Capacidad de carga

El uso y manejo de los bofedales está desarrollado de manera inadecuada, llegando a una disminución de la productividad de las plantas, la cual se traduce en un recurso reducido para la ganadería (Cochi et al., 2014). En los Andes de Bolivia, esta capacidad de carga de los bofedales es alta en comparación a otro tipo de praderas naturales como las de secano. Algunos bofedales mantienen una carga animal apreciable, de 4 alpacas/ha, en otros casos como Ulla Ulla y Chiarcota presentaron una capacidad de carga de 2.7 alpacas/ha ó 4.44 vicuñas/ha bajo pastoreo excluyente (Alzérreca et al., 2001).

**Tabla 6: Capacidad de carga de bofedales Altoandinos, Tipo 1.**

| TIPO DE CANAPA | UVI/ha | ULL/ha | UAL/ha | UOV/ha |
|---|---|---|---|---|
| Bofedal Altoandino de *Oxan - Pltu - Dismu* | 4.36 | 2.69 | 3.71 | 6.23 |
| Bofedal Altoandino de *Oxan - Dimu* | 3.12 | 1.92 | 2.66 | 4.46 |
| Bofedal Altoandino de *Dimu – Oxan* | 4.84 | 2.98 | 4.12 | 6.91 |
| Bofedal Altoandino Salino de *Caov - Dimu* | 5.31 | 3.27 | 4.52 | 7.59 |
| **Promedio Bofedales Tipo** | **1 4.41** | **2.71** | **3.75** | **6.30** |
| *xan=Oxychloe andina; Pltu=Plantago tubulosa; Dimu= Distichia muscoides; aov=Calamagrostis ovata*. UVI=Unidades Vicuña; ULL=Unidades Llama; UAL=Unidades Alpaca y UOV=Unidades Ovino | | | | |

Fuente: Extraído de Alzérreca et al. (2001).

Este mismo autor, pone de manifiesto capacidades de carga para los tipos de bofedal Tipo 2 y Tipo 3, con distintas especies, en los cuales destacan de manera general una menor capacidad de carga que el Tipo 1, para las unidades vicuña, unidades llama y unidades alpaca.

### c) Manejo del bofedal

Los bofedales de alguna manera dependen de la intervención de la mano humana. La formación y mantenimiento de un bofedal implica fuertes cambios, dependiendo del tipo de vegetación: 1) especies permanentes como *Distichia muscoides*, *Oxicloe andina*, *Lachemilla pinnata*, etc, ofrecen de manera continua la disponibilidad de

forraje para el ganado, 2) especies estacionales como *Sthipa* sp., *Festuca* sp., *Deyeux*ia sp., ofertan forraje solo en periodos de lluvias.

Sin embargo el sobrepastoreo puede producir la aparición de especies menos palatables, lo cual promueva la disminución de la capacidad de carga, dinámicas observadas en bofedales del ANMIN Apolobamba. Esta situación ha llevado a que los comunarios implementen cercos con alambre y muros de tepes para recuperar y regenerar la producción de forrajes (Liberman y Molinillo, 2015).

**Tabla 7: Composición vegetacional en época seca y húmeda en bofedales de Ulla Ulla.**

| ESPECIES | EPOCA HÚMEDA (%CB) | ÉPOCA SECA (%CB) |
|---|---|---|
| *Hypochoeris taraxacoides* | 14.5 | 10.0 |
| *Distichia muscoides* | 11.5 | 7.3 |
| *Werneria apiculata* | 9.7 | 6.3 |
| *Lachemilla pinnata* | 7.0 | --- |
| *Lachemilla diplophylla* | 4.7 | 6.0 |
| *Scirpus arandicola* | 4.3 | 7.3 |
| *Calamagrostis ovata* | 3.3 | 4.7 |
| *Azorella compacta* | 3.0 | --- |
| *Aciachne pulvinata* | --- | 6.0 |
| *Carex sp.* | --- | 4.7 |
| *Eleocharis albibracteata* | --- | 9.7 |
| Suelos desnudo | 7.7 | 0.3 |
| Musgo | 3.0 | 4.0 |
| Materia orgánica muerta | 4.3 | 9.7 |

Fuente: Villarroel (1997), citado en Alzérreca et al. (2001).

### d) Manejo de los animales

De acuerdo a Liberman y Molinillo (2015), la actividad ganadera en comunidades del ANMINA por ejemplo, involucra la participación de todos los miembros de la familia. Por tanto la disponibilidad de mano de obra incide en el incremento y el buen manejo del rebaño, a su vez, esto se refleja en mejores oportunidades económicas para el entorno familiar. En el manejo y cuidado del ganado camélido, por ejemplo las familias dividen en grupos de llamas y alpaca hembras, para el cuidado exclusivo de mujeres y niños, con un cuidado diario.

En el caso de los individuos machos son llevados a pastar por los hombres hasta lugares más alejados, donde se vigila 1 a 2 veces a la semana. Sin embargo estas dinámicas de organización en la ganadería camélida, se interrumpen por la emigración campo/ciudad. En el área de intervención del proyecto, las comunidades están constituidas por personas de la tercera edad en su mayoría, existiendo poca población de niños y jóvenes involucradas con la actividad ganadera, en particular en las tres comunidades sujetos de estudio.

## e) Patrones de vegetación

Los patrones de vegetación están influenciados por las propiedades de los suelos y la disponibilidad de agua. Los glaciares aportan con importantes cantidades de agua, lo cual permite la formación de bofedales naturales en relieves planos y poco inclinados, muchos de ellos han sido ampliados por sistemas de irrigación (Liberman y Molinillo, 2015). Asimismo los bofedales, dependiendo de sus características intrínsecas, pueden tener rendimientos variados de fitomasa.

**Tabla 8: Rendimiento de fitomasa de tipos de bofedales dentro del Sistema TDPS-Bolivia.**

| LOCALIDAD | PISO ECOLÓGICO | HIDROMORFISMO | kgMS/ha | FUENTE |
|---|---|---|---|---|
| | Altiplano semihúmedo<br>Altoandino semiárido | Hidromórfico<br>Hidromórfico | 2540.0<br>2540.0 | Alzérreca (1988)<br>Alzérreca (1988) |
| Peñas-Batallas | Altiplano semihúmedo<br>Altiplano semihúmedo<br>Altiplano semihúmedo<br>Altiplano semihúmedo<br>Altiplano semihúmedo<br>Altiplano semihúmedo | <br>Hidromórfico<br>Hidromórfico<br>Hidromórfico Mésico<br>Mésico Mésico | 1715.0<br>900.0<br>1950.0<br>920.0<br>750.0<br>780.0 | Laguna (1988)<br>Laguna (1988)<br>Laguna (1988)<br>Laguna (1988)<br>Laguna (1988)<br>Laguna (1988) |
| Argentina (1) | Puna Semiárida | Hidromórfico | 6000.0 | Fiorio (1996) |
| Ulla Ulla (2)<br>Ulla Ulla (2) | Altoandino semihúmedo<br>Altoandino semihúmedo | Hidromórfico<br>Hidromórfico | 2375.2<br>2638.8 | Villarroel (1997)<br>Villarroel (1997) |
| Laruta (3)<br>Huacuchani (3)<br>Huacuchani | Altoandino semihúmedo<br>Altoandino semihúmedo<br>Altoandino semihúmedo | Hidromórfico<br>Hidromórfico<br>Hidromórfico | 3636.5<br>1406.3<br>854.7 | Alzérreca y Aquino (1999)<br>Alzérreca y Aquino (1999)<br>Alzérreca y Aquino (1999) |
| Aguas Calientes<br>Aguas Calientes | Altoandino semiárido<br>Altoandino semiárido | Hidromórfico (údico)<br>Mésico (ústico) | 2517.3<br>2398.8 | Luna (1996)<br>Luna (1996) |

(1) Mallines término aplicado a bofedales en Argentina, donde las lluvias por año superan los 700 mm.
(2) El rendimiento menor es el crecimiento acumulado de febrero y el de mayor es el crecimiento acumulado de agosto.
(3) Rendimientos medidos en cercos excluidos del pastoreo por un año.

Fuente: Extraído de Alzérreca et al. (2001).

### 2.1.6 Amenazas de los bofedales

Se encuentran expuestos a varias amenazas que exponen la existencia de los bofedales, principalmente debido a la acción humana. Son susceptibles a la fragmentación, enfrentan amenazas como la extracción de turba, actividad minera, la canalización y desvió del agua, pastoreo del ganado que dañan fuertemente los bofedales no dejan regenerar a las plantas así como la sobrecarga de camélidos. Asimismo, el Cambio Climático es otra amenaza importante para la conservación de los bofedales a largo plazo (Loza et al., 2015). De acuerdo al Ministerio de Ambiente Perú (2019), entre las principales amenazas están:

- **Ganadería**, esta amenaza es el principal factor de degradación por: malas prácticas ganaderas y sobrepastoreo, contribuyen la reducción de la cobertura vegetal y favorecen la erosión del suelo.

- **Cambios en la provisión y cantidad de agua**, generalmente a lo largo de la cuenca, las partes altas desvían el agua y alteran la cantidad de agua que llega a los bofedales aguas abajo. En esta lógica, el retroceso de los glaciares por el Cambio Climático viene generando cambios en los caudales de agua: se incrementa la cantidad de agua en época seca, debido al deshielo y luego se reduce.

- **Cosecha de turba**, es otra gran amenaza. La demanda de turba en viveros y áreas verdes de los espacios urbanas y periurbanos, promueven la extracción de turba, generando la alteración de los cursos de agua, la reducción de la cobertura vegetal y consigo la desaparición de los bofedales.

- **Cambios en la calidad de agua**, las actividades extractivas como la minería, incrementan el contenido de metales pesados en el agua, así como la carga de sedimentos y consigo produce impactos en los bofedales.

- **Quemas**, en ocasiones se producen quemas en bofedales, lo cual puede producir cambios en el drenaje de agua en las turberas, aunque la presencia de humedad no debería facilitar este suceso.

- **Residuos sólidos**, la mala disposición de residuos sólidos, en particular plásticos en las comunidades, también afectan los bofedales; observándose en algunos sitios del área de estudio, la quema de plásticos en los bofedales.

Debido a la acción continua de las amenazas, estos ecosistemas altoandinos han perdido parte de su capacidad de proveer bienes y servicios ambientales como consecuencia de los drenajes, urbanización, agricultura, construcción de represas, sobrepastoreo, construcción de carreteras, contaminación y otras formas de intervención humana (Flores, 2014). Este conjunto de amenazas viene produciendo

un conjunto de problemas que afectan directamente a los ecosistemas, lo cual también repercute en las comunidades ganaderas que dependen de estos ecosistemas de bofedal.

**Tabla 9: Principales amenazas que atraviesan los bofedales.**

| NATURALEZA | AMENAZAS |
|---|---|
| Abióticas | Retroceso glacial |
| | Contaminación natural |
| | Sequías prolongadas |
| | Variaciones extremas de los patrones de precipitación |
| Antrópicas | Sobrepastoreo producido por la actividad pastoril que sobrepasa la capacidad del bofedal para regenerarse |
| | Fragmentación del terreno |
| | Construcción de caminos y carreteras |
| | Construcción de represas |
| | Introducción de especies exóticas vegetales o animales |
| | Contaminación ambiental |
| | Drenaje para expansión de agricultura o para actividades productivas y extractivas |
| | Expansión de la actividad agrícola |
| | Minería |
| | Urbanización |
| | Altas tasas de extracción de la vegetación y suelos orgánicos con |

Fuente: Extraído de Flores (2014).

### 2.1.7 Impactos sobre los bofedales y degradación

Los principales impactos sobre los bofedales, generalmente se asocian a las actividades humanas como las principales responsables de su degradación, entre ellas: excesiva productividad agrícola y ganadera, contaminación de aguas, cambio de uso del suelo, caza de la fauna nativa y extracción de especies vegetales (Castro y Fernández, 2009).

La degradación de tierras puede entenderse, como aquellos espacios que han perdido su productividad natural debido a las acciones inducidas por la actividad Humana (Ministerio de Ambiente Perú, 2019). Es decir, son los ecosistemas que han perdido total o parcialmente alguno de sus factores de producción que alteran la estructura y funcionamiento disminuyendo su capacidad de proveer bienes y servicios.

### 2.1.8 El retroceso glaciar y los bofedales

En los años ochenta, se estimaba que en Bolivia existía alrededor de dos mil glaciares, de los cuales el 80% no abarcaba ni siquiera los 0,5 km$^2$ cada uno. En ese periodo se calculó un total de 566 km$^2$ de glaciares en el ámbito nacional. En

este periodo, el acelerado derretimiento de los glaciares comenzó a inicios de los ochenta y se estima que en los últimos 20 o 25 años después, varios de estos pequeños glaciares habrán desaparecido; varios de los cuales fueron documentados, pero la gran mayoría no tiene ningún registro. Actualmente se estima que los glaciares cubren aproximadamente 500 $m^2$ (Hoffman, 2006, citado en Liberman y Molinillo, 2015).

De acuerdo a estos mismos autores, la causa principal del retroceso de los glaciares es el "calentamiento global", con temperaturas de 0,3°C por decenio a nivel global. Para el caso de Los Andes esta cifra aumenta con la altura; estimándose que a una altura de 3.000 m el aumento de temperatura será de 3,5%; y entre los 5.000 y 6.000 m, en rangos de altura que están los glaciares de Bolivia y Perú, el incremento de temperatura será entre 5 y 6°C. Todos estos cálculos permiten asumir que en los lugares más altos es donde el Cambio Climático y el Calentamiento Global producen un mayor impacto que en el resto de lugares del planeta. Esta condición de retroceso de los glaciares, está produciendo una paulatina disminución en el caudal de los ríos; en particular, épocas secas, donde el agua proveniente de estos glaciares tiene una relevancia en toda la región andina y Altiplano.

Estos aspectos vienen provocando un conjunto de impactos en los ecosistemas altoandinos, entre ellos: impacto sobre la diversidad biológica de alta montaña, alteración de los humedales donde se almacena el agua y regula el clima. Estos impactos negativos, repercuten indirectamente en la economía de las comunidades por la reducción de las precipitaciones pluviales que aportan los pastizales de secano, y en relación al riego de bofedales que corresponde a los sitios de pastoreo intensivo de las llamas y alpacas; lo cual en el mediano y largo plazo estaría desencadenando un conjunto de conflictos sociales en torno al uso del agua (Liberman y Molinillo, 2015). En general el Cambio Climático y acelerado retroceso glaciar, está disminuyendo la disponibilidad de agua en los Andes Centrales (Zeballos et al., 2014)

Además, de acuerdo a estos mismos autores, el Cambio Climático produce variaciones en las precipitaciones y temperaturas invernales más bajas que determinan una mayor vulnerabilidad del ganado camélido. Todo esto también evidencia la evidente escasez de agua para la producción de forrajera en la ganadería altoandina.

Asimismo, los efectos pueden desencadenar ciertos fenómenos como: degradación de los ecosistemas altoandinos; incremento de superficies de bofedales y cuerpos de agua; bajos índices de productividad y deficiente carga animal; bajo porcentaje de fertilidad del ganado camélido; baja calidad de fibra y carne; perdida de la integridad cultural y organización social en la comunidad campesina; bajos ingresos económicos; e incremento de pobreza en ganaderos lo que contribuye en los procesos de migración campesina a las ciudades.

### 2.1.9 Como evaluar la condición ecológica a través del Índice de Integridad Biológica - IBI

El Índice de Integridad Biológica – IBI, es una metodología que busca cuantificar que tanto un sitio se ha alejado de la integridad ecológica ideal. Es decir, la evaluación de la integridad biológica en ecosistemas permite estimar, de manera holística, los efectos del impacto de actividades humanas y es una metodología de amplio uso en el manejo de recursos en varias partes del mundo.

Se define como "la capacidad de un ambiente de soportar y mantener una comunidad adaptada, balanceada e integrada de organismos, que tiene una composición específica, diversidad y organización funcional comparable con la de un hábitat natural de la misma región geográfica" (Ramírez et al, 2012). Su construcción se basa en supuestos y evidencias que exponen la interacción entre la actividad humana y los atributos biológicos de un sitio (Bolívar et al., 2017). Este índice permite hacer predicciones sobre la dinámica de los ambientes acuáticos, y además posee una fuerte correlación de hábitat. Además son de bajo costo y fácil aplicación, que reflejan de manera confiable, las respuestas de la biota a la intervención humana (Barrios et al., 2015).

Asimismo dentro los métodos de evaluación rápida, los aspectos relacionados a la resiliencia y resistencia de los ecosistemas, atributos del ecosistema e indicadores del estado del ecosistema (Ministerio de Ambiente Perú, 2019).

## 2.2 MENCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES

En general, se evidencia diversidad de trabajos de investigación en torno a bofedales. Sin embargo, también se denota la urgente necesidad de ampliar con nuevos trabajos de investigación en áreas aisladas como las que priorizamos en el presente proyecto.

Los bofedales son humedales conocidos también como turberas que se encuentran en la puna. Son ecosistemas andinos hidromorficos con predominancia de vegetación en forma de cojines abombados a planos y presencia de suelos húmicos (Goitia et al., 2007; Naoky et al., 2014; Loza et al., 2015; Ministerio del Ambiente Perú, 2019). En estos espacios predominan las familias Juncaceae y Cyperaceae (García et al., 2014).

Cumplen varias funciones ecosistemitas, entre ellos: reservorios de agua y albergue de biodiversidad, beneficio económico, social y cultural, pues permiten el desarrollo de actividades pesqueras y agrícolas, proveen de agua poblaciones, explotación de turba, leña, recreación y turismo (Castro y Fernández, 2009; Meneses et al., 2015; Ministerio del Ambiente Perú, 2019). Asimismo, son fundamentales en el secuestro

de carbono orgánico y tienen la capacidad de regular las emisiones de $CO^2$ (Loza et al., 2015).

Se constituyen en espacios de aprovechamiento socioeconómico para las comunidades locales, en actividades principalmente de la ganadería camélida, ovina y bovino en menor grado (Liberman y Molinillo, 2015). Pero también expuestos a una sobrecarga animal en especies como llamas, alpacas y especies silvestres como la vicuña. Además y dependiendo del tipo de bofedal, los rendimientos de fitomasa son variados en estos ecosistemas (Alzérreca et al, 2001).

Entre las principales amenazas para su degradación y deterioro, están: ganadería, cambios en la provisión y cantidad de agua, cosecha de turba, cambios en la calidad de agua, quemas, entre otros (Loza et al., 2015; Ministerio de Ambiente Perú (2019). Estas amenazas inducidas por el ser humano, pueden producir impactos particularmente en la capacidad productiva de los bofedales a partir de la degradación de suelos. De otra parte los cambios globales, también producen efectos en estos ecosistemas (Castro y Fernández, 2009; Liberman y Molinillo, 2015; Ministerio de Ambiente Perú, 2019).

Existen investigaciones que priorizan el estudio de bofedales. Sin embargo existe la necesidad de realizar investigaciones desde distintos ámbitos (Goitia et al., 2007; Naoky et al., 2014). Una de las metodologías más aplicables y usados para evaluar el estado de los bofedales, es el uso del Índice de Integridad Biológica, permitiendo indagar los efectos de las actividades antrópicas (Ramírez et al, 2012; Barrios et al., 2015; Bolívar et al., 2017).

En general, es limitada la investigación fundamental y aplicada sobre efectos de los cambios globales en la biodiversidad y los beneficios de los ecosistemas. En el caso de los bofedales son espacios verdes en una matriz árida, que concentran una rica biodiversidad y variedad de beneficios (Dangles et al., 2014). Es necesario la realización y divulgación de investigaciones sobre humedales, además de enfatizar en el rol que cumplen los ciudadanos en su conservación (Castro y Fernández, 2009).

Los aportes de investigación sobre la temática son varios. Sin embargo es evidente la necesidad de realizar investigaciones en distintos ámbitos. Goitia et al. (2007), desde el punto de vista de la gestión y conservación de estos ambientes es necesario profundizar en el efecto ecológico de la presión ganadera sobre el estado trófico de los bofedales y su rol funcional en el sistema íntegro como base de las cadenas tróficas detritívoras, pozas génicas de organismos acuáticos, entre otros. Naoky et al., (2014), la evaluación de los bofedales permite establecer conocer el estado de la riqueza y diversidad de los mismos, para lo cual se pretende utilizar un protocolo con cuadrantes de $1m^2$ e identificar todas la plantas presentes.

## 2.3 CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR

### 2.3.1 Corriente de investigación

En un proceso de investigación, el indagar requiere inicialmente de ubicarnos y centrarnos en primera instancia en el hombre, pues de allí se remonta toda concepción filosófica, epistemológica, teórica y perceptual de cualquier realidad de estudio. En esta lógica surge la corriente del pensamiento del positivismo, que considera que todo aquello que no podía ser sometido al método científico ni ser comprobado, no era forma del saber (Torres y Lamenta, 2015).

Para la presente investigación, asumimos el paradigma positivista que considera. "Lo cuantitativo, empírico – analítico, racionalista, sistemático gerencial y científico tecnológico" (Ramos, 2015). Es decir, este proceso se sustenta la investigación con la hipótesis por medio de estadísticos o determinado los parámetros de una variable. Asimismo, desde el punto de vista de la corriente de investigación, adoptamos la corriente del conocimiento científico aplicando un conjunto de técnicas para la obtención y análisis de la información; complementado con el conocimiento empírico, este último para destacar el conocimiento local sobre la gestión del agua en los bofedales.

## 2.4 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES

En el contexto de una corriente científica y empírica, acudimos a la generación de información primaria y secundaria.

### 2.4.1 Información de fuente primaria

Esta información se obtuvo directamente del trabajo y las mediciones en campo, y estudios complementarios en laboratorio. Para lo cual se realizaron las siguientes acciones:

**a) Observación in situ**,

Corresponde a la etapa de campo, en cuyo proceso se registró información cualitativa en el sitio propio de los ecosistemas sujeto de estudio (bofedales), indagando información complementaria con el entorno social para ampliar información.

**b) Levantamiento de información**

Comprende también la intervención en campo, en el cual se mide y registra información cuantitativa a partir de la medición de las variables en condiciones

naturales y sin ningún tipo de manipulación de las variables, en el presente casos en relación a los bofedales.

**c) Análisis e interpretación**

La información cualitativa y cuantitativa fue centralizada en una base de datos a partir del cual se analizó la información obtenida. Donde aplicamos cálculos, análisis de estadística descriptica y estadística inferencial en algún caso para interpretar e inferir los valores cuantitativos.

### 2.4.2 Información de fuente secundaria

Es la información que se obtuvo de fuentes secundarias: textos, artículos científicos, journals y otros instrumentos, producidos por investigadores e instituciones en relaciona los humedales. En el caso de información municipal, se acudió a la revisión del PTDI de Santiago de Machaca como instrumento de planificación territorial.

# CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

## 3.1 UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis lo constituyen los ecosistemas de bofedales y su contribución en la retención de sedimentos, en comunidades de Llallagua, Hichucata y San Juan de Rosa Pata, pertenecientes al municipio de Santiago de Machaca.

Estos bofedales son ecosistemas que proveen de forraje a especies de ganado, principalmente camélido lo que tiene una alta relevancia socioeconómica para las comunidades, pero también las funciones ecosistemicas que cumplen en comunidades de la cuenca alta y media del Jacha Mauri.

## 3.2 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

El enfoque adoptado para la presente investigación, es el enfoque mixto, el cual combina el enfoque cuantitativo y cualitativo para la obtención de resultados. De acuerdo a Sánchez (2019), el enfoque cuantitativo considera el modelo hipotético – deductivo y modelo causal – explicativo. Por su parte, el enfoque cualitativo adopta el modelo humanista, modelo hermenéutico, modelo fenomenológico y modelo inductivo.

Abordamos el enfoque cuantitativo, para la exploración numérica de datos a través de los transectos para la medición de las variables en los diferentes unidades muestrales de los bofedales, registrando información de la condición del agua, condición del suelo, condición de la biota y alteración del paisaje; así como la contribución de los bofedales en la retención de sedimentos de los procesos de erosión. Además, se ha considerado el enfoque cualitativo, para explorar y obtener información contextual de dichos ecosistemas y los puntos de vista de los actores locales en torno a la gestión comunitaria de los bofedales.

## 3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es no experimental, puesto que no se manipularon las variables independientes, sino, se las observaron en su contexto natural de campo para estudiarlas y analizarlas. Es decir se realizó la búsqueda empírica, científica y sistemática de información en campo, para posteriormente realizar inferencias sobre las variables dependientes e independientes.

Una primera etapa fue a partir de mediciones cuantitativas del objeto de estudio, y posteriormente la generación de información cualitativa. Este aspecto permitió respaldar los resultados, para alcanzar los objetivos y dar respuesta a la hipótesis de trabajo planteada en la presente investigación.

## 3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación depende del enfoque y tipo de investigación planteada para la presente investigación.

En este marco, hemos considerado aspectos importantes para la recolección de información en campo y análisis en laboratorio, las mediciones, la centralización y análisis de la información recolectada, que refleja el estado de situación actual de los 3 bofedales altoandinos.

**Tabla 10: Diseño de la investigación.**

| PROBLEMA | OBJETIVO GENERAL | HIPÓTESIS | VARIABLE INDEPENDIENTE | OBJETO DE ESTUDIO | METODOS Y TÉCNICAS |
|---|---|---|---|---|---|
| ¿Las actividades humanas de las comunidades en ecosistemas altoandinos de Santiago de Machaca, producen efectos al estado de conservación de los bofedales y cual la contribución de estos bofedales en la retención de sedimentos en cabeceras de cuenca? | Evaluar el estado de los bofedales altoandinos ubicados en cabeceras del municipio de Santiago de Machaca, y su contribución en el control de la sedimentación en fuente. | "Si los bofedales altoandinos son ecosistemas frágiles y altamente vulnerables a las actividades antropogénicas y el calentamiento global, entonces se espera encontrar bofedales con diferente estado de conservación y escasa contribución en los procesos de control de sedimentos, por la continua presión de la actividad ganadera en las comunidades del municipio de Santiago de Machaca" | • "Los bofedales de 3 comunidades del municipio de Santiago de Lallagua"<br>• "La contribución de los bofedales en la retención de sedimentos"<br>• "Los bofedales en territorios de la comunidad" | Ecosistemas de bofedal de 3 comunidades del municipio de Santiago de Machaca | **Método de investigación**<br>Enfoque mixto y tipo no experimental, pues no se manipulan las variables independientes<br>**Técnicas de recolección**<br>• Medición<br>• Observación<br>• Entrevista |
| **PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN** | **OBJETIVOS ESPECÍFICOS** | | **VARIABLE INDEPENDIENTE** | **POBLACIÓN Y MUESTRA** | **INSTRUMENTOS** |
| **P1:** ¿Los bofedales son afectados por la actividad ganadera?<br>**P2:** ¿Cuál la contribución de los bofedales en la retención de sedimentos?<br>**P3:** ¿Cuál las medidas locales de gestión de bofedales y cuales más serian prioritarias? | • Evaluar el estado de conservación de ecosistemas de bofedal a partir de indicadores en campo, en comunidades de cabecera del municipio de Santiago de Machaca.<br>• Identificar las contribuciones de los bofedales en el control de los sedimentos en fuente y su uso en medidas de mitigación in situ.<br>• Proponer medidas complementarias para la gestión comunal de los bofedales bajo el enfoque de cuenca. | | • "La condición ecológica"<br>• "Sitios del bofedal que retienen sedimentos"<br>• "Las prioridades de gestión comunitaria" | La población, microcuenca que aporta al rio Mauri. La muestra, 3 bofedales en la parte alta y media de la microcuenca: 3 unidades muestrales en el bofedal de Llallagua, 3 en Hichucata y 2 en San Juan de Rosa Pata | • Recorrido de campo<br>• Valoración in situ<br>• Mapas de ubicación de bofedales en la microcuenca<br>• SIG<br>• Google Earth<br>• Transectos<br>• Planillas de registro<br>• Muestras de suelo y plantas<br>• Análisis en laboratorio<br>• Registro fotográfico<br>• Cuaderno de registro<br>• Reuniones comunales |

Fuente: Elaboración propia (2021).

## 3.5 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.5.1 Variable independiente

**Los bofedales en el territorio**, se identificó como variable independiente "bofedales de 3 comunidades del municipio de Santiago de Machaca". Estos ecosistemas están expuestos a las actividades humanas, principalmente a la crianza de ganado camélido. Existen bofedales naturales y artificiales, estos últimos manejados por la mano del hombre ante la necesidad local de mejorar la producción y disponibilidad de forraje para la alimentación del ganado, particularmente en épocas de estiaje donde el forraje escasea en gran parte de la región del Altiplano.

**Servicios ecosistémicos**, la variable independiente lo constituyen los "servicios ecosistémicos de los bofedales". En relación a la microcuenca y en el territorio, los bofedales de la parte alta y media, son ecosistemas que cumplen distintas funciones sea de provisión, regulación, soporte e incluso cultural de beneficio para las familias locales y el ecosistema en su conjunto.

**Importancia de bofedales para las comunidades**, la variable independiente corresponde a "bofedales en territorios de la comunidad". Los bofedales en la comunidad son espacios de importancia socioeconómica, por lo que permiten el uso y aprovechamiento de recursos para el sector ganadero y consigo el aporte a la economía familiar.

### 3.5.2 Variable dependiente

**Transectos en bofedales**, se identificó como variable dependiente "la condición ecológica". La crianza de ganado camélido (alpacas y llamas), posiblemente este alterando los atributos: a) condición hidrológica, b) condición del suelo, c) condición de la biota y d) alteraciones en el paisaje ante un factor de degradación. Por tanto evaluar su estado de situación puede sugerir la implementación de ciertas acciones de mejora del estado de los bofedales.

**Contribución de bofedales en la retención de sedimentos**, la variable independiente lo constituye "bofedal y retención de sedimentos". Dependiendo de la ubicación del área de bofedal, sitios de contacto con los cursos de agua natural y acequias de irrigación, están expuestos a procesos de erosión y sedimentación por detritos. Sin embargo, una característica de los bofedales es que actúan como espacios de retención y exportación de sedimentos en relación a los flujos de agua en periodos de lluvia.

**Medidas de gestión comunitaria de bofedales**, la variable dependiente lo constituyen "las prioridades de gestión comunitaria". En las comunidades se han incrementado la aplicación de riego a través de canales de tierra, aunque al interior

de la cuenca, este aspecto está alterando los caudales ecológicos aguas abajo, lo cual repercutiría en un problema en torno a la gestión del agua. Bajo un enfoque de cuenca la gestión comunitaria debe contemplar acuerdos entre comunidades que permita una distribución equitativa del agua, considerando a su vez el caudal ecológico.

**Tabla 11: Operacionalización de las variables.**

| VARIABLE INDEPENDIENTE | COMPONENTES | DIMENSIÓN | INSTRUMENTOS | INDICADOR |
|---|---|---|---|---|
| "Bofedales de 3 comunidades del municipio de Santiago de Machacca" | Caracterización de los bofedales (tipo de bofedal: natural y/o artificial inducido) | Características generales de los bofedales | • Recorrido de campo<br>• Cámara fotográfica<br>• Imágenes Google Earth | • Ubicación<br>• Descripción del bofedal<br>• Áreas inundadas<br>• Áreas saturadas<br>• Áreas secas<br>• Áreas a capacidad de campo |
| "Servicios ecosistémicos de los bofedales" | Identificación de servicios (provisión, regulación, soporte y cultural) | Servicios ecosistémicos de bofedales en la cuenca y la comunidad | • Recorrido de campo<br>• Imágenes Google Earth<br>• Ordenador<br>• Internet | • Superficie de bofedales en hectáreas<br>• Ubicación de bofedales<br>• Tamaño (grande, mediano o pequeño) |
| "Bofedales en territorios de la comunidad" | Importancia de bofedales para las familias y las comunidades (alimentación del ganado) | Uso y aprovechamiento | • Entrevistas a comunarios<br>• Observación in situ | • N° de entrevistas a informantes clave<br>• Pastoreo<br>• Turbera u otro |
| **VARIABLE DEPENDIENTE** | **COMPONENTES** | **DIMENSIÓN** | **INSTRUMENTOS** | **INDICADOR** |
| "La condición ecológica" | Evaluación de la condición ecológica (en vegetación: cobertura, MS, abundancia y riqueza; en suelo: profundidad de turba, densidad aparente, MO; en agua: pH, CE y conectividad | Estado de situación y conservación de los bofedales | • Transectos<br>• Planillas de registro<br>• Barreno de muestreo de suelo<br>• Equipo multiparamétrico<br>• Voltímetro<br>• Wincha<br>• Cilindros<br>• Sobres manila<br>• Nylon<br>• Tijera o nabaja | • N° de unidades muestrales<br>• Condición hidrológica del bofedal<br>• Propiedades químicas del agua<br>• Condición del suelo del bofedal<br>• Propiedades físicas y biológicas del suelo<br>• Condición de la biota<br>• Abundancia abosoluta<br>• Cobertura<br>• Biomasa |

| VARIABLE INDEPENDIENTE | COMPONENTES | DIMENSIÓN | INSTRUMENTOS | INDICADOR |
|---|---|---|---|---|
| | | | | • Alteraciones en el paisaje ante un factor de degradación<br>• Factores de degradación<br>• Conectividad hidrológica |
| "Bofedal y retención de sedimentos" | Descripción de sitios de importancia en la retención (erosión, cojines, infraestructura y presencia de sedimentos) | Puntos críticos de importancia en la retención de sedimentos | • Cámara fotográfica<br>• Planilla de registro | • N° de bofedales que contribuyen en la retención de sedimentos<br>• Formas de retención<br>• Signos de erosión en cabecera<br>• Presencia de cojines<br>• Presencia de infraestructura de riego<br>• Presencia de detritos en áreas de bofedal |
| "Las prioridades de gestión comunitaria" | Generación de medidas complementarias (estrategias y acciones prioritarias) | Medidas que contribuyan a una mejor gestión comunitaria | • Reuniones comunales | • Líneas estratégicas<br>• Acciones y actividades prioritarias |

Fuente: Elaboración propia (2021).

## 3.6 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población lo constituye el territorio de la microcuenca que aporta a la cuenca del Jacha Mauri, el cual trascurre por territorios de los municipios de Santiago de Machaca y San Andrés de Machaca.

Se estableció como muestra 3 bofedales en la parte alta y media de la microcuenca, en el territorio del municipio de Santiago de Machaca. Cada bofedal, al interior cuenta: 3 unidades muestrales en el bofedal de Llallagua, 3 unidades muestrales en el bofedal de Hichucata y 2 unidades muéstrales en el bofedal de la comunidad San Juan de Rosa Pata.

## 3.7 AMBIENTE DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación se desarrolló prioritariamente en ambiente de campo abierto y una segunda etapa en laboratorio, particularmente para establecer la

densidad aparente - Da del suelo y la obtención de información de biomasa (kg de MS/ha).

En el primer caso de campo, según Ibisch y Mérida (2003), el territorio de Santiago de Machaca pertenece a la ecoregión del Altiplano, Puna Sureña, Puna Desértica próxima a la Cordillera Occidental que abarca altitudes entre los 3.800 a casi 7.000 metros sobre el mar; paisajes de serranías, extensas llanuras altiplánicas, escasa vegetación, dunas y salares; vegetación de pajonales de *Festuca*, césped bajo en lugares húmedos, bosque abierto de *Polylepis*, pradera halofítica, bofedales y arenales; uso del suelo destinado a la ganadería de camélidos, ovinos y pocos vacunos. En el segundo caso, el trabajo en laboratorio fue complementario, solo para análisis de muestras de laboratorio y vegetación, cuya información es fundamental para percibir el estado del bofedal.

## 3.8 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Siendo el tipo de investigación no experimental, en la cual se realiza la búsqueda de información empírica, científica y sistemática en ambientes de campo y laboratorio, lo cual permitió realizar inferencias de las variables dependientes e independientes. En este marco, entre algunas de las técnicas e instrumentos empleados fueron:

**La medición**, es la acción de medir para obtener un valor numérico con relación a la variable dependiente e independiente. El proceso requiere del registro de información en planillas de registro y cuadernos de anotación. Para lo cual son prioritarios algunos instrumentos y equipos a emplearse están: cinta métrica, cuchillo, cilindro metálico, pala recta, martillo, navegador GPS, barreno muestreador y voltímetro. En materiales: bolsas plásticas y papel, fichas de campo, marcadores indelebles y otros.

**La observación**, es la acción de observar detenidamente y complementaria con la experiencia del investigador. En sentido amplio la observación equivale a dato, a través del experimento y el proceso de someter conductas de algunas cosas o condiciones manipuladas de acuerdo a ciertos principios para llevar a cabo la observación. Algunos de los instrumentos y equipos que pueden apoyar son: cuadernos de anotación, planillas de registro, equipo fotográfico, binoculares y otros complementarios.

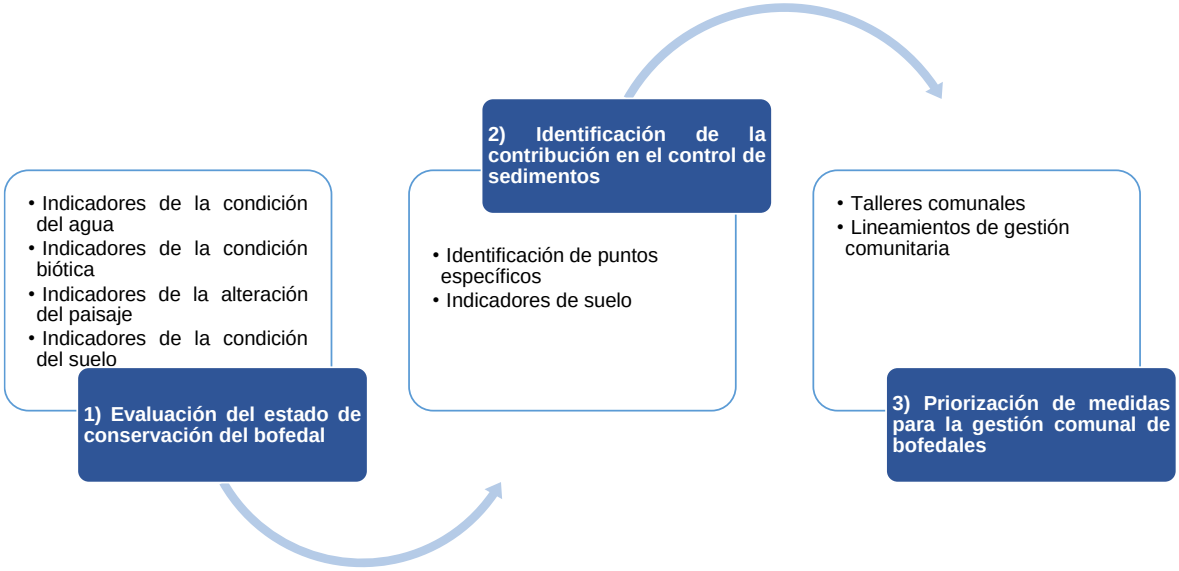
**La entrevista**, esta técnica resulta de importancia para un enfoque de investigación mixta. Este especio permitió establecer una comunicación primaria con los actores locales que contribuyó a la construcción de la realidad, instrumento eficaz en la interrelación humana. Entre los instrumentos empleados fueron la entrevista a actores clave, comunarios con la ayuda de una entrevista semiestructurada y registrada en cuadernos de anotación.

## 3.9 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.9.1 Método o estructura

Considerando como unidad de análisis los ecosistemas de bofedal y su contribución en la retención de sedimentos, la intervención se realizó mediante un proceso secuencial y sistemático de pasos para llevar adelante la investigación.

**Figura 9: Secuencia metodológica del trabajo en relación a los objetivos.**




Fuente: Elaboración propia (2021).

### 3.9.2 Procedimiento metodológico

El proceso metodológico adoptado, se ha agrupado en 5 etapas, en cuyo proceso se desarrollaron las actividades correspondientes para la recolección, análisis e interpretación de la información en torno al trabajo de investigación.

**Etapa 1: Identificación de bofedales y delimitación**

Para la investigación, se identificaron 3 ecosistemas de bofedal de interés: 1 en la comunidad de Llallagua, 1 en la comunidad de Hichucata y 1 en la comunidad de San Juan de Rosa Pata, todas ellas ubicadas en el territorio del municipio de Santiago de Machaca.

**Figura 10: Identificación de bofedales de interés a evaluar.**

Bofedal natural, ubicado en la comunidad Llallagua.

Bofedal inducido, ubicado en la comunidad San Juan de Rosa Pata.

Bofedal inducido, ubicado en la comunidad Hichucata.

Fuente: Elaboración propia (2021).

- Identificación de ecosistemas de bofedal, mediante recorrido de campo y visita a comunidades, se ha observado e identificado 3 bofedales de interés. Para lo cual se ha considerado, lo siguiente: su ubicación en relación a la cuenca del Jacha Mauri; su importancia socioeconómica para las familias locales a través de la crianza de ganado camélido; sus funciones ecosistemicas en la cuenca, su contribución como espacios de retención y control de los procesos de erosión y sedimentación en la cuenca.

- Acuerdo para la investigación, identificado los bofedales de interés, se ha consultado a la autoridad comunal (Mallkus) la posibilidad de realizar el trabajo de evaluación de dichos ecosistemas, el cual fue aceptado y respaldado en un acta común con las 3 comunidades (Ver Anexo C).

- Identificación de cuerpos de agua aportantes al bofedal, en el marco de enfoque de cuenca, se ha valorado los escurrimientos de agua que alimentan estos bofedales, su dependencia en el manejo y gestión de las familias y comunidades dedicadas principalmente a la crianza de ganado camélido (alpaca y llama).

**Etapa 2: Establecimiento de unidades muestrales**

Para el cálculo y distribución del número de unidades muestrales, se tomó como referencia aquellos propuestos por el Ministerio del Ambiente Perú (2019), entre ellos:

- Áreas inundadas, cuando el nivel del agua está por encima de la superficie del suelo.

- Áreas saturadas, cuando la superficie del suelo está cubierta con vegetación y al caminar el agua salpica.

- Áreas en capacidad de campo, cuando al caminar el agua no es notorio y tampoco salpica, aunque al tocar el suelo se humedece la palma de mano.

- Áreas secas, cuando no se percibe la presencia de agua y el suelo está seco.

Por tanto, y en base a dichos criterios, se ha elegido los puntos representativos de los bofedales. Asimismo se ha calculado el número de unidades muestrales en relación a la superficie que abarca cada bofedal (hectáreas) (Ver Anexo D). En total se tienen 8 unidades muestrales: 3 en Llallagua, 3 en Hichucata y 2 en San Juan de Rosa Pata.

- Bofedal de Llallagua (Mediano), este bofedal abarca de 1 a 5 ha, por lo cual se ha establecido 3 puntos o unidades muestrales, para su correspondiente evaluación y distribución en relación al gradiente de humedad y vegetación.

- Bofedal de Hichucata (Mediano), este bofedal se encuentra entre 1 a 5 ha, por lo que también se ha establecido 3 puntos o unidades muestrales, para su correspondiente evaluación y distribución en relación al gradiente de humedad y vegetación.

- Bofedal de San Juan de Rosa Pata (Mediano), este bofedal es de aproximadamente 1 a 5 ha, en el cual se ha implementado solo 2 puntos o unidades muestrales, distribuido una en zona de menor y otra con mayor humedad.

**Etapa 3: Trabajo de campo y mediciones**

De acuerdo a sugerencia del autor mencionado, se recomienda realizar el estudio en época seca con la finalidad de caracterizar de mejor manera el gradiente de humedad en los bofedales. Por tanto, la presente investigación ha considerado esta sugerencia para su evaluación en la época indicada.

**a) Evaluación del estado de conservación del bofedal**

**Condición del agua**

- Nivel de la napa freática en época seca, con la ayuda de un barreno de 4" se realizó un hoyo hasta encontrar el agua. Esta acción del hoyo altera el nivel real del agua, por lo que se esperará un tiempo que permita estabilizar el nivel del agua, mientras se realizará otras mediciones. Para ese fin se ubicará espacios con vegetación en forma de cojín, por los contenidos de turba y la facilidad de hacer el hoyo.

  La medición se realizó con la ayuda de una wincha de 5 m acoplado a un voltímetro. Cuando la punta del cable del voltímetro conectado a la punta de la

wincha, entre en contacto con el agua, se producirá un cambio en el marcador del voltímetro, momento en el cual se procedió con el registro de la información de la medición entre el suelo y agua.

**Condición biótica**

- Abundancia de especies nativas, aplicamos el método de intercepción evaluando 100 puntos en un transecto de 50 m. Para este fin se extendió una wincha de 50 m, en cada 50 cm se registró la especie encontrada. Con este registró se calculó la cantidad de puntos en los que apareció vegetación y se estimó el porcentaje de vegetación nativa.

  Dependiendo de la información obtenida, se calculó la abundancia absoluta (AA) con las especies dominantes y más representativas de los bofedales.

  AA = N° total de individuos pertenecientes a una determinada especie

- Riqueza de especies**,** se incluyó todas las especies de vegetación encontradas, incluye musgos y líquenes. No fue necesario identificar las especies con la nomenclatura binomial, lo que fue necesario saber es cuantas especies había en cada bofedal. Para lo cual cada 50 cm registramos la especie encontrada.

- Cobertura vegetal viva, usando el mismo transecto en distancias 12,5 m, 25 m y 37,5 se estimó la cobertura vegetal, aplicando un cuadrante de 1 x 1 m dividido en 4. Los tres valores obtenidos se promediaron calculando el transecto (proporción de puntos en los que se registró vegetación).

- Biomasa aérea, para esta parámetro, se empleó el método de corte usando los cuadrantes empelados para la medición de la cobertura vegetal, donde colocaremos cuadrados de 25 x 25 cm. Se cortara al ras toda la vegetación y se llevara a laboratorio para obtener materia seca - MS posterior a secado en horno durante 48 horas.

**Alteración del paisaje**

- Presencia de factores de degradación (amenazas) en el bofedal, mediante observación se registraron evidencias de factores de degradación en el bofedal (ver Anexo E), considerando las siguientes categorías: 1) presencia de uno o ningún factor de degradación, en baja abundancia e intensidad, 2) presencia de dos factores de degradación en baja abundancia e intensidad, o un factor con abundancia baja e intensidad alta, o viceversa, alta abundancia y baja intensidad, 3) presencia de dos factores de degradación con alta intensidad o alta abundancia, 4) presencia de tres o más factores de degradación en cualquier grado, o se presenta un factor de degradación con alta abundancia y alta intensidad.

- Conectividad hidrológica del bofedal, se evaluó en unos 500 m alrededor para identificar infraestructura o alteraciones que han modificado el curso natural del agua hacia el bofedal. Se usó los siguientes criterios: 1) no se detectó ningún problema o alteración en las fuentes de agua que alimentan directamente al bofedal, 2) la presencia de carreteras o infraestructura han cambiado la permeabilidad del agua hacia el bofedal, pero no la cantidad de agua que entra. Se han encontrado fuentes de nutrientes, minerales y/o contaminantes en las partes altas de la quebrada (alteraciones de la calidad del agua), 3) se encuentran tomas de agua o canales que funcionan estacionalmente, o carreteras que reducen la cantidad de agua que entra al bofedal, 4) se encuentran carreteras y tomas de agua o canales permanentes que desvían y eliminan la entrada de agua de estas fuentes hacia el bofedal.

**Condición del suelo**

- Profundidad de turba**,** en el mismo hoyo donde se midió la napa freática con el barreno, se realizó también la medición de la profundidad de la turba. Cada que se extrajo material con el barreno, se revisó la punta del barreno para percibir si aún es turba.

- Materia orgánica superficial, para el contenido de materia orgánica - MO, se tomó la primera parte extraída con el barreno. Para lo cual previamente con la ayuda de un cuchillo se retiró la vegetación, por lo que la muestra representó los primeros 10 cm de la turba. Se tomó una muestra de cada unidad muestral la cual se colocó en una bolsa sellada y codificada para su posterior análisis en un laboratorio.

- Densidad aparente en la capa superficial, inicialmente se escogió un cilindro metálico de volumen conocido. Posteriormente, ídem al anterior punto, también se retiró la vegetación de la superficie en el área de muestreo. Paso siguiente, se introdujo el cilindro metálico para obtener la muestra a unos 4 a 5 cm de la profundidad de la superficie del suelo, verificando que esté lleno todo el volumen del cilindro, para luego la muestra sea puesta en una bolsa sellada y codificada, y su posterior análisis en laboratorio.

$$Da = \frac{\text{Mss (g)}}{\text{V } (cm)^3}$$

Donde:
Da = Densidad aparente
Mss = masa o peso del suelo
V = Volumen del cilindro

- Signos de erosión, para este atributo se describió el sitio considerando los siguientes aspectos: 1) <10% del área presenta signos de erosión laminar

superficial y movimiento de mantillo, 2) se observa signos de erosión laminar en <25% del área y poca evidencia de alteración (vegetación seca, removida y/o pudriéndose) en los cojines, 3) presencia de erosión laminar profunda, formación de surcos y zanjas en al menos el 15% del área y/o se presentan cojines fraccionados: presencia de vegetación seca, removido o podrida en la superficie de la vegetación de cojín, en al menos 20% del área, y 4) presencia de una severa erosión en la superficie de la vegetación en al menos el 25% del área; se han formado parches y el nivel del agua está 10 cm o más de profundidad, en relación a la superficie del suelo con vegetación de cojín 0 a 25% del área presenta la formación de surcos y depresiones profundas.

**b) Identificación de la contribución en el control de sedimentos**

- Identificación de sitios de importancia en la retención de sedimentos, se identificaron sitios de importancia en la retención de sedimentos en el área del bofedal, considerando los siguientes aspectos: 1) cabecera del área de bofedal presenta signos de erosión, 2) presencia de cojines en sitios de contacto con el curso principal de agua, 3) presencia de obras derivadoras y acequias de conducción de agua al bofedal.

- Impactos de la sedimentación en el bofedal, se registró posibles impactos de la sedimentación en el bofedal, considerando: 1) <10% del área de bofedal tiene presencia de arenas y pastura ligeramente afectada, 2) del 11 al 30% del área de bofedal con presencia de sedimentos y pastura moderadamente afectada, 3) 31 al 50% del área de bofedal con presencia de sedimentos y pastura fuertemente afectada, y 4) >51% del área de bofedal con presencia de sedimentos y pastura extremadamente afectadas.

**c) Priorización de medidas para la gestión comunal de bofedales**

- Reuniones comunales**,** se realizó reuniones informales con informantes clave y/o propietarios de bofedales. Para este fin se realizara una entrevista semiestructurada con preguntas destinadas a identificar las acciones locales para el manejo de los bofedales

- Lineamientos de gestión comunitaria**,** en base a la información generada de los actores locales (entrevistas) y la evaluación en campo, se generó y sugirió líneas estratégicas, acciones, actividades e ideas de proyectos prioritarios destinados a mejorar la gestión comunitaria de los bofedales.

**Etapa 4: Análisis e interpretación de la información**

La información recolectada en campo, fue centralizada en una base de datos (Excel). Para el objetivo específico 1 de evaluación, con la información de las

mediciones realizadas en campo y las muestras recolectadas y analizadas en laboratorio, se estimaron los puntajes considerando los rangos de puntuación (Ver Anexo F).

Para el objetivo específico 2 de identificación de la contribución y objetivo específico 3 de priorización de medidas de gestión comunitaria, la información recolectada también fue centralizada en una base de información para su análisis e interpretación, y reflejada en el capítulo de resultados.

**Etapa 5: Identificación del valor ecológico del ecosistema bofedal**

Una etapa final del proceso de evaluación del IBI, es el cálculo del valor ecológico que refleja un único resultado del estado de situación de los bofedales. Este valor ecológico se obtuvo promediando los valores de los indicadores de todas las unidades muéstrales, que dará respuesta al primer objetivo (Ver Anexo H). Para los objetivos segundo y tercero, la información del IBI es complementaria, y permitieron proponer medidas para mejorar la gestión comunitaria de los bofedales y consigo la resiliencia de e dichos ecosistemas y la comunidad en su conjunto.

### 3.9.3 Criterios de validez

**a) Validez interna**

Se realizó mediciones (Ver Anexo I) de la variable independiente, es decir se evaluó el estado de conservación de los bofedales de Llallagua, Hichucata y San Juan de Rosa Pata, en relación al uso y aprovechamiento para fines de actividad ganadera camélida altoaldina y la contribución en el control de sedimentos, empleando la metodología IBI, propuesto por autores como (Ramírez et al., 2012; Barrios et al., 2015; Bolívar et al., 2017; Ministerio del Ambiente Perú, 2019), entre otros autores que emplearon este índice, para evaluar el estado de conservación de ecosistemas. Es recomendado para establecer la condición en que se encuentra un ecosistema, en el presente caso el estado de un bofedal en relación a un sistema conservado, lo cual se basa en la aplicación de 4 atributos: a) condición hidrológica, b) condición del suelo, c) condición de la biota y d) alteraciones en el paisaje ante un factor de degradación (Ministerio del Ambiente Perú, 2019).

**b) Validez externa**

Permite identificar el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente, a partir de analizar los cuatro atributos mencionados en los bofedales de las comunidades donde se realiza el pastoreo de ganado camélido. Estos atributos permitieron analizar el estado de conservación de los bofedales, los cuales están expuestos a la actividad antropogénica y afectado por varios factores de perturbación, entre ellos la reducción de la cobertura vegetal por la sobrecarga

animal, procesos de erosión, sedimentación, entre otros. De otra parte, identificar la contribución de estos ecosistemas en la retención y reducción de los procesos de sedimentación en fuente, que aguas abajo genera la acumulación de sedimentos y la generación de inundaciones, desbordes y otras afectaciones a lo largo de la microcuenca. Finalmente, los bofedales se han convertido en espacios de mucha importancia para las comunidades y estos desde tiempos ancestrales han empezado a realizar gestión, con la finalidad de mejorar la productividad de forrajes para la alimentación del ganado y consigo mejorar sus condiciones socioeconómicas.

### 3.9.4 Confiabilidad

La estimación del valor ecológico de un bofedal a partir de la aplicación del IBI, se encuentra entre los más recomendados y utilizados en estudios ecológicos. Pues permite identificar que tanto un sitio se ha distanciado de la integralidad ecológica ideal. Este índice se compone por diferentes medidas biológicas que son sensibles al estrés ambiental. “Este valor se ubica dentro de un gradiente, que permite la comparación con otros sitios evaluados, con diferentes niveles de degradación” (Ministerio del Ambiente Perú, 2019).

# CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

## 4.1 DIAGNÓSTICO

### 4.1.1 Análisis documental

En el trabajo de la investigación, hemos acudido a información secundaria como artículos científicos, textos electrónicos, journals y textos impresos con información de base científica, para abordar el estudio de bofedales altoandinos. Pero también, hemos generado información primaria, con la evaluación en campo de los ecosistemas sujetos de investigación, realizando mediciones cuantitativas y cualitativas a través de transectos, para consolidar respuestas a la problemática, los objetivos específicos y la hipótesis planteada.

### 4.1.2 Trabajo de campo

La evaluación de campo, se desarrolló en dos etapas: una primera visita de campo, destinado a identificar las comunidades con bofedales de interés en relación a la cuenca, mismo que se realizó entre meses de mayo y junio; una segunda etapa, ya para la recolección de información a través de mediciones in situ, en meses secos de agosto y septiembre, como sugiere la metodología. Ambas etapas fueron ejecutadas en la gestión 2021.

### 4.1.3 Recolección, presentación, análisis e interpretación de los datos

La información generada con las mediciones en campo, fue registrada en una planilla, realizando la mensura de variables como: comunidad vegetal dominante, especies nativas, profundidad de la turba, nivel de napa freática, pH, CE, cobertura, signos de erosión, factores de degradación, coordenadas y otras observaciones en relación a la contribución en la retención de sedimentos. Dicha información fue centralizada en una base de datos Excel, a partir del cual se utilizó estadística descriptiva. En las muestreo de suelo, se registró información de comunidad, unidad muestral, fecha y responsables del muestreo, para su posterior análisis de densidad aparente en laboratorio. Para comparar el estado entre bobedales, se aplicó el programa PAST para analizar e interpretar la prueba estadística inferencial de Mann – Whitney U en la heterogeneidad de las muestras independientes, y el SigmaPlot 14 para la elaboración de gráficos.

Además para los estudios de agua pH y CE se ha utilizado un equipo multiparámetrico EXTECH INSTRUMENTS A FLIR COMPANY, gracias a PRACTICAL ACTION. Asimismo para registro de ubicación espacial de los bofedales, se ha utilizado un GPS Garmin eTrex 10 en la ubicación de los cuadrantes y registrados en la planilla mencionada. De manera complementaria,

empleamos fotografías de una cámara digital y celular, y el apoyo de imágenes de Google Earth Pro para ubicar los sitios de los ecosistemas.

Asimismo para caracterizar la contribución de los bofedales en el control de sedimentos y las medidas de gestión comunitaria, se han realizado entrevistas a informantes calve, así como descripción de acumulación de sedimentos durante el muestreo de suelos en los bofedales.

### 4.1.4 Codificación y digitalización

A cada transecto y unidad muestral, se asignó un código específico que identifica las muestras de suelo y vegetación para cálculo de materia seca (kg MS/ha) para su análisis en laboratorio. En el caso de las muestras de suelo, se codifico de la siguiente manera: letras iniciales del nombre de la comunidad, unidad muestral y N° de transecto. En el caso de las muestras para MS, se registró también: iniciales del nombre de la comunidad, unidad muestral y N° de transecto.

Con el detalle de código más información de responsables de la colecta, fecha y lugar, se enviaron las muestras de suelo al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía - LAFASA de la Universidad Mayor de San Andrés, para el análisis de parámetros físicos: densidad aparente, y parámetro químico: materia orgánica.

Los parámetros de profundidad de la turba (cm), nivel de la napa freática (cm), cobertura de la vegetación (%), pH, CE (uS/cm), signos de erosión, factores de degradación, conectividad hidrológica y contribución en el control de sedimentos, se registraron directamente en una planilla de registro de campo.

## 4.2 PRESENTACIÓN DEL MODELO DE RESULTADO Y DISCUSIONES

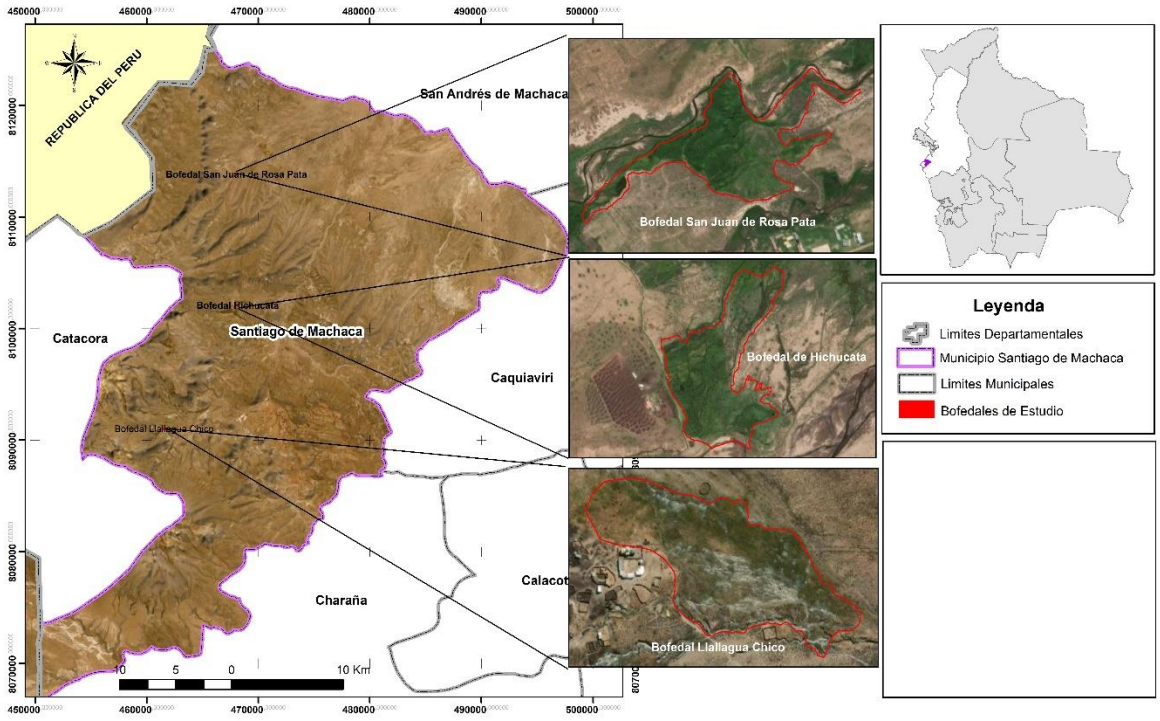
Evaluamos un total de 8 unidades muéstrales en 3 bofedales ubicados en las comunidades de Llallagua, Hichucata y San Juan de Rosa Pata, pertenecientes al municipio de Santiago de Machaca.

Aplicamos el método de transectos de 50 m de largo, distribuidos en la parte alta, media y baja de cada bofedal, para evaluar la condición ecológica que sugiere el IBI, en medidas biológicas sensibles al estrés ambiental (intervención antropogénica), entre ellos: condición del agua, condición del suelo, condición de la biota, alteración del paisaje, además de la identificación de la contribución en la retención de sedimentos y medidas de gestión comunitaria para el manejo.

La recolección de información de campo, se desarrolló en periodo seco, meses de agosto y septiembre del año 2021, como sugiere la metodología para la evaluación del estado de bofedales en relación a la metodología del IBI, considerando que a nivel de la región altoandina, corresponden a periodos secos donde los caudales se

encuentran reducidos y donde las comunidades realizan la aplicación recurrente de riego para una mejor disponibilidad de forraje.

**Figura 11: Ubicación de los bofedales en el territorio de Santiago de Machaca.**




Fuente: Elaboración propia en base a imagen Google Earth (2021).

Los bofedales evaluados, corresponden a tipos distintos: 1 ubicado en la comunidad de Llallagua, del tipo de bofedal natural (hidromórfico) cuya formación se remonta a tiempos atrás y últimamente dependiente de la intervención humana con la aplicación de riego; 2 bofedales, ubicados en las comunidades de Hichucata y San Juan de Rosa Pata, del tipo artificial (mésico), los cuales tienen una clara intervención de la mano del hombre, tanto en su proceso de formación, como en su manejo y ampliación de ambos ecosistemas para fines de ganadería altoandina.

### 4.2.1 Evaluación del estado de conservación de bofedales

El rango altitudinal de los bofedales evaluados, se encuentran en un gradiente que comprende los 3.900 a 4.250 metros sobre el nivel del mar - msnm, en las cabeceras del territorio perteneciente al municipio de Santiago Machaca, cuenca del Jacha Mauri.

Estudios sobre características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano en la cuenca del sistema TDPS realizados por Prieto et al. (2001), destacan los grupos de bofedales hidromórficos o hídricos (de régimen hídrico continuo) y los

mésicos o ústicos (de régimen hídrico temporal). Además destacan la relación en términos de superficie entre hidromórficos y mésicos, donde encontraron que el primer grupo representa el 78% (80.218 ha) y el segundo grupo el 22% (22.123 ha) del área de influencia del sistema TDPS en los departamentos de Oruro y La Paz. El área de intervención de la presente investigación, se encuentra dentro del área de influencia del sistema TDPS, en el cual se observa superficies importantes de bofedales del grupo mésico o ústicos, los cuales se consideran artificiales por la intervención voluntaria de la mano del hombre, ante la necesidad local de incrementar la disponibilidad forrajera para la actividad ganadera altoandina.

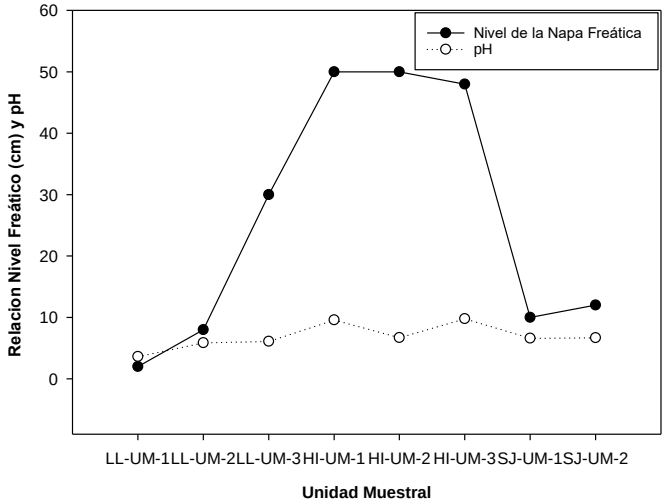
**Tabla 12: Características altitudinales de los bofedales.**

| COMUNIDAD/BOFEDAL | TIPO DE BOFEDAL | SUPERFICIE (ha) | ALTITUD (msnm) | REGIMEN HÍDRICO | pH AGUA |
|---|---|---|---|---|---|
| Llallagua | Natural | 4,36 | 4.228 | Hidromórfico | 5,17 |
| Hichucata | Artificial | 2,5 | 3.965 | Mésico | 8,69 |
| San Juan de Rosa Pata | Artificial | 3,55 | 3.937 | Mésico | 6,65 |

Fuente: Elaboración propia (2021).

Las propiedades químicas como el pH del agua de los bofedales evaluados, presentan promedios distintos: aguas de la napa freática del bofedal de Llallagua Chico (5,17), Hichucata (8,69) y San Juan de Rosa Pata (6,65). Las mediciones de pH en Llallagua y San Juan de Rosa Pata, se hicieron en aguas de la napa freática de hoyos aperturados con un barreno muestreador. Sin embargo en el caso de Hichucata, las mediciones se realizaron en aguas superficiales a lado de los unidades muestrales, en razón a que no existía buena saturación en los hoyos; además estas áreas se encontraban regadas al momento del muestreo, y en los hoyos aperturados no se pudo encontrar la napa freática y por debajo de los 10 cm se observa la predominancia de arena y limo

**Figura 12: Relación entre napa freática y profundidad de la turba.**




Fuente: Elaboración propia en base a datos de campo (2021).

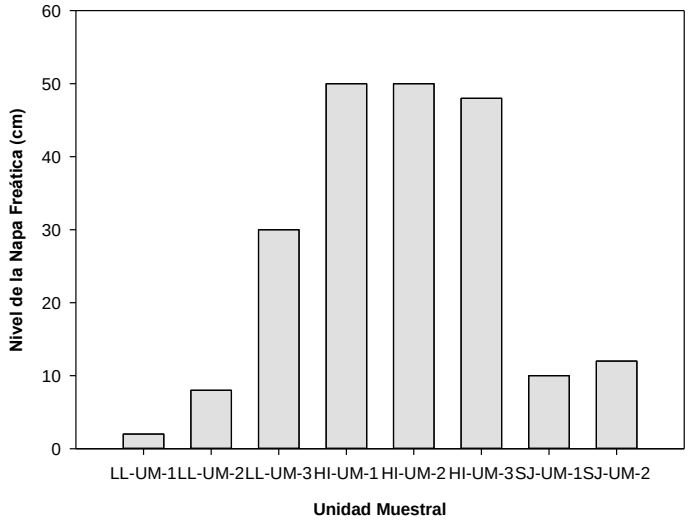
Los valores de pH de Llallagua y San Juan de Rosa Pata, son ácidos por la influencia de la turba al interior del sustrato; pero en el caso de Hichucata, las aguas superficiales presentan un pH básico, lo cual obedece al lavado de sales de la superficie por el riego. Al respecto, Manho y Anaya (2018), la descomposición que ocurre al interior de la turba (catotelmo) saturada de agua a diferencia de la parte superior (acrotelmo), genera que el agua adquiera un pH acido; donde también influye el material geológico en la composición química de las aguas.

Desde la perspectiva local, relacionado a la ganadería camélida, pasturas o bofedales con afloramientos salinos, permite dar un mejor sabor a la carne, lo cual genera algunas ventajas en el mercado y resultan atractivos para el pastoreo.

### a) Condición del agua

El nivel de la napa freática en época seca, es uno de los indicadores de la condición ecológica de los bofedales. Las mediciones in situ, exponen los siguientes hallazgos: en el bofedal natural de Llallagua Chico el promedio de la napa freática es de (13,33) cm, en el bofedal de Hichucata a los (51,00) cm y en San Juan de Rosa Pata a los 11,00 cm de profundidad.

**Figura 13: Niveles de napa freática en bofedales del tipo natural y artificial.**



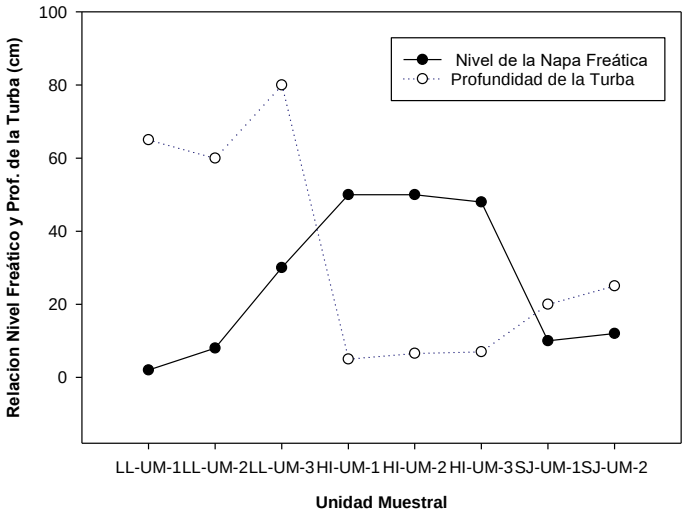

Fuente: Elaboración propia en base a datos de campo (2021).

Existe una relativa diferencia entre bofedales naturales y artificiales, aunque en el caso de San Juan de Rosa Pata, se observa que la napa freática se satura a baja profundidad y precisamente por la aplicación de riego y la esponja formada en este bofedal. Al respecto, en estudios sobre flora e hidrología, se observó que existen diferencias en los niveles freáticos entre turberas naturales y antrópicas: donde la primera presentó la napa freática a menor profundidad y la segunda a mayor profundidad (Díaz et al., 2008), es decir que en bofedales la napa freática esta sobre o muy cerca el nivel del suelo (Fuentealba, 2019). Destacando además que

actividades extractivas de turba afectan la ecología e hidrología del lugar, y por ende la napa freática. Este detalle de extracción de turba no se observa en el área de intervención.

De otra parte, estas variaciones en el nivel de la napa freática, asumimos que están muy ligados a la antigüedad de la esponja verde, la cobertura vegetacional (formación de cojines), la acumulación de materia orgánica (en forma de turba), el relieve del paisaje, entre otros. De acuerdo a Díaz et al., (2008), destaca que las turberas son grandes reservorios de agua dulce que inciden en el clima y la hidrología, donde el estrato superficial están conformadas por especies de plantas con amplia capacidad de retener humedad.

**Figura 14: Relación entre napa freática y profundidad de la turba.**



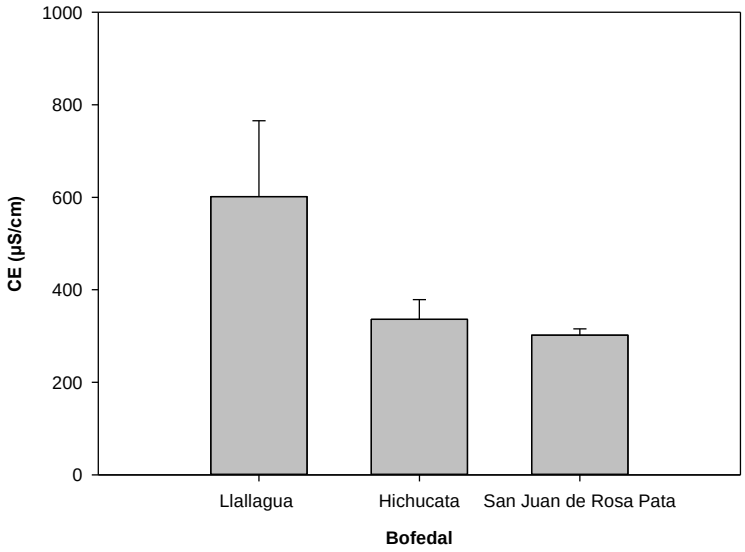

Fuente: Elaboración propia en base a datos de campo (2021).

La anterior figura, muestra la relación entre el nivel de la napa freática y la profundidad de la turba en cm, destacando que una mayor profundidad acumulada de la turba, permite un nivel freático más próximo en relación a la superficie del suelo; contrariamente, mientras menor la profundidad de la turba, el nivel freático es más profundo y menos la probabilidad de saturación del agua. En ambos casos, la acumulación de materia orgánica dependerá del estado de la cobertura vegetal y la antigüedad del ecosistema de bofedal, así como de su conservación.

Respecto a la conductividad eléctrica - CE del agua en los bofedales del área de estudio, fueron tomadas en el mes de septiembre, temporada seca en la región del Altiplano. Se encontraron los siguientes promedios: bofedal de Llallagua (413,17 +/- 163,99) µS/cm, Hichucata (146,23+/- 42,68) µS/cm y en el de San Jun de Rosa Pata (233,50 +/- 13,44) µS/cm, respectivamente. Según Figueroa et al., (2009) en el balance hidrológico depende de factores geográficos y topográficos, donde encontraron valores de CE por encima de 11.918,2 µS/cm en la zona semiárida de

Chile Central; Manho y Anaya (2018), resaltan que la geología de un bofedal influye sobre la composición química de las aguas subterráneas contenidas en su turba; las más comunes, son las sales de Ca con concentraciones menor a los 0,4 g/l (Portal et al., 2018), lo cual asumimos también ocurre en los bofedales evaluados, donde existen afloramientos salinos y en cabeceras se observa material de partida tipo ígneo, bajo fuerte proceso de meteorización química.

**Figura 15: Conductividad eléctrica por bofedal.**




Fuente: Elaboración propia en base a datos de campo (2021).

Asimismo las concentraciones de sales suelen ser variables entre época seca y época lluviosa. Así también lo destacan los autores Manho y Anaya (2018), la variación estacional incrementa las concentraciones y reducen en la temporada húmeda, encontraron también que la ausencia de lluvias y el bajo nivel del agua coincide con el incremento del bicarbonato y demás cationes. En los bofedales, un incremento en la CE, refleja también un incremento en las concentraciones de sales, lo cual repercute en una disminución en la producción de biomasa viva.

En el área de estudio, se observaron afloramientos de sales en la superficie del suelo, lo cual ciertamente reflejan los valores de la anterior gráfica. En Llallagua, la cabecera del bofedal se encuentra seco, y precisamente la medición en dicho punto alcanzo el valor más alto de 601,5 µS/cm para el mes de septiembre, mismo que se asocia al material de partida que muestra la presencia de rocas del tipo calcáreo como se observa en las fotografías. Además, esta área del bofedal fue sometida a una quema y la comunidad dejo de irrigar por el crecimiento acelerado del pacu pacu (*Phylloscirpus desertícola*), especie no deseada por los comunarios por ser espinosa y poco palatable para el ganado.

Durante las mediciones de CE, las temperaturas del agua estuvieron en distintos rangos: Llallagua entre 9,3 a 9,6°C, Hichucata 23,1 a 27,7°C y San Juan de Rosa Pata entre 12,0 a 12,2°C.

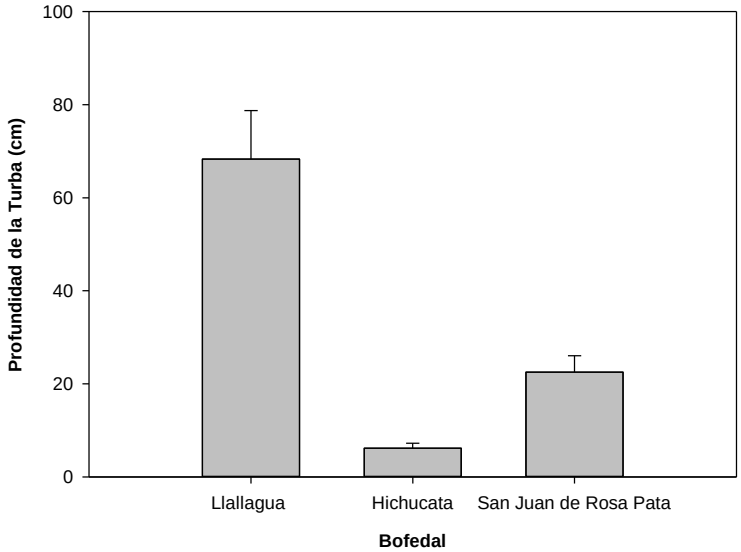
**Figura 16: Fotografías del bofedal Lallagua, nótese al fondo el material de partida y afloramientos de sales.**

Fuente: Elaboración propia (2021).

## b) Condición del suelo

Los valores promedios de profundidad de turba encontrada en los bofedales de estudio, fueron: Llallagua (68,33 +/- 10,41) cm, Hichucata (6,18 +/- 1,05) cm y San Juan de Rosa Pata (22,50 +/- 3,54) cm. Según Palabral (2013), en estudios de bofedales en el territorio de Sajama, encontraron similares profundidades de bofedal de 0,81 m, destacando además la formación de biomasa por la composición florista existente, como base para la formación de turba.

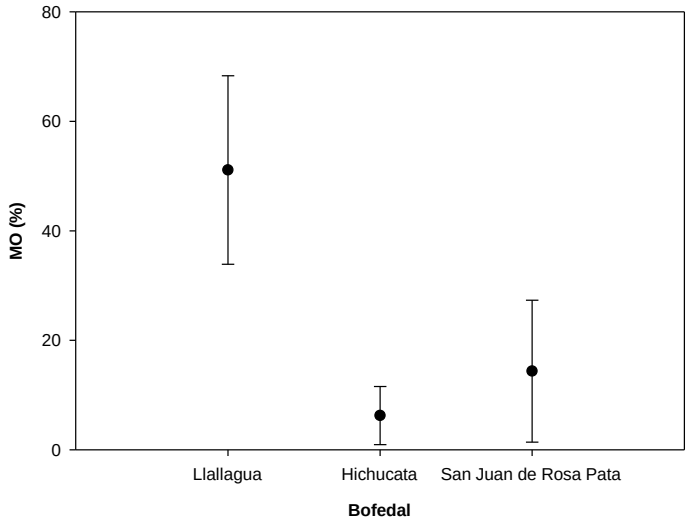
**Figura 17: Profundidad de la turba por bofedal.**




Fuente: Elaboración propia en base a datos de campo (2021).

Las diferencias de profundidad entre los bofedales estudiados, obedecen a: las características intrínsecas de cada tipo de ecosistema; la bodiversidad vegetacional como fuente de formación de residuos orgánicos; el tiempo de su formación y la exposición a las actividades antropogénicas. El primer bofedal (Llallagua) considerado natural – hidromórfico – hídricos, presenta una mayor profundidad en relación a los bofedales artificiales – mésico – ústico (de Hichucata y San Juan de Rosa Pata. Asimismo, la presencia de turba en bofedales juega un papel importante en la dinámica hidrológica; las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; la cobertura vegetal y por ende, los servicios ecosistémicos en su conjunto. Al respecto, Ramsar (2018), en la regulación del clima, la sola presencia de turba en 15 cm de espesor, permite afirmar que contiene más carbono que un bosque que ha almacenado gran cantidad de carbono en varios años. En este contexto, la turba y consigo el bofedal, de acuerdo al Ministerio del Ambiente Perú (2019), también cumplen los servicios de: provisión, regulación, soporte y culturales.

**Figura 18: Contenido de MO por bofedal.**




Fuente: Elaborado en base a resultados de laboratorio (2021).

En relación a la condición de, suelo, otro indicador es el contenido de materia orgánica – MO. En estos ecosistemas el suelo en los bofedales puede caracterizarse como una combinación de materia orgánica y sedimentos arenosos, limosos e incluso arcillosos, relativamente húmedos, oscuros y con una gran capacidad de retención líquida (Palabral, 2013).

En el contenido de MO bajo el método de Walkley y Black, mostró que el bofedal de Llallagua presentó un mayor contenido de MO (51,10 +/- 17,23), seguido de San Juan de Rosa Pata (14,34 +/- 12,96) e Hichucata (6,24 +/- 5,30), % respectivamente. Estas diferencias reflejan que el bofedal natural destaca por su mayor contenido de MO, aunque en el caso de San Juan de Rosa Pata destaca también valores relativamente elevados, lo cual aspecto que permite inferir que el factor tiempo, la

diversidad florística y la producción de biomasa por la flora, contribuyen en la producción de turba y consigo de MO. En este contexto, Loza et al., (2015) destaca que la ausencia de la relación riqueza - área se podría explicar por el hecho que todos los bofedales generan su propio sustrato orgánico, a veces de varios metros de materia orgánica formada durante varios siglos.

La Da, es otro indicador del atributo de la condición del suelo. Este parámetro relaciona la masa del suelo seco y el volumen que ocupa ese suelo seco del bofedal. Los promedios de Da encontrados bajo el método del Cilindro, muestran que el bofedal de Llallagua presenta una Da de (0,15 +/- 0,12) g/ $cm^3$, seguido del bofedal de Hichucata (0,27 +/- 0,28) g/ $cm^3$ y San Juan de Rosa Pata (0,95 +/- 0,01) g/$cm^3$, siendo los dos primeros bofedales con baja Da en comparación al de San Juan de Rosa Pata.

La relación de Da y profundidad de la turba, es un indicador que demuestra los servicios ecosistémicos en un bofedal. Mientras más alto es el contenido de MO, menor será la Da (Palabral, 2013), lo cual se refleja en la capacidad de almacenamiento de carbono y agua (Ministerio del Ambiente Perú, 2019).

**Tabla 13: Densidad aparente del suelo por unidad muestral.**

| COMUNIDAD/BOFEDAL | UNIDA MUESTRAL | DA (g/$cm^3$) |
|---|---|---|
| Llallagua | LL-UM-1 | 0,095 |
| | LL-UM-2 | 0,288 |
| | LL-UM-3 | 0,079 |
| Hichucata | HI-UM-1 | 0,971 |
| | HI-UM-2 | 0,555 |
| | HI-UM-3 | 1,085 |
| San Juan de Rosa Pata | SJ-UM-1 | 0,953 |
| | SJ-UM-2 | 0,942 |

Fuente: Elaborado en base a resultados de laboratorio (2021).

Estos atributos, permiten evaluar la condición del suelo. Sin embargo, el suelo al ser la capa superficial que permite a la vegetación anclar sus raíces y por ende el crecimiento y desarrollo de las plantas, tal situación hace que el ecosistema de un bofedal sea atractivo para las especies domésticas (alpacas, llamas, ovejas y otros) y silvestres (vicuña y otros). Esta relación de herbívoría, genera riesgos de erosión como la sobrecarga animal, además de otras actividades humanas que generan una presión hacia los bofedales y consigo impactos negativos en el ecosistema.

**Tabla 14: Evaluación de signos de erosión en bofedales.**

| COMUNIDAD /BOFEDAL | CRITERIO | DESCRIPCIÓN DEL AREA DE BOFEDAL |
|---|---|---|
| Lallagua | <10% del área presenta signos de | El bofedal se encuentra en la parte alta de la microcuenca, existen signos de erosión laminar, e |

| COMUNIDAD /BOFEDAL | CRITERIO | DESCRIPCIÓN DEL AREA DE BOFEDAL |
|---|---|---|
| | erosión laminar superficial y movimiento de mantillo | inicios de erosión en surcos y cárcavas en inmediaciones, que generan sedimentos.<br><br>La cabecera del bofedal se encuentra seco e influenciado por la presión humana (corrales de ganado, viviendas, ausencia de riego).<br><br>La parte superior y ambos flancos del bofedal, se evidencia la dispersión de sedimentos arrastrado de las cabeceras que empiezan a cubrir y secar la cobertura vegetal (*llajmas*), y consigo genera suelos desnudos ampliando el riesgo de erosión laminar. |
| Hichucata | | En cabeceras existen procesos de erosión laminar y arrastre de sedimentos que cubre parte del bofedal (*llajmas*). En el punto de contacto con el rio, el rio viene produciendo el derrumbe del bofedal, reduciendo consigo las superficies. |
| San Juan de Rosa Pata | | Existe erosión laminar en menor grado, pero una fuerte acción del rio en épocas de lluvias que produce derrumbes en bordes del bofedal. También es frecuente la presencia de depósito de sedimentos en el bofedal (*llajmas*). |

Fuente: Elaboración propia (2021).

En los bofedales de Llallagua, Hichucata y San Juan de Rosa Pata, se observa la existencia de signos de erosión menor al 10% del área, inicios de erosión laminar por agentes de transporte como el agua en épocas de lluvia (de enero a marzo) y el viento en épocas secas (de julio a noviembre).

### c) Condición de la biota

En los transectos evaluados de 50 m, y puntos de intercepción cada 50 cm, el conteo mostró una mayor proporción de especies nativas: Llallagua (100%), San Juan de Rosa Pata (96,50) e Hichucata (96,33%). Estos valores reflejan una baja alteración en lo biodiversidad vegetacional, aunque no se descarta la existencia de algunas especies exóticas.

La riqueza representa el número de especies y número de individuos de cada especie en una comunidad. En 8 transectos de 50 m de largo, con puntos de intercepción cada 50 cm, la riqueza está representada por 11 especies agrupadas en 8 familias distintas: Cyperaceae (*Phylloscirpus* spp.*y Phylloscirpus desertícola*), Poaceae (*Deyeuxia curvula, Deyeuxia* sp*. Stipa ichu*), Rosaceae (*Lachemilla diplophylla*), Gentianaceae (*Gentiana prostrata*), Compositae (*Werneria pygmaea*), Asteraceae (*Leucheria* sp.), Campanulaceae (*Lobelia oligophylla*) y Juncaceae (*Distichia* sp.).

Por su parte la diversidad está representado por las 11 especies y un total de 780 individuos contabilizados, siendo las especies más abundantes: *Deyeuxia curvula* con 253 individuos contabilizados en los tres bofedales, seguido de *Phylloscirpus desertícola* con 180 individuos y *Phylloscirpus* spp., con 149 individuos encontrados en los transectos implementados. El resto de las especies tiene una abundancia menor a 71 individuos.

**Tabla 15: Riqueza y diversidad de especies en bofedales evaluados.**

| N° | ESPECIES | FAMILIA | ABUNDANCIA |
|---|---|---|---|
| 1 | *Phylloscirpus* spp. | Cyperaceae | 149 |
| 2 | *Phylloscirpus desertícola* | Cyperaceae | 180 |
| 3 | *Deyeuxia curvula* | Poaceae | 253 |
| 4 | *Deyeuxia* sp. | Poaceae | 42 |
| 5 | *Lachemilla diplophylla* | Rosaceae | 70 |
| 6 | *Gentiana prostrata* | Gentianaceae | 1 |
| 7 | *Werneria pygmaea* | Compositae | 1 |
| 8 | *Leucheria* sp. | Asteraceae | 57 |
| 9 | *Lobelia oligophylla* | Campanulaceae | 1 |
| 10 | *Distichia* sp. | Juncaceae | 22 |
| 11 | *Stipa ichu* | Poaceae | 4 |
| **Total** | | | **780** |

Fuente: Elaboración propia en base a datos de campo (2021).

De manera diferenciada, y de acuerdo al tipo de bofedal y su ubicación en torno a la cuenca, la presencia de especies vegetales muestra algunas diferencias en la diversidad de especies. El tipo de bofedal natural de Llallagua, está representado por 9 especies distintas, donde la abundancia destaca: *Phylloscirpus desertícola* con 180 individuos, seguido de *Lachemilla diplophylla* con 31 y con *Distichia sp.,* con 22 individuos. Por su parte en los bofedales del tipo artificial, se tiene: en Hichucata, se encontró 5 especies distintas, donde destaca *Phylloscirpus spp.,* con 139 individuos, seguido de *Leucheria sp.*con 42 y *Lachemilla diplophylla* con35 inidivudos; en San Juan de Rosa Pata, se registró 4 especies distintas, donde destaca *Deyeuxia curvula* con 150 individuos, seguido de *Deyeuxia sp.,* con 42 y *Lachemilla diplophylla* y *Stipa ichu* con 4 individuos respectivamente, cada uno.

**Tabla 16: Riqueza de especies por tipo de bofedal.**

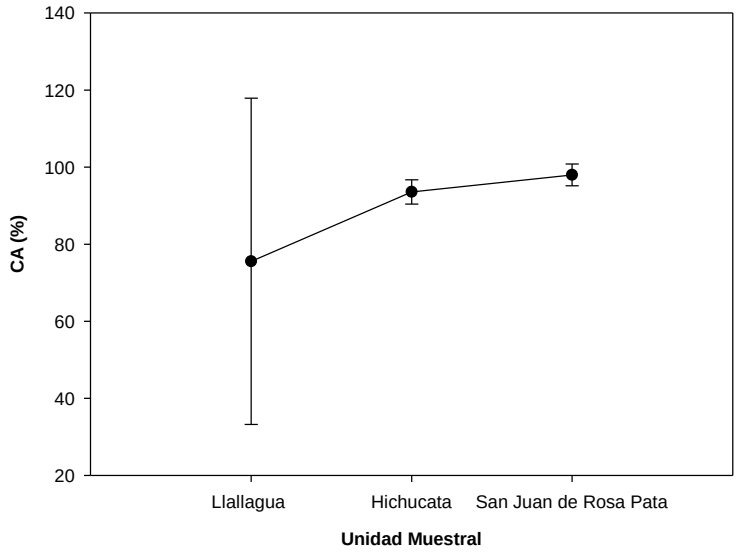
| COMUNIDAD | TIPO DE BOFEDAL | ESPECIES | FAMILIA | ABUNDANCIA |
|---|---|---|---|---|
| Lallagua | Natural | *Phylloscirpus* spp | Cyperaceae | 10 |
| | | *Lachemilla diplophylla* | Rosaceae | 31 |
| | | *Deyeuxia curvula* | Poaceae | 19 |
| | | *Phylloscirpus desertícola* | Cyperaceae | 180 |
| | | *Distichia* sp. | Juncaceae | 22 |
| | | *Lobelia oligophylla* | Campanulaceae | 1 |
| | | *Gentiana prostrata* | Gentianaceae | 1 |

| COMUNIDAD | TIPO DE BOFEDAL | ESPECIES | FAMILIA | ABUNDANCIA |
|---|---|---|---|---|
| | | *Werneria pygmaea* | Compositae | 1 |
| | | *Leucheria* sp. | Asteraceae | 15 |
| Hichucata | Artificial | *Deyeuxia curvula* | Poaceae | 84 |
| | | *Phylloscirpus* spp. | Cyperaceae | 139 |
| | | *Lachemilla diplophylla* | Rosaceae | 35 |
| | | *Leucheria* sp. | Asteraceae | 42 |
| San Juan de Rosa Pata | Artificial | *Lachemilla diplophylla* | Rosaceae | 4 |
| | | *Deyeuxia* sp. | Poaceae | 42 |
| | | *Deyeuxia curvula* | Poaceae | 150 |
| | | *Stipa ichu* | Poaceae | 4 |
| **Total** | | | | **780** |

Fuente: Elaboración propia en base a datos de campo (2021).

La composición y distribución florística de las comunidades vegetales en bofedales, es el producto de respuestas específicas de la especie a las condiciones ambientales siguiendo gradientes ambientales (Domic et al., 2021), son espacios verdes dentro de una matriz árida que albergan rica biodiversidad y un conjunto de beneficios ecosistémicos (Dangles et al., 2014), dominadas espacialmente por pocas especies de plantas grandes que forman cojines (Muñoz et al., 2014) y donde estas especies dispuestas en forma de cojines, determinan el funcionamiento y resiliencia frente al cambio climático (Muñoz et al., 2014). En el área de estudio, existe una identidad de especies por tipo de bofedal: en el tipo natural destaca las comunidades de *Phylloscirpus desertícola* y *Distichia* sp., en forma de cojines siempre verdes; en el tipo artificial, las comunidades vegetacionales de *Deyeuxia sp.*, *Deyeuxia curvula* y *Phylloscirpus* spp., dispersas y sin formar cojines.

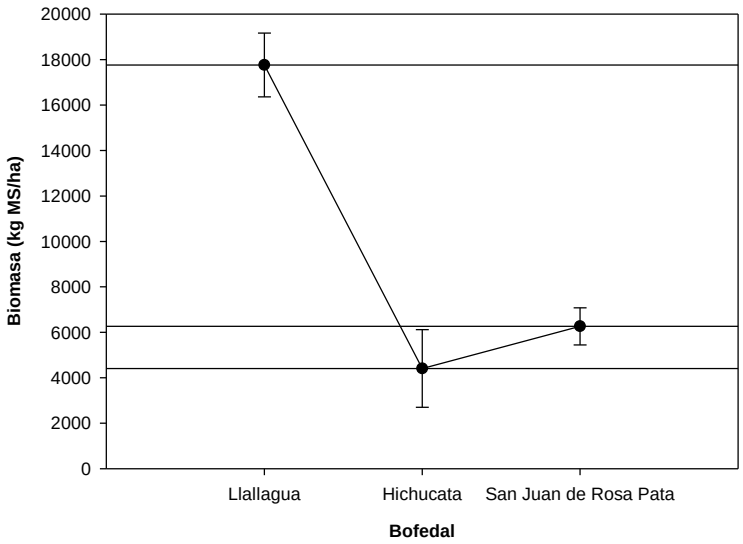
**Figura 19: Cobertura absoluta por bofedal.**




Fuente: Elaboración propia en base a datos de campo (2021).

De otra parte, cuando evaluamos la cobertura vegetal viva, encontramos que el bofedal tipo natural de Llallagua, atraviesa un retroceso de su cobertura por la ampliación de la superficie seca. La cobertura absoluta – CA, que se presenta en el gráfico, pone de manifiesto tal situación, habiendo recorrido el transecto de muestreo parte de la superficie seca y otra verde viva; en el caso de los otros dos bofedales, del tipo artificial o inducidos, la CA mantiene por encima del 80%, aunque la misma, como casi todos los ecosistemas altoandinos, están expuestas a las actividades antropogénicas como el sobrepastoreo y la limitada diversidad vegetacional.

**Figura 20: Biomasa aérea por bofedal.**




Fuente: Elaboración propia en base a datos de campo (2021).

En cuanto a la biomasa como atributo de la condición biótica, refleja la capacidad productiva de un bofedal en forma de kg MS/ha. Los resultados encontrados, destacan que el bofedal de Llallagua presentó una producción de fitomasa promedio de (17.764,52 +/- 1401,73) kg MS/ha, seguido de San Juan de Rosa Pata (6.260,38 +/- 813,24) kg MS/ha e Hichucata con (4.408,44 +/- 1.705,03) kg MS/ha, respectivamente.

Estos valores promedio registrados en el presente estudio, son mayores a los reportados por Alzérreca et al., (2001) en el sistema TPDS, donde los promedios estuvieron entre los 3.000 a 6.000 kg MS/ha. Asumimos estas diferencias, al estado de conservación de los bofedales, particularmente en el de Llallagua que tiene una mayor fitomasa.

### d) Condición del paisaje

Para el análisis de esta condición, se ha observado y descrito in situ los factores de degradación, conforme a metodología: alteración hidrológica, ganadería, cosecha

de turba y quemas; habiéndose complementado la contaminación por residuos sólidos.

**Tabla 17: Evaluación de factores de degradación de los bofedales.**

| COMUNIDAD /BOFEDAL | FACTOR DE DEGRADACIÓN | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ALTERACIÓN HIDROLÓGICA | GANADERIA | COSECHA DE TURBA | QUEMAS | RESIDUOS SOLIDOS |
| Lallagua | Alta, presencia de prácticas derivadoras de agua (*chakas*) y canales de conducción del agua (*irpas*), que cubren un área menor al 30%. | Baja, presencia de más de 3 unidades animal por hectárea UA/ha (alpacas, llamas y ovinos) y presencia de estiércol. | No existe la extracción de turba. | Baja, la cabecera fue sometida a quema, en sitios de la parte seca del bofedal. | Alta, se observa la presencia de residuos plásticos, provenientes de la comunidad y algunas cantidades en la Unidad Educativa se queman. |
| Hichucata | Alta, se observa obras de derivación de agua (*chakas*) y canales de conducción del agua (*irpas*), que cubren al menos el 30% del área. | Alta, presencia de más de 3 unidades animal por hectárea UA/ha (llamas, alpacas y ovinos), y presencia de estiércol. | No existe la extracción de turba. | Baja, no se evidente quemas recientes, aunque no se descarta quemas en áreas con paja brava. | Baja presencia de residuos plásticos y metálicos, provenientes de la comunidad. |
| San Juan de Rosa Pata | Alta, se observa prácticas de obras de derivación de agua (*chakas*) y canales de conducción del agua (*irpas*), que cubren al menos el 30% del área. | Baja, presencia de menos de 3 unidades animal por hectárea; y baja presencia de estiércol de ganado. | No existe la extracción de turba. | Baja, aunque son evidente las quemas recientes en el 25 % del área de cabecera de microcuenca. | Presencia de residuos plásticos y metálicos, provenientes de la comunidad. |

Fuente: Elaboración propia (2021).

Son persistentes los factores de degradación como la alteración hidrológica y la ganadería, aunque últimamente se suman las quemas y contaminación por residuos plásticos. El primero mediante la habilitación de acequias de riego y zanjas de

infiltración que alteran los cursos de agua y desencadenan la muerte de la vegetación. En el segundo caso, donde la ganadería como sustento económico de las familias locales, se constituye en otro factor determinante para la degradación de estos ecosistemas, sobre todo cuando existe un incremento de la población ganadera que desencadena la sobrecarga animal, por una débil gestión comunitaria. Según Figueroa et al., (2009), los ecosistemas naturales más amenazados del planeta son los humedales, entre los que se encuentran las turberas o bofedales; Nuñez et al., (2018), las causas de degradación se deben a causas naturales (cambio climático) o antrópicas (falta de prácticas de manejo), en este último resalta el sobrepastoreo y las quemas; además el crecimiento urbano los transforma en canales o pozas receptoras de basura (Figueroa et al., 2009). En este contexto, resulta prioritario implementar una gestión integral y responsable de bofedales con la participación de las comunidades.

**Figura 21: Fotografías de Llallagua e Hichucata, expuestos a procesos de degradación.**

Fuente: Elaboración propia (2021).

Respecto al entorno paisajístico, la conectividad hidrológica es otro de los atributos que permiten medir el estado de la integridad ecológica - IBI del ecosistema. En este contexto la presencia de comunidades rurales, también implica la implementación

de un conjunto de servicios destinados a la mejora de la calidad de vida: construcción de carreteras, puentes, badenes, alcantarillas, redes de electrificación, sistemas de riego, agua potable y otro tipo de infraestructura que en mayor o menor grado, producen impactos en los bofedales.

**Tabla 18: Evaluación de la conectividad hidrológica de los bofedales.**

| COMUNIDAD/ BOFEDAL | CRITERIO | DESCRIPCIÓN DEL AREA DE BOFEDAL |
|---|---|---|
| Lallagua | Se encuentran tomas de agua o canales que funcionan estacionalmente, o carreteras que reducen la cantidad de agua que entra al bofedal. | Se encuentran tomas de agua (*uma chakas* e *irpas*) que funcionan estacionalmente para el riego del mismo bofedal. La carretera vecinal, bordea el bofedal y conduce sedimentos a través de las cuentas que depositan en pasturas e incluso el bofedal. |
| Hichucata | | Al ser un bofedal artificial, es abastecido con agua a través de una obra de toma (*uma chaka*) y conducido por canal de tierra (*uma irpa*) para riego en épocas secas del bofedal. La carretera comunal transcurre por la parte superior y costado del bofedal. |
| San Juan de Rosa Pata | | Su condición de bofedal artificial, hace del uso de *uma chakas* y *uma irpas* de manera temporal. Existe un camino de herradura que trascurre por la parte baja del bofedal, la cual se encuentra con alambrado. |

Fuente: Elaboración propia (2021).

Actualmente si bien las alteraciones en la conectividad hidrológica se asocian a las acciones antrópicas en requerimiento forrajero, es posible que a corto y mediano plazo, las derivaciones del agua para riego (sistemas de riego) sean más frecuentes, lo cual reduciría la provisión de agua a los bofedales y consigo pérdidas en superficies y alteración de las funciones ecosistemicas en su conjunto.

Además, el contexto del cambio climático se constituye en un componente que produce incertidumbre en la estabilidad ecológica de los bofedales hidromórficos y mésicos. Al respecto Valencia y Figueroa (2013), afirman que las acciones antrópicas y el cambio climático, producirán “modificaciones hidro - geomorfológicas a través del clima, las condiciones del terreno, y las actividades antrópicas (cf. drenajes, infraestructuras); donde la hidrología del humedal cambia las propiedades químicas y físicas del sistema natural (cf. pH, oxígeno, nutrientes, contaminantes); esta condición altera significativamente su biota”.

### e) Determinación de valores de estado de los bofedales

En base a los cuatro atributos y sus indicadores evaluados con base en información en campo, se tiene el cálculo del valor ecológico por unidad muestral y bofedal para establecer el valor ecológico, lo cual en adelante podrá permitir establecer acciones de recuperación o conservación de los bofedales de Llallagua, Hichucata y San

Juan de Rosa Pata. Los resultados del valor relativo – VR por unidad muestral, se presentan en el Anexo I.

**Tabla 19: Puntaje del valor relativo promedio obtenido para los bofedales.**

| INDICADORES | PROMEDIO LLALLAGUA | PROMEDIO HICHUCATA | PROMEDIO SAN JUAN DE ROSA PATA |
|---|---|---|---|
| Napa freática en época seca (cm) | 20,53 | 10,30 | 20,50 |
| Conductividad eléctrica (µS/cm) | 0,00 | 2,90 | 0,00 |
| Profundidad de turba (cm) | 3,10 | 0,00 | 0,00 |
| Materia orgánica (%) | 4,97 | 0,00 | 0,00 |
| Densidad aparente (g/cm3) | 3,10 | 0,40 | 0,00 |
| Signos de erosión | 2,90 | 2,23 | 2,90 |
| Especies nativas (%) | 8,70 | 7,73 | 8,70 |
| Riqueza de especies (n.° especies / área transecto) | 2,10 | 0,00 | 0,00 |
| Cobertura vegetal viva (%) | 2,00 | 2,00 | 2,50 |
| Biomasa aérea (kg MS/ha) | 4,53 | 2,27 | 3,40 |
| Presencia de factores de degradación (cualitativo) | 5,30 | 5,30 | 5,30 |
| Conectividad hidrológica del bofedal (cualitativo) | 5,30 | 5,30 | 5,30 |
| **VALOR RELATIVO** | **61,53** | **38,43** | **48,60** |
| **ESCALA 1 – 10** | **7** | **4** | **5** |
| **ESTADO DEL ECOSITEMA** | **Bueno** | **Pobre** | **Regular** |

Fuente: Elaboración propia (2021).

Los valores VR encontrados por bofedal, permiten describir el siguiente estado de los ecosistemas: Llallagua (61,53) % bueno, seguido de San Juan de Rosa Pata (48,60) % regular e Hichucata (38,43) % pobre, respectivamente. Sin embargo aplicando la prueba de hipótesis, mediante Mann - Whitney U a un intervalo de confianza del 95% para datos no paramétricos y muestras no pareadas, encontramos que no existen diferencias significativas entre el estado de los tres ecosistemas a partir de los VR del bofedal natural y el artificial, ni tampoco entre bofedales artificiales: Llallagua versus Hichucata (P – valor = 0,32 > 0,05); Llallagua versus San Juan de Rosa Pata (P – valor = 0,41 > 0,05); Hichucata y San Juan de Rosa Pata (P – valor = 0,72 > 0,05).

El uso del IBI permite establecer el estado de situación de un ecosistema, en el presente caso, de bofedales hidromórficos (natural) y mésicos (artificial), considerando atributos como agua, suelo, biota y el paisaje del ecosistema. De acuerdo a Ramírez et al., (2012), el uso del IBI es válido para evaluar recursos hídricos (ríos) por ejemplo, específicamente la integridad a nivel de los organismos, puesto que integra las condiciones físicas, químicas y biológicas del hábitat y son útiles para medir la degradación del ecosistema. En el presente estudio, la

aplicación del IBI para ecosistemas de bofedal, también integra un conjunto de atributos e indicadores en cuanto a los recursos suelo, agua vegetación y el paisaje como tal, lo que permite hacer una evaluación integral y valorar el estado de conservación del bofedal, para en función al mismo emitir criterios destinados a la toma de decisiones en la gestión comunitaria de los ecosistemas.

### 4.2.2 Contribución de los bofedales en la retención de sedimentos

Para identificar la contribución de los bofedales en la retención de sedimentos, se hizo una valoración cualitativa y no así cuantitativa, este último, por la complejidad del mismo, además del requerimiento de mediciones específicas de la dinámica sedimentaria, en términos de tiempo y espacio.

**Tabla 20: Contribución de los bofedales en el control de sedimentos.**

| COMUNIDAD/ BOFEDAL | CRITERIO | | DESCRIPCIÓN DEL AREA DE BOFEDAL |
|---|---|---|---|
| | SITIOS DE IMPORTANCIA EN LA RETENCIÓN | IMPACTOS DE LA SEDIMENTACIÓN | |
| Lallagua | Presencia de cojines en sitios de contacto con el curso principal de agua.<br><br>Presencia de obras derivadoras y acequias de conducción de agua al bofedal. | <10% del área de bofedal tiene presencia de arenas y pastura ligeramente afectada. | Cabeceras del bofedal con fuerte proceso de erosión y arrastre de sedimentos. Inicio del bofedal retiene y dispersa el material sedimentario. La presencia de cojines (*tepes*) forra los laterales del rio, lo que reduce la acción erosiva del agua de rio, y también retiene sedimentos en origen.<br><br>Las obras locales *uma chakas* y *uma irpas*, al transportar agua también arrastran sedimentos que se depositan en el bofedal, reteniendo parte del material sedimentario. Además estos sedimentos al depositarse, se combinan con nutrientes en las turberas. |
| Hichucata | Presencia de obras derivadoras y acequias de conducción de agua al bofedal. | Del 11 al 30% del área de bofedal con presencia de sedimentos y pastura moderadamente afectada. | La topografía plana del bofedal y la presencia de *uma irpas*, promueven el depósito de sedimentos en este bofedal que retiene cantidades significativas de sedimentos en la parte alta de la cuenca. |
| San Juan de Rosa Pata | Presencia de cojines en sitios de | Del 11 al 30% del área de bofedal | En el rio, existen puntos cubiertos de cojines y |

| COMUNIDAD/ BOFEDAL | CRITERIO | | DESCRIPCIÓN DEL AREA DE BOFEDAL |
|---|---|---|---|
| | SITIOS DE IMPORTANCIA EN LA RETENCIÓN | IMPACTOS DE LA SEDIMENTACIÓN | |
| | contacto con el curso principal de agua.<br><br>Presencia de obras derivadoras y acequias de conducción de agua al bofedal. | con presencia de sedimentos y pastura moderadamente afectada | vegetación del bofedal, que actúa directamente en la retención de sedimentos. Aunque el incremento del arrastre de rodados de la parte alta, viene cubriendo y alterando esta función de retención del bofedal. |

Fuente: Elaboración propia (2021).

Durante el estudio de suelos en los bofedales, en las unidades muestrales de Ihucata se observaron niveles de arena y limo, lo cual no ocurrió en los bofedales de Lallagua Chico y San Juan de Rosa Pata. Sin embargo son evidentes los depósitos de sedimentos en sitios específicos de los bofedales, como se observa en las fotografías, que en términos locales se los denominan *llajmas*, proceso que ocurre con mayor fuerza en periodos de lluvia y cuando existen desbordes del rio en dirección a los bofedales.

Estas comunidades, son criadoras de alpacas y llamas, lo cual incide en la presión de la cobertura vegetal y consigo los procesos de erosión que terminan afectando a los bofedales. Así también lo plantea Díaz, et al., (2008), que menciona: actividades como la tala, caminos, agricultura, pueden alterar la calidad del agua agregando sedimentos y nutrientes, alterando consigo la ecología de la turbera.

**Figura 22: Fotografías del sitios que retienen sedimentos en los tres bofedales Lallagua Chico, Hichucata y San Juan de Rosa Pata.**

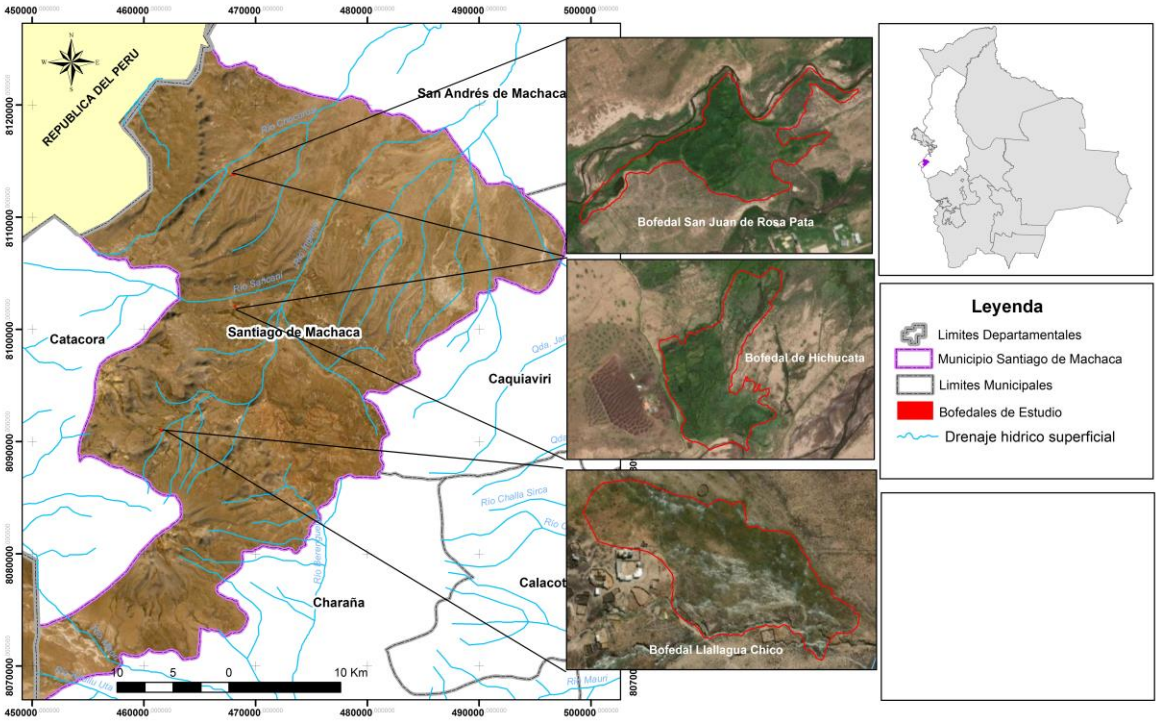
Fuente: Elaboración propia (2021).

Bajo el enfoque de gestión integral de la cuenca y manejo integral de los recursos hídricos, es fundamental la conservación de los bofedales, pues se constituyen en espacios que contribuyen en la retención de los sedimentos, lo cual implica que se deben desarrollar estudios específicos para cuantificar los volúmenes que se retienen en estos espacios, y consigo valorar su capacidad de retención en fuente.

En relación a la cuenca, estos tres bofedales se encuentran ubicados en la parte alta y media de la cuenca que escurre al Jacha Mauri, por lo que su conservación se constituye en una prioridad, y sobre todo, las comunidades pueden desarrollar medidas adecuadas para su gestión.

Desde la perspectiva Ramsar, son fundamental los servicios ecosistémicos que cumplen las llamadas turberas - bofedales - humedales, puesto que retienen cantidades importantes de sedimentos y los combinan con otros nutrientes que mejoran la textura y estructura del suelo. En el área de estudio, el mayor aporte de sedimentos a los bofedales ocurre en épocas lluviosas, aunque estos ecosistemas al ser sujeto de irrigación por los comunarios en meses secos, también continúan reteniendo sedimentos en estos meses.

**Figura 23: Ubicación de los bofedales en relación a la cuenca del Jacha Mauri.**




Fuente: Elaboración propia en base a imagen Google Earth (2021).

**Figura 24: Retención de sedimentos y nutrientes en bofedales.**

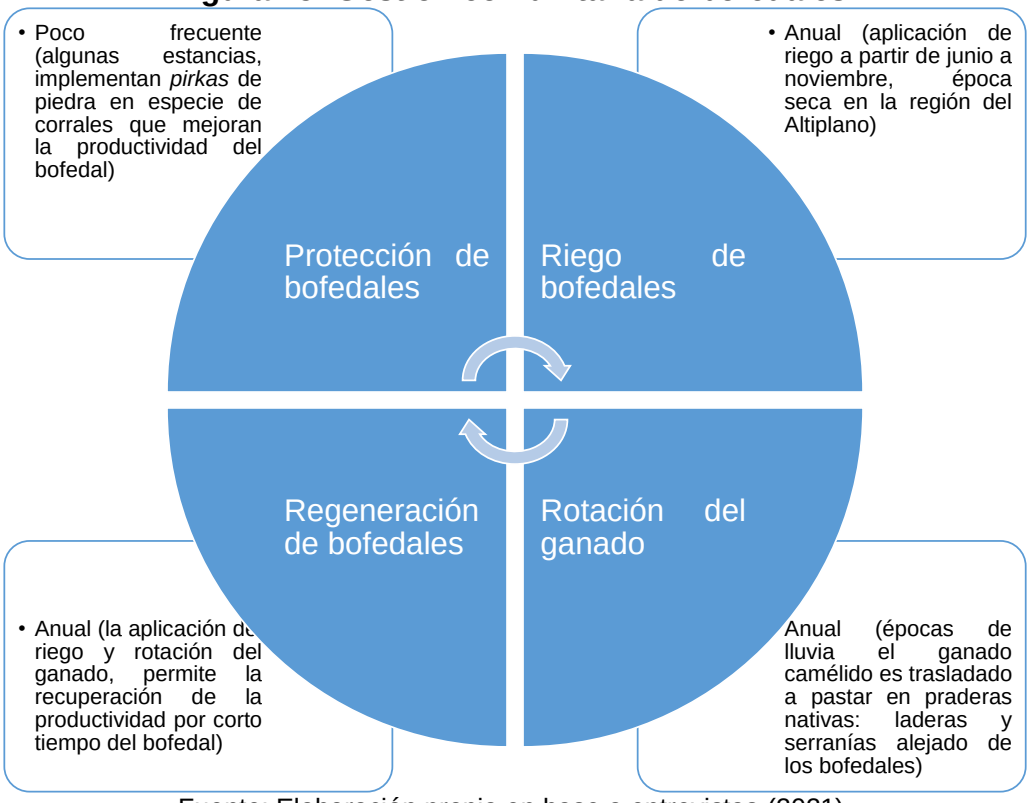
Fuente: Elaboración en base a Ramar (2021).

En este contexto, podemos destacar también que estos ecosistemas se constituyen en almacenes de sedimentos y nutrientes; son fuentes de nutrientes disueltos y absorbibles para las plantas; contribuyen en una alta productividad de biomasa; y aprovechan la fijación de nutrientes de los sedimentos, lo cual también es destacado por Ramar (2018).

### 4.2.3 Medidas prioritarias para la gestión comunal de los bofedales

Desde la mirada de las comunidades, la provisión de forraje es el principal servicio que cumplen los bofedales. Sin embargo, desde la ciencia y la literatura, existen otros múltiples servicios que cumplen los bofedales o humedales, entre ellas: función ambiental y económica, donde su potencial productivo vegetacional son empleados para el pastoreo de ganado camélido y otras especies (Goitia et al., (2015), sus forrajes son ricos en proteínas y nutrientes, muy apetecido por los camélidos sudamericanos domesticados como llamas y alpacas (Pacheco 1998) y silvestres como las vicuñas (Loza et al., 2015).

**Figura 25: Gestión comunitaria de bofedales.**




Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas (2021).

Este contexto local de aprovechamiento forrajero de los bofedales, genera una fuerte y continua presión, lo cual requiere de la implementación de medidas destinadas a una gestión responsable de los bofedales por las comunidades de

Llallagua, Hichucata y San Juan de Rosa Pata, siendo la ganadería camélida como su principal medio de vida de las familias.

Actualmente las medidas locales de gestión de los bofedales, ronda en torno a las prácticas ancestrales que fueron heredando de sus ancestros, entre ellos:

- Riego de bofedales, traducido en las técnicas de implemntacion de *chakas* e *irpas* para desviar y conducir el agua desde el rio hasta los bofedales. Esta práctica se produce en los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre e incluso octubre, con la única finalidad de mejorar la producción forrajera del bofedal.
- Rotación del ganado, esta práctica depende de la disponibilidad terrenos familiares para pastoreo. En épocas de lluvia, generalmente el ganado suele pastar en laderas y serranías, alejados de los bofedales; pero en meses de estiaje, el ganado se establece en los bofedales.
- Regeneración de bofedales, de manera simultánea, las dos anteriores medidas contribuyen en la regeneración natural de los bofedales, mejorando por un lado la producción de biomasa, pero también la regeneración natural de la cobertura vegetal, contribuyendo a una mayor diversidad de especies vegetales de interés forrajero.
- Protección de bofedales, sea en bofedal hidromórfico o mesico, esta práctica viene cambiando con la implementación de cercos con alambre de púa y vigas, lo cual limita el ingreso del ganado extraño y permite una recuperación paulatina de las pasturas. Sin embargo, desde el punto de vista ecológico, esta medida produce la expulsión de poblaciones de vicuña hacia otras áreas, en cuyo movimiento genera conflictos con las comunidades, poniendo en riesgo la vida de las poblaciones silvestres de vicuña.

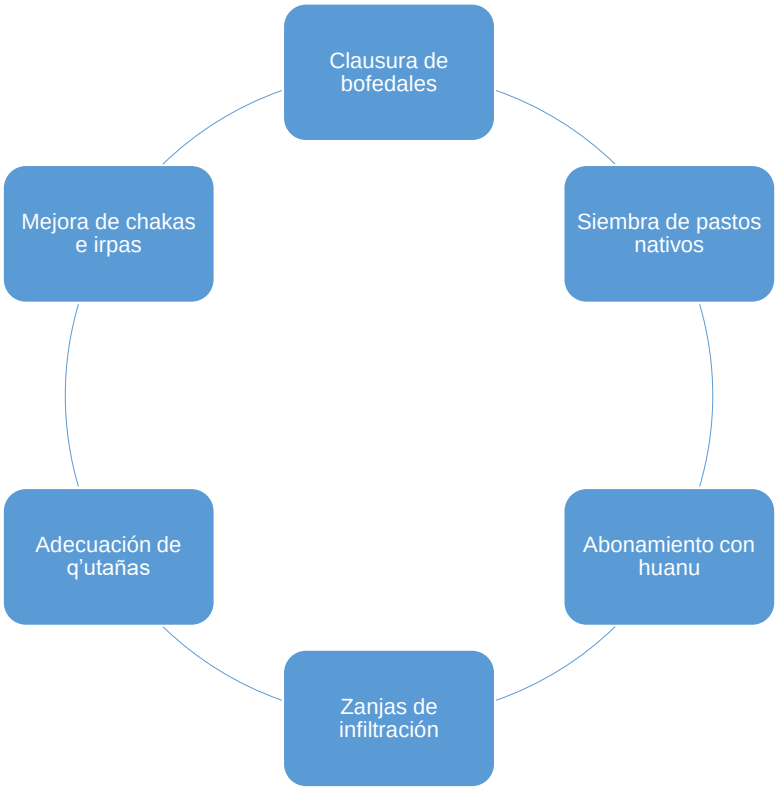
En esta lógica, entendemos que la gestión y manejo de bofedales, debe ser de manera integral y complementaria entre el conocimiento local, la ciencia e incluso la tecnología.

Los bofedales, al margen de ser reservorios de agua, albergue de plantas, son también un ambiente preferido de alpacas y por las vicuñas, lo que resalta su importancia económica (Pacheco, 2014); además que su manejo requiere de un conocimiento detallado de su funcionamiento ecológico, a través de un enfoque multi-disciplinario.

- Clausura de bofedales por mayor tiempo, es complementaria a la rotación actual del ganado, pero se sugiere que este periodo sea más prolongado, mayor a dos o tres años, lo que permitirá mejorar la cobertura vegetal y producción de biomasa.
- Siembra de pastos nativos, ayuda a repoblar los bofedales con especies enteramente nativas, promoviendo la dispersión de semillas o plantación

mediante esquejes de especies con estas características. Se sugiere esta actividad en meses lluviosos. A mediano plazo, permitirá mejorar la disponibilidad de forraje palatable para el ganado camélido.

**Figura 26: Algunas prioridades para la mejora de la gestión comunitaria de bofedales.**




Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas (2021).

- Abonamiento con huanu natural, los corrales de pernocte del ganado camélido, proveen de abono orgánico que pueden ser incorporados en el bofedal de manera uniforme. Ayudará a regenerar el bofedal y una mayor producción de forraje para el ganado.
- Establecimiento de zanjas de infiltración, en áreas próximas a los bofedales o pasturas, se puede aperturar zanjas para acumular agua de lluvia. Ayuda a ampliar pasturas, reducir la erosión de las pasturas y bofedales artificiales para recuperar y producir mayor pasturas.
- Adecuación de q'utañas, en sitios con depresión o q'utañas construidas, permite asegurar la disponibilidad de agua para épocas secas, pero también de manera indirecta ayuda a mejorar las pasturas e incluso puede aportar de agua a los bofedales.
- Mejora de *chakas e irpas*, asegurar el abastecimiento y conducción del agua, permitirá un mejor riego del bofedal, y en aquellos espacios deteriorados, permitirá revitalizar en el corto tiempo. La distribución debe suministra de agua

a la parte alta, media y baja del bofedal y evitar que el mismo reduzca sus superficies por falta de riego.

En general, las medidas sugeridas buscan complementar los conocimientos y practicas ancestrales que aun desarrollan en las comunidades, pero además toman como pauta los escenarios de riesgo producidos por el cambio climático que expone a los ecosistemas altoandinos como los bofedales.

## 4.3 VALIDACIÓN O REFUTACIÓN DE LA HIPÓTESIS PLANTEADA

En base a los resultados conforme a la metodología de IBI que mide la integridad ecológica de tres bofedales ubicados en el municipio de Santiago de Machaca, permite validar la hipótesis planteada, demostrando que los bofedales hidromórfico de Llallagua y mesico de las comunidades de Hichucata y San Juan de Rosa Pata, presentan diferentes estados de conservación y se evidencia su contribución en la retención de sedimentos en el marco de los servicios ecosistémicos que cumplen estos bofedales. Los valores relativos encontrados por bofedal, establecen un estado bueno para el bofedal de Llallagua, regular para San Juan de Rosa Pata y pobre Hichucata. Sin embargo aplicando la prueba de hipótesis de Mann - Whitney U a un intervalo de confianza del 95% para datos no paramétricos y muestras no pareadas, se demuestra que no existen diferencias significativas entre el estado de los tres ecosistemas. Asimismo, las prácticas de gestión comunitaria basadas en conocimientos y técnicas ancestrales, pueden ser mejoradas, lo que permitiría mejorar el estado de conservación de dichos ecosistemas altoandinos.

# CAPITULO V: CONCLUSIONES

La evaluación de bofedales aplicando la metodología de IBI, permite medir la integridad ecológica de un ecosistema, considerando atributos e indicadores de los recursos agua, suelo, biota y paisaje; a partir del cual se establecen puntajes y valores relativos que permiten establecer el estado de situación de los bofedales. Los grupos de bofedal identificados corresponden al grupo hidromórfico – hídrico – natural para Llallagua y mesico – ustico – artificial para los ecosistemas de Hichucata y San Juan de Rosa Pata.

La condición del agua demostró que los bodedales de Llallagua y San Juan de Rosa Pata, presentan una napa freática superficial y favorecida en su saturación por la presencia de turba; siendo lo contrario para el bofedal de Hichucata. Estas diferencias en las condiciones de napa freática, están ligados a la antigüedad de la esponja verde, la cobertura vegetacional (formación de cojines), la acumulación de materia orgánica (en forma de turba) y el relieve del paisaje; además se encontró que a mayor profundidad de la turba, la napa freática se hace más superficial y con mayor capacidad de saturación. Por su parte la CE, destaca la incidencia de sales provenientes del material existente en alrededores de los bofedeales, existiendo mayor CE en las unidades muestrales de Llallagua donde se tiene la presencia de rocas carbonatadas y afloramientos salinos al interior del bofedal.

En el atributo suelo, el bofedal de Llallagua presentó un mayor valor en la indicador profundidad, seguido de San Juan de Rosa Pata y baja profundidad de turba en el del bofedal de Hichucata, resaltando que bofedales naturales pueden formar mayor turba. Respecto al contenido de MO, el bofedal natural de Llallagua presentó mayor contenido de MO que en Hichucata y San Juan de Rosa Pata. El suelo al ser un componente fundamental del ecosistema, está expuesto a un conjunto de riesgos, habiéndose encontrado signos de erosión laminar en los tres bofedales, al cual se suma la afectación por el desborde del curso principal de agua.

La condición de la biota reflejada en los transectos, evidenció la presencia mayoritaria de especies nativas en los tres bofedales. Además, la riqueza encontrada, comprende 11 especies distintas agrupadas en 8 familias: Cyperaceae (*Phylloscirpus* spp.*y Phylloscirpus desertícola*), Poaceae (*Deyeuxia curvula, Deyeuxia* sp*. Stipa ichu*), Rosaceae (*Lachemilla diplophylla*), Gentianaceae (*Gentiana prostrata*), Compositae (*Werneria pygmaea*), Asteraceae (*Leucheria* sp.), Campanulaceae (*Lobelia oligophylla*) y Juncaceae (*Distichia* sp.). Por su parte la diversidad tiene a las 11 especies mencionadas y un total de 780 apariciones durante la evaluación de las unidades muéstrales. Respecto a la cobertura viva, el bofedal natural de Llallagua, atraviesa un retroceso y reducción de su superficie por falta de riego y abandono de la comunidad. Asimismo, en el indicador biomasa área del bofedal en forma de kg MS/ha, registra mayor producción para el bofedal natural

de Llallagua y menor en los bofedales artificiales de Hichucata y San Juan de Rosa Pata.

Respecto a la condición del paisaje, en los tres bofedales, tanto del grupo natural como artificial, existen obras de derivación para fines de riego; además de la existencia de ganadería con presencia de más de 3 unidades animal por hectárea, no se observa aprovechamiento de turba, baja existencia de quemas, pero si presencia de residuos plásticos que empiezan a contaminar bofedales como el de Llallagua. El indicador de conectividad hidrológica, destaca la existencia de tomas de agua para riego de los mismos bofedales y la presencia de carreteras, aunque estas últimas no alteran el curso hidrológico.

Con los atributos e indicadores evaluados bajo la metodología IBI, el cálculo del valor ecológico a través del puntaje encontrado, destaca un estado de conservación bueno para el bofedal natural de Llallagua, regular para el de San Juan de Rosa Pata y pobre para el de Hichucata, aunque estadísticamente no se encontraron diferencias significativas.

En cuanto a la valoración cualitativa de la contribución de los bofedales en la retención de sedimentos, resalta la existencia de sitios en los tres bofedales que retienen sedimentos a partir de obras derivadoras de agua, cojines en el talud que reducen la velocidad de arrastre de arenas y sitios cubiertos con arenas en predios de los bofedales. Respecto a la cuenca, los tres bofedales se encuentran en la parte alta y media y son sitios estratégicos que aportan en la retención de sedimentos; pero también su aporte como fuente nutrientes disueltos, alta productividad de biomasa, fijación de nutrientes y almacén de sedimentos y nutrientes.

En los tres bofedales, existe la intervención humana en la gestión de dichos ecosistemas, con prácticas y conocimientos ancestrales como el riego de bofedales, rotación de ganado, regeneración de bofedales y protección, destinados al beneficio económico del sector ganadero. Las cuales podrían mejorarse implementando acciones prioritarias como la siembra de pastos nativos, abonamiento con materia orgánica, adecuación de q'utanas y mejora de *chakas* e *irpas* como medidas de adaptación y respuesta al cambio climático y mejora de los bofedales a mediano y largo plazo.

En general, estos ecosistemas cumplen funciones eco sistémicas al interior de la cuenca, por lo cual es prioridad su conservación a partir de las capacidades comunitarias y la implementación de políticas locales desde la municipalidad.

# CAPITULO VI: RECOMENDACIONES

Analizando la metodología aplicada y los procesos establecidos en el presente trabajo de investigación, se tiene las siguientes recomendaciones:

- Replicar la metodología IBI en estudios de otros bofedales hidrofilicos y mesicos del municipio, para establecer el estado de conservación de la condición ecológica, conociendo que entre los principales medios de vida de las comunidades de Santiago de Machaca, está la ganadería camélida.
- Para una mejor valoración de los bofedales, se sugiere desarrollar tareas de monitoreo de los tributos agua, suelo, biota y paisaje a fin de percibir posibles cambios en la condición ecológica.
- Realizar monitoreo hidrológicos sobre la dinámica del nivel de la napa freática durante el año para evidenciar la recarga hídrica en bofedales.
- Establecer medidas destinadas al monitoreo de los procesos de acumulación de sedimentos en bofedales, para cuantificar los volúmenes de material retenido en los bofedales, considerando sitios como acequias de transporte de agua, sitios de contacto con el curso principal y áreas de desborde del rio principal.
- Promover tareas de gestión comunitaria, destinadas a mejorar el estado de conservación de los bofedales.
- Desarrollar trabajos sobre la gestión comunitaria del agua en la cuenca, ante una la creciente demanda del recurso para fines de riego, lo cual implicaría posibles conflictos ante un escenario de cambio climático.
- Implementar políticas municipales destinadas al manejo y conservación racional de los bofedales del territorio de Santiago de Machaca.

# BIBLIOGRAFÍA

Alzérreca, H., Prieto, G., Laura, J., Luna. D. y S. Laguna. 2001. Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano. Informe Final. PNUD y ALT, La Paz Bolivia. 176 p.

Barrios, M., Rodríguez, D. y E. García. 2015. Índice de integridad de los ecosistemas fluviales con base a las comunidades de insectos acuáticos en el rio Misoa de la cuenca del lago de Maracaibo, Venezuela. Entomotrópica 30: 69-83.

Bolívar, W., Giraldo, A. y A. Gonzales. 2017. La integridad biológica como herramienta de valoración cuantitativa del estado de conservación del bosque seco en Colombia. Biota Colombiana 18: 352-390.

Castro, M. y L. Fernández. 2009. Gestión sostenible de humedales. Revista de Geografía Norte Grande. 42: 103-104.

Cochi, N., Prieto, G., Dangles, O., Rojas, A., Ayala, C., Condori, B. y J. Casazola. 2014. Metodología para evaluar el potencial productivo y la dinámica socioecológica de la ganadería en bofedales altoandinos. Ecología en Bolivia. 49: 120-131.

Dangles, O., Meneses, R. y F. Anthelme. 2014. BIOTHAW: Un proyecto multidisciplinario que propone un marco metodológico para el estudio de los bofedales altoandinos en un contexto de cambio climático. Ecología en Bolivia. 49: 6-13.

Díaz, M., Larraín, J., Zegers, G. y C. Tapia. 2008. Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. Revista Chilena de Histotia Natural 81: 455-468.

Domic, A., Capriles, J., Meneses, R. y P. Pacheco. 2021. Plant community assembly is predicted by an environmental gradient in high-altitude wetlands in the semiarid western Bolivian Andes. Mires and Peat. 27: 01-12.

Figueroa, R., Suarez, L. Andreu, A., Ruiz, V. y M. Vidal. 2009. Carcaterización ecologica de humedales de la zona semiárida en Chile Central. Gayana. 73(1): 76-94.

Fuentealba, B. 2019. Bofedales: características y su importancia frente al cambio climático. Presentación, del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña - INAIGEM. Perú. 6 p.

Flores, E. 2014. Marco conceptual y metodológico para estimar el estado de salud de los bofedales. Laboratorio de Utilización de Pastizales, Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. 12 p.

García, M., Meneses, R., Naoki, K. y F. Althelme. 2014. Métodos para evaluar el efecto del pastoreo sobre las comunidades de bofedales. Ecología en Bolivia 49: 91-103.

Goitia, E., Maldonado, M., Acosta, F., de la Barra, N., Cadima, M., Coronel, J. y Salvatierra, A. 2007. Tipificación de humedales altoandinos de Bolivia: biocenosis acuática de los bofedales: Congreso Internacional sobre Desarrollo, medio Ambiente y recursos Naturales: Sostenibilidad a Múltiples Niveles y Escalas. Recuperado el 17 de mayo de 2021, de ResearchGate

Ibisch, P. y Mérida, G. 2003. Biodiversidad: La riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Editorial FAN, Santa Cruz de la Cierra - Bolivia.

Loza S., Meneses, R. y F. Anthelme. 2015. Comunidades vegetales de los bofedadles de la Cordillera real (Bolivia) bajo el calentamiento global. Ecología en Bolivia. 50: 39-56

Liberman, M. y M. Molinillo. 2015. Bofedales de Apolobamba. Estudio de línea base de bofedales priorizados en el Área Natural de Manejo Integrado Nacional Apolobamba. La Paz Bolivia. 160 p.

Lorini, H. 2014. Estrategia de adaptación al cambio climático para humedales altoandinos. Cooperación Suiza en Bolivia y Agua Sustentable. Bolivia. 28 p.

Maldonado, M. 2014. Introducción a los bofedales de la región Altoandino Peruana. Grupo Internacional de Conservación de Turbales, Lima, Perú. 5: 1-13.

Manho, A. y M. Anaya. 2018. Hidroquímica y su variabilidad espacio temporal en un bofedal altoandino de la Reserva Paisajistica Nor Yauyos Cochas, Perú. IDESIA. 39: 1-11.

Meneses, R. 2012. Monitoreo hidro-ecológico y modelación de bofedales de altura en la cuenca Katari. Reporte técnico. Stockholm Environment Institute. Bolivia. 75 p.

Meneses, R., Ortuño, T., Loza, S, Domic, A., Palabral, A. y Zeballos, G. 2015. Bofedales altoandinos. Pp. 190-205. En Moya, M., Meneses, R. y J.

Sarmiento (Eds). Historia Natural de un Valle en Los Andes: La Paz, Segunda Edición. Museo Nacional de Historia Natural, La Paz, Bolivia. 801 p.

Meza, M. y Y. Díaz. 2014. Efectos de la variabilidad climática sobre las fluctuaciones del nivel de las aguas y actividad ganadera en humedales altoandinos. Asociación Interciencia. 39: 651-658.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua - MMAyA. 2017. Estrategia para la Gestión Integral de los Humedales y RAMSAR en Bolivia. La Paz, Bolivia. 86 p.

Ministerio del Ambiente Perú. 2019. Guía de Evaluación del Estado del Ecosistema de Bofedal. Lima Perú. 59 p.

Muñoz, F., Athelme, F. y V. Raevel. 2014. Procesos ecológicos a múltiples escalas que afectan a las dinámicas de comunidades de plantas en los humedales altoandinos de Bolivia. Ecología en Bolivia. 49(3): 104-119.

Naoki, K., Meneses, R., Gómez, I. y Landivar, C. 2014. El uso del método de puntos de intercepción para cuantificar los tipos de vegetación y hábitats abióticos en los bofedales altoandinos: Ecología en Bolivia, 49(3): 84-90. Recuperado el 17 de mayo de 2021, de v49n3_a08.pdf (scielo.org.bo)

Nuñez, E., Cruz, H. y R. Proaño. 2018. Buenas prácticas para la recuperación de pastizales de altura. CONDESAN, Lima. 48 p.

Pacheco, F. 2014. Ciencia, manejo y la importancia de utilizar métodos pertinentes: Ecología en Bolivia, 49(3): 1-5. Recuperado el 17 de mayo de 2021, de v49n3_a08.pdf (scielo.org.bo)

Palabral, A. 2013. Relación de la composición florística y su biomasa subterránea con las variables hidrológicas en bofedales de Sajama, Bolivia. Agua Sustentable, NDF, diakonia, cristian AID. La Paz, Bolivia. 27 p.

Plan Territorial de Desarrollo Integral - PTDI. 2016. Gobierno Autónomo Municipal de Santiago de Machaca. La Paz, Bolivia. 169 p.

Portal, E., Carrasco, C. y E. Avalos. 2018. Incidencia de las características químicas del suelo y agua en la pérdida de la cobertura vegetal en bofedales altoandinos. Microcuenca Apacheta, Ayacucho. Rev. Inv. UNSCH. 26: 73-82.

Prieto, G., Alzérreca, H., Laura, J., Luna, D. y S. Laguna. 2001. Características y distribución de los bofedales en el ámbito Bolivia del sistema T.D.P.S. Pp. 13-40. En Rocha, O. y C. Sáez (Eds). Uso pastoril en humedales altoandinos: Talleres de capacitación para el manejo integrado de los humedales

altoandinos de Argentina, Bolivia, Chile y Perú. Sitio Ramsar – Lago Titicaca, Huarina 28 de octubre al 1 de noviembre de 2002.Convención RAMSAR, WCS/ Bolivia, La Paz, Bolivia. 187 p

Ramsar. 2006. Manual de la Convención de Ramsar, 4ta edición. Secretaria de la Convención de Ramsar, Gland Suiza. 116 p.

Ramsar. 2011. Bosques para agua y humedales, 2 de febrero Día Mundial de los Humedales, la Convención de Ramsar sobre los Humedales. 15 p.

Ramsar. 2018. Marco estratégico y lineamientos para el desarrollo futuro de la Lista de Humedales de Importancia Internacional de la Conservación sobre Humedales (Ramsar, Irán, 1971).

Ramsar. 2018. Perspectiva mundial sobre los humedales. Estado de los humedales del mundo y de los servicios que prestan a las personas. Secretaria de la Convención de Ramsar, Gland Suiza. 76 p.

Ramsar. 2018. Lineamientos para inventarios de turberas tropicales a fin de facilitar su designación como sitios Ramsar. Nota Informativa. Secretaria de la Convención de Ramsar, Gland Suiza. 14 p.

Ramírez, J., Mercado, N., Medina, M. y O. Domínguez. 2012. Validación de dos índices de integridad (IBI) en la subcuenca del rio Angulo en el centro de México. Revista Biología Tropical. 60: 1669-1685.

Ramos, C. 2015. Los paradigmas de la investigación científica. Av.psicol. 23(1) 2015.

Sánchez, F. 2019. Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: consensos y disensos. Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria. 13: 102-122.

Togenelli, M., Lasso, C., Bota-Sierra, C., Jiménez. L. y N. Cox. 2016. Estado de conservación y distribución de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales. UICN, Gland Suiza. 99 p.

Torres, K. y P. Lamenta. 2015. La Epistemología y la investigación dentro de los sistemas complejos organizacionales actuales. Orbis. Revista Científica Ciencias Humanas. 11: 59-75.

Valencia, M. y A. Figueroa. 2014. Vulnerabilidad de humedales altoandinos ante procesos de cambio: tendencias de análisis. Revista Ingenierías Universidad de Medellín. 14(26): 29-42.

Zeballos, G., Soruco, A., Cusicanqui, R., Joffre, R. y A. Rabatel. 2014. Uso de imágenes satelitales, modelos digitales de elevación y sistemas de información geográfica para caracterizar la dinámica espacial de glaciares y humedales de alta montaña en Bolivia. Revista Ecología en Bolivia. 49: 14-26.

**Paginas consultadas**

Diccionario Ecológico - B (peruecologico.com.pe)

Bosques para Agua y Humedales (dmh2011-folleto_sp.pdf (ramsar.org))

Metodología de la Investigación (Metodología de Investigación - Monografias.com)

Retención y exportación de sedimentos y nutrientes (Ramsar factsheet 4)

# ANEXOS

## Anexo A: Registro SENAPI Resolución Administrativa

senapi
SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL

ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA
MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL

2021-TLIT-1356-D-2

**DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR**
**Y DERECHOS CONEXOS**
**RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-3306/2021**
**La Paz, 13 de Diciembre del 2021**

**VISTOS:**

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **7 de Diciembre del 2021**, por **BENIGNO PRADA PORTILLO,** con **C.I. Nº 2769373 OR**, con número de trámite **DA 1461/2021**, señala la pretensión de inscripción de la Obra Escrita titulada: **"EVALUACIÓN DEL ESTADO DE BOFEDALES ALTOANDINOS Y SU CONTRIBUCIÓN EN EL CONTROL DE LA SEDIMENTACIÓN EN FUENTE, MUNICIPIO DE SANTIAGO DE MACHACA"**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

**CONSIDERANDO**

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo Nº 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo Nº 28152 el *"Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración"*.

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo Nº 27938 establece *"Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión"*. En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor Nº 1322, Decreto Reglamentario Nº 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo Nº 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: *"la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"*.

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: *"...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"*.

NB/ISO 9001 IBNORCA Signos Distintivos

Hecho en Bolivia

Oficina Central - La Paz: Av. Argentina, Nº 1914, Edif. Angélica María, entre Villalobos y Díaz Romero, zona Miraflores. Telfs.: 2115700 - 2115276 2115251 Fax: 2115700
Oficina - Santa Cruz: Av. Uruguay, Calle prolongación Quijarro, Nº 29, Edif. Bicentenario. Telfs.: 3121752 - 72042936
Oficina - Cochabamba: Calle Chuquisaca, Nº 649, Piso 2, entre Antezana y Lanza zona Central - Noreste. Telfs.: 4414403 - 72042957
Oficina - El Alto: Av. Juan Pablo II, Nº 2560 Edif. Multicentro El Ceibo Ltda. Piso 2, Of. 58, zona 16 de Julio. Telfs.: 2141001 - 72043029
Oficina - Chuquisaca: Calle Kilómetro 7, Nº 366 casi esq. Urriolagoitia, zona Parque Bolívar. Telf.: 72005873
Oficina - Tarija: Calle Ingavi, Nº 385 entre Santa Cruz y Méndez, zona La Pampa. Telf.: 72015286
Oficina - Oruro: Calle 6 de Octubre, Nº 5837, entre Ayacucho y Junín, Galería Central, Of. 14 (Ex Banco Fie). Telf.: 67201288
Oficina - Potosí: Av. Villazón entre calles Wenceslao Alba y San Alberto, Edif. AM. Salinas Nº 242, Primer Piso, Of. 17.
www.senapi.gob.bo

senapi SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL

ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: *"... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ..."*, por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

**POR TANTO**

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas

**RESUELVE:**

**INSCRIBIR** en el Registro de Obras Escritas de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, la Obra Escrita titulada: **"EVALUACIÓN DEL ESTADO DE BOFEDALES ALTOANDINOS Y SU CONTRIBUCIÓN EN EL CONTROL DE LA SEDIMENTACIÓN EN FUENTE, MUNICIPIO DE SANTIAGO DE MACHACA"**, a favor del autor: **SERGIO PEREZ LIMACHI** con **C.I. Nº 4847414 LP** y como titular derivado: **INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL, UNIVERSIDAD PUBLICA DE EL ALTO - UPEA**, con **NIT Nº 122025022**, representado legalmente por **CARLOS CONDORI TITIRICO**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

*Abg. Carlos Alberto Soruco Arroyo*
**DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR**
**Y DERECHOS CONEXOS**
**SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

NB/ISO 9001 IBNORCA Signos Distintivos

CASA/erbf
c.c.Arch.

HECHO EN BOLIVIA

**Oficina Central - La Paz** Av. Argentina, Nº 1914, Edif. Angélica María, entre Villalobos y Díaz Romero, zona Miraflores. Telfs.: 2115700 - 2119276 2119251 Fax: 2115700

**Oficina - Santa Cruz** Av. Uruguay, Calle prolongación Quijarro, Nº 29, Edif. Bicentenario. Telfs.: 3121752 - 72042936

**Oficina - Cochabamba** Calle Chuquisaca, Nº 649, Piso 2, entre Antezana y Lanza zona Central - Noreste. Telfs.: 4141403 - 72062957

**Oficina - El Alto** Av. Juan Pablo II, Nº 2560 Edif. Multicentro El Ceibo Ltda. Piso 2, Of. 58, zona 16 de Julio. Telfs.: 2141001 - 72043029

**Oficina - Chuquisaca** Calle Kilómetro 7, Nº 366 casi esq. Urriolagoitia, zona Parque Bolívar. Telf.: 72005873

**Oficina - Tarija** Calle Ingavi, Nº 385 entre Santa Cruz y Méndez, zona La Pampa. Telf.: 72015286

**Oficina - Oruro** Calle 6 de Octubre, Nº 5837, entre Ayacucho y Junín, Galería Central, Of. 14 (Ex Banco Fie). Telf.: 67201288

**Oficina - Potosí** Av. Villazón entre calles Wenceslao Alba y San Alberto, Edif. AM. Salinas Nº 242, Primer Piso, Of. 17.

**www.senapi.gob.bo**

Anexo B: Acta de acuerdo con las comunidades para la investigación

*Universidad Pública de El Alto*

Creada por ley 2115 del 5 de septiembre de 2000 Modificada por Ley 2556 del 12 de noviembre de 2003

ÁREA INGENIERÍA "DESARROLLO TECNOLÓGICO PRODUCTIVO"

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto: "Evaluación del estado de bofedales altoandinos y su contribución en el control de la sedimentación en fuente, municipio de Santiago de Machaca"

## ACTA

En la comunidad de Santiago de Machaca, municipio de Santiago de Machaca, en fecha 23 de junio de 2021, se llevó adelante el/la Reunion de coordinación para Proyecto de Investigación UPEA, con la presencia de las siguientes autoridades:

- Pedro Villalobos, Jacha Mallku, comunidad Ichucata
- Donato Alcon, Strio de Acta, comunidad San Juan de Rosapata
- Flora Marino, Sullka Mallku, comunidad Llallagua

Donde se tocaron los siguientes puntos y/o actividades:

Coordinar el trabajo de investigación "Evaluación del estado de bofedales altoandinos y su contribución en el control de la sedimentación en fuente, municipio de Santiago de Machaca.

Concluido el evento se llegaron a los siguientes acuerdos/resultados:

Las tres autoridades de dichas comunidades, estan de acuerdo en el desarrollo de la investigación sobre el estado de bofedales a cargo del Instituto de Investigación de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Pública de El Alto.

En conformidad con los acuerdos llegados, firmamos al pie como respaldo y constancia:

SUB CENTRAL DE COMUNIDADES ORIGINARIA "LLALLAGUA" AYLLU ILAVI Marka Villa Exaltación Jurisdicción Berenguela Suyu J. M. Pando La Paz - Bolivia

Flora Marino Choque
SULLKA MALLKU
SUB CENTRAL LLALLAGUA

Pedro Villalobos Villalobos
JACHA MALLKU JUSTICIERO
EJECUTIVO PROVINCIAL
PROV. GRAL. JOSE MANUEL PANDO

Donato Alcon E.
QILQIRI MALLKU
Com. San Juan de Rosapata
AYLLU CHOCOROSI

Anexo C: Registro fotográfico de la visita inicial de campo a comunidades del área de intervención

| CAPITAL DE SECCION, MUNICIPIO DE SANTIAGO DE MACHACA | |
|---|---|
| | |
| **UBICACIÓN:** SANTIAGO DE MACHACA | **AREA APROXIMADA:** 1.255 $Km^2$ |
| **COORDENADAS UTM**: X = 479465.57<br>Y = 8113101.21 | |
| **DESCRIPCION:**<br>Santiago de Machaca fue creado mediante decreto Ley del 29 de Abril del 1986, perteneciendo hasta ese entonces a la Provincia Pacajes. El municipio de Santiago de Machaca se encuentra ubicado al sureste de la ciudad de La Paz, en la provincia José Manuel Pando, del departamento de La Paz, en la región del Altiplano. | |

## COMUNIDAD DE LLALLAGUA

**UBICACIÓN:** BOFEDAL DELA COMUNIDAD LLALLAGUA (CUENCA ALTA)

**SUPERCIE:** 4 Has Aprox.

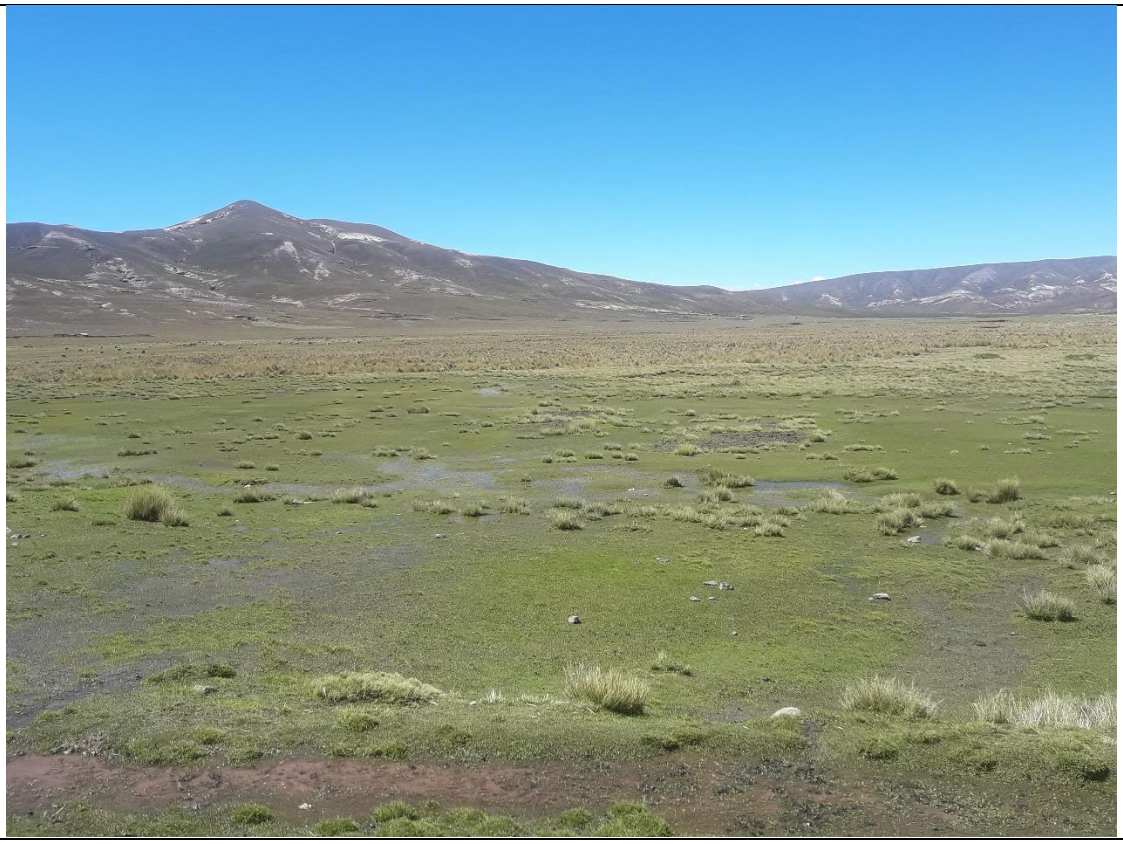
**COORDENADAS UTM:** X = 469786.10
Y = 8099164.65

**DIA Y HORA:**
Sábado, 12 de Junio de 2021, 10:20:05

**DESCRIPCIÓN:**
Es la imagen del bofedal ubicado en inmediaciones de la comunidad de Llallagua, cabeceras de la Cuenca. Las aguas que abastecen este bofedal provienen de los escurrimientos de cabecera e irrigado con aguas del rio que pasa por la comunidad. En estas partes altas, predomina la crianza de alpacas, llamas y en menor grado ovinos.

| COMUNIDAD DE LLALLAGUA | |
|---|---|
| | |
| **UBICACIÓN:** BOFEDAL DELA COMUNIDAD LLALLAGUA (CUENCA ALTA) | **SUPERCIE:** 4 Has Aprox. |
| **COORDENADAS UTM:** X = 469786.10<br>Y = 8099164.65 | |
| **DIA Y HORA:** Sabado, 12 de Junio de 2021, 10:10:25 | |
| **DESCRIPCION:**<br>La imagen pone de manifiesto la eminente reducción del bofedal y se observa los afloramientos de carbonatos de calcio, como consecuencia de los escurrimientos de afloramientos rocosos de la parte superior. En alrededores se observa la invasión de la especie vegetal pacu que empieza a dominar al resto de los cojines de plantas. | |

## COMUNIDAD DE ICHUCATA



**UBICACIÓN:** BOFEDAL DELA COMUNIDAD ICHUCATA (CUENCA ALTA)

**COORDENADAS UTM:** X = 468510.08
Y = 8102293.58

**DIA Y HORA:** Miércoles, 09 de Junio de 2021, 11:41:25

**DESCRIPCION:**
Se observa la imagen perteneciente al bofedal de la comunidad de Ichucata en la parte alta de la Cuenca. Es un ecosistema dependiente de la intervención humana, la cual es bastecida de riego a partir del mes de mayo y toda la temporada seca para promover su regeneración.

La acumulación de sedimentos en los lechos del rio, viene provocando el desborde las aguas y va reduciendo la superficie del bofedal.

## COMUNIDAD DE ICHUCATA

**UBICACIÓN:** COMUNIDAD PROXIMA A ICHUCATA (CUENCA ALTA)

**COORDENADAS UTM:** X = 468510.08
Y = 8102293.58

**DIA Y HORA:** Miércoles, 09 de Junio de 2021, 12:45:40

**DESCRIPCION:**
Corral para ganado camélido estructurado con vegetación extraída de las praderas naturales próximos al bofedal de Ichucata.

La extracción selectiva de especies nativas, promueve y acelera los procesos de erosión y el consiguiente arrastre de sedimentos hacia las partes bajas de la cuenca.

## COMUNIDAD DE SAN JUAN DE ROSAPATA

**UBICACIÓN:** COMUNIDAD DE SANJUAN DE ROSAPATA (CUENCA MEDIA)

**COORDENADAS UTM:** X = 469883.84
Y = 8114902.12

**DIA Y HORA:** Viernes, 11 de Junio de 2021, 10:34:20

**DESCRIPCION:**
La imagen muestra el curso de rio solidificado por las bajas temperaturas en inmediaciones del bofedal de la comunidad de San Juan de Rosapata.

El bofedal de esta comunidad, corresponde a una unidad productiva familiar, según el miembro cabeza del hogar, el mismo bofedal tiene una antigüedad de no más de 15 años. Es decir es un bofedal considerado artificial, o manipulado por el ser humano con la finalidad de mejorar la disponibilidad de forrajes para el ganado.

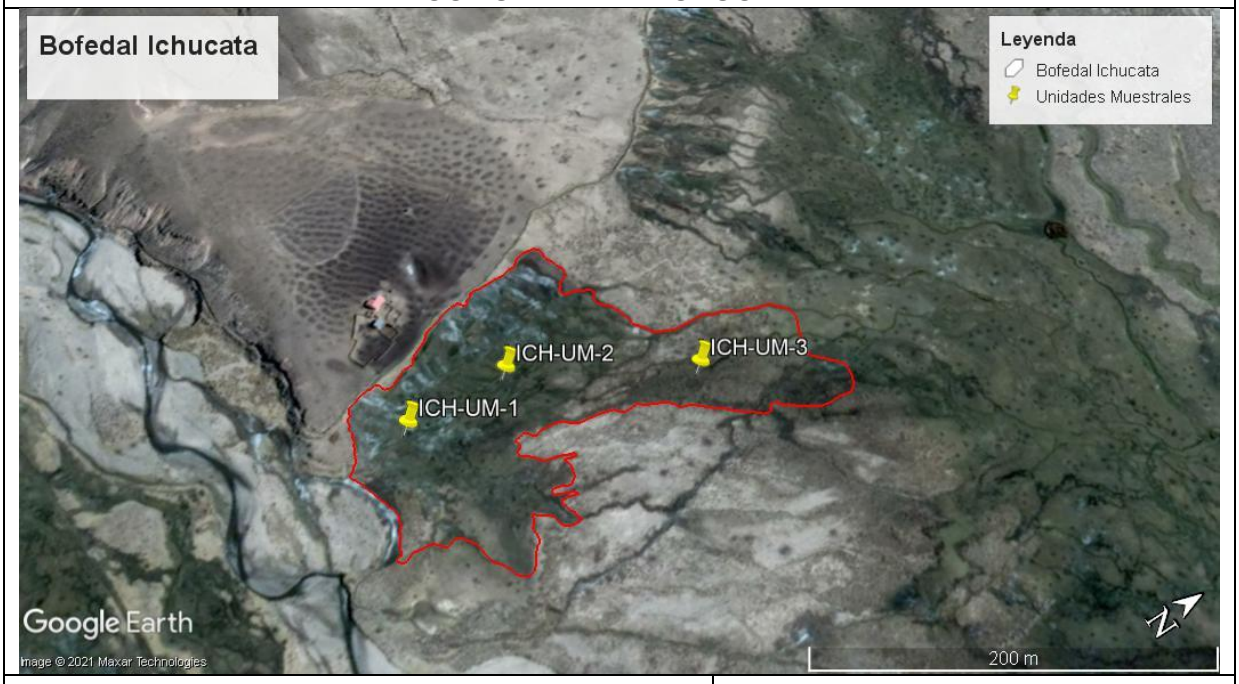
Anexo D: Identificación de bofedales y delimitación

| | |
|---|---|
| **UBICACIÓN:** BOFEDAL LLALLAGUA | **AREA APROXIMADA:** 4,36 ha |

**COORDENADAS UTM**: X = 461572.85
Y = 8090999.17
Alt = 4239 msnm

**DESCRIPCION:**
Se ha identificado el Bofedal de la Comunidad Llallagua, el cual abarca un área de 4,36 hectáreas aproximadamente y tiene características naturales. En este espacio se tienen priorizado la implementación de 3 unidades muestrales para evaluar el estado de situación de dicho ecosistema.

## COMUNIDAD DE ICHUCATA



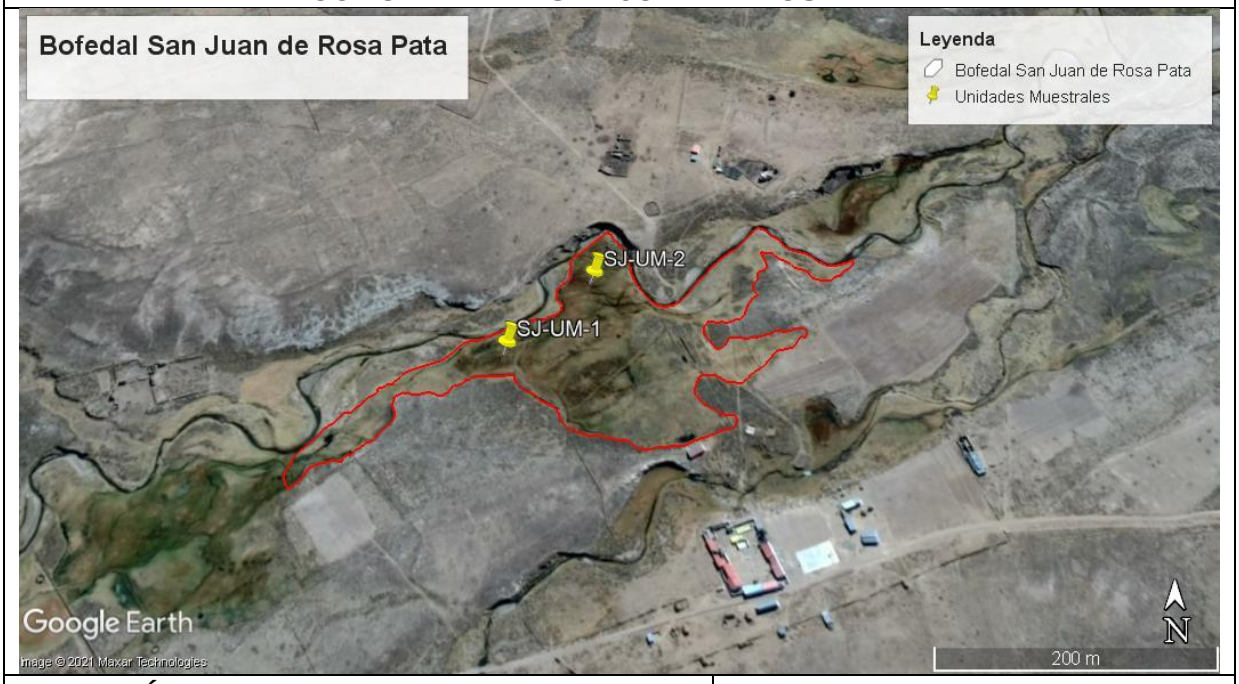

| | |
|---|---|
| **UBICACIÓN:** BOFEDAL ICHUCATA | **SUPERCIE:** 2.5 ha |

**COORDENADAS UTM:** X = 468157.44
Y = 8102040.42
Alt = 3971 msnm

**DESCRIPCIÓN:**

Se ha identificado el Bofedal de la Comunidad Llallagua, el cual abarca un área de 4,36 hectáreas aproximadamente y es ciertamente inducida por los comunarios. En este espacio se tienen priorizado la implementación de 3 unidades muestrales para evaluar el estado de situación de dicho ecosistema.

## COMUNIDAD DE SAN JUAN DE ROSA PATA




| | |
|---|---|
| **UBICACIÓN:** BOFEDAL SAN JUAN DE ROSA PATA | **SUPERCIE:** 3.55 ha |

**COORDENADAS UTM:** X = 468014.46
Y = 8113857.34
Alt = 3942 msnm

**DESCRIPCIÓN:**

Se ha identificado el Bofedal de la Comunidad San Juan de Rosa Pata, el cual abarca un área de 3,55 hectáreas aproximadamente e inducida por la intervención de los comunarios. En este espacio se tienen priorizado la implementación de 2 unidades muestrales para evaluar el estado de situación de dicho ecosistema.

Anexo E: Factores de degradación de bofedales

| FACTOR DE DEGRADACIÓN | NIVEL | ABUNDANCIA | INTENSIDAD |
|---|---|---|---|
| Alteraciones hidrológicas dentro del bofedal | Alta (3) | Las zanjas de infiltración o canales cubren una alta proporción del área (al menos 30 %) | La diferencia entre la superficie del suelo y el curso del agua es de 25 cm a más |
| | Baja (1) | Las zanjas de infiltración o canales cubren una baja proporción del área. | La diferencia entre la superficie del suelo y el curso del agua es menos de 25 cm |
| Ganadería | Alta (3) | Presencia de más de 3 unidades animal por hectárea. O alta abundancia de estiércol de ganado. | El pastoreo continuo en el área de bofedal (si hay algún informante local) |
| | Baja (1) | Presencia de menos de 3 unidades animal por hectárea. Baja presencia de estiércol de ganado | El pastoreo es estacional en el área de bofedal (si hay algún informante local) |
| Cosecha de turba | Alta (3) | En más del 15 % del área se ha cosechado turba. | Se ha drenado el bofedal y cosechado más de 30 cm de profundidad de turba. |
| | Baja (1) | En menos del 15 % del área se ha cosechado turba. | No se ha drenado el bofedal y se ha cosechado menos de 30 cm de turba |
| Quemas | Alta (3) | Evidencia de quema reciente en al menos el 25 % del área. | La quema siempre es de alta intensidad. |
| | Baja (1) | Evidencia de quema reciente en al menos el 25 % del área. | |

Anexo F: Puntajes de indicadores y comparación de valores de referencia

## Valores relativos de atributos e indicadores

| ATRIBUTO | INDICADORES | VALOR RELATIVO |
|---|---|---|
| Condición del agua 39.6 % | Napa freática en época seca (cm) | 30.8 |
| | Conductividad eléctrica (µS/cm) | 8.8 |
| Condición del suelo 24.5 % | Profundidad de turba (cm) | 9.2 |
| | Materia orgánica (%) | 8.9 |
| | Densidad aparente (g/cm3) | 3.5 |
| | Signos de erosión | 2.9 |
| Condición de la biota 19.9 % | Especies nativas (%) | 8.7 |
| | Riqueza de especies (n.° especies / área) | 3.1 |
| | Cobertura vegetal viva (%) | 3 |
| | Biomasa aérea (kg MS/ha) | 5.1 |
| Alteraciones en el paisaje 16.0 % | Presencia de factores de degradación (cualitativo) | 8 |
| | Conectividad hidrológica del bofedal (cualitativo) | 8 |

## Escala de valoración de la condición de agua

| ATRIBUTO | INDICADORES | VALOR RELATIVO |
|---|---|---|
| Napa freática en época seca (cm) | < 5 | 30.8 |
| | 6 - 20 | 20.5 |
| | 21 – 60 | 10.3 |
| | > 60 | 0.0 |
| Conductividad eléctrica (µS/cm) | < 52 | 8.8 |
| | 52 – 110 | 5.9 |
| | 110 – 215 | 2.9 |
| | > 215 | 0.0 |

## Escala de valoración de la condición de suelo

| ATRIBUTO | INDICADORES | VALOR RELATIVO |
|---|---|---|
| Profundidad de turba (cm) | > 200 | 9.2 |
| | 100 – 200 | 6.1 |
| | 41 – 100 | 3.1 |
| | < 40 | 0.0 |
| Materia orgánica (%) | > 75 | 8.9 |
| | 56 – 75 | 5.9 |
| | 21 – 25 | 3.0 |
| | < 37 | 0.0 |
| Densidad aparente (g/cm3) | < 0.2 | 3.5 |
| | 0.2 – 0.3 | 2.3 |
| | 0.3 – 0.9 | 1.2 |
| | > 0.9 | 0.0 |

| ATRIBUTO | INDICADORES | VALOR RELATIVO |
|---|---|---|
| Signos de erosión | A | 2.9 |
| | B | 1.9 |
| | C | 1.0 |
| | D | 0.0 |

## Escala de valoración de la condición de la biota

| ATRIBUTO | INDICADORES | VALOR RELATIVO |
|---|---|---|
| Especies nativas (%) | > 80 | 8.7 |
| | 61 – 79 | 5.8 |
| | 31 – 60 | 2.9 |
| | < 31 | 0.0 |
| Riqueza de especies (transecto) | > 10 | 3.1 |
| | 8 – 10 | 2.1 |
| | 5 – 7 | 1.0 |
| | < 5 | 0.0 |
| Cobertura vegetal (%) | 100 | 3.0 |
| | 90 – 99 | 2.0 |
| | 89 – 75 | 1.0 |
| | > 75 | 0.0 |
| Biomasa (kg MS/ha) | > 1000 | 5.1 |
| | 651 – 999 | 3.4 |
| | 301 - 650 | 1.7 |
| | < 300 | 0.0 |

## Escala de valoración de la alteración del paisaje

| ATRIBUTO | INDICADORES | VALOR RELATIVO |
|---|---|---|
| Presencia de factores de degradación | A | 8.0 |
| | B | 5.3 |
| | C | 2.7 |
| | D | 0.0 |
| Conectividad hidrológica | A | 8.0 |
| | B | 5.3 |
| | C | 2.7 |
| | D | 0.0 |

## Comparación de los valores de referencia y la unidad muestral para el cálculo del valor ecológico

| ATRIBUTO | INDICADORES | VALOR DE REFEENCIA (VR) | | UNIDAD MUESTRAL (UM) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | VALOR | PUNTAJE | VALOR | PUNTAJE |
| Condición del agua 39.6% | Napa freática en época seca (cm) | < 5 | 30.8 | | |
| | Conductividad eléctrica (µS/cm) | < 52 | 8.8 | | |
| Condición del suelo 24.5% | Profundidad de turba (cm) | > 200 | 9.2 | | |
| | Materia orgánica (%) | > 75 | 8.9 | | |
| | Densidad aparente (g/cm3) | < 0.2 | 3.5 | | |
| | Signos de erosión (cualitativo) | A | 2.9 | | |
| Condición de la biota 19.9% | Especies nativas (%) | > 80 | 8.7 | | |
| | Riqueza de especies (n.° especies / área) | > 10 | 3.1 | | |
| | Cobertura vegetal viva (%) | 100 | 3 | | |
| | Biomasa aérea (kg MS/ha) | > 1000 | 5.1 | | |
| Alteraciones en el paisaje 16.0% | Presencia de factores de degradación | A | 8 | | |
| | Conectividad hidrológica | B | 8 | | |
| Sumatoria | | - | 100 | | |
| Escala 1-10 | | - | 10 | | |
| Estado del Ecosistema (valor ecológico) | | - | Muy bueno | | |

## Cálculo del valor ecológico

| INDICADORES | UM1 | UM2 | UM2 | | UMn | VALOR PROMEDIO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | VALOR | | | | | |
| Napa freática en época seca | N1 | N2 | N3 | … | Nn | (N1 + N2+ N3+…+ Nn)/n |
| Conductividad eléctrica | C1 | C2 | C3 | … | Cn | (C1 + C2+ C3+…+ Cn)/n |
| Profundidad de turba | T1 | T2 | T3 | … | Tn | (T1 + T2+ T3+…+ Tn)/n |
| Materia orgánica | Mo1 | Mo2 | Mo3 | … | Mon | (Mo1 + Mo2+ Mo3+…+ Mon)/n |
| Densidad aparente | Da1 | Da2 | Da3 | … | Dan | (Da1 + Da2+ Da3+…+ Dan)/n |
| Signos de erosión | E1 | E2 | E3 | … | En | (E1 + E2+ E3+…+ En)/n |
| Especies nativas | N1 | N2 | N3 | … | Nn | (N1 + N2+ N3+…+ Nn)/n |
| Riqueza de especies | Sp1 | Sp2 | Sp3 | … | Spn | (Sp1 + Sp2+ Sp3+…+ Spn)/n |
| Cobertura vegetal viva | Cv1 | Cv2 | Cv3 | … | Cvn | (Cv1 + Cv2+ Cv3+…+ Cvn)/n |

| INDICADORES | UM1 | UM2 | UM2 | | UMn | VALOR PROMEDIO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | VALOR | | | | | |
| Biomasa aérea | B1 | B2 | B3 | … | Bn | (B1 + B2+ B3+…+ Bn)/n |
| Presencia de factores de degradación | D1 | D2 | D3 | … | Dn | (D1 + D2+ D3+…+ Dn)/n |
| Conectividad hidrológica | Ch1 | Ch2 | Ch3 | … | Chn | (Ch1 + Ch2+ Ch3+…+ Chn)/n |

## Determinación del valor ecológico promedio

| INDICADORES | VALOR PROMEDIO | |
|---|---|---|
| | VALOR | PUNTAJE |
| Napa freática en época seca | (N1 + N2+ N3+…+ Nn)/n | P1 |
| Conductividad eléctrica | (C1 + C2+ C3+…+ Cn)/n | P2 |
| Profundidad de turba | (T1 + T2+ T3+…+ Tn)/n | P3 |
| Materia orgánica | (Mo1 + Mo2+ Mo3+…+ Mon)/n | P4 |
| Densidad aparente | (Da1 + Da2+ Da3+…+ Dan)/n | P5 |
| Signos de erosión | (E1 + E2+ E3+…+ En)/n | P6 |
| Especies nativas | (N1 + N2+ N3+…+ Nn)/n | P7 |
| Riqueza de especies | (Sp1 + Sp2+ Sp3+…+ Spn)/n | P8 |
| Cobertura vegetal viva | (Cv1 + Cv2+ Cv3+…+ Cvn)/n | P9 |
| Biomasa aérea | (B1 + B2+ B3+…+ Bn)/n | P10 |
| Presencia de factores de degradación | (D1 + D2+ D3+…+ Dn)/n | P11 |
| Conectividad hidrológica | (Ch1 + Ch2+ Ch3+…+ Chn)/n | P12 |
| **VALOR RELATIVO** | | $\sum_{p=1}^{12} p$ |
| **Escala 1 – 10** | | **V** |
| **Estado del Ecosistema (valor ecológico)** | | **EE** |

## Escala y valor relativo para estimar el estado de los ecosistemas de bofedal

| ESCALA | VALOR RELATIVO (%) | ESTADO DEL ECOSISTEMA |
|---|---|---|
| 0 – 2 > | 0 – 20 > | Muy pobre |
| 2 – 4 > | 20 – 40 > | Pobre |
| 4 – 6 > | 40 – 60 > | Regular |
| 6 – 8 > | 60 – 80 > | Bueno |
| 8 – 10 | 80 - 100 | Muy bueno |

# Anexo G: Planilla de registro de información de campo

**PLANILLA DE REGISTRO DE CAMPO DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS DE BOFEDAL**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **COMUNIDAD:** | **DEPARTAMENTO** | **RESPONSABLES:** | **X:** |
| **FECHA:** | **MUNICIPIO** | **TRANSECTO:** | **Y:** |
| | | | **Altura:** |

| **MEDICIÓN DE INDICADORES** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Comunidad vegetal dominate (s): | | **Especies nativas (%):** | | |
| Prof. Turba (cm): | **pH:** | | **DA (g/cm3):** | |
| Nivel de la napa (cm): | **CE:** | | **Biomasa (kg MS/ha):** | |
| Cobertura (%): **12,5 m:** | **25 m:** | **37,5 m:** | | **MO (%):** |
| Signos de erosión: | **Factores de degradación:** | | **Conectividad hidrológica:** | |

| N° | DIST. (m) | OMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | OMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | OMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | OMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,5 | | | 26 | 13 | | | 51 | 25,5 | | | 76 | 38 | | |
| 2 | 1 | | | 27 | 13,5 | | | 52 | 26 | | | 77 | 38,5 | | |
| 3 | 1,5 | | | 28 | 14 | | | 53 | 26,5 | | | 78 | 39 | | |
| 4 | 2 | | | 29 | 14,5 | | | 54 | 27 | | | 79 | 39,5 | | |
| 5 | 2,5 | | | 30 | 15 | | | 55 | 27,5 | | | 80 | 40 | | |
| 6 | 3 | | | 31 | 15,5 | | | 56 | 28 | | | 81 | 40,5 | | |
| 7 | 3,5 | | | 32 | 16 | | | 57 | 28,5 | | | 82 | 41 | | |
| 8 | 4 | | | 33 | 16,5 | | | 58 | 29 | | | 83 | 41,5 | | |
| 9 | 4,5 | | | 34 | 17 | | | 59 | 29,5 | | | 84 | 42 | | |
| 10 | 5 | | | 35 | 17,5 | | | 60 | 30 | | | 85 | 42,5 | | |
| 11 | 5,5 | | | 36 | 18 | | | 61 | 30,5 | | | 86 | 43 | | |
| 12 | 6 | | | 37 | 18,5 | | | 62 | 31 | | | 87 | 43,5 | | |
| 13 | 6,5 | | | 38 | 19 | | | 63 | 31,5 | | | 88 | 44 | | |
| 14 | 7 | | | 39 | 19,5 | | | 64 | 32 | | | 89 | 44,5 | | |
| 15 | 7,5 | | | 40 | 20 | | | 65 | 32,5 | | | 90 | 45 | | |
| 16 | 8 | | | 41 | 20,5 | | | 66 | 33 | | | 91 | 45,5 | | |
| 17 | 8,5 | | | 42 | 21 | | | 67 | 33,5 | | | 92 | 46 | | |
| 18 | 9 | | | 43 | 21,5 | | | 68 | 34 | | | 93 | 46,5 | | |
| 19 | 9,5 | | | 44 | 22 | | | 69 | 34,5 | | | 94 | 47 | | |
| 20 | 10 | | | 45 | 22,5 | | | 70 | 35 | | | 95 | 47,5 | | |
| 21 | 10,5 | | | 46 | 23 | | | 71 | 35,5 | | | 96 | 48 | | |
| 22 | 11 | | | 47 | 23,5 | | | 72 | 36 | | | 97 | 48,5 | | |
| 23 | 11,5 | | | 48 | 24 | | | 73 | 36,5 | | | 98 | 49 | | |
| 24 | 12 | | | 49 | 24,5 | | | 74 | 37 | | | 99 | 49,5 | | |
| 25 | 12,5 | | | 50 | 25 | | | 75 | 37,5 | | | ## | 50 | | |

## Planilla de evaluación de alteración del paisaje

| BOFEDAL: | | | |
|---|---|---|---|
| **FACTOR DE DEGRADACIÓN** | **NIVEL** | **ABUNDANCIA** | **INTENSIDAD** |
| Alteraciones hidrológicas dentro del bofedal | Alta (3) | Las zanjas de infiltración o canales cubren una alta proporción del área (al menos 30 %) | La diferencia entre la superficie del suelo y el curso del agua es de 25 cm a más |
| | Baja (1) | Las zanjas de infiltración o canales cubren una baja proporción del área. | La diferencia entre la superficie del suelo y el curso del agua es menos de 25 cm |
| Ganadería | Alta (3) | Presencia de más de 3 unidades animal por hectárea. O alta abundancia de estiércol de ganado. | El pastoreo continuo en el área de bofedal (si hay algún informante local) |
| | Baja (1) | Presencia de menos de 3 unidades animal por hectárea. Baja presencia de estiércol de ganado | El pastoreo es estacional en el área de bofedal (si hay algún informante local) |
| Cosecha de turba | Alta (3) | En más del 15 % del área se ha cosechado turba. | Se ha drenado el bofedal y cosechado más de 30 cm de profundidad de turba. |
| | Baja (1) | En menos del 15 % del área se ha cosechado turba. | No se ha drenado el bofedal y se ha cosechado menos de 30 cm de turba |
| Quemas | Alta (3) | Evidencia de quema reciente en al menos el 25 % del área. | La quema siempre es de alta intensidad. |
| | Baja (1) | Evidencia de quema reciente en al menos el 25 % del área. | |

## Planilla de evaluación de la conectividad hidrológica

| NOMBRE DEL BOFEDAL | CRITERIO | DESCRIPCIÓN |
|---|---|---|
| | 1) No se detectó ningún problema o alteración en las fuentes de agua que alimentan directamente al bofedal | |
| | 2) La presencia de carreteras o infraestructura han cambiado la permeabilidad del agua hacia el bofedal, pero no la cantidad de agua que entra. Se han encontrado fuentes de nutrientes, minerales y/o contaminantes en las partes altas de la quebrada (alteraciones de la calidad del agua) | |
| | 3) Se encuentran tomas de agua o canales que funcionan estacionalmente, o carreteras que reducen la cantidad de agua que entra al bofedal. | |
| | 4) Se encuentran carreteras y tomas de agua o canales permanentes que desvían y eliminan la entrada de agua de estas fuentes hacia el bofedal | |

**Planilla de evaluación de los signos de erosión**

| NOMBRE DEL BOFEDAL | CRITERIO | DESCRIPCIÓN |
|---|---|---|
| | 1) <10% del área presenta signos de erosión laminar superficial y movimiento de mantillo | |
| | 2) Se observa signos de erosión laminar en <25% del área y poca evidencia de alteración (vegetación seca, removida y/o pudriéndose) en los cojines | |
| | 3) Presencia de erosión laminar profunda, formación de surcos y zanjas en al menos el 15% del área y/o se presentan cojines fraccionados: presencia de vegetación seca, removido o podrida en la superficie de la vegetación de cojín, en al menos 20% del área | |
| | 4) Presencia de una severa erosión en la superficie de la vegetación en al menos el 25% del área; se han formado parches y el nivel del agua está 10 cm o más de profundidad, en relación a la superficie del suelo con vegetación de cojín 0 a 25% del área presenta la formación de surcos y depresiones profundas | |

**Planilla de evaluación de la contribución en el control de sedimentos**

| DETALLE | CRITERIO | DESCRIPCIÓN |
|---|---|---|
| **Bofedal:** | | |
| Sitios de importancia en la retención de sedimentos | 1) Cabecera del área de bofedal presenta signos de erosión | |
| | 2) Presencia de cojines en sitios de contacto con el curso principal de agua | |
| | 3) Presencia de obras derivadoras y acequias de conducción de agua al bofedal | |
| Impactos de la sedimentación en el bofedal | 1) <10% del área de bofedal tiene presencia de arenas y pastura ligeramente afectada | |
| | 2) del 11 al 30% del área de bofedal con presencia de sedimentos y pastura moderadamente afectada | |
| | 3) 31 al 50% del área de bofedal con presencia de sedimentos y pastura fuertemente afectada | |
| | 4) >51% del área de bofedal con presencia de sedimentos y pastura extremadamente afectadas | |

Anexo H: Puntajes del valor relativo obtenido por unidad muestral

**Puntaje del valor relativo por bofedal**

| INDICADORES | VR LL-UM-1 | VR LL-UM-2 | VR LL-UM-3 | PROM. | VR HI-UM-1 | VR HI-UM-2 | VR HI-UM-3 | PROM. | VR SJ-UM-1 | VR SJ-UM-2 | PROM. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Napa freática en época seca (cm) | 30,80 | 20,50 | 10,30 | **20,53** | 10,30 | 10,30 | 10,30 | **10,30** | 20,50 | 20,50 | **20,50** |
| Conductividad eléctrica (µS/cm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | **0,00** | 2,90 | 2,90 | 2,90 | **2,90** | 0,00 | 0,00 | **0,00** |
| Profundidad de turba (cm) | 3,10 | 3,10 | 3,10 | **3,10** | 0,00 | 0,00 | 0,00 | **0,00** | 0,00 | 0,00 | **0,00** |
| Materia orgánica (%) | 3,00 | 3,00 | 5,90 | **3,97** | 0,00 | 0,00 | 0,00 | **0,00** | 0,00 | 0,00 | **0,00** |
| Densidad aparente (g/cm3) | 3,50 | 2,30 | 3,50 | **3,10** | 0,00 | 1,20 | 0,00 | **0,40** | 0,00 | 0,00 | **0,00** |
| Signos de erosión | 2,90 | 2,90 | 2,90 | **2,90** | 2,90 | 1,90 | 1,90 | **2,23** | 2,90 | 2,90 | **2,90** |
| Especies nativas (%) | 8,70 | 8,70 | 8,70 | **8,70** | 8,70 | 8,70 | 5,80 | **7,73** | 8,70 | 8,70 | **8,70** |
| Riqueza de especies (n.° especies / área transecto) | 2,10 | 2,10 | 2,10 | **2,10** | 0,00 | 0,00 | 0,00 | **0,00** | 0,00 | 0,00 | **0,00** |
| Cobertura vegetal viva (%) | 0,00 | 3,00 | 3,00 | **2,00** | 2,00 | 2,00 | 2,00 | **2,00** | 3,00 | 2,00 | **2,50** |
| Biomasa aérea (kg MS/ha) | 5,10 | 5,10 | 3,40 | **4,53** | 1,70 | 3,40 | 1,70 | **2,27** | 3,40 | 3,40 | **3,40** |
| Presencia de factores de degradación (cualitativo) | 5,30 | 5,30 | 5,30 | **5,30** | 5,30 | 5,30 | 5,30 | **5,30** | 5,30 | 5,30 | **5,30** |
| Conectividad hidrológica del bofedal (cualitativo) | 5,30 | 5,30 | 5,30 | **5,30** | 5,30 | 5,30 | 5,30 | **5,30** | 5,30 | 5,30 | **5,30** |
| **Promedio** | **69,80** | **61,30** | **53,50** | **61,53** | **39,10** | **41,00** | **35,20** | **38,43** | **49,10** | **48,10** | **48,60** |

# Anexo I: Base de datos por unidad muestral

**PLANILLA DE REGISTRO DE CAMPO DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS DE BOFEDAL**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **COMUNIDAD:** | Llallagua Chico | **DEPARTAMENTO** | La Paz | **RESPONSABLES:** | Sergio Pérez y Sergio Bautista | **X: 17°15,898'** |
| **FECHA:** | 10/9/2021 | **MUNICIPIO** | Santiago de Machaca | **TRANSECTO:** | 1 | **Y: 69°21,767'** |
| | | | | | | **Altura: 4230** |

**MEDICIÓN DE INDICADORES**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Comunidad vegetal dominante (s): Phylloscirpus deserticola | | | | | | **Especies nativas (%):** | 100 | | |
| Prof. Turba (cm): | 65 | | | **pH:** | 3,53 | | | **DA (g/cm3):** | 0,009 |
| Nivel de la napa (cm): | 12 | | | **CE (uS/cm):** | 606 | | | **Biomasa (kg MS/ha):** | 1005 |
| Cobertura (%): | | **12,5 m:** | 30% | **25 m:** | 20% | **37,5 m:** | 30% | **MO (%):** | 45,6 |
| Signos de erosión: | A | | | **Factores de degradació** | A | | | **Conectividad hidrológica:** | C |

| N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,5 | Phylloscirpus spp. | | 26 | 13 | Phylloscirpus deserticola | | 51 | 25,5 | Phylloscirpus deserticola | | 76 | 38 | Phylloscirpus deserticola | |
| 2 | 1 | Phylloscirpus spp. | | 27 | 13,5 | Phylloscirpus spp. | | 52 | 26 | Phylloscirpus deserticola | | 77 | 38,5 | Deyeuxia curvula | |
| 3 | 1,5 | Phylloscirpus spp. | | 28 | 14 | Phylloscirpus deserticola | | 53 | 26,5 | Phylloscirpus deserticola | | 78 | 39 | Phylloscirpus deserticola | |
| 4 | 2 | Lachemilla diplophylla | | 29 | 14,5 | Lachemilla diplophylla | | 54 | 27 | Phylloscirpus deserticola | | 79 | 39,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 5 | 2,5 | Phylloscirpus deserticola | | 30 | 15 | Phylloscirpus deserticola | | 55 | 27,5 | Phylloscirpus deserticola | | 80 | 40 | Deyeuxia curvula | |
| 6 | 3 | Lachemilla diplophylla | | 31 | 15,5 | Phylloscirpus deserticola | | 56 | 28 | Leucheria sp. | | 81 | 40,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 7 | 3,5 | Phylloscirpus deserticola | | 32 | 16 | Phylloscirpus deserticola | | 57 | 28,5 | Phylloscirpus deserticola | | 82 | 41 | Phylloscirpus deserticola | |
| 8 | 4 | Phylloscirpus deserticola | | 33 | 16,5 | Phylloscirpus deserticola | | 58 | 29 | Phylloscirpus deserticola | | 83 | 41,5 | Deyeuxia curvula | |
| 9 | 4,5 | Deyeuxia curvula | | 34 | 17 | Phylloscirpus deserticola | | 59 | 29,5 | Phylloscirpus deserticola | | 84 | 42 | Phylloscirpus deserticola | |
| 10 | 5 | Phylloscirpus deserticola | | 35 | 17,5 | Phylloscirpus deserticola | | 60 | 30 | Leucheria sp. | | 85 | 42,5 | Lobelia oligophylla | |
| 11 | 5,5 | Gentiana prostrata | | 36 | 18 | Phylloscirpus deserticola | | 61 | 30,5 | Phylloscirpus deserticola | | 86 | 43 | Deyeuxia curvula | |
| 12 | 6 | Phylloscirpus deserticola | | 37 | 18,5 | Phylloscirpus deserticola | | 62 | 31 | Phylloscirpus deserticola | | 87 | 43,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 13 | 6,5 | Phylloscirpus deserticola | | 38 | 19 | Phylloscirpus deserticola | | 63 | 31,5 | Phylloscirpus deserticola | | 88 | 44 | Phylloscirpus deserticola | |
| 14 | 7 | Phylloscirpus deserticola | | 39 | 19,5 | Phylloscirpus deserticola | | 64 | 32 | Phylloscirpus deserticola | | 89 | 44,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 15 | 7,5 | Phylloscirpus deserticola | | 40 | 20 | Phylloscirpus deserticola | | 65 | 32,5 | Phylloscirpus deserticola | | 90 | 45 | Phylloscirpus deserticola | |
| 16 | 8 | Phylloscirpus spp. | | 41 | 20,5 | Phylloscirpus deserticola | | 66 | 33 | Phylloscirpus deserticola | | 91 | 45,5 | Distichia sp. | |
| 17 | 8,5 | Phylloscirpus deserticola | | 42 | 21 | Phylloscirpus deserticola | | 67 | 33,5 | Phylloscirpus deserticola | | 92 | 46 | Distichia sp. | |
| 18 | 9 | Phylloscirpus deserticola | | 43 | 21,5 | Phylloscirpus deserticola | | 68 | 34 | Phylloscirpus deserticola | | 93 | 46,5 | Distichia sp. | |
| 19 | 9,5 | Phylloscirpus deserticola | | 44 | 22 | Phylloscirpus deserticola | | 69 | 34,5 | Phylloscirpus spp. | | 94 | 47 | Phylloscirpus deserticola | |
| 20 | 10 | Phylloscirpus deserticola | | 45 | 22,5 | Phylloscirpus deserticola | | 70 | 35 | Phylloscirpus deserticola | | 95 | 47,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 21 | 10,5 | Phylloscirpus deserticola | | 46 | 23 | Phylloscirpus deserticola | | 71 | 35,5 | Phylloscirpus deserticola | | 96 | 48 | Phylloscirpus deserticola | |
| 22 | 11 | Phylloscirpus deserticola | | 47 | 23,5 | Phylloscirpus deserticola | | 72 | 36 | Phylloscirpus deserticola | | 97 | 48,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 23 | 11,5 | Deyeuxia curvula | | 48 | 24 | Deyeuxia curvula | | 73 | 36,5 | Phylloscirpus deserticola | | 98 | 49 | Phylloscirpus deserticola | |
| 24 | 12 | Deyeuxia curvula | | 49 | 24,5 | Phylloscirpus deserticola | | 74 | 37 | Phylloscirpus deserticola | | 99 | 49,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 25 | 12,5 | Phylloscirpus deserticola | | 50 | 25 | Phylloscirpus deserticola | | 75 | 37,5 | Phylloscirpus deserticola | | 100 | 50 | Distichia sp. | |

**PLANILLA DE REGISTRO DE CAMPO DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS DE BOFEDAL**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **COMUNIDAD:** | Llallagua Chico | **DEPARTAMENTO** | La Paz | **RESPONSABLES:** | Sergio Pérez y Sergio Bautista | **X: 17°16,919'** |
| **FECHA:** | 10/9/2021 | **MUNICIPIO** | Santiago de Machaca | **TRANSECTO:** | 2 | **Y: 69°21,718'** |
| | | | | | | **Altura: 4229** |

**MEDICIÓN DE INDICADORES**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Comunidad vegetal dominante (s): Phylloscirpus deserticola | | | | | | **Especies nativas (%):** | 100 | | |
| Prof. Turba (cm): | 60 | | | **pH:** | 5,87 | | | **DA (g/cm3):** | 0,007 |
| Nivel de la napa (cm): | 8 | | | **CE (uS/cm):** | 336 | | | **Biomasa (kg MS/ha):** | 1014 |
| Cobertura (%): | | **12,5 m:** | 100% | **25 m:** | 100% | **37,5 m:** | 100% | **MO (%):** | 51,5 |
| Signos de erosión: | A | | | **Factores de degradació** | A | | | **Conectividad hidrológica:** | C |

| N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,5 | Distichia sp. | | 26 | 13 | Lachemilla diplophylla | | 51 | 25,5 | Phylloscirpus deserticola | | 76 | 38 | Phylloscirpus deserticola | |
| 2 | 1 | Distichia sp. | | 27 | 13,5 | Lachemilla diplophylla | | 52 | 26 | Phylloscirpus deserticola | | 77 | 38,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 3 | 1,5 | Phylloscirpus spp. | | 28 | 14 | Distichia sp. | | 53 | 26,5 | Lachemilla diplophylla | | 78 | 39 | Phylloscirpus deserticola | |
| 4 | 2 | Phylloscirpus spp. | | 29 | 14,5 | Distichia sp. | | 54 | 27 | Lachemilla diplophylla | | 79 | 39,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 5 | 2,5 | Phylloscirpus spp. | | 30 | 15 | Lachemilla diplophylla | | 55 | 27,5 | Lachemilla diplophylla | | 80 | 40 | Phylloscirpus deserticola | |
| 6 | 3 | Phylloscirpus spp. | | 31 | 15,5 | Phylloscirpus spp. | | 56 | 28 | Distichia sp. | | 81 | 40,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 7 | 3,5 | Deyeuxia curvula | | 32 | 16 | Lachemilla diplophylla | | 57 | 28,5 | Phylloscirpus deserticola | | 82 | 41 | Phylloscirpus deserticola | |
| 8 | 4 | Distichia sp. | | 33 | 16,5 | Lachemilla diplophylla | | 58 | 29 | Phylloscirpus deserticola | | 83 | 41,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 9 | 4,5 | Distichia sp. | | 34 | 17 | Lachemilla diplophylla | | 59 | 29,5 | Phylloscirpus deserticola | | 84 | 42 | Phylloscirpus deserticola | |
| 10 | 5 | Distichia sp. | | 35 | 17,5 | Phylloscirpus deserticola | | 60 | 30 | Phylloscirpus deserticola | | 85 | 42,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 11 | 5,5 | Distichia sp. | | 36 | 18 | Deyeuxia curvula | | 61 | 30,5 | Distichia sp. | | 86 | 43 | Phylloscirpus deserticola | |
| 12 | 6 | Deyeuxia curvula | | 37 | 18,5 | Phylloscirpus deserticola | | 62 | 31 | Distichia sp. | | 87 | 43,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 13 | 6,5 | Distichia sp. | | 38 | 19 | Phylloscirpus deserticola | | 63 | 31,5 | Phylloscirpus deserticola | | 88 | 44 | Phylloscirpus deserticola | |
| 14 | 7 | Distichia sp. | | 39 | 19,5 | Phylloscirpus deserticola | | 64 | 32 | Phylloscirpus deserticola | | 89 | 44,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 15 | 7,5 | Distichia sp. | | 40 | 20 | Phylloscirpus deserticola | | 65 | 32,5 | Phylloscirpus deserticola | | 90 | 45 | Phylloscirpus deserticola | |
| 16 | 8 | Distichia sp. | | 41 | 20,5 | Deyeuxia curvula | | 66 | 33 | Phylloscirpus deserticola | | 91 | 45,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 17 | 8,5 | Lachemilla diplophylla | | 42 | 21 | Phylloscirpus deserticola | | 67 | 33,5 | Phylloscirpus deserticola | | 92 | 46 | Phylloscirpus deserticola | |
| 18 | 9 | Deyeuxia curvula | | 43 | 21,5 | Phylloscirpus deserticola | | 68 | 34 | Deyeuxia curvula | | 93 | 46,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 19 | 9,5 | Lachemilla diplophylla | | 44 | 22 | Phylloscirpus deserticola | | 69 | 34,5 | Phylloscirpus deserticola | | 94 | 47 | Phylloscirpus deserticola | |
| 20 | 10 | Lachemilla diplophylla | | 45 | 22,5 | Phylloscirpus deserticola | | 70 | 35 | Phylloscirpus deserticola | | 95 | 47,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 21 | 10,5 | Distichia sp. | | 46 | 23 | Phylloscirpus deserticola | | 71 | 35,5 | Phylloscirpus deserticola | | 96 | 48 | Phylloscirpus deserticola | |
| 22 | 11 | Lachemilla diplophylla | | 47 | 23,5 | Phylloscirpus deserticola | | 72 | 36 | Phylloscirpus deserticola | | 97 | 48,5 | Lachemilla diplophylla | |
| 23 | 11,5 | Deyeuxia curvula | | 48 | 24 | Lachemilla diplophylla | | 73 | 36,5 | Phylloscirpus deserticola | | 98 | 49 | Phylloscirpus deserticola | |
| 24 | 12 | Lachemilla diplophylla | | 49 | 24,5 | Lachemilla diplophylla | | 74 | 37 | Deyeuxia curvula | | 99 | 49,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 25 | 12,5 | Lachemilla diplophylla | | 50 | 25 | Lachemilla diplophylla | | 75 | 37,5 | Phylloscirpus deserticola | | 100 | 50 | Phylloscirpus deserticola | |

**PLANILLA DE REGISTRO DE CAMPO DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS DE BOFEDAL**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **COMUNIDAD:** | Llallagua Chico | **DEPARTAMENTO** | La Paz | **RESPONSABLES:** | Sergio Pérez y Sergio Bautista | **X: 17°15,933"** |
| **FECHA:** | 10/9/2021 | **MUNICIPIO** | Santiago de Machaca | **TRANSECTO:** | 3 | **Y: 69°21,661'** |
| | | | | | | **Altura: 4224** |

**MEDICIÓN DE INDICADORES**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Comunidad vegetal dominante (s): Phylloscirpus deserticola | | | | | | **Especies nativas (%):** | 100 | | |
| Prof. Turba (cm): | 80 | | | **pH:** | 6,1 | | | **DA (g/cm3):** | 0,006 |
| Nivel de la napa (cm): | 30 | | | **CE (uS/cm):** | 302 | | | **Biomasa (kg MS/ha):** | 999 |
| Cobertura (%): | | **12,5 m:** | 100% | **25 m:** | 100% | **37,5 m:** | 100% | **MO (%):** | 62,4 |
| Signos de erosión: | A | | | **Factores de degradació** | A | | | **Conectividad hidrológica:** | C |

| N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,5 | Lachemilla diplophylla | | 26 | 13 | Phylloscirpus deserticola | | 51 | 25,5 | Phylloscirpus deserticola | | 76 | 38 | Phylloscirpus deserticola | |
| 2 | 1 | Lachemilla diplophylla | | 27 | 13,5 | Phylloscirpus deserticola | | 52 | 26 | Phylloscirpus deserticola | | 77 | 38,5 | Leucheria sp. | |
| 3 | 1,5 | Lachemilla diplophylla | | 28 | 14 | Phylloscirpus deserticola | | 53 | 26,5 | Phylloscirpus deserticola | | 78 | 39 | Leucheria sp. | |
| 4 | 2 | Lachemilla diplophylla | | 29 | 14,5 | Phylloscirpus deserticola | | 54 | 27 | Phylloscirpus deserticola | | 79 | 39,5 | Leucheria sp. | |
| 5 | 2,5 | Deyeuxia curvula | | 30 | 15 | Phylloscirpus deserticola | | 55 | 27,5 | Phylloscirpus deserticola | | 80 | 40 | Leucheria sp. | |
| 6 | 3 | Lachemilla diplophylla | | 31 | 15,5 | Phylloscirpus deserticola | | 56 | 28 | Phylloscirpus deserticola | | 81 | 40,5 | Leucheria sp. | |
| 7 | 3,5 | Lachemilla diplophylla | | 32 | 16 | Phylloscirpus deserticola | | 57 | 28,5 | Phylloscirpus deserticola | | 82 | 41 | Leucheria sp. | |
| 8 | 4 | Lachemilla diplophylla | | 33 | 16,5 | Phylloscirpus deserticola | | 58 | 29 | Phylloscirpus deserticola | | 83 | 41,5 | Leucheria sp. | |
| 9 | 4,5 | Phylloscirpus deserticola | | 34 | 17 | Phylloscirpus deserticola | | 59 | 29,5 | Phylloscirpus deserticola | | 84 | 42 | Phylloscirpus deserticola | |
| 10 | 5 | Phylloscirpus deserticola | | 35 | 17,5 | Phylloscirpus deserticola | | 60 | 30 | Phylloscirpus deserticola | | 85 | 42,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 11 | 5,5 | Phylloscirpus deserticola | | 36 | 18 | Phylloscirpus deserticola | | 61 | 30,5 | Phylloscirpus deserticola | | 86 | 43 | Phylloscirpus deserticola | |
| 12 | 6 | Deyeuxia curvula | | 37 | 18,5 | Phylloscirpus deserticola | | 62 | 31 | Phylloscirpus deserticola | | 87 | 43,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 13 | 6,5 | Phylloscirpus deserticola | | 38 | 19 | Phylloscirpus deserticola | | 63 | 31,5 | Phylloscirpus deserticola | | 88 | 44 | Phylloscirpus deserticola | |
| 14 | 7 | Distichia sp. | | 39 | 19,5 | Phylloscirpus deserticola | | 64 | 32 | Leucheria sp. | | 89 | 44,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 15 | 7,5 | Distichia sp. | | 40 | 20 | Phylloscirpus deserticola | | 65 | 32,5 | Phylloscirpus deserticola | | 90 | 45 | Leucheria sp. | |
| 16 | 8 | Phylloscirpus deserticola | | 41 | 20,5 | Phylloscirpus deserticola | | 66 | 33 | Phylloscirpus deserticola | | 91 | 45,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 17 | 8,5 | Werneria pygmaea | | 42 | 21 | Phylloscirpus deserticola | | 67 | 33,5 | Phylloscirpus deserticola | | 92 | 46 | Phylloscirpus deserticola | |
| 18 | 9 | Lachemilla diplophylla | | 43 | 21,5 | Phylloscirpus deserticola | | 68 | 34 | Leucheria sp. | | 93 | 46,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 19 | 9,5 | Lachemilla diplophylla | | 44 | 22 | Phylloscirpus deserticola | | 69 | 34,5 | Phylloscirpus deserticola | | 94 | 47 | Phylloscirpus deserticola | |
| 20 | 10 | Phylloscirpus deserticola | | 45 | 22,5 | Werneria pygmaea | | 70 | 35 | Phylloscirpus deserticola | | 95 | 47,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 21 | 10,5 | Phylloscirpus deserticola | | 46 | 23 | Phylloscirpus deserticola | | 71 | 35,5 | Leucheria sp. | | 96 | 48 | Phylloscirpus deserticola | |
| 22 | 11 | Phylloscirpus deserticola | | 47 | 23,5 | Phylloscirpus deserticola | | 72 | 36 | Phylloscirpus deserticola | | 97 | 48,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 23 | 11,5 | Phylloscirpus deserticola | | 48 | 24 | Phylloscirpus deserticola | | 73 | 36,5 | Phylloscirpus deserticola | | 98 | 49 | Leucheria sp. | |
| 24 | 12 | Deyeuxia curvula | | 49 | 24,5 | Phylloscirpus deserticola | | 74 | 37 | Phylloscirpus deserticola | | 99 | 49,5 | Phylloscirpus deserticola | |
| 25 | 12,5 | Phylloscirpus deserticola | | 50 | 25 | Phylloscirpus deserticola | | 75 | 37,5 | Leucheria sp. | | 100 | 50 | Phylloscirpus deserticola | |

**PLANILLA DE REGISTRO DE CAMPO DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS DE BOFEDAL**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **COMUNIDAD:** | Ichucata | **DEPARTAMENTO** | La Paz | **RESPONSABLES:** | Sergio Pérez y Sergio Bautista | | **X: 16°17,948'** |
| **FECHA:** | 9/9/2021 | **MUNICIPIO** | Santiago de Machaca | **TRANSECTO:** | 1 | | **Y: 68°30,152'** |
| | | | | | | | **Altura: 3967** |

**MEDICIÓN DE INDICADORES**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Comunidad vegetal dominante (s): Deyeuxia curvula | | | | | | **Especies nativas (%):** | | | |
| Prof. Turba (cm): | 5 | | | **pH:** | 9,59 | | **DA (g/cm3):** | 0,2 | |
| Nivel de la napa (cm): | 55 | | | **CE (uS/cm):** | 124,6 | | **Biomasa (kg MS/ha** | 578 | |
| Cobertura (%): | | **12,5 m:** | 98% | **25 m:** | 97% | **37,5 m:** | 78% | **MO (%):** | 19,2 |
| Signos de erosión: | B | | | **Factores de degradación:** | B | | **Conectividad hidrológica:** | C | |

| N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECIE | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECIE | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECIE | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECIE | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,5 | Phylloscirpus spp. | | 26 | 13 | Deyeuxia curvula | | 51 | 25,5 | Phylloscirpus spp. | | 76 | 38 | Deyeuxia curvula | |
| 2 | 1 | Lachemilla diplophylla | | 27 | 13,5 | Deyeuxia curvula | | 52 | 26 | Deyeuxia curvula | | 77 | 38,5 | Deyeuxia curvula | |
| 3 | 1,5 | Lachemilla diplophylla | | 28 | 14 | Lachemilla diplophylla | | 53 | 26,5 | Phylloscirpus spp. | | 78 | 39 | Deyeuxia curvula | |
| 4 | 2 | Phylloscirpus spp. | | 29 | 14,5 | Phylloscirpus spp. | | 54 | 27 | Deyeuxia curvula | | 79 | 39,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 5 | 2,5 | Deyeuxia curvula | | 30 | 15 | Deyeuxia curvula | | 55 | 27,5 | Deyeuxia curvula | | 80 | 40 | Phylloscirpus spp. | |
| 6 | 3 | Phylloscirpus spp. | | 31 | 15,5 | Deyeuxia curvula | | 56 | 28 | Deyeuxia curvula | | 81 | 40,5 | Deyeuxia curvula | |
| 7 | 3,5 | Lachemilla diplophylla | | 32 | 16 | Deyeuxia curvula | | 57 | 28,5 | Deyeuxia curvula | | 82 | 41 | Deyeuxia curvula | |
| 8 | 4 | Deyeuxia curvula | | 33 | 16,5 | Deyeuxia curvula | | 58 | 29 | Deyeuxia curvula | | 83 | 41,5 | Deyeuxia curvula | |
| 9 | 4,5 | Lachemilla diplophylla | | 34 | 17 | Deyeuxia curvula | | 59 | 29,5 | Deyeuxia curvula | | 84 | 42 | Deyeuxia curvula | |
| 10 | 5 | Phylloscirpus spp. | | 35 | 17,5 | Deyeuxia curvula | | 60 | 30 | Deyeuxia curvula | | 85 | 42,5 | Leucheria sp. | |
| 11 | 5,5 | Phylloscirpus spp. | | 36 | 18 | Phylloscirpus spp. | | 61 | 30,5 | Phylloscirpus spp. | | 86 | 43 | Leucheria sp. | |
| 12 | 6 | Phylloscirpus spp. | | 37 | 18,5 | Phylloscirpus spp. | | 62 | 31 | Deyeuxia curvula | | 87 | 43,5 | Leucheria sp. | |
| 13 | 6,5 | Lachemilla diplophylla | | 38 | 19 | Lachemilla diplophylla | | 63 | 31,5 | Phylloscirpus spp. | | 88 | 44 | Leucheria sp. | |
| 14 | 7 | Phylloscirpus spp. | | 39 | 19,5 | Lachemilla diplophylla | | 64 | 32 | Deyeuxia curvula | | 89 | 44,5 | Deyeuxia curvula | |
| 15 | 7,5 | Phylloscirpus spp. | | 40 | 20 | Deyeuxia curvula | | 65 | 32,5 | Deyeuxia curvula | | 90 | 45 | Phylloscirpus spp. | |
| 16 | 8 | Deyeuxia curvula | | 41 | 20,5 | Lachemilla diplophylla | | 66 | 33 | Deyeuxia curvula | | 91 | 45,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 17 | 8,5 | Lachemilla diplophylla | | 42 | 21 | Lachemilla diplophylla | | 67 | 33,5 | Deyeuxia curvula | | 92 | 46 | Phylloscirpus spp. | |
| 18 | 9 | Lachemilla diplophylla | | 43 | 21,5 | Deyeuxia curvula | | 68 | 34 | Deyeuxia curvula | | 93 | 46,5 | Deyeuxia curvula | |
| 19 | 9,5 | Lachemilla diplophylla | | 44 | 22 | Deyeuxia curvula | | 69 | 34,5 | Deyeuxia curvula | | 94 | 47 | Phylloscirpus spp. | |
| 20 | 10 | Lachemilla diplophylla | | 45 | 22,5 | Phylloscirpus spp. | | 70 | 35 | Deyeuxia curvula | | 95 | 47,5 | Deyeuxia curvula | |
| 21 | 10,5 | Deyeuxia curvula | | 46 | 23 | Phylloscirpus spp. | | 71 | 35,5 | Phylloscirpus spp. | | 96 | 48 | Phylloscirpus spp. | |
| 22 | 11 | Phylloscirpus spp. | | 47 | 23,5 | Phylloscirpus spp. | | 72 | 36 | Deyeuxia curvula | | 97 | 48,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 23 | 11,5 | Deyeuxia curvula | | 48 | 24 | Leucheria sp. | | 73 | 36,5 | Deyeuxia curvula | | 98 | 49 | Phylloscirpus spp. | |
| 24 | 12 | Lachemilla diplophylla | | 49 | 24,5 | Leucheria sp. | | 74 | 37 | Deyeuxia curvula | | 99 | 49,5 | Leucheria sp. | |
| 25 | 12,5 | Lachemilla diplophylla | | 50 | 25 | Phylloscirpus spp. | | 75 | 37,5 | Deyeuxia curvula | | 100 | 50 | Phylloscirpus spp. | |

**PLANILLA DE REGISTRO DE CAMPO DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS DE BOFEDAL**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **COMUNIDAD:** | Ichucata | **DEPARTAMENTO** | La Paz | **RESPONSABLES:** | Sergio Pérez y Sergio Bautista | | **X: 17°09,960'** |
| **FECHA:** | 9/9/2021 | **MUNICIPIO** | Santiago de Machaca | **TRANSECTO:** | 2 | | **Y: 69°17,952'** |
| | | | | | | | **Altura: 3966** |

**MEDICIÓN DE INDICADORES**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Comunidad vegetal dominante (s): Deyeuxia curvula y Phylloscirpus spp. | | | | **Especies nativas (%):** | | | |
| Prof. Turba (cm): | 6,55 | **pH:** | 6,7 | | **DA (g/cm3):** | 0,3 | |
| Nivel de la napa (cm): | 50 | **CE (uS/cm):** | 195,4 | | **Biomasa (kg MS/h** | 670 | |
| Cobertura (%): | **12,5 m:** | **25 m:** | | **37,5 m:** | | **MO (%):** | 19,8 |
| Signos de erosión: | B | **Factores de degradación:** | B | | **Conectividad hidrológica:** | C | |

| N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECIE | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECIE | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECIE | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECIE | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,5 | Leucheria sp. | | 26 | 13 | Phylloscirpus spp. | | 51 | 25,5 | Phylloscirpus spp. | | 76 | 38 | Deyeuxia curvula | |
| 2 | 1 | Lachemilla diplophylla | | 27 | 13,5 | Phylloscirpus spp. | | 52 | 26 | Lachemilla diplophylla | | 77 | 38,5 | Deyeuxia curvula | |
| 3 | 1,5 | Phylloscirpus spp. | | 28 | 14 | Phylloscirpus spp. | | 53 | 26,5 | Leucheria sp. | | 78 | 39 | Deyeuxia curvula | |
| 4 | 2 | Deyeuxia curvula | | 29 | 14,5 | Phylloscirpus spp. | | 54 | 27 | Leucheria sp. | | 79 | 39,5 | Deyeuxia curvula | |
| 5 | 2,5 | Lachemilla diplophylla | | 30 | 15 | Deyeuxia curvula | | 55 | 27,5 | Phylloscirpus spp. | | 80 | 40 | Phylloscirpus spp. | |
| 6 | 3 | Lachemilla diplophylla | | 31 | 15,5 | Deyeuxia curvula | | 56 | 28 | Phylloscirpus spp. | | 81 | 40,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 7 | 3,5 | Phylloscirpus spp. | | 32 | 16 | Phylloscirpus spp. | | 57 | 28,5 | Phylloscirpus spp. | | 82 | 41 | Phylloscirpus spp. | |
| 8 | 4 | Phylloscirpus spp. | | 33 | 16,5 | Phylloscirpus spp. | | 58 | 29 | Phylloscirpus spp. | | 83 | 41,5 | Deyeuxia curvula | |
| 9 | 4,5 | Phylloscirpus spp. | | 34 | 17 | Phylloscirpus spp. | | 59 | 29,5 | Deyeuxia curvula | | 84 | 42 | Phylloscirpus spp. | |
| 10 | 5 | Deyeuxia curvula | | 35 | 17,5 | Phylloscirpus spp. | | 60 | 30 | Phylloscirpus spp. | | 85 | 42,5 | Deyeuxia curvula | |
| 11 | 5,5 | Phylloscirpus spp. | | 36 | 18 | Phylloscirpus spp. | | 61 | 30,5 | Phylloscirpus spp. | | 86 | 43 | Deyeuxia curvula | |
| 12 | 6 | Leucheria sp. | | 37 | 18,5 | Phylloscirpus spp. | | 62 | 31 | Deyeuxia curvula | | 87 | 43,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 13 | 6,5 | Phylloscirpus spp. | | 38 | 19 | Leucheria sp. | | 63 | 31,5 | Deyeuxia curvula | | 88 | 44 | Phylloscirpus spp. | |
| 14 | 7 | Phylloscirpus spp. | | 39 | 19,5 | Leucheria sp. | | 64 | 32 | Deyeuxia curvula | | 89 | 44,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 15 | 7,5 | Phylloscirpus spp. | | 40 | 20 | Leucheria sp. | | 65 | 32,5 | Deyeuxia curvula | | 90 | 45 | Leucheria sp. | |
| 16 | 8 | Lachemilla diplophylla | | 41 | 20,5 | Leucheria sp. | | 66 | 33 | Deyeuxia curvula | | 91 | 45,5 | Leucheria sp. | |
| 17 | 8,5 | Lachemilla diplophylla | | 42 | 21 | Lachemilla diplophylla | | 67 | 33,5 | Deyeuxia curvula | | 92 | 46 | Leucheria sp. | |
| 18 | 9 | Lachemilla diplophylla | | 43 | 21,5 | Phylloscirpus spp. | | 68 | 34 | Deyeuxia curvula | | 93 | 46,5 | Leucheria sp. | |
| 19 | 9,5 | Lachemilla diplophylla | | 44 | 22 | Leucheria sp. | | 69 | 34,5 | Deyeuxia curvula | | 94 | 47 | Leucheria sp. | |
| 20 | 10 | Phylloscirpus spp. | | 45 | 22,5 | Leucheria sp. | | 70 | 35 | Phylloscirpus spp. | | 95 | 47,5 | Leucheria sp. | |
| 21 | 10,5 | Leucheria sp. | | 46 | 23 | Leucheria sp. | | 71 | 35,5 | Phylloscirpus spp. | | 96 | 48 | Leucheria sp. | |
| 22 | 11 | Phylloscirpus spp. | | 47 | 23,5 | Leucheria sp. | | 72 | 36 | Deyeuxia curvula | | 97 | 48,5 | Leucheria sp. | |
| 23 | 11,5 | Phylloscirpus spp. | | 48 | 24 | Leucheria sp. | | 73 | 36,5 | Deyeuxia curvula | | 98 | 49 | Phylloscirpus spp. | |
| 24 | 12 | Phylloscirpus spp. | | 49 | 24,5 | Leucheria sp. | | 74 | 37 | Deyeuxia curvula | | 99 | 49,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 25 | 12,5 | Lachemilla diplophylla | | 50 | 25 | Leucheria sp. | | 75 | 37,5 | Deyeuxia curvula | | 100 | 50 | Phylloscirpus spp. | |

**PLANILLA DE REGISTRO DE CAMPO DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS DE BOFEDAL**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **COMUNIDAD:** | Ichucata | **DEPARTAMENTO** | La Paz | **RESPONSABLES:** | Sergio Pérez y Sergio Bautista | | **X: 17°09,906'** |
| **FECHA:** | 9/9/2021 | **MUNICIPIO** | Santiago de Machaca | **TRANSECTO:** | 3 | | **Y: 69°17,930'** |
| | | | | | | | **Altura: 3963** |

**MEDICIÓN DE INDICADORES**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Comunidad vegetal dominante (s): Phylloscirpus spp. | | | | | | **Especies nativas (%):** | | | |
| Prof. Turba (cm): | 7 | | | **pH:** | 9,78 | | | **DA (g/cm3):** | 0,3 |
| Nivel de la napa (cm): | 48 | | | **CE (uS/cm):** | 118,7 | | | **Biomasa (kg MS/h** | 602 |
| Cobertura (%): | | **12,5 m:** | 100% | **25 m:** | 93% | **37,5 m:** | 98% | **MO (%):** | 18,3 |
| Signos de erosión: | B | | | **Factores de degradación:** | B | | | **Conectividad hidrológica:** | C |

| N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECIE | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECIE | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECIE | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | NOMBRE DE LA ESPECIE | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,5 | Lachemilla diplophylla | | 26 | 13 | Deyeuxia curvula | | 51 | 25,5 | Deyeuxia curvula | | 76 | 38 | Phylloscirpus spp. | |
| 2 | 1 | Lachemilla diplophylla | | 27 | 13,5 | Lachemilla diplophylla | | 52 | 26 | Deyeuxia curvula | | 77 | 38,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 3 | 1,5 | Lachemilla diplophylla | | 28 | 14 | Lachemilla diplophylla | | 53 | 26,5 | Deyeuxia curvula | | 78 | 39 | Phylloscirpus spp. | |
| 4 | 2 | Lachemilla diplophylla | | 29 | 14,5 | Lachemilla diplophylla | | 54 | 27 | Phylloscirpus spp. | | 79 | 39,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 5 | 2,5 | Lachemilla diplophylla | | 30 | 15 | Lachemilla diplophylla | | 55 | 27,5 | Phylloscirpus spp. | | 80 | 40 | Phylloscirpus spp. | |
| 6 | 3 | Lachemilla diplophylla | | 31 | 15,5 | Lachemilla diplophylla | | 56 | 28 | Phylloscirpus spp. | | 81 | 40,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 7 | 3,5 | Lachemilla diplophylla | | 32 | 16 | Lachemilla diplophylla | | 57 | 28,5 | Phylloscirpus spp. | | 82 | 41 | Phylloscirpus spp. | |
| 8 | 4 | Lachemilla diplophylla | | 33 | 16,5 | Lachemilla diplophylla | | 58 | 29 | Phylloscirpus spp. | | 83 | 41,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 9 | 4,5 | Lachemilla diplophylla | | 34 | 17 | Lachemilla diplophylla | | 59 | 29,5 | Deyeuxia curvula | | 84 | 42 | Phylloscirpus spp. | |
| 10 | 5 | Phylloscirpus spp. | | 35 | 17,5 | Phylloscirpus spp. | | 60 | 30 | Deyeuxia curvula | | 85 | 42,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 11 | 5,5 | Phylloscirpus spp. | | 36 | 18 | Phylloscirpus spp. | | 61 | 30,5 | Deyeuxia curvula | | 86 | 43 | Phylloscirpus spp. | |
| 12 | 6 | Phylloscirpus spp. | | 37 | 18,5 | Phylloscirpus spp. | | 62 | 31 | Phylloscirpus spp. | | 87 | 43,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 13 | 6,5 | Phylloscirpus spp. | | 38 | 19 | Phylloscirpus spp. | | 63 | 31,5 | Phylloscirpus spp. | | 88 | 44 | Phylloscirpus spp. | |
| 14 | 7 | Phylloscirpus spp. | | 39 | 19,5 | Phylloscirpus spp. | | 64 | 32 | Deyeuxia curvula | | 89 | 44,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 15 | 7,5 | Phylloscirpus spp. | | 40 | 20 | Phylloscirpus spp. | | 65 | 32,5 | Phylloscirpus spp. | | 90 | 45 | Phylloscirpus spp. | |
| 16 | 8 | Phylloscirpus spp. | | 41 | 20,5 | Phylloscirpus spp. | | 66 | 33 | Phylloscirpus spp. | | 91 | 45,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 17 | 8,5 | Phylloscirpus spp. | | 42 | 21 | Lachemilla diplophylla | | 67 | 33,5 | Phylloscirpus spp. | | 92 | 46 | Phylloscirpus spp. | |
| 18 | 9 | Phylloscirpus spp. | | 43 | 21,5 | Lachemilla diplophylla | | 68 | 34 | Phylloscirpus spp. | | 93 | 46,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 19 | 9,5 | Phylloscirpus spp. | | 44 | 22 | Lachemilla diplophylla | | 69 | 34,5 | Phylloscirpus spp. | | 94 | 47 | Phylloscirpus spp. | |
| 20 | 10 | Phylloscirpus spp. | | 45 | 22,5 | Phylloscirpus spp. | | 70 | 35 | Phylloscirpus spp. | | 95 | 47,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 21 | 10,5 | Phylloscirpus spp. | | 46 | 23 | Phylloscirpus spp. | | 71 | 35,5 | Phylloscirpus spp. | | 96 | 48 | Phylloscirpus spp. | |
| 22 | 11 | Deyeuxia curvula | | 47 | 23,5 | Deyeuxia curvula | | 72 | 36 | Phylloscirpus spp. | | 97 | 48,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 23 | 11,5 | Deyeuxia curvula | | 48 | 24 | Deyeuxia curvula | | 73 | 36,5 | Phylloscirpus spp. | | 98 | 49 | Phylloscirpus spp. | |
| 24 | 12 | Phylloscirpus spp. | | 49 | 24,5 | Deyeuxia curvula | | 74 | 37 | Phylloscirpus spp. | | 99 | 49,5 | Phylloscirpus spp. | |
| 25 | 12,5 | Deyeuxia curvula | | 50 | 25 | Phylloscirpus spp. | | 75 | 37,5 | Phylloscirpus spp. | | 100 | 50 | Phylloscirpus spp. | |

**PLANILLA DE REGISTRO DE CAMPO DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS DE BOFEDAL**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **COMUNIDAD:** | San Juan de Rosa Pata | **DEPARTAMENTO** | La Paz | **RESPONSABLES:** | Sergio Pérez y Sergio Bautista | | **X: 17°03.571'** |
| **FECHA:** | 9/9/2021 | **MUNICIPIO** | Santiago de Machaca | **TRANSECTO:** | 1 | | **Y: 69°10,017'** |
| | | | | | | | **Altura: 3937** |

**MEDICIÓN DE INDICADORES**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Comunidad vegetal dominante (s): Deyeuxia curvula | | | | | | **Especies nativas (%):** | | | |
| Prof. Turba (cm): | 20 | | | **pH:** | 6,61 | | | **DA (g/cm3):** | 0,01 |
| Nivel de la napa (cm): | 10 | | | **CE (uS/cm):** | 224 | | | **Biomasa (kg MS/ha):** | 876 |
| Cobertura (%): | | **12,5 m:** | 100% | **25 m:** | 100% | **37,5 m:** | 100% | | **MO (%):** 26,3 |
| Signos de erosión: | B | | | **Factores de degradació** | B | | | **Conectividad hidrológica:** | B |

| N° | DIST. (m) | OMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | OMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | OMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | OMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,5 | Deyeuxia curvula | | 26 | 13 | Deyeuxia curvula | | 51 | 25,5 | Deyeuxia curvula | | 76 | 38 | Deyeuxia curvula | |
| 2 | 1 | Deyeuxia curvula | | 27 | 13,5 | Deyeuxia curvula | | 52 | 26 | Deyeuxia curvula | | 77 | 38,5 | Deyeuxia curvula | |
| 3 | 1,5 | Deyeuxia curvula | | 28 | 14 | Deyeuxia curvula | | 53 | 26,5 | Deyeuxia curvula | | 78 | 39 | Deyeuxia curvula | |
| 4 | 2 | Deyeuxia curvula | | 29 | 14,5 | Deyeuxia curvula | | 54 | 27 | Deyeuxia curvula | | 79 | 39,5 | Deyeuxia curvula | |
| 5 | 2,5 | Deyeuxia sp. | | 30 | 15 | Deyeuxia curvula | | 55 | 27,5 | Deyeuxia curvula | | 80 | 40 | Deyeuxia curvula | |
| 6 | 3 | Deyeuxia curvula | | 31 | 15,5 | Deyeuxia curvula | | 56 | 28 | Deyeuxia curvula | | 81 | 40,5 | Deyeuxia curvula | |
| 7 | 3,5 | Deyeuxia curvula | | 32 | 16 | Deyeuxia curvula | | 57 | 28,5 | Deyeuxia curvula | | 82 | 41 | Deyeuxia curvula | |
| 8 | 4 | Deyeuxia curvula | | 33 | 16,5 | Deyeuxia curvula | | 58 | 29 | Deyeuxia curvula | | 83 | 41,5 | Deyeuxia curvula | |
| 9 | 4,5 | Deyeuxia curvula | | 34 | 17 | Deyeuxia curvula | | 59 | 29,5 | Deyeuxia curvula | | 84 | 42 | Deyeuxia curvula | |
| 10 | 5 | Deyeuxia curvula | | 35 | 17,5 | Deyeuxia curvula | | 60 | 30 | Deyeuxia curvula | | 85 | 42,5 | Deyeuxia curvula | |
| 11 | 5,5 | Deyeuxia curvula | | 36 | 18 | Deyeuxia curvula | | 61 | 30,5 | Deyeuxia curvula | | 86 | 43 | Deyeuxia curvula | |
| 12 | 6 | Deyeuxia sp. | | 37 | 18,5 | Deyeuxia curvula | | 62 | 31 | Deyeuxia curvula | | 87 | 43,5 | Deyeuxia curvula | |
| 13 | 6,5 | Deyeuxia sp. | | 38 | 19 | Deyeuxia sp. | | 63 | 31,5 | Deyeuxia curvula | | 88 | 44 | Deyeuxia sp. | |
| 14 | 7 | Deyeuxia sp. | | 39 | 19,5 | Deyeuxia curvula | | 64 | 32 | Deyeuxia curvula | | 89 | 44,5 | Deyeuxia curvula | |
| 15 | 7,5 | Deyeuxia sp. | | 40 | 20 | Deyeuxia curvula | | 65 | 32,5 | Deyeuxia curvula | | 90 | 45 | Deyeuxia sp. | |
| 16 | 8 | Deyeuxia sp. | | 41 | 20,5 | Deyeuxia sp. | | 66 | 33 | Deyeuxia curvula | | 91 | 45,5 | Deyeuxia curvula | |
| 17 | 8,5 | Deyeuxia curvula | | 42 | 21 | Deyeuxia sp. | | 67 | 33,5 | Deyeuxia curvula | | 92 | 46 | Deyeuxia curvula | |
| 18 | 9 | Deyeuxia curvula | | 43 | 21,5 | Deyeuxia sp. | | 68 | 34 | Deyeuxia curvula | | 93 | 46,5 | Deyeuxia sp. | |
| 19 | 9,5 | Deyeuxia curvula | | 44 | 22 | Deyeuxia curvula | | 69 | 34,5 | Deyeuxia curvula | | 94 | 47 | Deyeuxia curvula | |
| 20 | 10 | Deyeuxia curvula | | 45 | 22,5 | Deyeuxia curvula | | 70 | 35 | Deyeuxia sp. | | 95 | 47,5 | Deyeuxia curvula | |
| 21 | 10,5 | Deyeuxia curvula | | 46 | 23 | Deyeuxia curvula | | 71 | 35,5 | Deyeuxia curvula | | 96 | 48 | Deyeuxia curvula | |
| 22 | 11 | Deyeuxia curvula | | 47 | 23,5 | Deyeuxia curvula | | 72 | 36 | Deyeuxia curvula | | 97 | 48,5 | Deyeuxia curvula | |
| 23 | 11,5 | Deyeuxia curvula | | 48 | 24 | Deyeuxia curvula | | 73 | 36,5 | Deyeuxia curvula | | 98 | 49 | Deyeuxia curvula | |
| 24 | 12 | Deyeuxia sp. | | 49 | 24,5 | Deyeuxia curvula | | 74 | 37 | Deyeuxia curvula | | 99 | 49,5 | Deyeuxia curvula | |
| 25 | 12,5 | Deyeuxia curvula | | 50 | 25 | Deyeuxia sp. | | 75 | 37,5 | Lachemilla diplophylla | | 100 | 50 | Deyeuxia curvula | |

**PLANILLA DE REGISTRO DE CAMPO DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS DE BOFEDAL**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **COMUNIDAD:** | San Juan de Rosa Pata | **DEPARTAMENTO** | La Paz | **RESPONSABLES:** | Sergio Pérez y Sergio Bautista | | **X:** |
| **FECHA:** | 9/9/2021 | **MUNICIPIO** | Santiago de Machaca | **TRANSECTO:** | 2 | | **Y:** |
| | | | | | | | **Altura: 3939** |

**MEDICIÓN DE INDICADORES**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Comunidad vegetal dominante (s): Deyeuxia curvula | | | | | **Especies nativas (%):** | | | | |
| Prof. Turba (cm): | 25 | **pH:** | 6,68 | | | **DA (g/cm3):** | 0,02 | | |
| Nivel de la napa (cm): | 12 | **CE (uS/cm):** | 243 | | | **Biomasa (kg MS/ha** | 873 | | |
| Cobertura (%): | **12,5 m:** 96% | **25 m:** | 96% | **37,5 m:** | 100% | | | **MO (%):** | 22,6 |
| Signos de erosión: | B | **Factores de degradació** | B | | | **Conectividad hidrológica:** | | B | |

| N° | DIST. (m) | OMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | OMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | OMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES | N° | DIST. (m) | OMBRE DE LA ESPECI | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,5 | Deyeuxia curvula | | 26 | 13 | Deyeuxia sp. | | 51 | 25,5 | Deyeuxia curvula | | 76 | 38 | Deyeuxia curvula | |
| 2 | 1 | Deyeuxia curvula | | 27 | 13,5 | Deyeuxia sp. | | 52 | 26 | Deyeuxia curvula | | 77 | 38,5 | Deyeuxia sp. | |
| 3 | 1,5 | Deyeuxia sp. | | 28 | 14 | Deyeuxia sp. | | 53 | 26,5 | Deyeuxia sp. | | 78 | 39 | Deyeuxia curvula | |
| 4 | 2 | Deyeuxia curvula | | 29 | 14,5 | Deyeuxia sp. | | 54 | 27 | Deyeuxia sp. | | 79 | 39,5 | Deyeuxia curvula | |
| 5 | 2,5 | Deyeuxia curvula | | 30 | 15 | Deyeuxia curvula | | 55 | 27,5 | Deyeuxia curvula | | 80 | 40 | Deyeuxia curvula | |
| 6 | 3 | Deyeuxia curvula | | 31 | 15,5 | Deyeuxia curvula | | 56 | 28 | Deyeuxia curvula | | 81 | 40,5 | Deyeuxia curvula | |
| 7 | 3,5 | Deyeuxia curvula | | 32 | 16 | Deyeuxia curvula | | 57 | 28,5 | Deyeuxia curvula | | 82 | 41 | Deyeuxia curvula | |
| 8 | 4 | Stipa ichu | | 33 | 16,5 | Deyeuxia curvula | | 58 | 29 | Deyeuxia curvula | | 83 | 41,5 | Deyeuxia curvula | |
| 9 | 4,5 | Deyeuxia curvula | | 34 | 17 | Deyeuxia curvula | | 59 | 29,5 | Deyeuxia curvula | | 84 | 42 | Deyeuxia curvula | |
| 10 | 5 | Deyeuxia curvula | | 35 | 17,5 | Lachemilla diplophylla | | 60 | 30 | Deyeuxia sp. | | 85 | 42,5 | Deyeuxia curvula | |
| 11 | 5,5 | Deyeuxia curvula | | 36 | 18 | Deyeuxia curvula | | 61 | 30,5 | Deyeuxia sp. | | 86 | 43 | Deyeuxia sp. | |
| 12 | 6 | Deyeuxia sp. | | 37 | 18,5 | Lachemilla diplophylla | | 62 | 31 | Deyeuxia curvula | | 87 | 43,5 | Deyeuxia curvula | |
| 13 | 6,5 | Deyeuxia sp. | | 38 | 19 | Deyeuxia sp. | | 63 | 31,5 | Deyeuxia curvula | | 88 | 44 | Deyeuxia sp. | |
| 14 | 7 | Deyeuxia sp. | | 39 | 19,5 | Deyeuxia curvula | | 64 | 32 | Deyeuxia curvula | | 89 | 44,5 | Deyeuxia curvula | |
| 15 | 7,5 | Deyeuxia sp. | | 40 | 20 | Deyeuxia curvula | | 65 | 32,5 | Deyeuxia curvula | | 90 | 45 | Deyeuxia sp. | |
| 16 | 8 | Deyeuxia sp. | | 41 | 20,5 | Deyeuxia sp. | | 66 | 33 | Deyeuxia curvula | | 91 | 45,5 | Deyeuxia curvula | |
| 17 | 8,5 | Deyeuxia curvula | | 42 | 21 | Deyeuxia sp. | | 67 | 33,5 | Deyeuxia curvula | | 92 | 46 | Deyeuxia curvula | |
| 18 | 9 | Lachemilla diplophylla | | 43 | 21,5 | Deyeuxia sp. | | 68 | 34 | Deyeuxia curvula | | 93 | 46,5 | Deyeuxia sp. | |
| 19 | 9,5 | Deyeuxia curvula | | 44 | 22 | Deyeuxia curvula | | 69 | 34,5 | Deyeuxia curvula | | 94 | 47 | Deyeuxia curvula | |
| 20 | 10 | Deyeuxia curvula | | 45 | 22,5 | Deyeuxia curvula | | 70 | 35 | Deyeuxia sp. | | 95 | 47,5 | Deyeuxia curvula | |
| 21 | 10,5 | Deyeuxia curvula | | 46 | 23 | Deyeuxia curvula | | 71 | 35,5 | Deyeuxia curvula | | 96 | 48 | Deyeuxia curvula | |
| 22 | 11 | Deyeuxia curvula | | 47 | 23,5 | Deyeuxia curvula | | 72 | 36 | Deyeuxia curvula | | 97 | 48,5 | Deyeuxia curvula | |
| 23 | 11,5 | Deyeuxia curvula | | 48 | 24 | Deyeuxia curvula | | 73 | 36,5 | Deyeuxia curvula | | 98 | 49 | Stipa ihu | |
| 24 | 12 | Deyeuxia sp. | | 49 | 24,5 | Deyeuxia curvula | | 74 | 37 | Deyeuxia curvula | | 99 | 49,5 | Stipa ihu | |
| 25 | 12,5 | Deyeuxia curvula | | 50 | 25 | Deyeuxia sp. | | 75 | 37,5 | Deyeuxia curvula | | 100 | 50 | Stipa ihu | |