



ATLAS BOFEDALES

El Instituto promueve el uso justo de este documento. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda.

Esta publicación también está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio Web institucional en <http://www.iica.int>

Este documento fue desarrollado en el marco de los proyectos “Manejo de bofedales como sistema productivo sostenible en condiciones de presión socio ecológica y climática en la región de Los Lipez de Bolivia” financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo; y, el proyecto “Mejora de la capacidad de conservación y aprovechamiento sustentable de bofedales en sitios Ramsar” financiado por el programa EUROCLIMA de la Unión Europea a través de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.

Las opiniones expresadas en el documento no representan necesariamente la opinión oficial de la Unión Europea ni de la AECID.

El contenido de este documento ha sido desarrollado en su totalidad por los consultores del proyecto, quienes son plenamente responsables del uso adecuado de las fuentes de información y de las citas incluidas. En consecuencia, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) queda exento de cualquier responsabilidad por derechos de autor.

Elaboración de documento:

Bofedal es Vida

Cartografía:

Sergio Ledezma

Coordinación editorial y revisión técnica:

Claudio Velasco

Paola Flores

Néstor Cochi

Fotografías:

Rubén Guarayo

Milenka Betancourt

Diseño y diagramación:

Milenka Betancourt

La Paz, Bolivia



Atlas de Bofedales

(humedales altoandinos)

Tomo I

Municipios de San Pablo de Lipez y San Antonio de Esmoruco

2024

Indice

Los bofedales y su importancia	10
Importancia.....	11
Amenazas de los humedales.....	11
Necesidad de conservar y proteger los humedales	11
Municipio de San Antonio de Esmoruco	13
Ubicación.....	14
Descripción de los ecosistemas de los bofedales	14
Condiciones climáticas.....	14
Topografía.....	15
Mapa de ubicación del municipio San Antonio de Esmoruco.....	16
Modelo de elevación digital San Antonio de Esmoruco.....	18
Temperaturas medias normal 1981 - 2010 San Antonio de Esmoruco.....	20
Precipitaciones acumuladas normal 1981 - 2010 San Antonio de Esmoruco.....	22
Bofedales del municipio San Antonio de Esmoruco	24
Sistemas de producción.....	26
Manejo actual de los bofedales del municipio.....	26
Vegetación.....	27
Bofedales y áreas de monitoreo del municipio de San Antonio de Esmoruco.....	28
Bofedal Río Chilenas	30
Diversidad florística del bofedal Río Chilenas época húmeda.....	32
Diversidad florística del bofedal Río Chilenas época seca.....	33
Suelo.....	36
Gestión de agua.....	37
Municipio San Pablo de Lípez	39
Ubicación.....	40
Descripción de los ecosistemas de los bofedales.....	40
Condiciones climáticas.....	40
Topografía.....	41
Mapa de ubicación del municipio San Pablo de Lípez.....	42
Modelo de elevación digital San Pablo de Lípez.....	44
Temperaturas medias normal 1981 - 2010 San Pablo de Lípez.....	46
Precipitaciones acumuladas normal 1981 - 2010 San Pablo de Lípez.....	48
Bofedales y áreas de monitoreo del municipio San Pablo de Lípez	50
Bofedales monitoreados de municipio San Pablo de Lípez.....	52
Sistemas de producción.....	54
Manejo actual de los bofedales del municipio.....	54
Vegetación.....	55
Bofedal Iscu Chaki	56
Diversidad florística del bofedal Iscu Chaki - época húmeda.....	58
Diversidad florística del bofedal Iscu Chaki - época seca.....	59
Bofedal Ventilla	60
Diversidad florística del bofedal Ventilla-época húmeda.....	62
Diversidad florística del bofedal Ventilla-época seca.....	63
Bofedal Yaritan Kuchu	64

Diversidad florística del bofedal Yaritan Kuchu - época húmeda.....	66
Diversidad florística del bofedal Yaritan Kuchu - época seca.....	67
Bofedal La Redondita	68
Diversidad florística del bofedal La Redondita - época húmeda.....	70
Diversidad florística del bofedal La Redondita - época seca.....	71
Bofedal Quebrada Grande	72
Diversidad florística del bofedal Quebrada Grande - época húmeda.....	74
Diversidad florística del bofedal Quebrada Grande - época seca.....	75
Bofedal Quetena Chico	76
Diversidad florística del bofedal Quetena Chico - época húmeda.....	78
Diversidad florística del bofedal Quetena Chico - época seca.....	79
Bofedal Chaquilla	80
Diversidad florística del bofedal Chaquilla - época húmeda.....	82
Diversidad florística del bofedal Chaquilla - época seca.....	83
Bofedal Ciénega Grande	84
Diversidad florística del bofedal Ciénega Grande - época húmeda.....	86
Diversidad florística del bofedal Ciénega Grande - época seca.....	87
Suelo.....	88
Gestión de agua.....	89
Rendimiento de materia seca de los bofedales.....	91
Rendimiento de materia seca de bofedales San Antonio de Esmoruco y San Pablo de Lípez.....	92
Calidad de agua de bofedales.....	95
ICA de nueve bofedales de los municipios de San Pablo de Lípez y San Antonio de Esmoruco.....	96
Criterios técnicos.....	100
Bibliografía.....	108



Foto: Rubén Guarayo

Presentación

El Atlas de Bofedales de los Municipios de San Pablo de Lípez y San Antonio de Esmoruco, en el departamento de Potosí, es una valiosa contribución del Programa Bofedal es Vida, ejecutado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en Bolivia, con el apoyo de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y del Programa EU-ROCLIMA de la Unión Europea. Este atlas ofrece una visión integral de nueve bofedales en estas regiones, destacando su importancia y proporcionando una sólida base de información para promover la recuperación, conservación y gestión sostenible de estos ecosistemas vitales, únicos y vulnerables. El atlas incluye mapas precisos que detallan la localización y extensión de ocho bofedales caracterizados y monitoreados por el Programa Bofedal es Vida en el municipio de San Pablo de Lípez, y de un bofedal en el municipio de San Antonio de Esmoruco. Para cada uno de estos bofedales, se proporciona información sobre su diversidad florística, la capacidad de producir materia seca—indicador de su productividad en términos de biomasa vegetal—y la calidad de las aguas presentes. Estos parámetros se presentan tanto para la época seca como para la época húmeda, ofreciendo una visión completa y estacional de estos ecosistemas.

Este atlas está dirigido a la comunidad académica y de investigación, brindando a investigadores, estudiantes y profesionales un recurso valioso para el estudio y comprensión de los bofedales altoandinos. También se orienta a los responsables de la toma de decisiones en la conservación y gestión sostenible de estos ecosistemas, así como a aquellos involucrados en la promoción de prácticas de manejo sostenible entre las comunidades locales y autoridades. Finalmente, el atlas busca aumentar la conciencia pública sobre la importancia de los bofedales y fomentar el apoyo a su conservación.

El IICA expresa su sincero agradecimiento a todas las personas y organizaciones que hicieron posible la creación de este atlas, en especial a los productores y productoras cuyos medios de vida dependen de la conservación y gestión sostenible de los bofedales; a las autoridades de los municipios de San Pablo de Lípez y San Antonio de Esmoruco; a las autoridades locales de las comunidades donde se encuentran los bofedales; y a las autoridades y personal técnico de las instancias de gobierno nacional con las que se coordina el trabajo. Un agradecimiento particular al equipo técnico del Programa Bofedal es Vida.

Federico Ganduglia
Representante del IICA en Bolivia



Foto: Rubén Guarayo

Los bofedales y su importancia

Los humedales conforman una parte fundamental del patrimonio natural de los países. Son uno de los entornos más ricos del planeta que albergan una gran variedad de flora y fauna, mantienen vegetación acuática o sumergida y refugian a miles de especies de animales y vegetales. La conservación de los humedales es vital para la supervivencia del ser humano ya que ayudan a modular las condiciones climáticas y el ciclo hidrológico. Los humedales son importantes porque brindan una variedad de servicios que benefician a la humanidad, entre ellos:

- Recarga de aguas subterráneas, a través de la filtración del agua
- Barrera protectora frente a inundaciones, sequías y otros desastres naturales
- Contribuyen a mitigar los efectos del cambio climático
- Almacenan más carbono que cualquier otro ecosistema, mediante la captura de dióxido de carbono
- Suministro de agua dulce, alimentos y recursos que sostienen la economía de las familias
- Son hogar de una diversidad de especies de animales: mamíferos, aves, peces e invertebrado

Importancia

• Sociocultural

Han permitido el pastoreo de animales desde hace más de 3.000 años en zonas climáticas con severas

restricciones para otras actividades humanas.

Es la causa para que en su entorno hayan prosperado culturas nativas de pastores de camélidos.

• Económica

Producen forraje para la producción de ganado. La ganadería es la actividad económica única que permite la producción de carne, lana, cuero, etc. y actividades derivadas como la artesanía, agricultura, charque, curtiembre, generando empleos directos e indirectos para familias rurales y urbanas.

Reservas y cursos hídricos compartidos con otros países.

Sostienen poblaciones de productores que ayudan a sentar soberanía del territorio y la propiedad de los recursos naturales.

• Ecológica

Ecosistema clave en un medio con severas limitaciones climáticas y edáficas para la producción agrícola.

Constituyen hábitats y nichos para numerosas especies de fauna y flora nativa.

Tienen una influencia en el microclima local, atemperando la sequedad medioambiental del clima en el largo periodo seco de invierno.

• Geopolítica

Reservas y cursos hídricos compartidos con otros países.

Sostienen poblaciones de productores que ayudan a sentar soberanía del territorio y la propiedad de los recursos naturales.

Amenazas de los humedales

- Cambio climático
- Cambio en el comportamiento del uso del suelo
- Deficiente gestión del agua
- Sobrepastoreo
- Salinización
- Contaminación
- Deforestación
- Construcción de grandes infraestructuras

Necesidad de conservar y proteger los humedales

• La falta de conciencia, educación ambiental y productiva de la población, sumados al desconocimiento de la importancia de los humedales, del manejo y conservación de los recursos naturales, los problemas geopolíticos (límitrofes), sociales (tenencia de la tierra), culturales (usos y costumbres), hacen que los bofedales se encuentren bajo condiciones degradadas y con menores capacidades productivas.

• No se fomentan las inversiones ni acciones conscientes para su manejo y conservación. El valor de los humedales sigue siendo una tarea pendiente de gobiernos e instituciones. Se estima que desde 1700 se ha perdido hasta el 87% del recurso mundial de humedales. Según RAMSAR, esto supone que estos ecosistemas se están perdiendo tres veces más rápido que los bosques naturales.

• El cambio climático está degradando, degenerando y reduciendo las capacidades y equilibrio de los humedales. Los humedales son uno de los mayores exponentes del patrimonio natural que existe en el planeta.

• La degradación y pérdida de los humedales acarrea graves impactos directos no solo en la calidad y acceso al agua, sino también en la seguridad alimentaria, la biodiversidad y secuestro de carbono.



Foto: Rubén Guarayo

Municipio San Antonio de Esmorucu



Fotos: Rubén Guarayo

Ubicación

Corresponde a la Tercera Sección de la Provincia Sud Lípez que se encuentra en el sudoeste del departamento de Potosí. Tiene una superficie de 6.742 Km² (674.200 ha) y una población de 2.284 habitantes (Ficha Municipal INE, Censo 2012).

La ubicación geográfica del municipio de San Antonio de Esmoruco está a 21° 44'53.02" de latitud sur y 67°00'10.40" de longitud oeste por un lado y el otro extremo está a 22°28'17.17" de latitud sur y 66°16'9.05" de longitud oeste, a una altitud de 3728 msnm (Cuadro 1 y Figura 2). La capital del municipio se encuentra a 1182 km de la capital del departamento de Potosí. Este municipio limita al norte con el municipio de San Pablo de Lípez, al este con el municipio de Mojinete y la República Argentina, al sur con la República Argentina e Hito II Sección I, Hito III Tinte, Hito V Cerro Negro, Hito I, Hito Paniso e Hito XIV, finalmente al oeste con el municipio de San Pablo de Lípez.

Descripción de los ecosistemas de los bofedales

El municipio presenta una fisiografía caracterizada por una conformación rugosa y montañosa, donde sobresalen volcanes con alturas que varían desde los 5.000 a los 6.000 m.s.n.m. La topografía es accidentada y el clima es de templado a frío. Entre las cumbres y nevados importantes están el cerro Mesón y el Bonete; en tanto que sus ríos principales son el San Antonio de Esmoruco y el Río Chilenas. La erosión eólica es el factor principal para modificar la tierra, siendo pocos los lugares aptos para la agricultura. El municipio cuenta aproximadamente con una superficie de bofedales de 1,835 ha y está ubicado entre 3.580 a 4.460 m s. n. m.

Condiciones climáticas

El clima del municipio se caracteriza por ser árido, frío y ventoso; es la zona que recibe una de las menores precipitaciones en el país y tiene alta frecuencia de granizadas. Según el sitio web me-teoblue.com (30 años de información satelital)

reporta que la precipitación acumulada anual es aproximadamente 490 mm (otras fuentes, SENAMHI San Pablo de Lípez, mencionan 200 mm/año). Los meses más lluviosos que sobrepasan más de 100 mm son diciembre a enero, mientras que, desde el mes de mayo a julio, se reportan precipitaciones entre 1 a 2 mm. La humedad relativa es baja.

La insolación e intensidad del sol es amplia e intensa; entre los meses de abril a septiembre se tienen entre 23 a 30 días soleados al mes; los meses de noviembre a marzo se tienen más de 15 días parcialmente nublados a nublados; Los vientos son fuertes y constantes, con dirección predominante del Noroeste y una velocidad promedio entre 18 a 39 km/hora (9,7 a 21 nudos).

Los datos meteorológicos reportan datos de temperatura máximas de hasta 22 °C, y mínima extrema promedio de -14 °C, con una temperatura promedio anual que oscila entre los 7 °C a 11 °C. El período de invierno (mayo a agosto) es considerado seco; las temperaturas más bajas se registran durante los meses de mayo a agosto.

La irregularidad de las lluvias y de las temperaturas de congelamiento son causantes de la pérdida de las escasas cosechas agrícolas y/o forrajeras; existe un balance hídrico deficitario durante 9 meses del año (abril a diciembre), presentándose un régimen hídrico de dos meses de deposición de agua que es enero y febrero, un mes de consumo de agua que es marzo.

Los principales riesgos climáticos existentes en la región son: Vientos frecuentes y con velocidades elevadas (abril a agosto); Nevada, factor determinante en la disminución y transformación de los sistemas de producción y alimentación del hato ganadero (julio o agosto); Heladas, fenómenos que presentan descensos bruscos de temperatura que afectan y condicionan la producción agrícola y forrajera (tempranas: enero y marzo y tardías: agosto-septiembre) y finalmente las Sequías, que provocan la baja regeneración de la cobertura vegetal y de especies características de la región y que en los últimos años han sido muy frecuentes durante los meses de abril a noviembre.



Río Chilenas
Foto: Milenka Betancourt



Hielo de bofedal en época de invierno
Foto: Rubén Guarayo

Topografía

El municipio presenta una topografía y relieve accidentado, conformado por llanuras aluviales recientes y colinas bajas moderadamente disectadas, montañas altas con cimas agudas y pendientes largas. El paisaje geográfico del municipio está caracterizado por la presencia de cumbres rocosas, campos naturales de pastoreo con presencia de plantas xerófitas, tholares, pajonales y otras caducifolias nativas que ocupan la mayor parte del espacio, de igual manera existen bofedales reducidos que se sitúan en la falda de los cerros, también existen serranías donde se practica una agricultura pequeña y tradicional con cultivos anuales.

Las poblaciones principales están emplazadas longitudinalmente de manera paralela a los ríos o riberas, las que presentan algunos accidentes topográficos y pendientes pronunciadas en sus laderas laterales. También, están flanqueados de grandes cadenas de montañas, las cuales presentan pendientes pronunciadas. Solo en la ribera de los ríos o arroyos principales se presentan pendientes suaves en su curso.

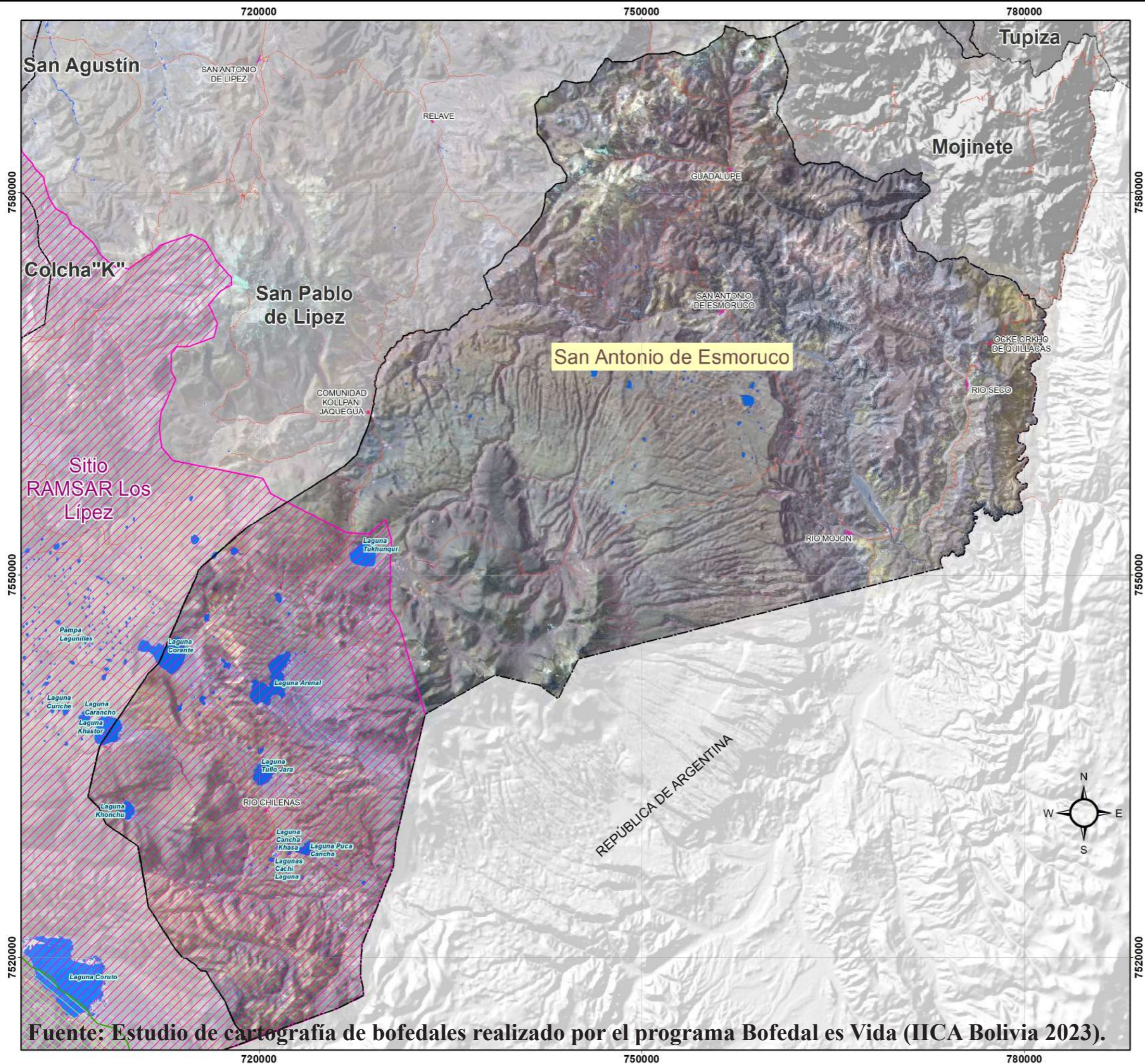
La topografía de las áreas donde se encuentran los bofedales se caracteriza por presentar un relieve plano en las declinaciones de las montañas, pero a su vez, está encerrada por serranías accidentada con pendiente moderada a fuerte (entre 20% a 65%), en muchos casos escarpadas que impiden la práctica agrícola y promueven elevados riesgos de erosión por la escorrentía de la capa superficial de los suelos y el transporte de masas pedregosas hacia las superficies planas de gramadal y bofedal.

En los bofedales se tienen pendientes que van desde 0 hasta 6% en la parte de gramadales y de 1 a 3% al interior de los bofedales. Estas gradientes de pendiente son similares a las del resto de los bofedales del municipio, dado que presentan condiciones semejantes.

Las pendientes mencionadas son suficientes para hacer trabajos de redireccionamiento y recirculación de agua que permita el humedecimiento de los gramadales y los espacios degradados por falta de humedad y/o por presencia de hielo en el interior del suelo. Una práctica de riego pesado puede coadyuvar al derretimiento de los bloques congelados internos.

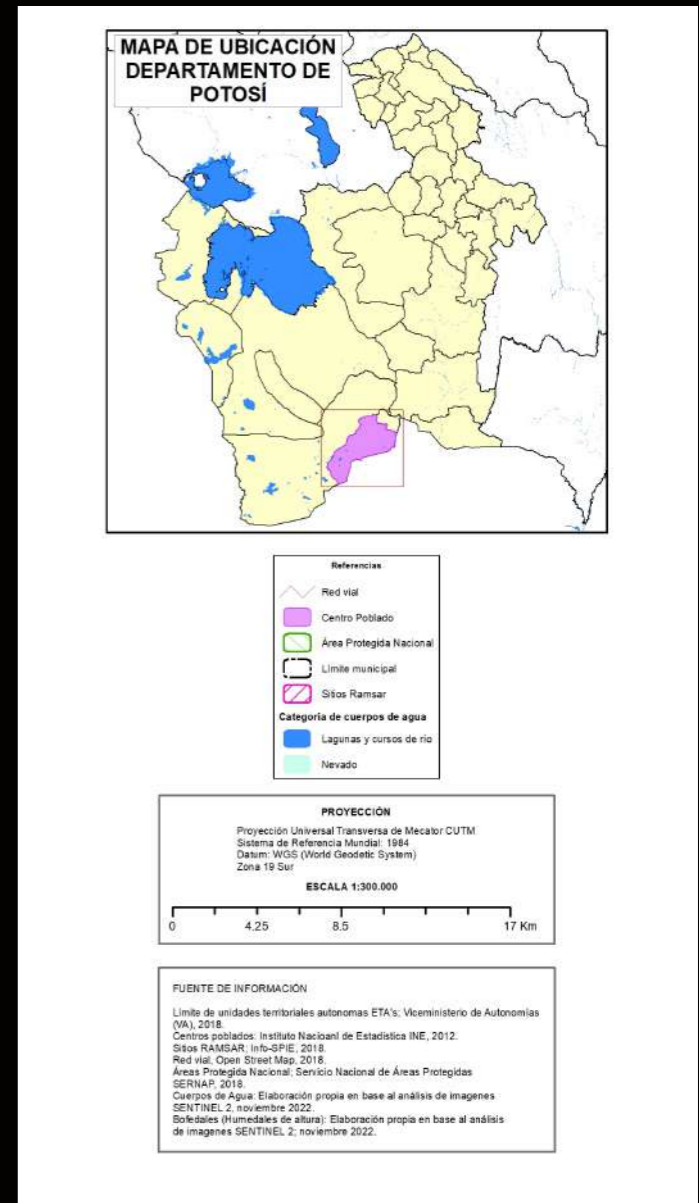


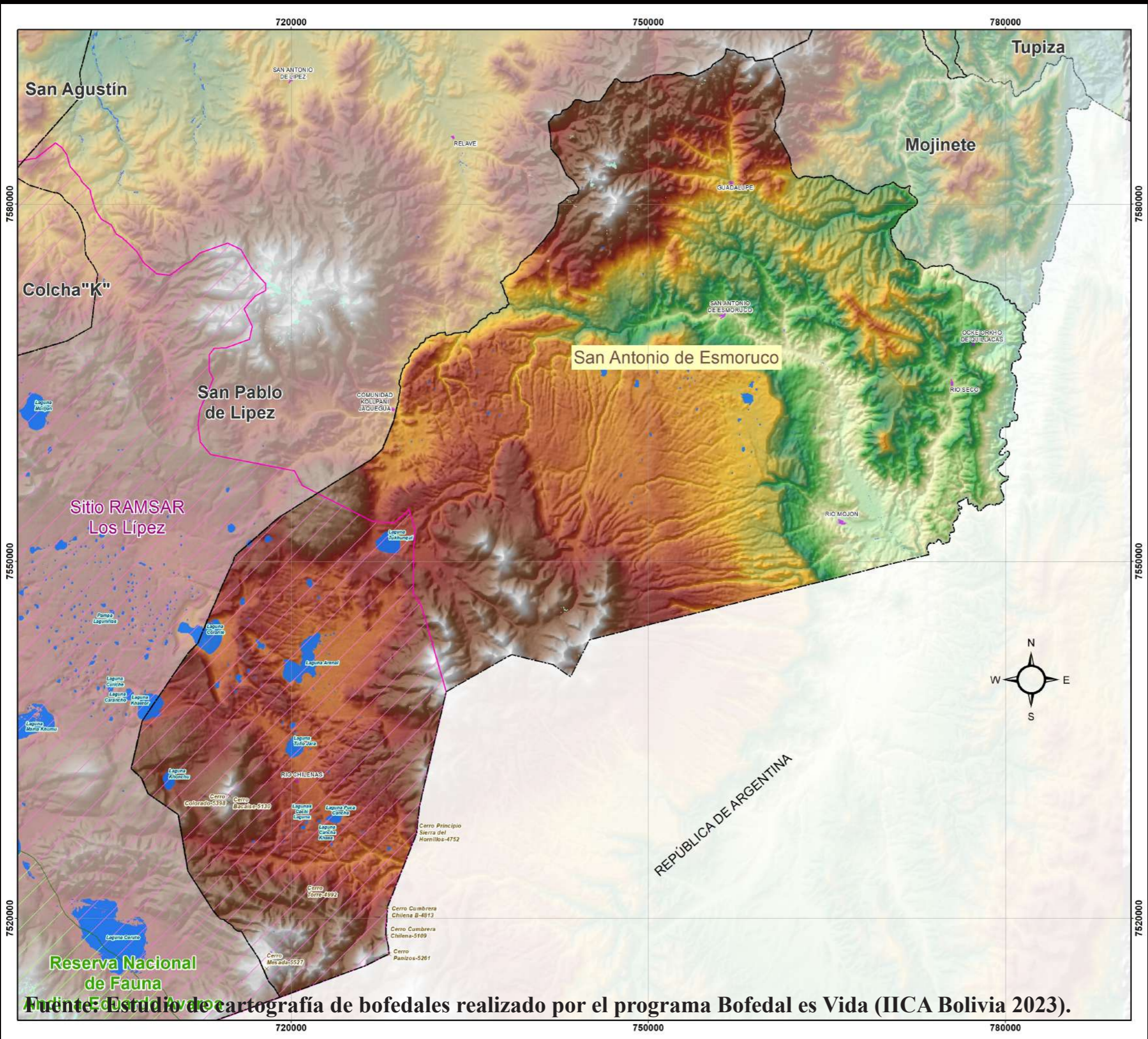
Bofedal
Foto: Rubén Guarayo



Fuente: Estudio de cartografía de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).

Ubicación del municipio San Antonio de Esmoruco





Modelo de elevación digital San Antonio de Esmoruco



Referencias

- Centro Poblado
- Límite municipal
- Área Protegida Nacional
- Sitios Ramsar

Metros sobre el nivel del mar

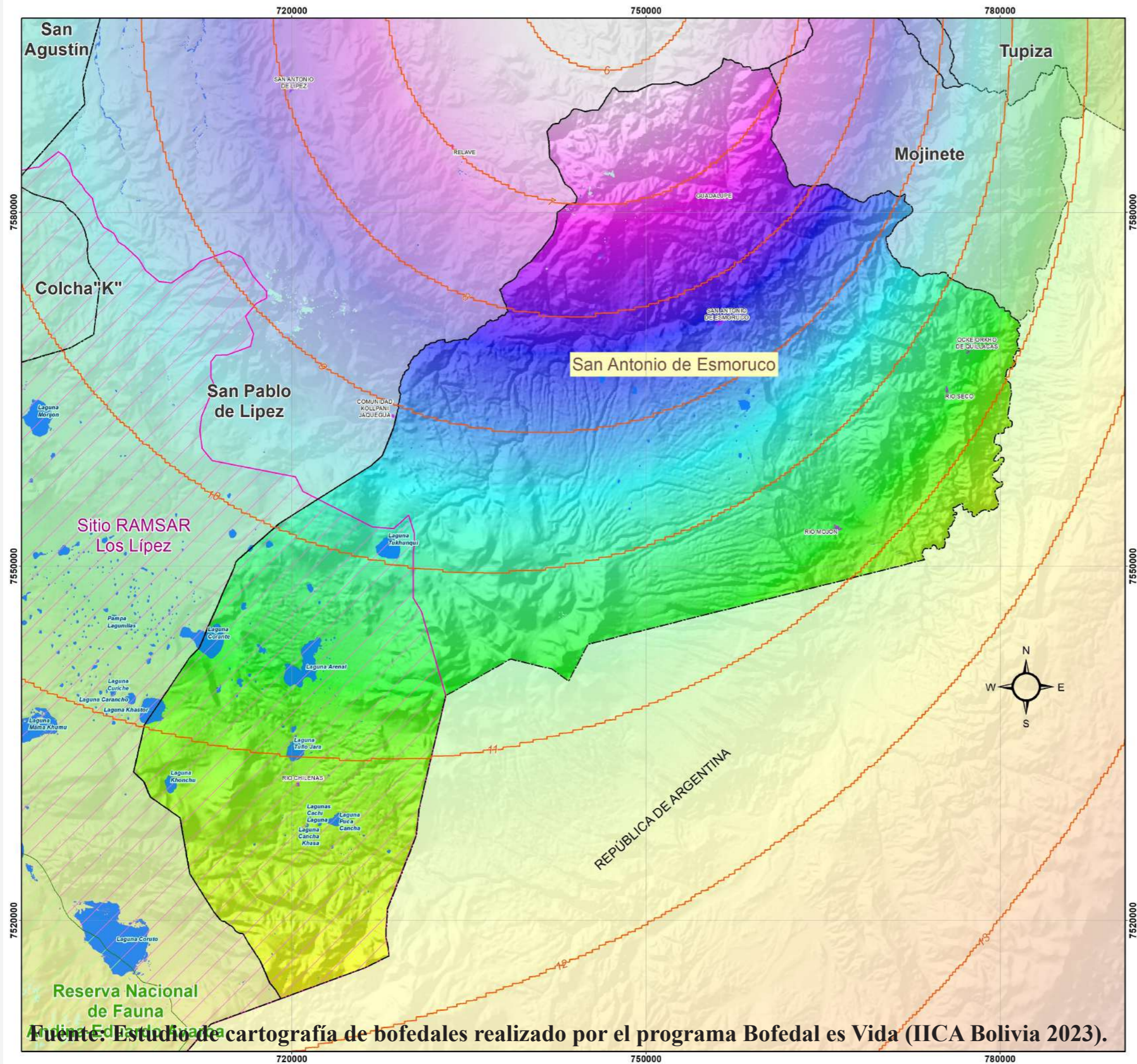
PROYECCIÓN
 Proyección Universal Transversa de Mercator CUTM
 Sistema de Referencia Mundial: 1984
 Datum: WGS (World Geodetic System)
 Zona: 19 Sur

ESCALA 1:280.000

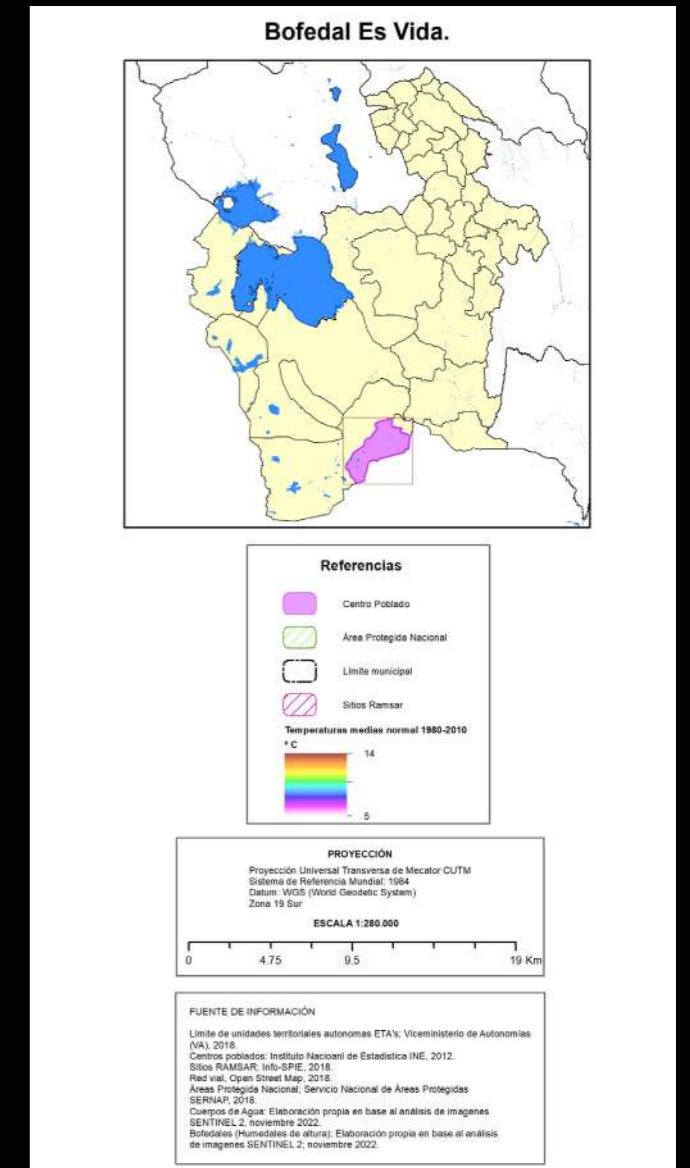
FUENTE DE INFORMACIÓN

Límite de unidades territoriales autónomas ETAs; Viceministerio de Autonomías (VA), 2018.
 Centros poblados: Instituto Nacional de Estadística INE, 2012.
 Sitios RAMSAR: Info-SFIE, 2018.
 Red vial: Open Street Map, 2018.
 Áreas Protegidas Nacionales: Servicio Nacional de Áreas Protegidas SERNAP, 2018.
 Cuerpos de Agua: Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.
 Bofedales (Humedales de altura): Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.

Fuente: Estudio de cartografía de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).

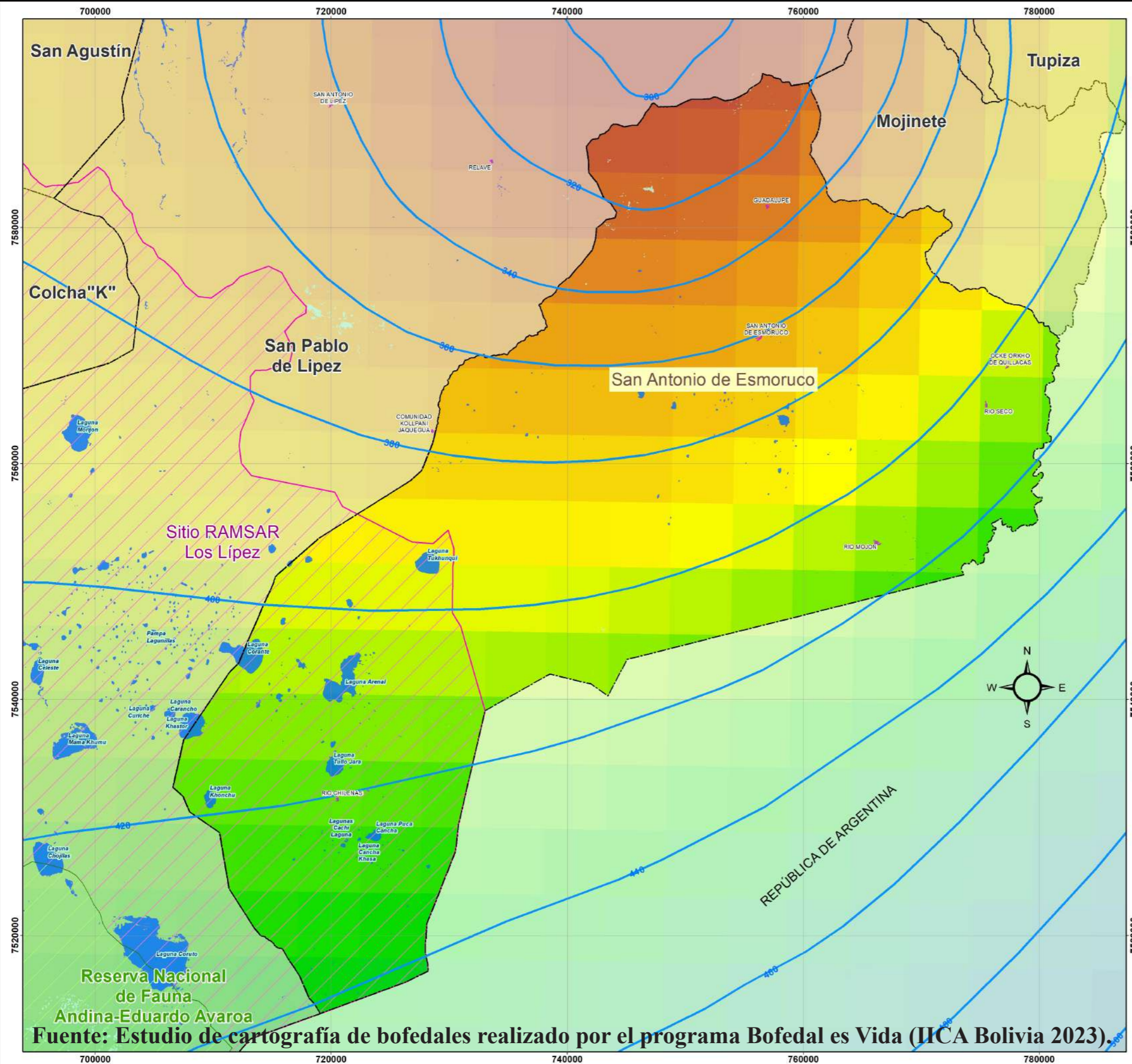


Temperaturas medias normal 1981 - 2010 San Antonio de Esmoruco



Fuente: Estudio de cartografía de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).





Fuente: Estudio de cartografía de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).

Precipitaciones acumuladas normal 1981 - 2010 San Antonio de Esmoruco

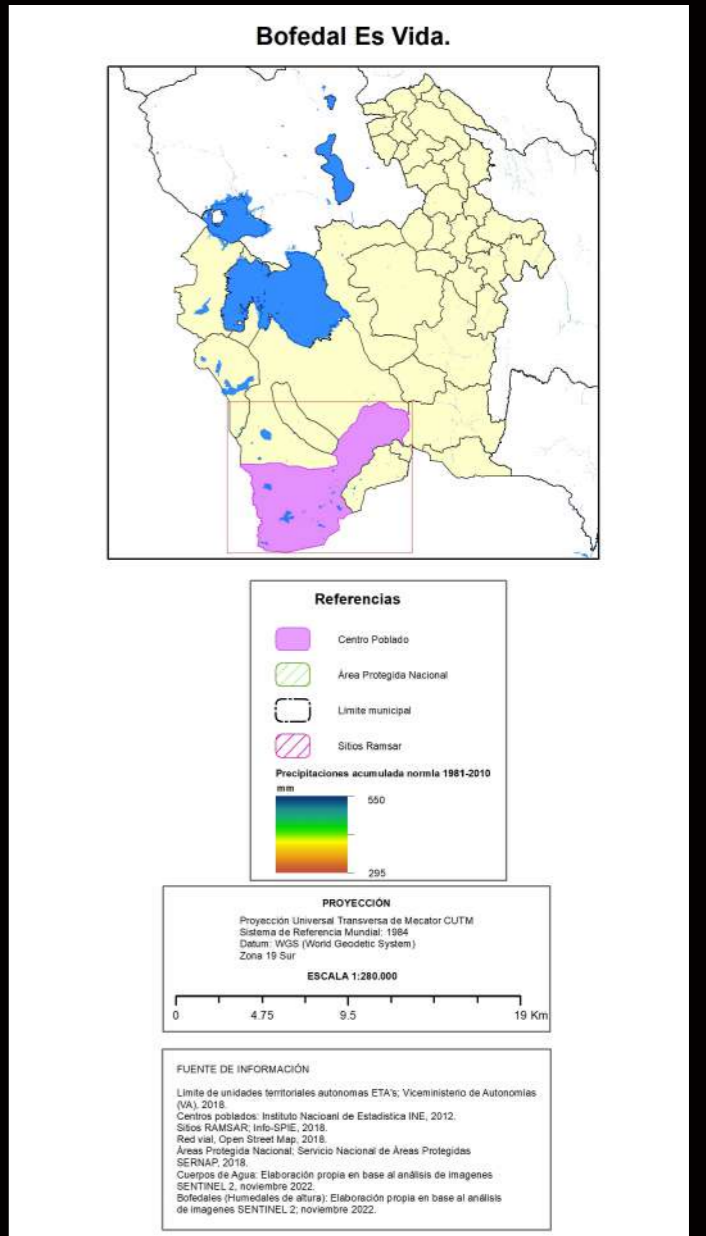




Foto: Rubén Guarayo

Bofedales del municipio San Antonio de Esmoruco



Fotos: Milenka Betancourt
IICA Bolivia

Según la descripción fisiográfica del municipio, en el municipio se han identificado los siguientes pisos ecológicos: (i) Piso Altoandino (Puna Alta), cuenta con regiones los 3.600 a 4.800 m.s.n.m., de clima frío, de matorral desértico, el paisaje presenta serranías, planicies de poca pendiente y laderas onduladas donde se encuentran importantes y grandes áreas de bofedales para pastoreo; (ii) Puna Baja, cuenta con un clima árido a semiárido, de matorral seco, con vegetación de pradera de alta montaña. Los suelos se caracterizan por ser altamente salinos, que representan una cobertura vegetal dispersa de tholares y pajonales; (iii) Llanura Aluvial, presenta planicies extensas alternadas con colinas áridas, con suelos superficiales que generan pequeños valles y escasos lugares para la agricultura y áreas de gramadales y bofedales próximos a la rivera de los ríos.

Los bofedales y gramadales existentes en el municipio, en muchos de los casos, son pequeñas áreas de descanso aluvial que se desarrollan al pie de las montañas y en otros, son depresiones o planicies de grandes dimensiones.

Sistemas de producción

Las tierras del municipio no son aptas para la agricultura, se reportan entre 90 a 100 ha destinadas a al cultivo de especies anuales como papa, haba y maíz. Existen algunos valles protegidos donde se produce pequeñas superficies de alfalfa y avena para forrajes. Por lo tanto, la mayor superficie del municipio está cubierta por praderas nativas destinadas al pastoreo de llamas, ovinos, asnos, vicuñas y caprinos (en menor proporción). Se conoce que en el municipio se alberga la mayor calidad genética de llamas (tipo thampulli) en el país, con una población estimada de 42.500 cabezas, seguida de una población de poco más de 11.500 cabezas de ganado ovino.

Los bofedales del municipio corresponden a tierras de uso comunal destinados a la producción pecuaria, con pastoreo intensivo durante la época seca del año (desde abril hasta noviembre). Durante la época húmeda (diciembre a marzo), los productores llevan su ganado a estancias ubicadas en las serranías o montañas, donde aprovechan del pastoreo de especies de pradera seca constituidas por asociaciones de

gramíneas de porte bajo, diferentes tipos de pajas y tholares. De cualquier modo, el tiempo de permanencia de los animales en el bofedal es el suficiente para provocar desgastes y degeneración natural de su vegetación. Se estima una superficie aproximada de 1.835 ha de bofedales en el municipio, en su mayoría están constituidos por un 80% de cobertura vegetal y 20% de cuerpos de agua, afloramientos rocosos y afloramientos salinos.

La fuente de ingresos familiares proviene de la cría de ganado camélido y ovino que les permite obtener productos como carne, cuero y fibra los cuales son comercializados localmente o en poblaciones cercanas a Uyuni. Por otro lado, algunas familias aprovechan espacios geográficos que se caracterizan por la presencia de yacimientos mineralógicos de Oro, Azufre, Cal, Yeso, entre otros, como fuente de generación de ingresos.

Manejo actual de los bofedales del municipio

Los bofedales, en su mayoría, cuentan con secciones definidas y diferenciadas en cuanto al estado de la vegetación. Los bofedales del municipio presentan vegetación típica de bofedal constituidos por especies en cojín y acumulaciones de agua interna y están rodeados de serranías cubiertas de vegetación arbustiva compuesta por asociaciones de pajonales y tholares.

La vegetación superficial de algunos bofedales está muy afectada y degradada debido a las heladas tardías que origina el congelamiento de los horizontes superiores del suelo, al sobrepastoreo, y erosión hídrica. Existen espacios de bofedal completamente desnudos y con saturación de agua congelada, donde no desarrollan las especies, ni siquiera acuáticas.

Dadas las características anteriores, los planes de MCI para los bofedales del municipio deben concentrarse en aquellos que presentan áreas con mayor degradación donde se podrá realizar un conjunto de acciones que se constituyan en el patrón a ser aplicado en los bofedales de las mismas características, muy comunes en la región de Los Lípez. Existen cauces centrales de agua con apariencia de arroyo, que tienen derivaciones irregulares por toda la superficie del bofedal;

en las secciones centrales se mantiene una cobertura vegetal típica con especies de cojín, con niveles medios de saturación de humedad del suelo y en otras secciones, donde no llega el flujo constante de agua, se notan cambios de coloración en la vegetación debido a la falta de humedad, considerado como causa de sequía o escasez de agua. Existen áreas de acumulación y encharcamiento de agua que pueden ser aprovechadas para irrigar las partes más necesitadas de humedad. Se debe redistribuir la circulación del agua.

Los bofedales se encuentran encajonado entre serranías de baja altura con pendientes suaves a fuerte, con escaso desarrollo de otro tipo de praderas o vegetación. En cualquier caso, la vegetación predominante en las laderas es del tipo tholar-pajonal donde predominan los suelos pedregosos, poco profundos o superficiales, muy propensos a erosión hídrica debido a la extracción de plantas para leña y construcción.

Vegetación

La vegetación propia del municipio se encuentra formando asociaciones vegetales de composición y estructura variada. Las características que determinan estas asociaciones son el clima, el suelo, el relieve, el régimen hídrico y las intervenciones que realiza el humano. La vegetación es característica del tipo altoandino, valle interandino y llanuras. La reducción de las especies leñosas en la zona está ocasionando el despoblamiento de la cobertura vegetal de los suelos dejándolos descubiertos y propensos a erosión tanto hídrica como eólica.

El ecosistema cuenta con una vegetación diversa con comunidades arbustivas de thola, penachos de pajonales y yareta, bofedales y gramadales con praderas extensas para el pastoreo. Pese a las condiciones que presenta la región, existe mucha diversidad y cantidad de especies vegetales que se han adaptado a las condiciones severas clima y de escasez de agua y nutrientes. La vegetación está caracterizada por la presencia de pastizales de gramíneas (paja brava) que en algunas llanuras y laderas forman semicírculos, por efecto de los vientos y dirección de la escorrentía del agua de las laderas. En sitios de mayor humedad se pueden encontrar tholares y, en ciertas quebradas o

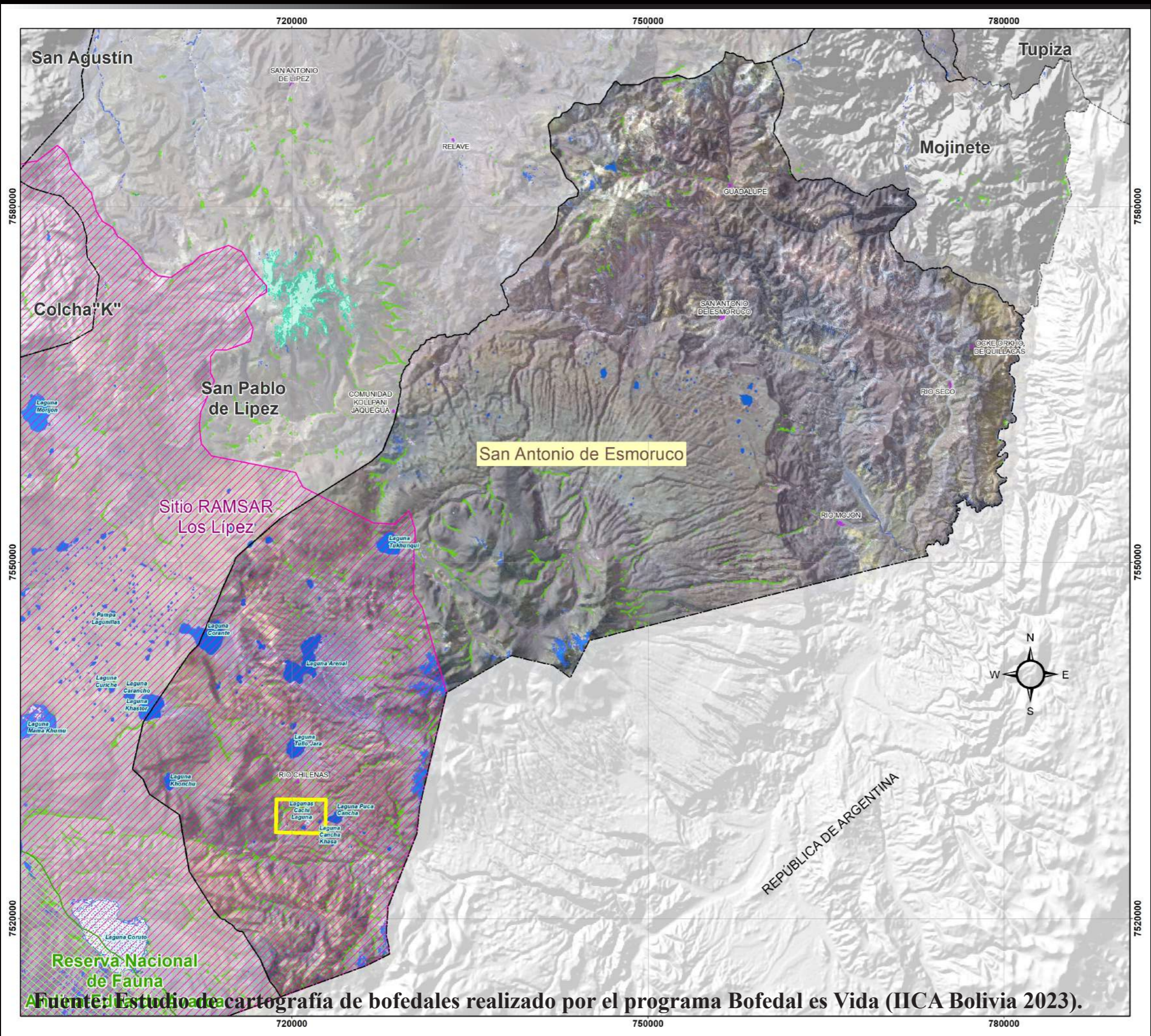
o afloramientos rocosos se encuentran cojines de yareta (*Azorella compacta*), especie que crece lentamente (1 a 3 mm/año) y que es utilizada como leña o fuente energética de combustión para las actividades mineras y como calefacción para la población.

Los bofedales presentes en el municipio son extensos y mayormente protegidos entre serranías y montañas bajas. Esta condición hace que las especies puedan sentirse más protegidas que en campo abierto, pero al mismo tiempo, también son más susceptibles a la concentración y congelamiento prolongado de las aguas superficiales y subterráneas por estar en ambientes “abrigados” o microclimas que no dan opción a tener una amplitud térmica mayor durante el día.

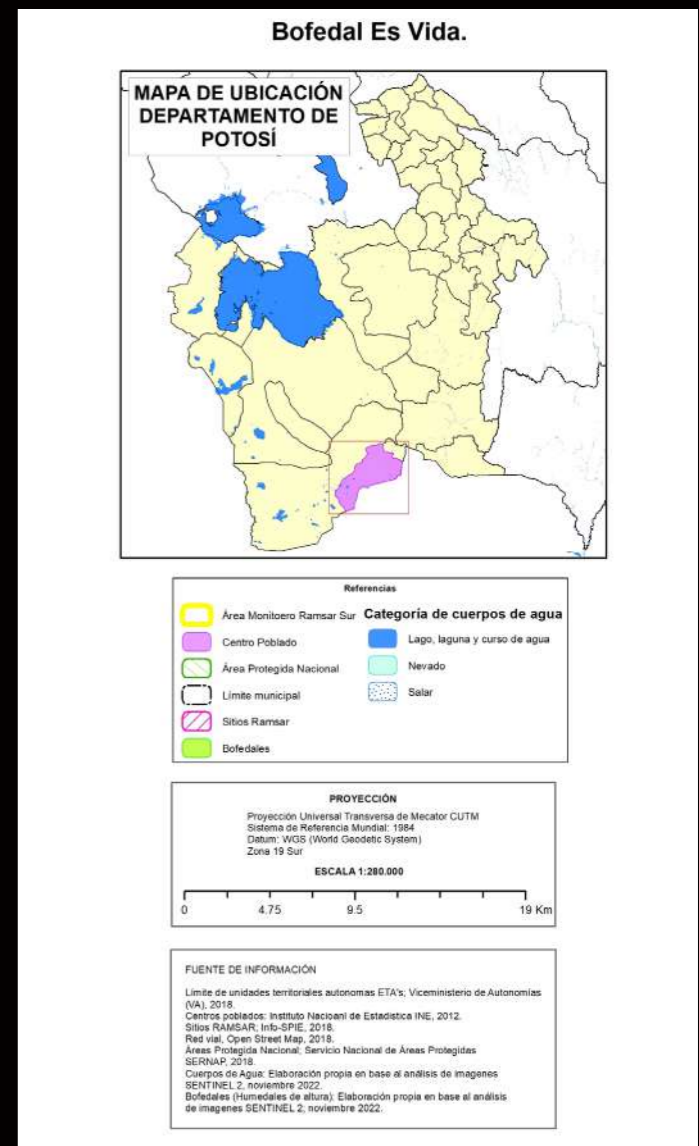
En las praderas secas, se encuentran extensas planicies de pajonales de ichu de bajo porte como *Stipa ichu*, *Festuca ortophylla* y *F. dolichophylla* más próximas a las riberas de los arroyos. En la zona se produce con mucho vigor y está adaptada a las condiciones extremas la especie denominada Chillawa, tanto a lugares de baja o elevada humedad (al interior del bofedal) y puede constituirse en la especie más importante para ser multiplicada de manera asexual y ser distribuida en lugares afectados por la erosión. Además, es una especie muy palatable para el ganado camélido.

Los gramadales están cubiertos por asociaciones de gramíneas de bajo porte como el garbancillo, cebadilla, chijis de las especies *Fabiana*, *Cortaderia*, *Distichlis*, *Calamagrostis*, *Werneria*, *Mulenbergia*, entre otras. Los bofedales presentan las principales especies de desarrollo en cojín como los géneros *Distichia*, *Oxychloe* y *Plantago*, que están asociadas a otras especies de tallo subterráneo y brotes herbáceos de sus nudos (géneros *Carex*, *Calamagrostis*, *Werneria*, *Hypsela*, *Poa* y otras). Existen áreas completamente degradadas (quemadas) por el frío, el hielo interno del suelo y la escarcha o hielo superficial durante los meses de invierno. Estas zonas deben ser atendidas con urgencia

Los planes MCI que sean fomentados en el municipio deben concentrarse en áreas de gramadal y bofedal más afectadas por congelamiento del suelo, la erosión hídrica, la sequía y el sobrepastoreo.



Bofedales y área de monitoreo del municipio San Antonio de Esmoruco



Fuente: Estudio de cartografía de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).



Diversidad florística del bofedal Río Chilenas en época húmeda

FAMILIA	ESPECIE	% FRECUENCIA ABSOLUTA
Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i>	0.48
	<i>Oxychloe andina</i>	36.31
	<i>Juncus stipulatus</i>	10.00
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	2.02
	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	0.36
	<i>Zameioscirpus muticus</i>	1.79
	<i>Carex sp.</i>	9.64
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	2.14
Poaceae	<i>Deyeuxia chrysantha</i>	7.74
	<i>Deyeuxia curvula</i>	0.48
	<i>Deyeuxia heterophylla</i>	0.36
	<i>Festuca dolichophylla</i>	0.48
Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i>	0.48
Algae	<i>Nostoc sp.</i>	1.55
	Cobertura no vegetal.	26.19

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).



Diversidad florística del bofedal Río Chilenas en época seca

FAMILIA	ESPECIE	% FRECUENCIA ABSOLUTA
Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i>	0.83
	<i>Oxychloe andina</i>	30.95
	<i>Juncus stipulatus</i>	2.26
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	0.60
	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	2.38
	<i>Zameioscirpus muticus</i>	18.57
	<i>Carex sp.</i>	6.43
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	0.83
	<i>Werneria apiculata</i>	0.24
Poaceae	<i>Deyeuxia chrysantha</i>	8.21
	<i>Deyeuxia spicigera</i>	1.19
	<i>Deyeuxia vicunarum</i>	0.60
	<i>Festuca dolichophylla</i>	0.48
	<i>Puccinellia frigida</i>	5.60
	<i>Graminea sp.</i>	0.12
Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i>	0.36
Algae	<i>Nostoc sp.</i>	0.36
	<i>Alga filamentosa</i>	1.90
	Cobertura no vegetal	18.10

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).





Phylloscirpus deserticola (Phil.) Dhooge & Goetgh.

Fuente: Programa Bofedal es Vida (IICA, 2023)

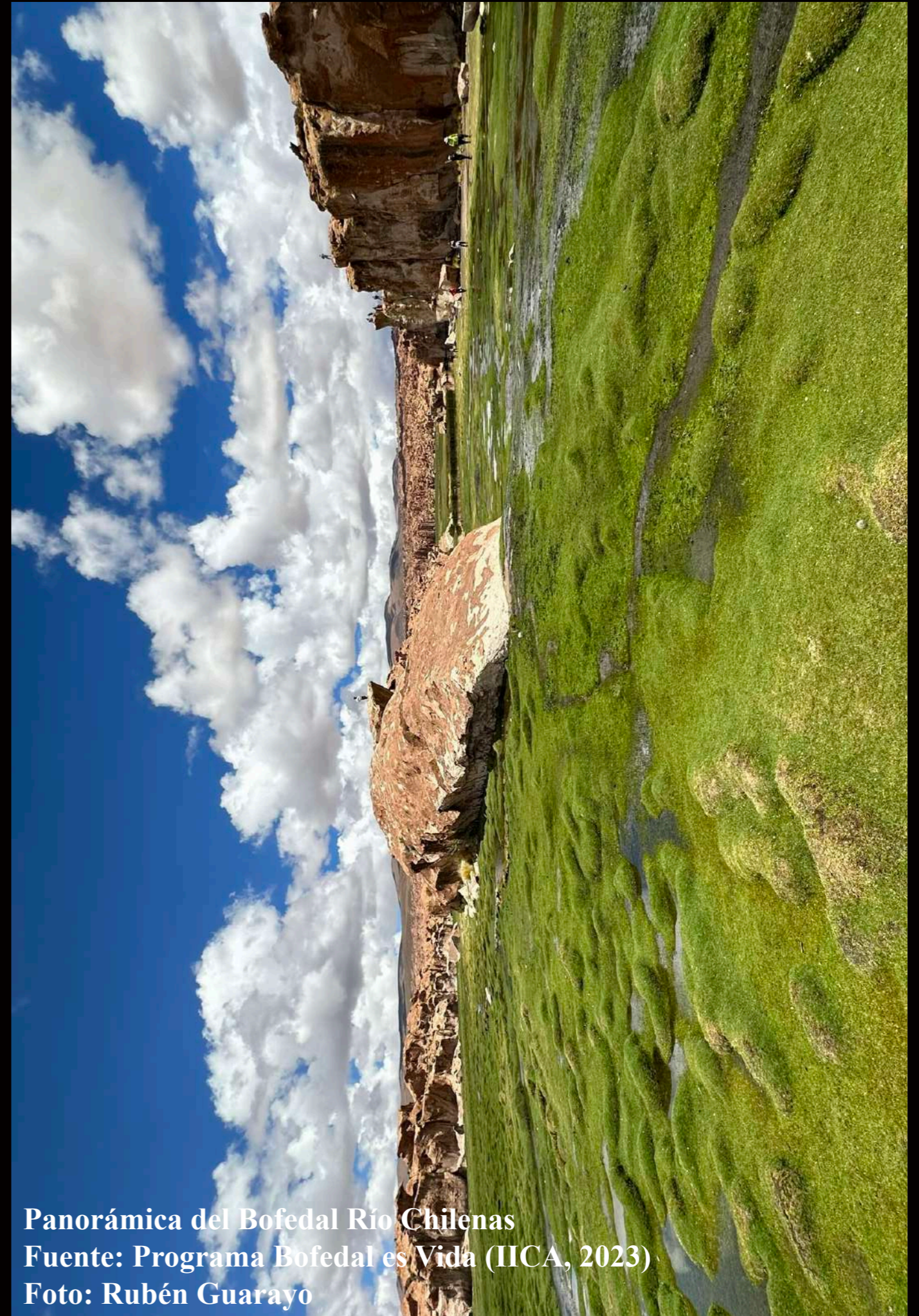
Foto: Rubén Guarayo



Festuca dolichophylla J. Presl.

Fuente: Programa Bofedal es Vida (IICA, 2023)

Foto: Rubén Guarayo



Panorámica del Bofedal Río Chilenas

Fuente: Programa Bofedal es Vida (IICA, 2023)

Foto: Rubén Guarayo



Llamas en Río Chilenas
Foto: Milenka Betancourt

Suelo

De acuerdo con la bibliografía, los suelos del municipio son exclusivamente de origen volcánico, desarrollados sobre roca sólida, principalmente en las laderas más escarpadas. La región presenta características edafológicas con suelos nutricionalmente pobres, muy superficiales a moderadamente profundos, que se caracterizan por la intervención de agentes geomórficos (actividad volcánica anterior), físicos (como los procesos erosivos) y los extractivos (leña, medicina, construcción, etc).

Los suelos se encuentran en pendientes escarpadas a suavemente inclinadas con afloramientos rocosos, presentan una textura arenosa, franco-arenosa y franco-limosa, estructura pobre generalmente con fragmentos gruesos en los perfiles en gran parte con baja retención de humedad; en otras zonas, bofedales) donde el nivel freático es superficial y con menor drenaje, los suelos son arcillosos de estructura granular con presencia de carbonatos, la capa freática es de 80 cm. En las zonas bajas de los bofedales, los suelos son arcillo-limosos, con subsuelo de color gris oscuro producto de la ausencia de oxígeno.

Los suelos de los bofedales presentan una estructura poco granular y de baja porosidad en la parte central del bofedal. En la medida que se ingresa de las zonas de gramadal a las zonas internas del bofedal, hay una gradiente de cambio de textura de franco arenosa a franco arcillosas, con una capa semi profunda de materia orgánica en descomposición y de turba de no más de 40 cm de profundidad. Esta capa es suficiente para retener humedad que permita la sobrevivencia de la capa vegetal.

La erosión es notoria, existe un desgaste de las praderas producido por la lluvia y vientos; se estima que aproximadamente el 60% del suelo en el municipio se encuentra erosionado y con baja cobertura vegetal; los comunarios desconocen técnicas de conservación de suelos debido a que no existe un sistema de conservación y protección de la flora nativa, la que es extraída irracionalmente y provoca la exposición del suelo a las inclemencias del tiempo. También, existen cárcavas que descienden de las laderas laterales hacia los bofedales con cauces irregulares de agua y acumulación de grava superficial en el gramadal.



Bofedal
Foto: Milenka Betancourt

Gestión del agua

El municipio cuenta con importantes fuentes de agua como ríos, vertientes y ojos de agua que son utilizadas por la población local para riego, consumo humano y animal. La íntima relación entre las aguas superficiales y las aguas subterráneas definen las características hidrológicas del municipio, ya que de éstas dependen la formación de pequeñas lagunas, ojos de agua y bofedales.

Las vertientes y ojos de agua brotan de las base y partes medias de las serranías nevadas, que por efecto del derretimiento, generan fuentes de agua subterráneas de poca profundidad que terminan expulsando agua hacia la superficie. En el trayecto que sigue el agua de las vertientes, ésta encuentra otras fuentes superficiales que se van agregando al caudal de los cauces principales que abastecen a los bofedales. Ya en el bofedal, se observan arroyos o acequias naturales, que de forma irregular desvían sus aguas según la pendiente.

Al interior de los bofedales es muy común encontrar cuerpos de agua aislados en forma de pequeños reservorios o lagunas; éstos son mayormente producidos por el agua de lluvias que carga los

espacios con un espejo de agua que sobrepasan los 50 cm y por efecto de las bajas temperaturas, éstos permanecen congelados por varios meses del año. Estos cuerpos de agua alimentan los niveles subterráneos que, por capilaridad, irrigan o circulan a lo largo del bofedal manteniendo el espacio con humedad relativa elevada.

Otra fuente de agua con la que se alimentan los pisos ecológicos del municipio proviene de las precipitaciones pluviales en época de lluvia. En el caso específico de la zona de bofedales, las lluvias pueden saturar de humedad sus superficies, provocando que los niveles de agua subterránea (que se encuentran a poca profundidad) alcancen la superficie del suelo como manantiales u ojos de agua, incrementando el caudal de los cauces ya existentes. En los bofedales no se evidencia ningún tipo de manejo de agua, siendo de crucial importancia que se realice intervenciones en este sentido, ya que la presencia de espacios con exceso de agua saturada o encharcada impiden el desarrollo de la vegetación y, en los meses fríos, se mantienen congelados afectando la circulación y oxigenación de los horizontes del suelo.



Foto: Milenka Betancourt

Municipio San Pablo de Lípez



Fotos: Milenka Betancourt

Ubicación

El municipio de San Pablo de Lipez corresponde a la Primera Sección de la Provincia Sud Lipez que se encuentra en el sudoeste del departamento de Potosí. Tiene una superficie de 13.533 Km² (135.330 ha) y su población asciende a 3.371 habitantes aproximadamente (Ficha Municipal INE, Censo 2012). De esta superficie, 7.147 km² corresponden a la Reserva Nacional de Fauna Andina Eduardo Avaroa.

Geográficamente el municipio de San Pablo de Lipez se encuentra entre los paralelos 21°17'36.13" de latitud sur y 68°04'39.43" de longitud oeste y 22°53'54.86" de latitud sur y 66°16'9.05" de longitud oeste, a una altitud de 4250 msnm. La capital del municipio está localizada a 430 km de la ciudad de Potosí. La situación limítrofe del municipio es la siguiente: al norte limita con los municipios de Colcha "K" y San Agustín, al este con Atocha y Tupiza, al sureste con los municipios de Mojinete y San Antonio de Esmoruco y al sur oeste y sur con la Republica de Chile.

Descripción de los ecosistemas de bofedales en el municipio

En el municipio se ha identificado un solo piso ecológico denominado Altoandino Árido a Semiárido, con planicies y depresiones, afloraciones salinas, mesetas, pendientes aluviales y complejos volcánicos (con predominancia en el sector occidental y sur) con extensas áreas de desierto frío. En estas condiciones ecológicas la cobertura vegetal es muy pobre, los suelos presentan afloramientos salinos, rocosos o arenosos. El municipio cuenta aproximadamente con una superficie de bofedales de 5,416 ha. El municipio está ubicado entre los 4.100 a 6.000 m.s.n.m.

Condiciones climáticas

El clima del municipio se caracteriza por ser árido; es la zona que recibe la menor precipitación del país llegando a un promedio anual de 63 mm/año (otros reportes mencionan hasta 127 mm/año).

El clima característico de la región es frío y ventoso, con una insolación e irradiación muy amplia y poca humedad; los vientos son fuertes y constantes, con dirección predominante del Noroeste y una velocidad promedio de 9 nudos; existen frecuentes heladas durante el año.

Los datos meteorológicos son escasos, sin embargo, se reportan datos de temperatura máxima promedio de 12 °C, y mínima extrema promedio de -14,4°C, con una temperatura promedio anual que oscila entre los 6 °C a 10 °C. El período de invierno (mayo a agosto) es considerado seco; las lluvias se concentran mayormente durante el verano (diciembre a abril) y las temperaturas más bajas se registran durante los meses de mayo a julio.

La irregularidad de las lluvias y de las temperaturas de congelamiento son causantes de la pérdida de las escasas cosechas agrícolas y/o forrajeras; existe un balance hídrico deficitario durante 9 meses del año (abril a diciembre), presentándose un régimen hídrico de dos meses de deposición de agua que es enero y febrero, un mes de consumo de agua que es marzo. Los principales riesgos climáticos existentes en la región son: Vientos frecuentes y con velocidades elevadas (abril a agosto); Nevada, factor determinante en la disminución y transformación de los sistemas de producción y alimentación del hato ganadero (julio o agosto); Heladas, fenómenos que presentan descensos bruscos de temperatura que afectan y condicionan la producción agrícola y forrajera (tempranas: enero y marzo y tardías: agosto-septiembre) y finalmente las Sequías, que provocan la baja regeneración de la cobertura vegetal y de especies características de la región y que en los últimos años han sido muy frecuentes durante los meses de abril a noviembre.



Bofedal en época de invierno
Fotos: Rubén Guarayo



Bofedal en época de invierno
Fotos: Rubén Guarayo



Equipo técnico midiendo calidad de agua
Fotos: Rubén Guarayo

Topografía

El relieve del municipio de San Pablo de Lipez presenta planicies extensas sobre las cuales se destacan montañas empinadas con elevaciones de gran altitud, serranías con pendientes considerables y de planicies extensas con topografía menos accidentada. Las comunidades se encuentran en zonas de montañas altas que fluctúan desde los 3.500 hasta 6.008 m.s.n.m., donde las más representativas son los nevados Uturuncu, Soniquera y San Antonio de Lipez.

La topografía de las áreas donde se encuentran los bofedales se caracteriza por presentar un relieve plano en las declinaciones de las colinas, pero a su vez, está encerrada por serranías accidentada con pendiente moderada a fuerte (entre 15% a 65%), en muchos casos escarpadas que impiden la práctica agrícola y promueven elevados riesgos de erosión por la escorrentía de la capa de superficial de los suelos y el transporte de masas pedregosas hacia las superficies planas de gramadal y bofedal.

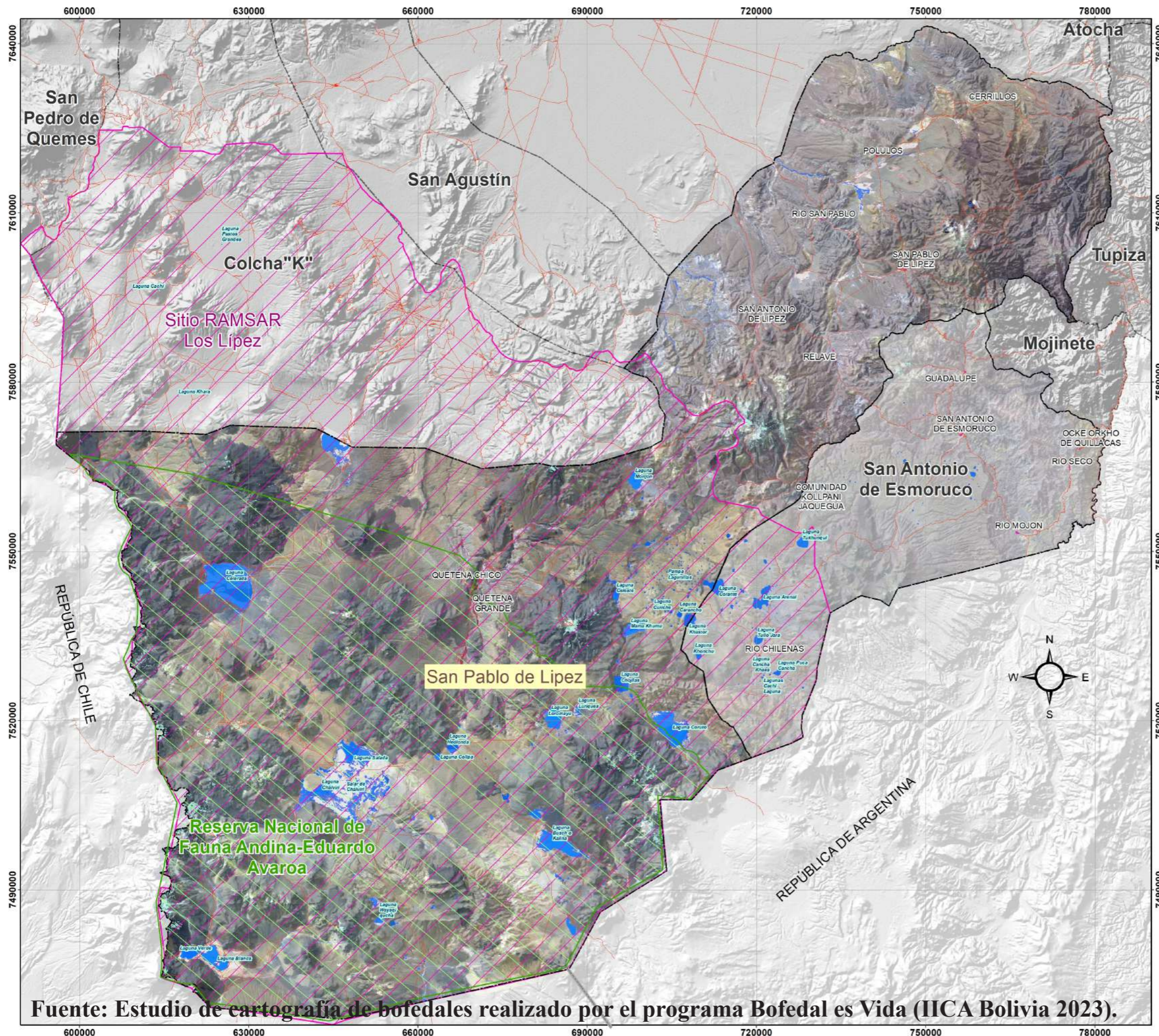
En los bofedales y gramadales del sector de las comunidades Quetena Grande y Quetena Chico, se tienen pendientes que van desde 0 hasta 5% en la parte de gramadales y de 0 a 2% al interior de los bofedales. Estas gradientes de pendiente son similares a las del resto de los bofedales del municipio, dado que presentan condiciones semejantes.

Las pendientes mencionadas son suficientes para hacer trabajos de redireccionamiento y recirculación de agua que permita el humedecimiento de los gramadales y los espacios degradados por falta de humedad y/o por presencia de hielo en el interior del suelo. Una práctica de riego pesado puede coadyuvar al derretimiento de los bloques congelados internos.



Bofedal
Fotos: Rubén Guarayo

Ubicación del municipio San Pablo de Lipez



- Referencias**
- Red vial
 - Centro Poblado
 - Área Protegida Nacional
 - Límite municipal
 - Sitios Ramsar
- Categoría de cuerpos de agua**
- Lagunas y cursos de río
 - Nevado

PROYECCIÓN
 Proyección Universal Transversa de Mecator CUTM
 Sistema de Referencia Mundial: 1984
 Datum: WGS (World Geodetic System)
 Zona 19 Sur

ESCALA 1:600.000

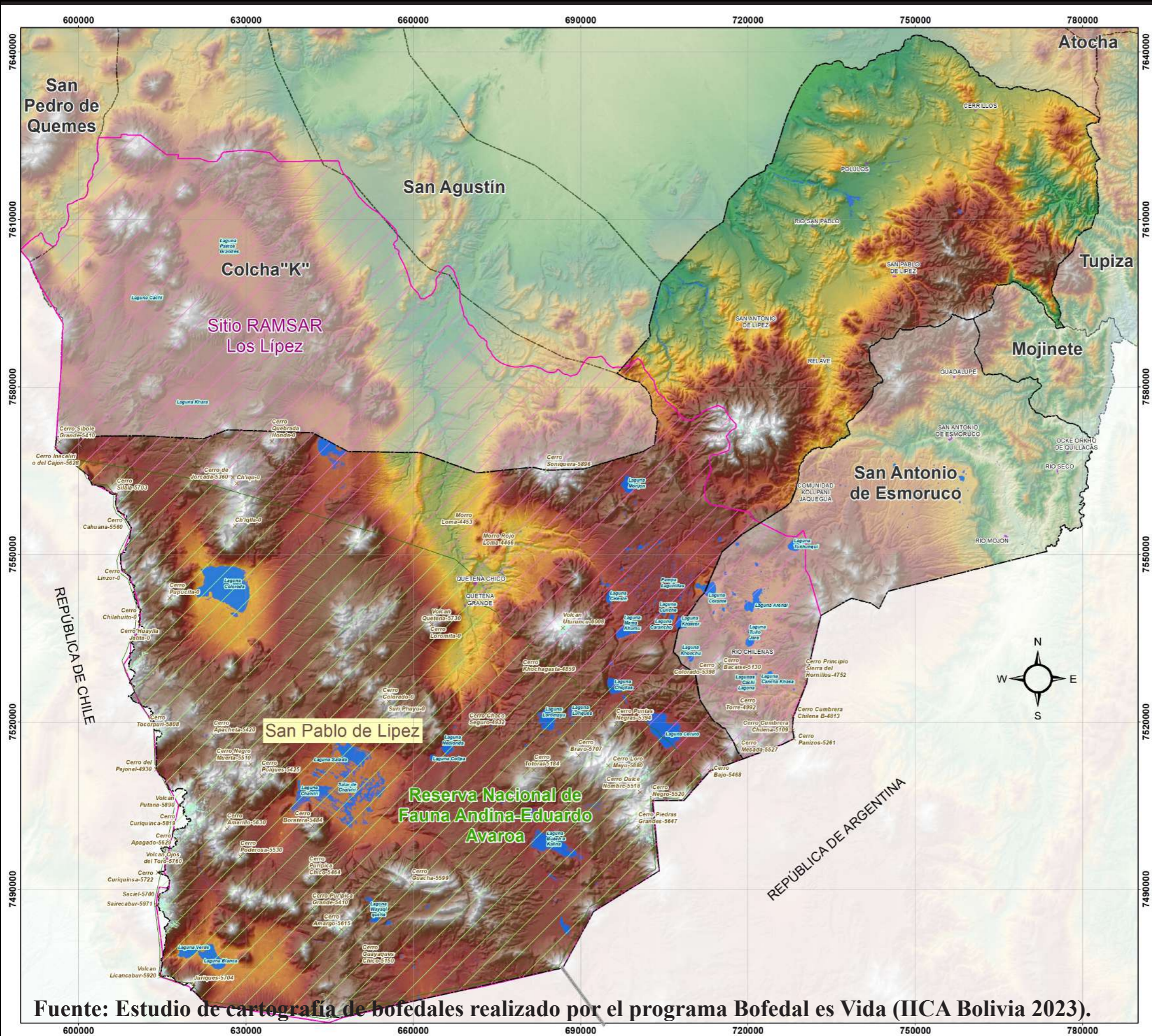
0 10 20 40 Km

FUENTE DE INFORMACIÓN

Límite de unidades territoriales autónomas ETA's; Viceministerio de Autonomías (VA), 2018.
 Centros poblados: Instituto Nacional de Estadística INE, 2012.
 Sitios RAMSAR: Info-SPIE, 2018.
 Red vial: Open Street Map, 2018.
 Áreas Protegidas Nacionales: Servicio Nacional de Áreas Protegidas SERNAP, 2018.
 Cuerpos de Agua: Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.
 Bofedales (Humedales de altura): Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.

Fuente: Estudio de cartografía de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).





Modelo de elevación digital San pablo de Lipez



Referencias

- Centro Poblado
- Límite municipal
- Área Protegida Nacional
- Sitios Ramsar

Metros sobre el nivel del mar

- 5981
- 2489

PROYECCIÓN

Proyección Universal Transversa de Mecator CUTM
Sistema de Referencia Mundial: 1984
Datum: WGS (World Geodetic System)
Zona 19 Sier

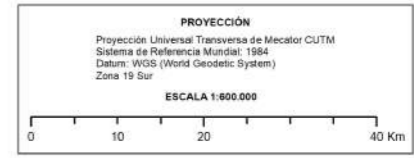
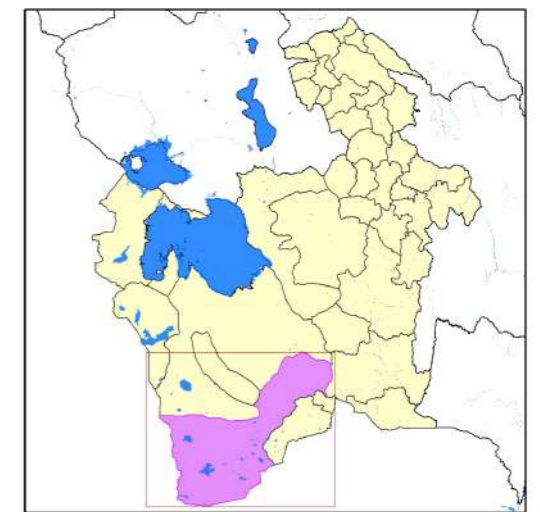
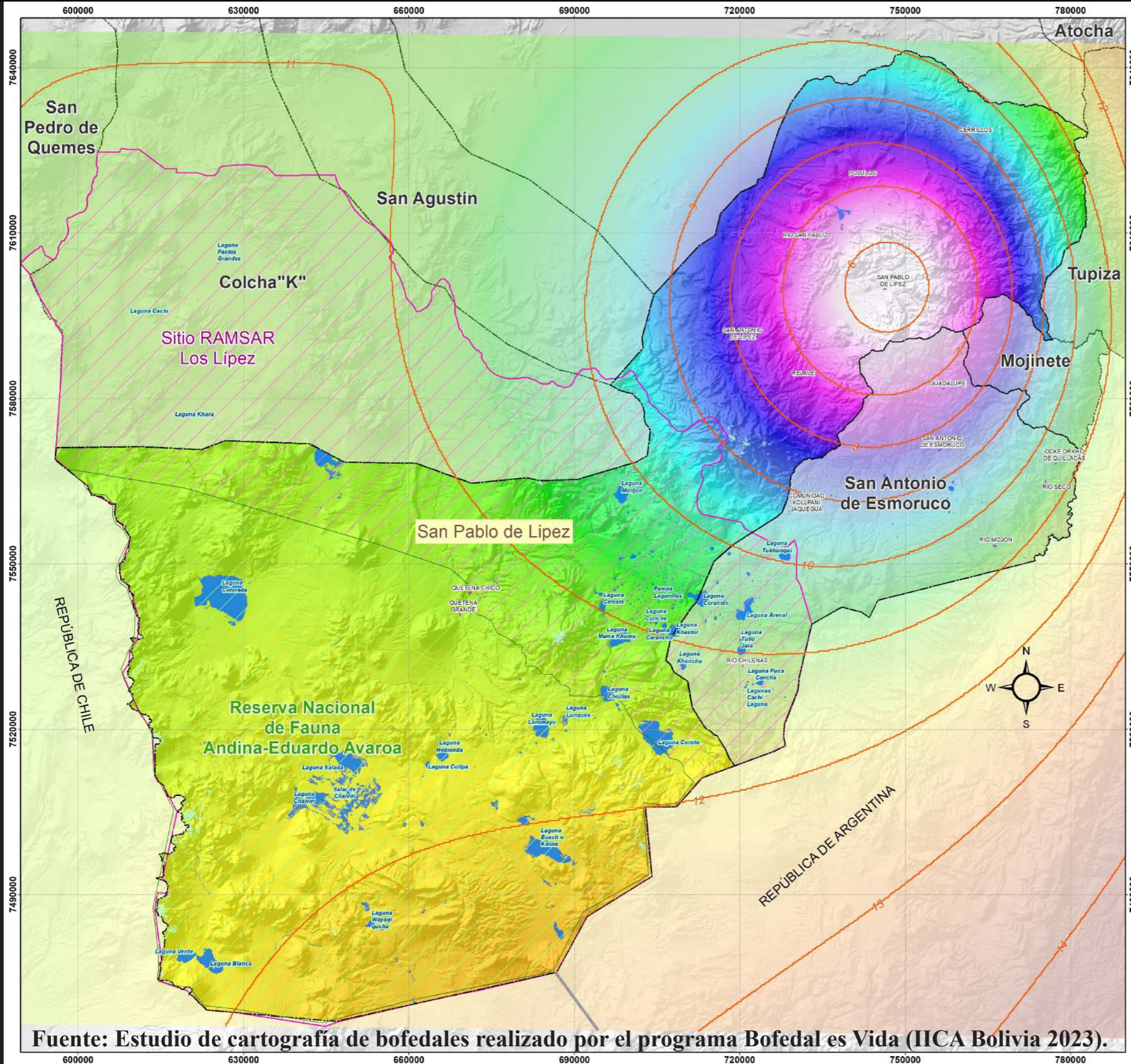
ESCALA 1:600.000

FUENTE DE INFORMACIÓN

Límite de unidades territoriales autonomas ETA's, Viceministerio de Autonomias (VA), 2018.
Centros poblados: Instituto Nacional de Estadística INE, 2012.
Sitios RAMSAR: Info-SPIE, 2018.
Red vial: Open Street Map, 2018.
Áreas Protegidas Nacional, Servicio Nacional de Áreas Protegidas SERNAP, 2018.
Cuerpos de Agua: Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.
Bofedales (Puntos de altura): Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.

Fuente: Estudio de cartografía de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).

Temperaturas medias normal 1982 - 2010 San Pablo de Lipez



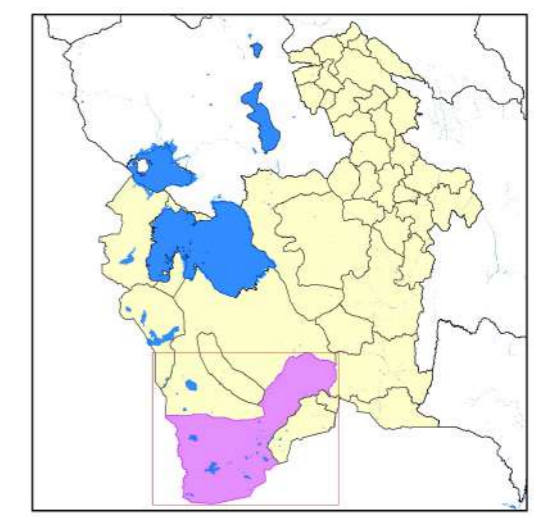
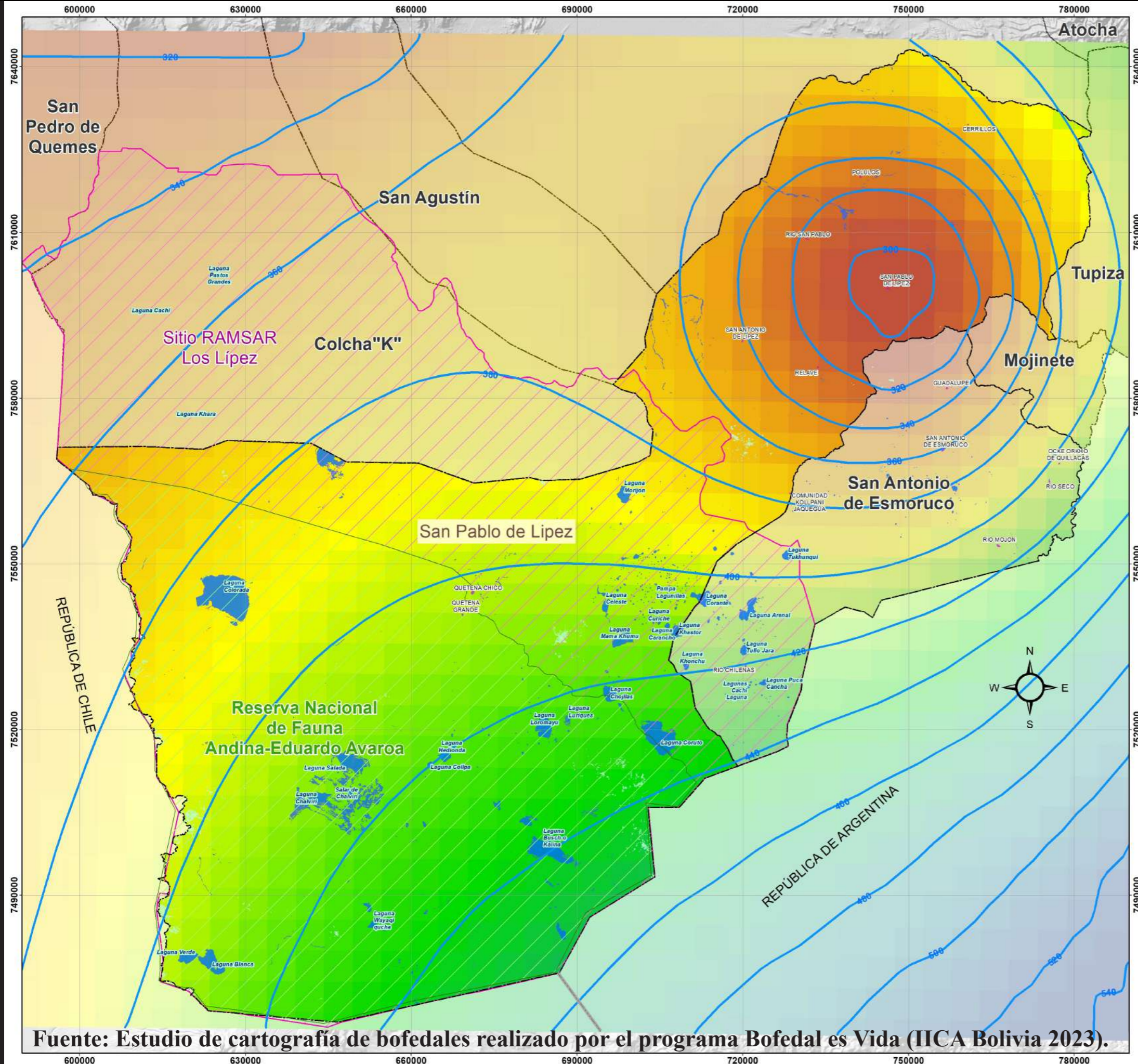
FUENTE DE INFORMACIÓN

Límite de unidades territoriales autónomas ETA's: Viceministerio de Autonomías (VA), 2018.
Centros poblados: Instituto Nacional de Estadística INE, 2012.
Sitios RAMSAR: Info-SPIE, 2018.
Red vial: Open Street Map, 2018.
Áreas Protegidas Nacionales: Servicio Nacional de Áreas Protegidas SERNAP, 2018.
Cuerpos de Agua: Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.
Bofedales (humedales de altura): Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.

Fuente: Estudio de cartografía de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).



Precipitaciones acumuladas normal 1981 - 2010 San Pablo de Lipez

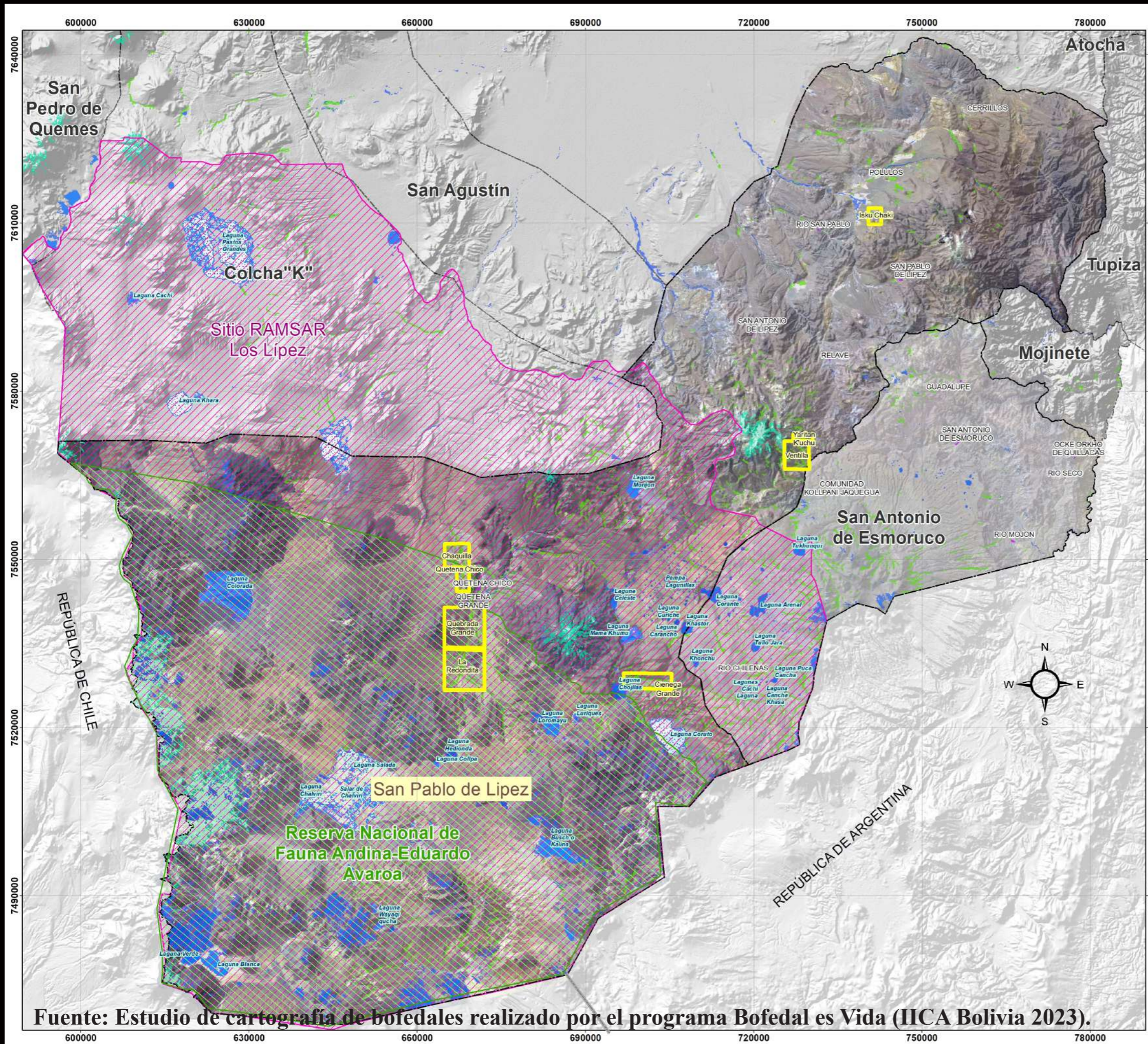


FUENTE DE INFORMACIÓN

Limite de unidades territoriales autonomas ETA's, Viceministerio de Autonomias (VA), 2018.
Centros poblados: Instituto Nacional de Estadística INE, 2012.
Sitios RAMSAR: Info-SPIE, 2018.
Red vial: Open Street Map, 2018.
Áreas Protegidas Nacionales, Servicio Nacional de Áreas Protegidas SERNAP, 2018.
Cuerpos de Agua: Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.
Bofedales (Humedales de altura): Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.

Fuente: Estudio de cartografía de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).





Bofedales y áreas de monitoreo del municipio San Pablo de Lipez



Referencias	
	Área Monitoreo Ramsar Sur
	Centro Poblado
	Área Protegida Nacional
	Limite municipal
	Sitios Ramsar
	Bofedales
Categoría de cuerpos de agua	
	Lago, laguna y curso de agua
	Nevado
	Salar

PROYECCIÓN
 Proyección Universal Transversa de Mercator CUTM
 Sistema de Referencia Mundial: 1984
 Datum: WGS (World Geodetic System)
 Zona: 19 Sur

ESCALA 1:600.000

FUENTE DE INFORMACIÓN

Limite de unidades territoriales autonomas ETA's: Viceministerio de Autonomías (VA), 2018.
 Centros poblados: Instituto Nacional de Estadística INE, 2012.
 Sitios RAMSAR: Info-SPIE, 2016.
 Red vial: Open Street Map, 2018.
 Áreas Protegidas Nacionales: Servicio Nacional de Áreas Protegidas SERNAP, 2019.
 Cuerpos de Agua: Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.
 Bofedales (Humedales de altura): Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.

Fuente: Estudio de cartografía de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).





Equipo técnico aplicando práctica de suelo
Fotos: Rubén Guarayo

Bofedales monitoreados del municipio San Pablo de López



Fotos: IICA Bolivia

Según la descripción fisiográfica del municipio, se pueden distinguir tres sub-pisos ecológicos diferentes que lo componen: (i) Piso Nival: con altitudes superiores a los 5.000 m.s.n.m, territorios con nieves perpetuas, con alta erosión de los suelos y no existe vegetación ni condiciones para la cría de animales. (ii) Piso Altoandino árido a semiárido: con depresiones y llanuras aluviales, suelos altamente salinos, presentan una cobertura vegetal dispersa de pajonales bajos de Iru ichu, tholas y gramíneas bajas, yaretas y especies halófilas tolerantes a la salinidad. Este tipo de piso andino está localizado en un ambiente montañoso con una altura entre los 4.000 a 5.000 m.s.n.m, rodeado de serranías, llanuras y pendientes de los conos volcánicos, presentan una escasa cobertura vegetal. (iii) Puna desértica: con pisos nivales y sub nivales de la cordillera occidental donde la cobertura vegetal es escasa formada principalmente por pajonales, yareta, bofedales y arenales. De la descripción anterior se infiere que los bofedales y gramadales existentes en el municipio se encuentran en los pisos ecológicos denominados “Altoandino árido y semiárido” y en el de “Puna desértica”. En muchos de los casos, los bofedales son pequeñas áreas de descanso aluvial que se desarrollan al pie de las montañas y en otras, son depresiones o planicies de grandes dimensiones.

Sistemas de producción

Las tierras del municipio no son aptas para la agricultura, se reportan poco más de 500 ha destinadas a esta actividad, de las cuales, en promedio, se cultivan 100 ha/año con especies anuales como quinua, papa, cebada grano, haba y avena. No existe producción forrajera, salvo algunas experiencias realizadas en el pasado, que no prosperaron por haberse introducido especies no adaptadas a las condiciones de clima. Por lo tanto, la mayor superficie del municipio está cubierta por praderas nativas destinadas al pastoreo de llamas, ovinos, asnos, vicuñas y caprinos (en menor proporción). Se conoce que en el municipio se alberga la mayor calidad genética de llamas (tipo thampulli) en el país, con una población estimada de 42.500 cabezas, seguida de una población de poco más de 11.500 cabezas de ganado ovino. Algunas comunidades del municipio se han creado alrededor de espacios geográficos que se

caracterizan por la presencia de yacimientos mineralógicos de Bórax, Cobre, Antimonio, Azufre, Plomo, Cobre tal es el caso de las comunidades de San Antonio y San Pablo de Lípez. Por otro lado, la actividad turística es altamente significativa en la región por pertenecer la Reserva Nacional de Fauna Andina Eduardo Avaroa, en cuyo interior alberga a las comunidades de Quetena Grande, Quetena Chico, Laguna Colorada, entre otras.

Los bofedales del municipio corresponden a tierras destinadas a la producción pecuaria, con pastoreo intensivo durante la época seca del año (desde mayo hasta noviembre). La actividad ganadera es la fuente de ingresos familiares proviene de la cría de ganado camélido y ovino que les permite obtener productos como carne, cuero y fibra los cuales son comercializados localmente o en poblaciones cercanas a Uyuni.

Durante la época húmeda (diciembre a abril), los productores llevan su ganado a estancias ubicadas en las alturas donde aprovechan del pastoreo de especies de pradera seca constituidas por asociaciones de gramíneas de porte bajo, diferentes tipos de pajas y tholares. De cualquier modo, el tiempo de permanencia de los animales en el bofedal es el suficiente para provocar un desgaste y degeneración natural de su vegetación. Se estima una superficie aproximada de 5.416 ha de bofedales en el municipio, en su mayoría constituidos por 80% de cobertura vegetal y 20% de cuerpos de agua.

Manejo actual de los bofedales del municipio

Los bofedales, en su mayoría, cuentan con secciones definidas y diferenciadas en cuanto al estado de la vegetación. Hay bofedales donde se ha promovido y mantenido el crecimiento masivo de la especie Chillawa; hay otros (predominantes en el municipio) con vegetación típica de bofedal constituidos por especies en cojín y acumulaciones de agua interna.

En varios casos se observa un completo deterioro de la vegetación superficial debido a las heladas tardías de agosto y septiembre, al sobrepastoreo, pero lo más relevante, es que las capas internas de turba en los horizontes superiores del suelo se encuentran aún congeladas en los meses de agosto a noviembre, con presencia de bloques de hielo

adheridos a las raíces, a las estructuras de suelo y turba, impidiendo el desarrollo radicular e inhibiendo el crecimiento y la vida de las especies vegetales. El aspecto de esta forma de degradación es visible a simple vista como si se hubiese pasado un arado para hacer la remoción de los tepes. Dadas las características anteriores, los planes de MCI para los bofedales del municipio deben concentrarse en aquellos que presentan áreas con mayor degradación donde se podrá realizar un conjunto de acciones que se constituyan en el patrón a ser aplicado en los bofedales de las mismas características, muy comunes en la región de Los Lípez.

Existen cauces centrales de agua con apariencia de arroyo, que tienen derivaciones irregulares por toda la superficie del bofedal; en las secciones centrales se mantiene una cobertura vegetal típica con especies de cojín, con niveles medios de saturación de humedad del suelo y en otras secciones, donde no llega el flujo constante de agua, se notan cambios de coloración en la vegetación debido a la falta de humedad, considerado como causa de sequía o escasez de agua. Existen áreas de acumulación y encharcamiento de agua que pueden ser aprovechadas para irrigar las partes más necesitadas de humedad. Se debe redistribuir la circulación del agua.

Los bofedales se encuentran encajonado entre serranías de baja altura con pendientes suaves a fuerte, con escaso desarrollo de otro tipo de praderas o vegetación. En cualquier caso, la vegetación predominante en las laderas es del tipo tholar-pajonal donde predominan los suelos pedregosos, poco profundos o superficiales, muy propensos a erosión hídrica debido a la extracción de plantas para leña y construcción.

Vegetación

El ecosistema cuenta con una vegetación diversa como bofedales, gramadales, tholares y pajonales, con praderas extensas para el pastoreo. Pese a las condiciones que presenta la región, existe mucha diversidad y cantidad de especies vegetales que se han adaptado a las condiciones severas de salinidad, falta de agua dulce, temperaturas bajas y escasez de nutrientes.

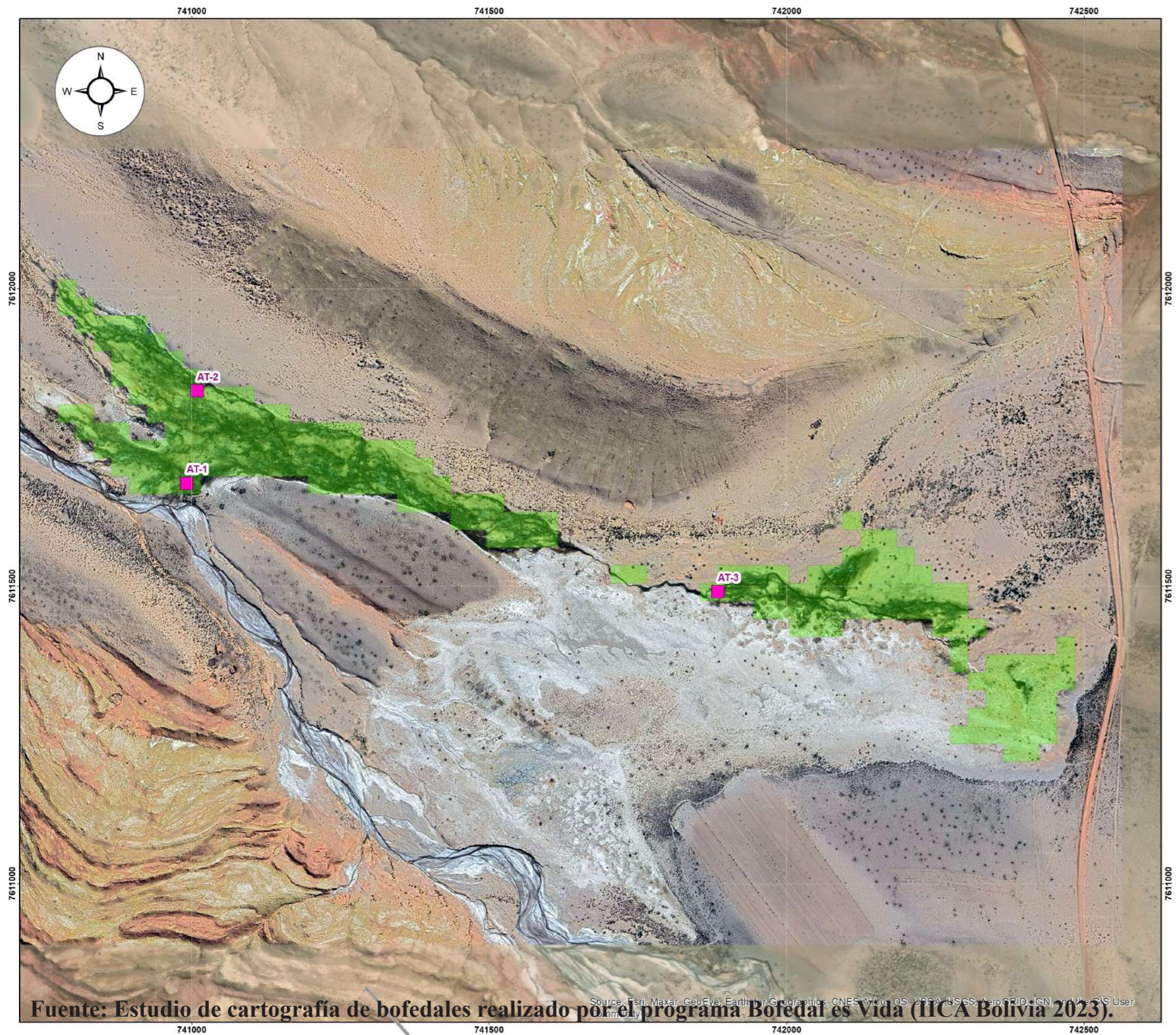
Está caracterizada por la presencia de pastizales de gramíneas (paja brava) que en algunas llanuras y laderas forman semicírculos, por efecto de

los vientos y dirección de la escorrentía del agua de las laderas. En sitios de mayor humedad se pueden encontrar tholares y, en ciertas quebradas o afloramientos rocosos se encuentran cojines de yareta (*Azorella compacta*), especie que crece lentamente (1 a 3 mm/año) y que es utilizada “criminalmente” como leña o fuente energética de combustión para las actividades mineras y como calefacción para el uso de la población.

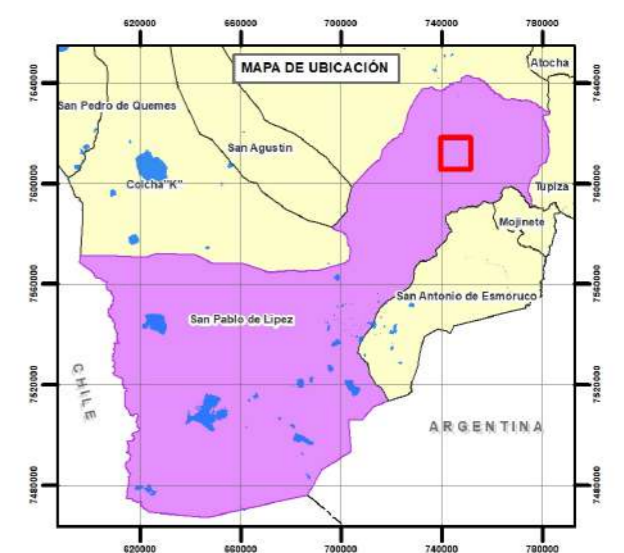
Los bofedales son extensos y mayormente protegidos entre serranías y montañas bajas. Esta condición hace que las especies puedan sentirse más protegidas que en campo abierto, pero al mismo tiempo, también son más susceptibles a la concentración y congelamiento prolongado de las aguas superficiales y subterráneas por estar en ambientes “abrigados” o microclimas que no dan opción a tener una amplitud térmica mayor durante el día. En las praderas secas, se encuentran extensas planicies de pajonales de ichu de bajo porte como *Stipa ichu*, *Festuca ortophylla* y *F. dolichophylla* más próximas a las riberas de los arroyos. En la zona hay una especie denominada Chillawa por los lugareños, que está muy bien adaptada, tanto a lugares de baja o elevada humedad (al interior del bofedal) y puede constituirse en la especie más importante para ser multiplicada de manera asexual y ser distribuida en lugares afectados por la erosión. Además, es una especie muy palatable para el ganado camélido.

Los gramadales están cubiertos por asociaciones de gramíneas de bajo porte como el garbancillo, cebadilla, chiji blanco, *Distichlis*, *Calamagrostis*, *Werneria*, *Mulenbergia*, entre otras. El mayor deterioro y degradación de la vegetación ha sido observado a nivel de los gramadales, por lo que los planes MCI pueden concentrar sus acciones piloto en estas áreas. Las dos causas fundamentales son la disminución de la humedad en el suelo (sequía) y el sobrepastoreo.

Los bofedales presentan especies de desarrollo en cojín como los géneros *Distichia*, *Oxychloe* y *Plantago*, que están asociadas a otras especies de tallo subterráneo y brotes herbáceos de sus nudos (géneros *Carex*, *Calamagrostis*, *Werneria*, *Hyp-sela*, *Poa* y otras). Hay áreas completamente degradadas (quemadas) por el frío, el hielo interno del suelo y la escarcha o hielo superficial durante los meses de invierno.



Bofedal Iscu Chaki. Próximo a la comunidad de San Pablo.



Referencias

- Transectos
- Bofedal Iscu Chaki

PROYECCIÓN

Proyección Universal Transversa de Mercator CUTM
Sistema de Referencia Mundial: 1984
Datum: WGS (World Geodetic System)
Zona 19 Sur

ESCALA 1:6.000



FUENTE DE INFORMACIÓN

Sitios RAMSAR: Info-SPIE, 2018.
Áreas Protegida Nacional; Servicio Nacional de Áreas Protegidas SERNAP, 2018.
Cuerpos de Agua: Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.
Bofedales (Humedales de altura): Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.

Diversidad florística del bofedal Iscu Chaki en época húmeda

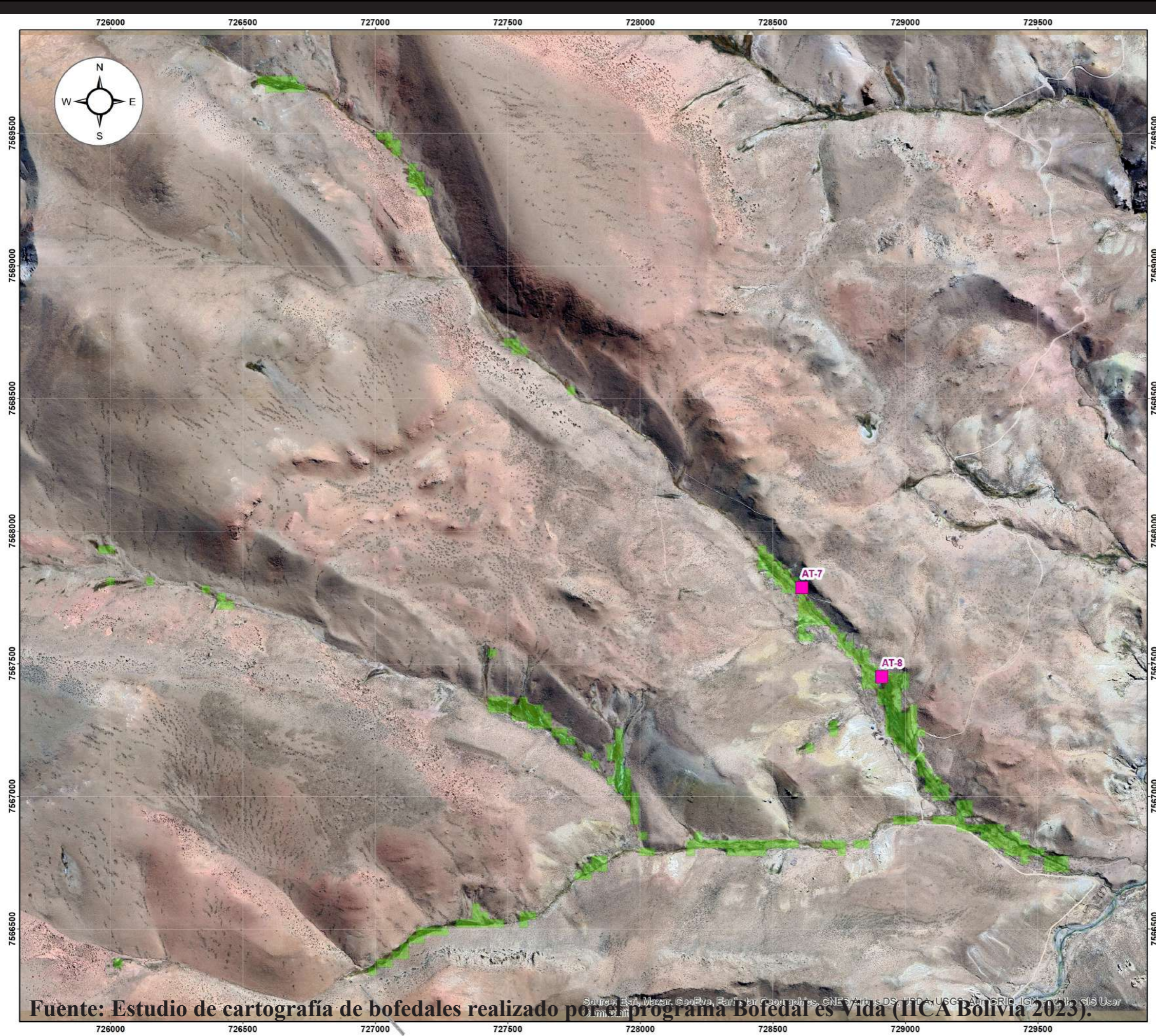
FAMILIA	ESPECIE	% FRECUENCIA ABSOLUTA
Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i>	9.00
	<i>Oxychloe andina</i>	3.43
	<i>Juncus stipulatus</i>	1.00
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	39.00
	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	3.14
	<i>Phylloscirpus boliviensis</i>	0.86
	<i>Zameioscirpus muticus</i>	0.86
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	11.43
Poaceae	<i>Deyeuxia rigescens</i>	0.14
Plantaginaceae	<i>Ourisia muscosa</i>	0.29
	<i>Plantago tubulosa</i>	9.57
Campanulaceae	<i>Lobelia oligophylla</i>	5.29
Algae	<i>Nostoc sp.</i>	0.29
	Cobertura no vegetal	15.71

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).

Diversidad florística del bofedal Iscu Chaki en época seca

FAMILIA	ESPECIE	% FRECUENCIA ABSOLUTA
Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i>	6.79
	<i>Oxychloe andina</i>	3.33
	<i>Juncus stipulatus</i>	0.60
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	2.50
	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	6.31
	<i>Phylloscirpus boliviensis</i>	2.62
	<i>Zameioscirpus muticus</i>	9.64
	<i>Carex sp.</i>	3.21
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	7.26
	<i>Werneria spathulata</i>	0.60
Poaceae	<i>Deyeuxia chrysantha</i>	0.36
	<i>Deyeuxia curvula</i>	0.60
	<i>Deyeuxia spicigera</i>	0.71
	<i>Deyeuxia vicunarum</i>	1.19
	<i>Puccinellia frigida</i>	10.24
	<i>Graminea sp</i>	0.60
Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i>	10.12
Campanulaceae	<i>Lobelia oligophylla</i>	0.48
Algae	<i>Nostoc sp</i>	0.60
	<i>Alga filamentosa.</i>	0.12
	Cobertura no vegetal	32.14

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).



Fuente: Estudio de cartografía de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).

Bofedal Ventilla. Próximo a la comunidad de Kollpani.

MAPA DE UBICACIÓN

Referencias

- Transectos
- Bofedal Ventilla

PROYECCIÓN

Proyección Universal Transversa de Mecator CUTM
 Sistema de Referencia Mundial: 1984
 Datum: WGS (World Geodetic System)
 Zona 19 Sur

ESCALA 1:13.300

FUENTE DE INFORMACIÓN

Sitios RAMSAR: Info-SPIE, 2018.
 Áreas Protegidas Nacionales: Servicio Nacional de Áreas Protegidas SERNAP, 2018.
 Cuerpos de Agua: Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.
 Bofedales (Humedales de altura): Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2; noviembre 2022.

Comunidad	Nombre Bofedal	Superficie (ha)
Kollpani	Ventilla	25
Coordenadas centroide		
Latitud	21° 58' 43.33" Sur	
Longitud	66° 47' 13.33" Oeste	

Diversidad florística del bofedal Ventilla en época húmeda

FAMILIA	ESPECIE	% FRECUENCIA ABSOLUTA
Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i>	0.89
	<i>Oxychloe andina</i>	1.43
	<i>Juncus stipulatus</i>	2.32
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	33.39
	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	23.93
	<i>Phylloscirpus boliviensis</i>	0.54
	<i>Zameioscirpus muticus</i>	0.54
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	14.64
Rosaceae	<i>Lachemilla pinnata</i>	0.54
Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i>	13.39
Campanulaceae	<i>Lobelia oligophylla</i>	2.68
Algae	<i>Nostoc sp.</i>	0.54
Bryophyta	<i>Musci</i>	0.18
	Cobertura no vegetal	5

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).

Diversidad florística del bofedal Ventilla en época seca

FAMILIA	ESPECIE	% FRECUENCIA ABSOLUTA
Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i>	0.54
	<i>Oxychloe andina</i>	1.25
	<i>Juncus stipulatus</i>	4.82
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	7.32
	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	22.50
	<i>Phylloscirpus boliviensis</i>	0.18
	<i>Zameioscirpus muticus</i>	15.89
	<i>Carex sp.</i>	1.07
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	5.71
Poaceae	<i>Puccinellia frigida</i>	13.93
	<i>Graminea sp.</i>	0.18
Rosaceae	<i>Lachemilla pinnata</i>	0.36
Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i>	11.79
	<i>Ourisia muscosa</i>	1.07
Algae	<i>Nostoc sp.</i>	1.79
	<i>Alga filamentosa</i>	0.71
Bryophyta	<i>Musci</i>	0.36
	Cobertura no vegetal	10.54

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).



Bofedal Yaritan Kuchu. Próximo a la comunidad de Kollpani.



Referencias

- Transectos
- Bofedal Yaritan Kuchu

PROYECCIÓN

Proyección Universal Transversa de Mecator CUTM
 Sistema de Referencia Mundial: 1984
 Datum: WGS (World Geodetic System)
 Zona 19 Sur

ESCALA 1:6.800

FUENTE DE INFORMACIÓN

Sitios RAMSAR: Info-SPIE, 2018.
 Áreas Protegida Nacional, Servicio Nacional de Áreas Protegidas SERNAP, 2018.
 Cuerpos de Agua: Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.
 Bofedales (Humedales de altura): Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.

Comunidad	Nombre Bofedal	Superficie (ha)
Kollpani	Yaretan K'uchu	17
Coordenadas centroide		
Latitud	21° 56' 40.65" Sur	
Longitud	66° 47' 09.01" Oeste	

Fuente: Estudio de cartografía de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).



Diversidad florística del bofedal Yaritan Kuchu en época húmeda

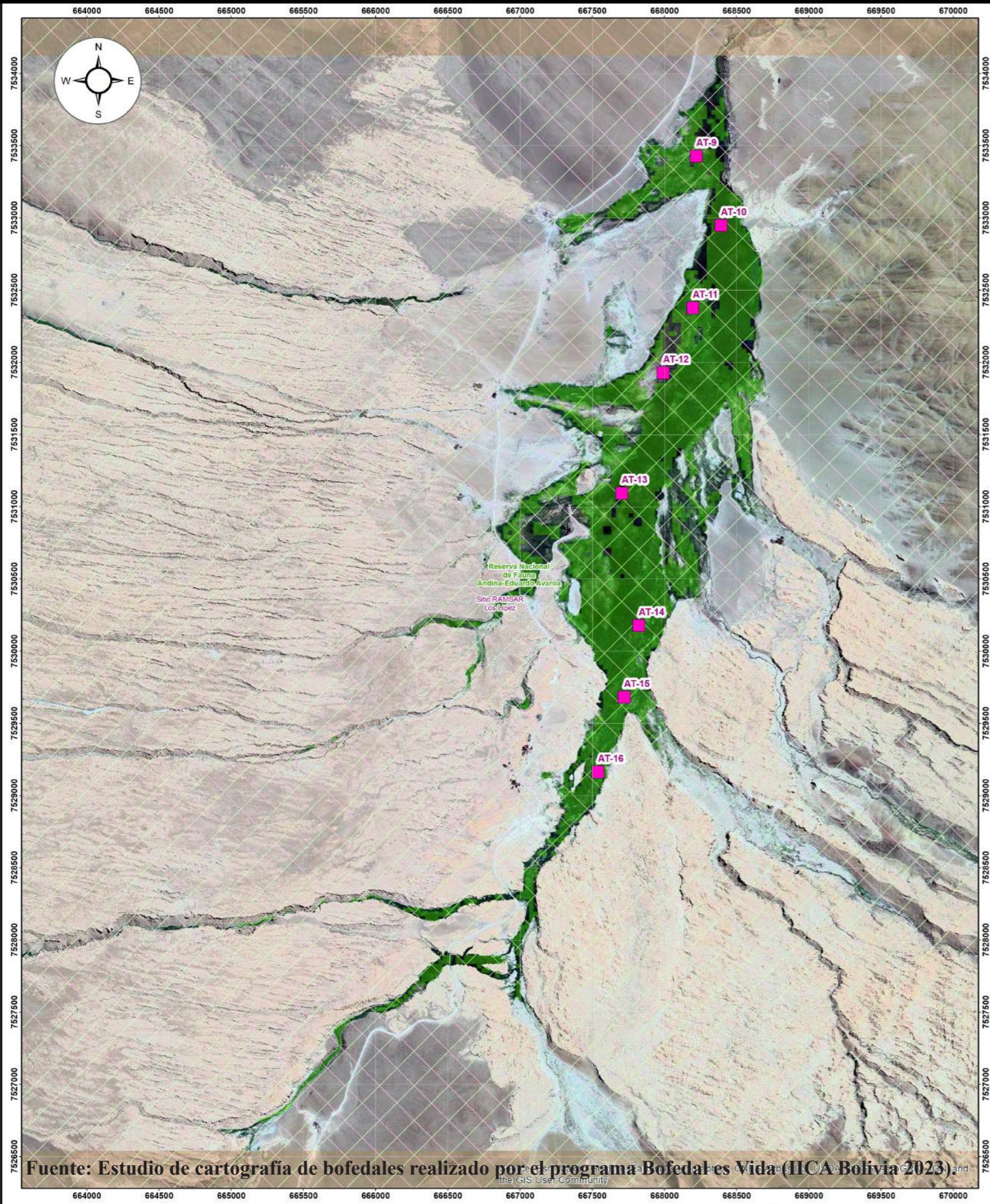
FAMILIA	ESPECIE	% FRECUENCIA ABSOLUTA
Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i>	15.58
	<i>Oxychloe andina</i>	1.82
	<i>Juncus stipulatus</i>	2.47
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	31.95
	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	7.53
	<i>Phylloscirpus boliviensis</i>	2.34
	<i>Zameioscirpus muticus</i>	0.78
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	7.01
	<i>Werneria heteroloba</i>	0.65
Poaceae	<i>Deyeuxia chrysantha</i>	2.73
	<i>Festuca dolichophylla</i>	0.52
Rosaceae	<i>Lachemilla pinnata</i>	0.13
Plantaginaceae	<i>Ourisia muscosa</i>	0.52
	<i>Plantago tubulosa</i>	5.71
Campanulaceae	<i>Lobelia oligophylla</i>	2.47
Ranunculaceae	<i>Ranunculus flagelliformis</i>	0.39
Algae	<i>Nostoc sp.</i>	1.30
Bryophyta	<i>Musci</i>	0.13
	Cobertura no vegetal	15.97

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).

Diversidad florística del bofedal Yaritan Kuchu en época seca

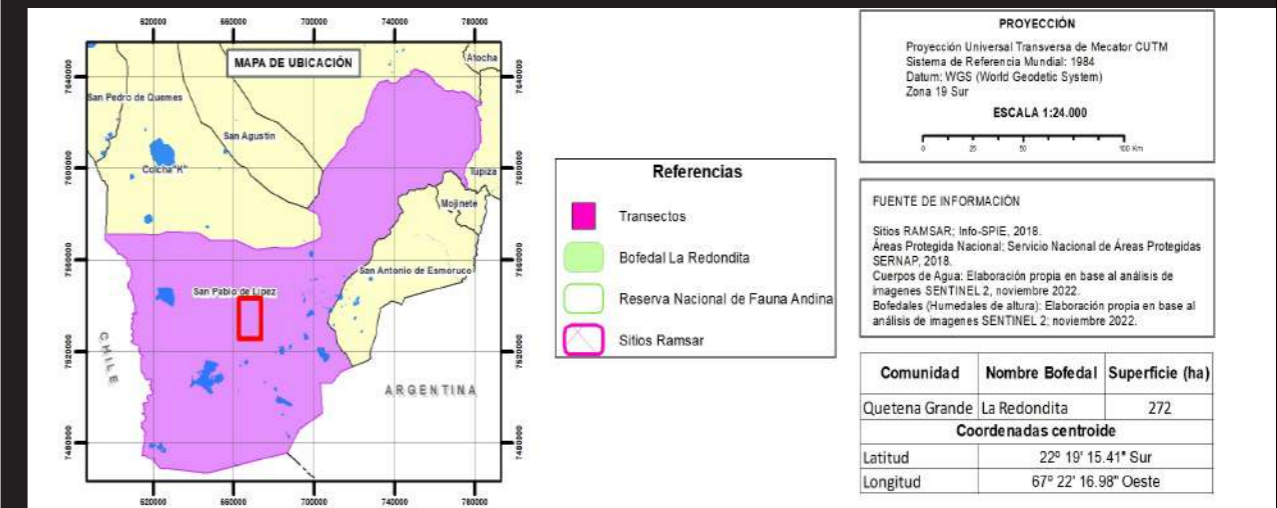
FAMILIA	ESPECIE	% FRECUENCIA ABSOLUTA
Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i>	14.68
	<i>Oxychloe andina</i>	1.69
	<i>Juncus stipulatus</i>	3.25
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	5.71
	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	12.08
	<i>Phylloscirpus boliviensis</i>	0.65
	<i>Zameioscirpus muticus</i>	17.01
	<i>Carex sp.</i>	4.42
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	4.29
	<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	0.26
Poaceae	<i>Deyeuxia chrysantha</i>	4.29
	<i>Deyeuxia curvula</i>	0.65
	<i>Festuca dolichophylla</i>	1.30
	<i>Puccinellia frigida</i>	8.83
	<i>Graminea sp.</i>	0.13
Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i>	5.45
Algae	<i>Nostoc sp.</i>	2.08
	<i>Alga filamentosa</i>	0.39
Bryophyta	<i>Musci</i>	0.13
	Cobertura no vegetal	12.73

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).



Fuente: Estudio de cartografía de bofedales realizado por el programa Bofedales Vida (IICA Bolivia 2023)

Bofedal La Redondita. Próximo a la comunidad de Quetena Grande.



Diversidad florística del bofedal La Redondita en época húmeda

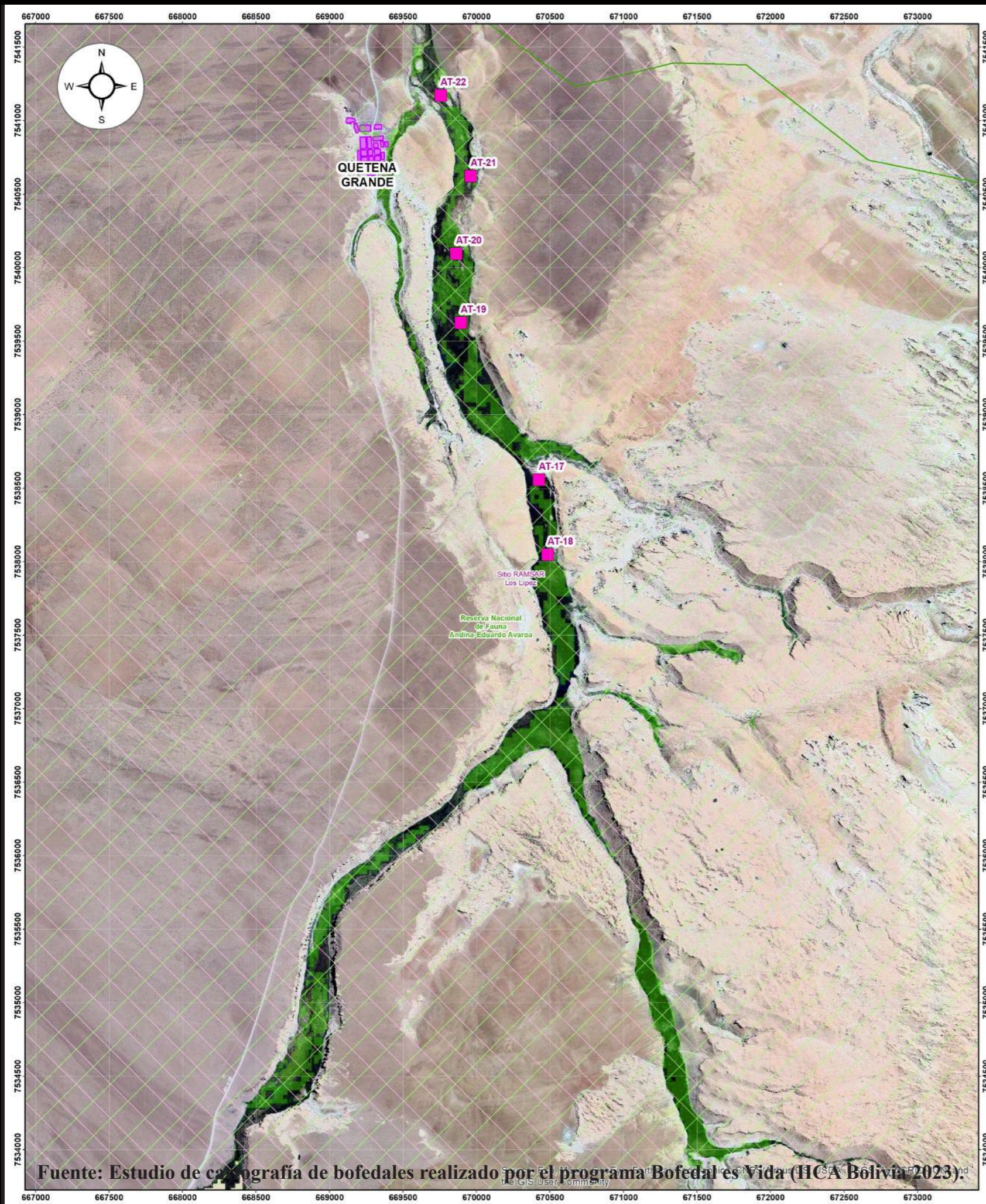
FAMILIA	ESPECIE	% FRECUENCIA ABSOLUTA
Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i>	0.37
	<i>Oxychloe andina</i>	29.73
	<i>Juncus stipulatus</i>	15.21
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	6.85
	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	1.46
	<i>Phylloscirpus boliviensis</i>	0.27
	<i>Zameioscirpus muticus</i>	7.44
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	5.16
	<i>Cotula mexicana</i>	0.37
Apiaceae	<i>Lilaeopsis macloviana</i>	2.97
Gentianaceae	<i>Gentiana sedifolia</i>	0.41
Poaceae	<i>Deyeuxia chrysantha</i>	3.61
	<i>Festuca dolichophylla</i>	1.69
	<i>Deyeuxia curvula</i>	1.28
Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i>	1.55
Campanulaceae	<i>Lobelia oligophylla</i>	2.47
Ranunculaceae	<i>Ranunculus flagelliformis</i>	1.28
Algae	<i>Nostoc sp.</i>	1.14
	<i>Alga filamentosa</i>	0.23
	Cobertura no vegetal	16.53

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).

Diversidad florística del bofedal La Redondita en época seca

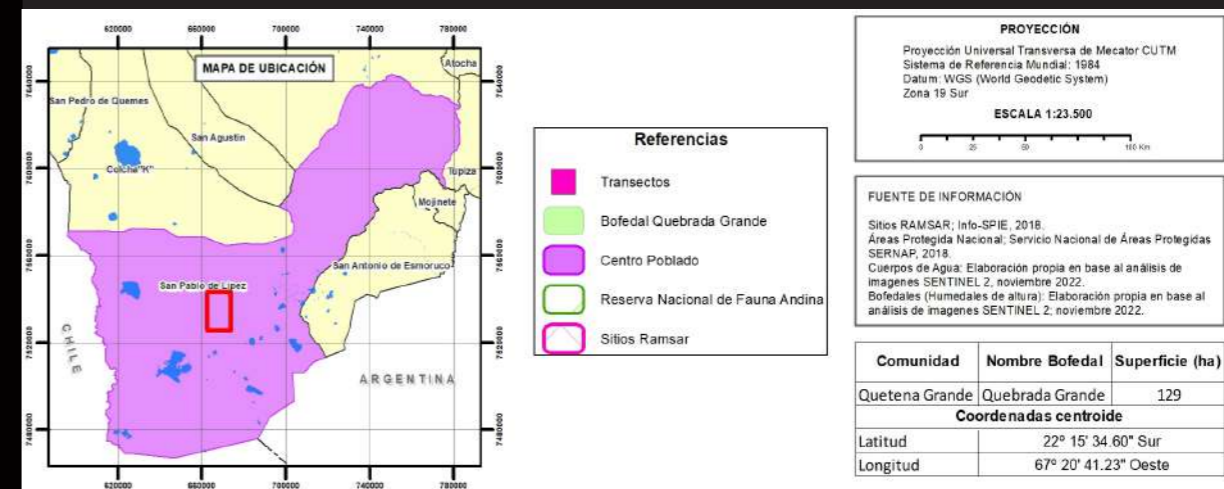
FAMILIA	ESPECIE	% FRECUENCIA ABSOLUTA
Juncaceae	<i>Oxychloe andina</i>	42.05
	<i>Juncus stipulatus</i>	1.07
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	0.54
	<i>Eleocharis tucumanensis</i>	2.41
	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	1.12
	<i>Uncinia macrolepis</i>	0.54
	<i>Zameioscirpus muticus</i>	9.02
	<i>Carex sp.</i>	3.13
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	1.21
	<i>Werneria spathulata</i>	0.98
	<i>Werneria heteroloba</i>	0.18
	<i>Werneria apiculata</i>	0.04
	<i>Oritrophium limnophilum</i>	0.04
Apiaceae	<i>Lilaeopsis macloviana</i>	2.23
Poaceae	<i>Deyeuxia chrysantha</i>	1.65
	<i>Deyeuxia rigescens</i>	1.65
	<i>Deyeuxia spicigera</i>	1.29
	<i>Deyeuxia vicunarum</i>	0.04
	<i>Puccinellia frigida</i>	4.02
	<i>Festuca dolichophylla</i>	2.81
	<i>Graminea sp</i>	0.27
Gentianaceae	<i>Gentiana sedifolia</i>	0.31
Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i>	2.23
Campanulaceae	<i>Lobelia oligophylla</i>	1.47
Ranunculaceae	<i>Ranunculus flagelliformis</i>	1.29
Algae	<i>Alga filamentosa</i>	0.80
	<i>Nostoc sp.</i>	0.85
Potamogetonaceae	<i>Stuckenia pectinata</i>	0.13
Bryophyta	<i>Musci</i>	0.04
	Cobertura no vegetal	16.56

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).



Fuente: Estudio de cartografía de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (HICA Bolivia 2023).

Bofedal Quebrada Grande. Próximo a la comunidad de Quetena Grande.



Diversidad florística del bofedal Quebrada Grande en época húmeda

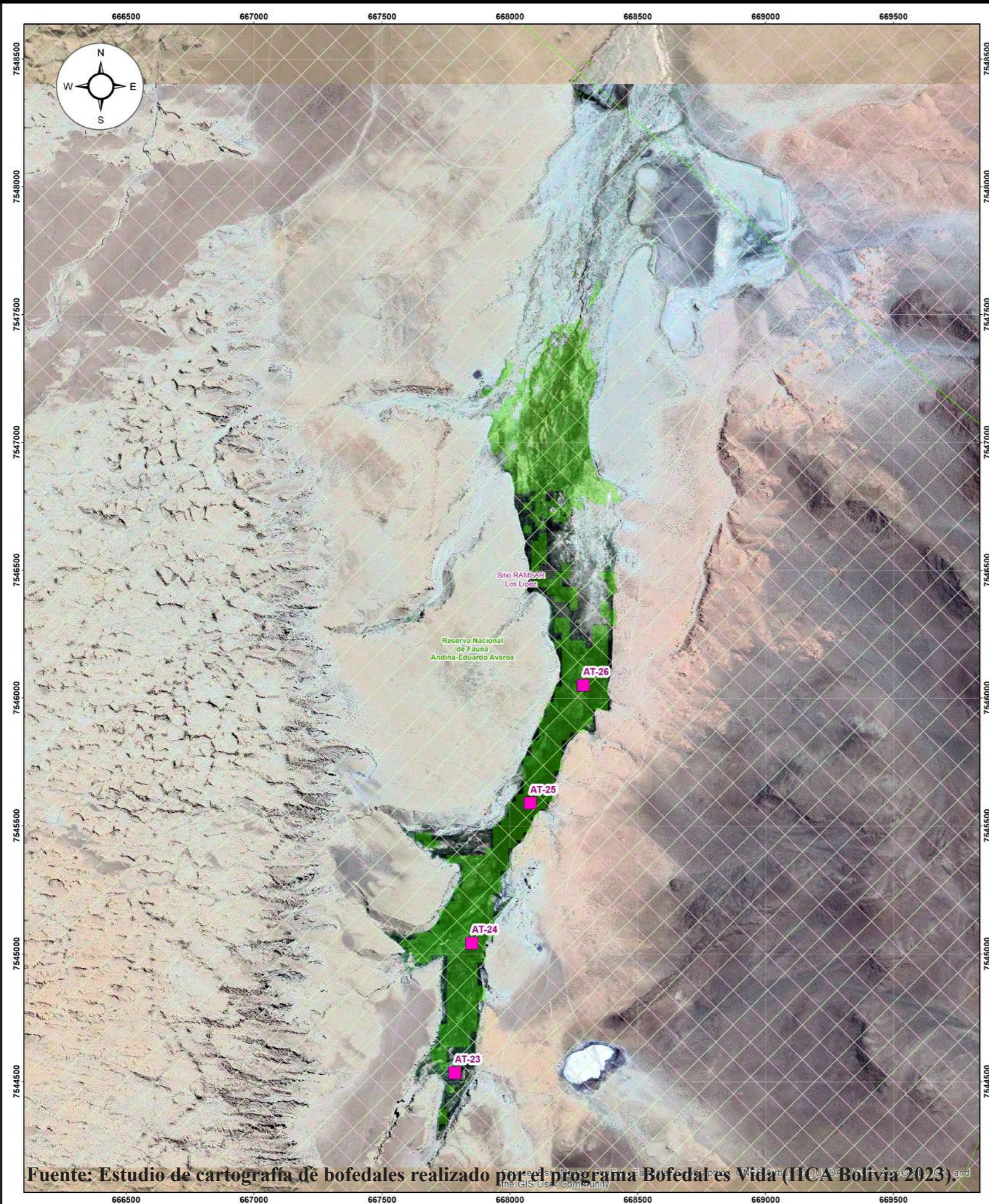
FAMILIA	ESPECIE	% FRECUENCIA ABSOLUTA
Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i>	0.71
	<i>Oxychloe andina</i>	21.79
	<i>Juncus stipulatus</i>	16.58
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	3.27
	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	7.30
	<i>Phylloscirpus boliviensis</i>	0.05
	<i>Zameioscirpus muticus</i>	6.43
	<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0.05
	<i>Carex sp.</i>	11.68
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	6.73
	<i>Werneria apiculata</i>	0.05
Apiaceae	<i>Lilaeopsis macloviana</i>	1.12
Gentianaceae	<i>Gentiana sedifolia</i>	0.26
Poaceae	<i>Deyeuxia rigescens</i>	1.43
	<i>Festuca dolichophylla</i>	0.56
	<i>Deyeuxia heterophylla</i>	3.37
Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i>	0.77
	<i>Ourisia muscosa</i>	0.36
Campanulaceae	<i>Lobelia oligophylla</i>	1.07
Ranunculaceae	<i>Ranunculus flagelliformis</i>	1.17
	<i>Ranunculus uniflorus</i>	0.15
Algae	<i>Nostoc sp.</i>	0.15
	NO BIOTICO	14.95

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).

Diversidad florística del bofedal Quebrada Grande en época seca

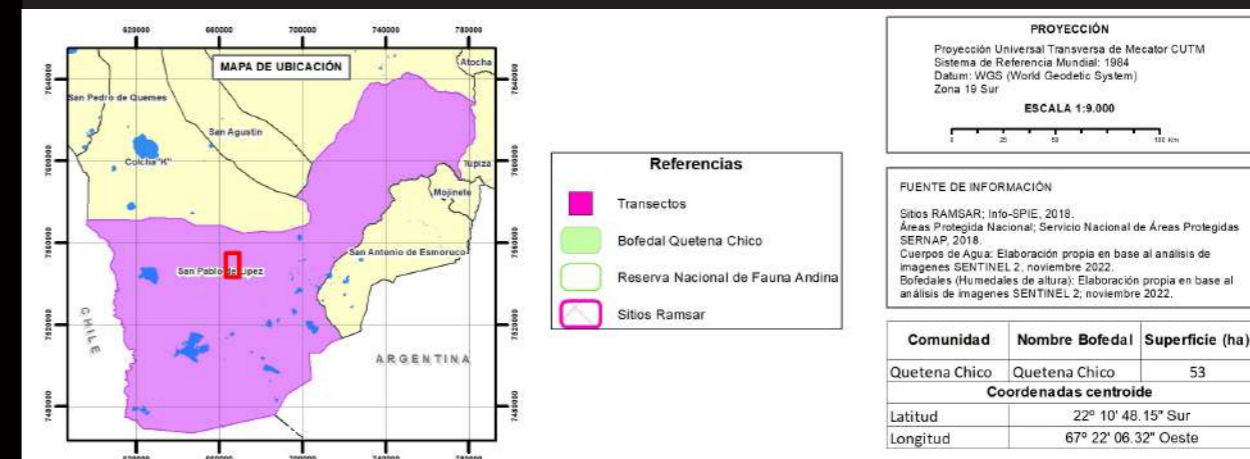
FAMILIA	ESPECIE	% FRECUENCIA ABSOLUTA
Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i>	0.36
	<i>Oxychloe andina</i>	20.36
	<i>Juncus stipulatus</i>	3.93
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	4.34
	<i>Eleocharis tucumanensis</i>	2.55
	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	3.27
	<i>Phylloscirpus boliviensis</i>	0.10
	<i>Uncinia macrolepis</i>	8.37
	<i>Zameioscirpus muticus</i>	11.84
	<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0.61
	<i>Carex sp.</i>	7.24
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	3.01
	<i>Werneria spathulata</i>	0.20
	<i>Werneria apiculata</i>	0.15
	<i>Baccharis alpina/acaule</i>	0.10
Apiaceae	<i>Lilaeopsis macloviana</i>	0.61
Poaceae	<i>Deyeuxia chrysantha</i>	0.36
	<i>Deyeuxia rigescens</i>	0.51
	<i>Deyeuxia spicigera</i>	0.71
	<i>Deyeuxia vicunarum</i>	0.71
	<i>Deyeuxia eminens</i>	1.94
	<i>Puccinellia frigida</i>	0.61
	<i>Festuca dolichophylla</i>	0.66
	<i>Graminea sp</i>	0.56
	Gentianaceae	<i>Halenia caespitosa</i>
Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i>	1.02
Campanulaceae	<i>Lobelia oligophylla</i>	1.99
Algae	<i>Alga filamentosa</i>	0.41
	<i>Nostoc sp.</i>	0.10
Bryophyta	<i>Musci</i>	0.05
	Cobertura no vegetal	23.21

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).



Fuente: Estudio de cartografía de bofedales realizado por el programa Bofedales Vida (IICA Bolivia 2023).

Bofedal Quetena Chico. Próximo a la comunidad de Quetena Chico.



Diversidad florística del bofedal Quetena Chico en época húmeda

FAMILIA	ESPECIE	% FRECUENCIA ABSOLUTA
Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i>	0.09
	<i>Oxychloe andina</i>	28.04
	<i>Juncus stipulatus</i>	25.18
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	4.91
	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	1.16
	<i>Zameioscirpus muticus</i>	4.64
	<i>Carex sp.</i>	5.36
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	10.63
	<i>Werneria heteroloba</i>	0.27
	<i>Cotula mexicana</i>	0.09
	<i>Hypochaeris meyeniana</i>	0.18
Apiaceae	<i>Lilaeopsis macloviana</i>	1.16
Gentianaceae	<i>Gentiana sedifolia</i>	0.18
Poaceae	<i>Deyeuxia heterophylla</i>	0.80
	<i>Festuca dolichophylla</i>	0.09
Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i>	4.11
Campanulaceae	<i>Lobelia oligophylla</i>	0.98
Ranunculaceae	<i>Ranunculus flagelliformis</i>	0.45
Algae	<i>Nostoc sp.</i>	0.98
	<i>Alga Filamentosa</i>	0.27
	Cobertura no vegetal	10.45

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).

Diversidad florística del bofedal Quetena Chico en época seca

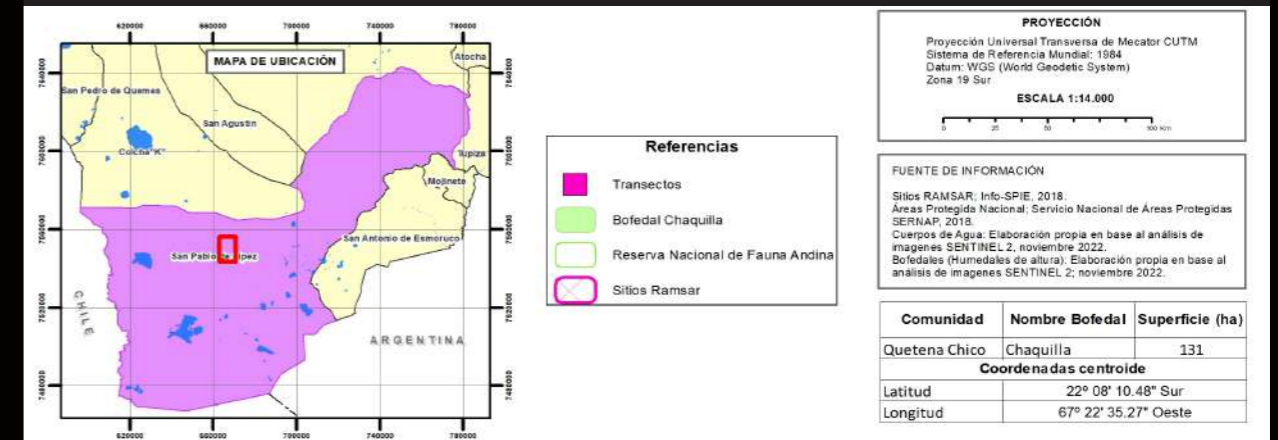
FAMILIA	ESPECIE	% FRECUENCIA ABSOLUTA
Juncaceae	<i>Oxychloe andina</i>	22.77
	<i>Juncus stipulatus</i>	2.23
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	5.27
	<i>Eleocharis tucumanensis</i>	4.46
	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	1.61
	<i>Zameioscirpus muticus</i>	15.36
	<i>Uncinia macrolepis</i>	3.57
	<i>Carex sp.</i>	3.66
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	6.07
	<i>Werneria spathulata</i>	0.54
	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	0.45
	<i>Baccharis alpina/acaule</i>	1.07
Apiaceae	<i>Lilaeopsis macloviana</i>	1.43
Gentianaceae	<i>Gentiana sedifolia</i>	0.36
Poaceae	<i>Deyeuxia spicigera</i>	0.54
	<i>Festuca dolichophylla</i>	0.63
	<i>Puccinellia frigida</i>	7.77
Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i>	2.86
Campanulaceae	<i>Lobelia oligophylla</i>	0.98
Ranunculaceae	<i>Ranunculus flagelliformis</i>	0.89
Algae	<i>Nostoc sp.</i>	1.34
	<i>Alga Filamentosa</i>	1.61
	Cobertura no vegetal	14.55

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).



Fuente: Estudio de cartografía de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (USA Bolivia 2023).

Bofedal Chaquilla. Próximo a la comunidad de Quetena Chico.



Diversidad florística del bofedal Chaquilla en época húmeda

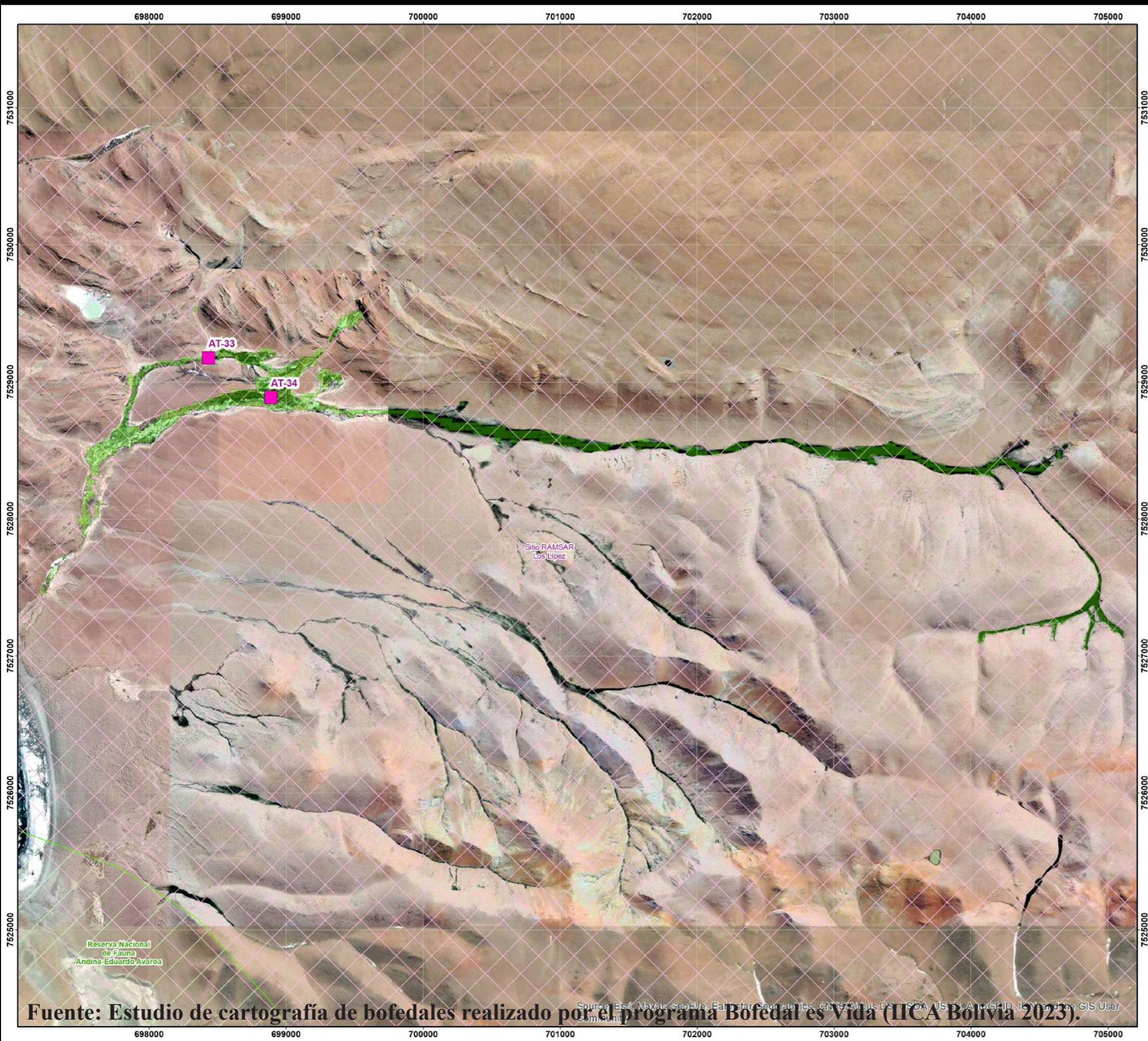
FAMILIA	ESPECIE	% FRECUENCIA ABSOLUTA
Juncaceae	<i>Oxychloe andina</i>	24.11
	<i>Juncus stipulatus</i>	21.79
		4.64
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	4.64
	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	2.14
	<i>Zameioscirpus muticus</i>	2.41
	<i>Carex sp.</i>	3.57
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	13.93
Apiaceae	<i>Lilaeopsis macloviana</i>	1.70
Gentianaceae	<i>Gentiana sedifolia</i>	0.71
Poaceae	<i>Deyeuxia rigescens</i>	0.71
	<i>Festuca dolichophylla</i>	0.18
	<i>Deyeuxia heterophylla</i>	0.09
Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i>	4.11
Campanulaceae	<i>Lobelia oligophylla</i>	1.07
Ranunculaceae	<i>Ranunculus flagelliformis</i>	0.18
Algae	<i>Nostoc sp.</i>	0.89
	NO BIOTICO	16.79

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).

Diversidad florística del bofedal Chaquilla en época seca

FAMILIA	ESPECIE	% FRECUENCIA ABSOLUTA
Juncaceae	<i>Oxychloe andina</i>	25.27
	<i>Juncus stipulatus</i>	0.89
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	4.02
	<i>Eleocharis tucumanensis</i>	3.30
	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	1.88
	<i>Phylloscirpus boliviensis</i>	0.18
	<i>Zameioscirpus muticus</i>	12.68
	<i>Uncinia macrolepis</i>	5.00
	<i>Carex sp.</i>	1.43
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	4.46
	<i>Werneria spathulata</i>	1.79
	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	0.36
	<i>Baccharis alpina/acaule</i>	0.89
Poaceae	<i>Deyeuxia rigescens</i>	0.54
	<i>Puccinellia frigida</i>	6.88
	<i>Graminea sp.</i>	0.36
Amaranthaceae	<i>Sarcocornia pulvinata</i>	0.18
Salvinaceae	<i>Azolla filiculoides</i>	0.18
Campanulaceae	<i>Lobelia oligophylla</i>	2.59
Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i>	4.46
Algae	<i>Alga filamentosa</i>	0.63
	<i>Nostoc sp.</i>	0.27
Bryophyta	<i>Musci</i>	0.09
	Cobertura no vegetal	21.70

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).



Bofedal Ciénega Grande. Próximo a la comunidad de Quetena Chico.

MAPA DE UBICACIÓN

Referencias

- Transectos
- Bofedal Ciénega Grande
- Reserva Nacional de Fauna Andina
- Sitios Ramsar

PROYECCIÓN

Proyección Universal Transversa de Mecator CUTM
 Sistema de Referencia Mundial: 1984
 Datum: WGS (World Geodetic System)
 Zona 19 Sur

ESCALA 1:26.000

FUENTE DE INFORMACIÓN

Sitios RAMSAR; Info-SPIE, 2018.
 Áreas Protegida Nacional; Servicio Nacional de Áreas Protegidas SERNAP, 2018.
 Cuerpos de Agua; Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.
 Bofedales (Humedales de altura); Elaboración propia en base al análisis de imágenes SENTINEL 2, noviembre 2022.

Comunidad	Nombre Bofedal	Superficie (ha)
Quetena Chico	Ciénega Grande	74
Coordenadas centroide		
Latitud	22° 20' 10.53" Sur	
Longitud	67° 03' 01.67" Oeste	

Fuente: Estudio de cartografía de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).



Diversidad florística del bofedal Ciénega Grande en época húmeda

FAMILIA	ESPECIE	% FRECUENCIA ABSOLUTA
Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i>	28.57
	<i>Oxychloe andina</i>	19.46
	<i>Juncus stipulatus</i>	3.21
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	2.14
	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	0.36
	<i>Zameioscirpus muticus</i>	10.36
Asteraceae	<i>Werneria apiculata</i>	2.68
Poaceae	<i>Deyeuxia chrysantha</i>	5.36
	<i>Deyeuxia rigida</i>	1.07
Campanulaceae	<i>Lobelia oligophylla</i>	1.79
Ranunculaceae	<i>Ranunculus uniflorus</i>	0.54
Algae	<i>Nostoc sp.</i>	7.32
	Cobertura no vegetal	17.14

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).

Diversidad florística del bofedal Ciénega Grande en época seca

FAMILIA	ESPECIE	% FRECUENCIA ABSOLUTA
Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i>	24.05
	<i>Oxychloe andina</i>	15.00
	<i>Juncus stipulatus</i>	0.48
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	0.36
	<i>Zameioscirpus muticus</i>	16.79
	<i>Carex sp.</i>	1.19
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	0.36
	<i>Werneria spathulata</i>	0.36
Poaceae	<i>Deyeuxia chrysantha</i>	1.19
	<i>Deyeuxia spicigera</i>	0.95
	<i>Puccinellia frigida</i>	2.14
	<i>Graminea sp.</i>	0.12
Ranunculaceae	<i>Ranunculus flagelliformis</i>	0.60
Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i>	0.12
Algae	<i>Nostoc sp.</i>	6.43
	<i>Alga filamentosa</i>	1.19
	Cobertura no vegetal	28.69

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).



Bofedal en el municipio de San Pablo de Lipez
Foto: Milenka Betancourt

Suelo

De acuerdo con la descripción y estudios realizados en el municipio de San Pablo de Lipez, la región presenta características edafológicas similares, con suelos pobres, extremadamente superficiales a moderadamente profundos, se caracterizan también por la intervención de agentes geomórficos, como la actividad volcánica en los últimos periodos geológicos y los procesos erosivos.

Los suelos se encuentran en pendientes escarpadas a suavemente inclinadas con afloramientos rocosos, presentan una textura arenosa, franco arenosa y franco limosa, estructura pobre generalmente con fragmentos gruesos en los perfiles, en gran parte con baja retención de humedad y, en otras, pobremente drenados donde el nivel freático es superficial; en general, los suelos presentan problemas de salinidad, donde los procesos de erosión eólica e hídrica están siempre activos y la degradación de los suelos son provocados de forma laminar y en cárcavas.

Los suelos de los bofedales presentan una estructura poco granular y de baja porosidad en la parte central del bofedal. En la medida que se ingresa de las zonas de gramadal a las zonas internas del bofedal, hay una gradiente de cambio de textura

de franco arenosa a franco arcillosas, con una capa semi profunda de materia orgánica en descomposición y de turba de no más de 30 cm de profundidad. Esta capa es suficiente para retener humedad que permita la sobrevivencia de la capa vegetal.

La erosión es notoria, existe un desgaste de las praderas producido por agentes físicos: lluvia y vientos; existen cárcavas que descienden de las laderas laterales a los bofedales con signos de derivaciones irregulares de agua (cuando cae la lluvia) y acumulación de grava superficial en la parte de gramadales.

Algunos muestreos de la gradiente de humedad realizados a través de la extracción de tepes o excavación de pequeñas superficies muestran una evidente escasez de humedad en las capas superficiales de los suelos en el gramadal, mientras que, en la parte interna del bofedal, se encontraron espacios con baja saturación de humedad y otros con presencia de bloques de hielo al interior de los horizontes superiores del suelo. Esto denota que la distribución del agua en todo el ecosistema es completamente irregular y si no se maneja adecuadamente, se irán perdiendo paulatinamente los horizontes superficiales del suelo y la vegetación.



Bofedal en el municipio de San Pablo de Lipez
Foto: Milenka Betancourt

Gestión del agua

Las fuentes principales de agua de los bofedales del municipio son vertientes u ojos de agua que brotan las base y partes medias de las serranías nevadas, que por efecto del deshielo generan una fuente de agua subterránea de poca profundidad que termina surgiendo agua hacia la superficie. En el trayecto que sigue el agua de las vertientes, ésta encuentra otros ojos de agua que van surgiendo a la superficie y van agregando caudal al cauce principal que abastece a los bofedales. Ya en el bofedal, se observan cauces principales de agua a través de arroyos o acequias naturales, que de forma irregular desvían sus aguas según la pendiente.

Al interior de los bofedales es muy común encontrar cuerpos de agua aislados en forma de agujeros o pequeños reservorios; éstos son mayormente producidos por el agua de lluvias que carga los espacios con un espejo de agua no más profundo que los 40 cm y por efecto de las bajas temperaturas, éstos tienden a congelarse y mantenerse en esa condición por varios meses del año. Estos cuerpos de agua indirectamente alimentan los niveles subterráneos que, por capilaridad, irrigan o circulan a lo largo del bofedal manteniendo el espacio con humedad relativa elevada.

Otra fuente de agua con la que se alimentan los pisos ecológicos del municipio proviene de las precipitaciones pluviales en época de lluvia. En el caso específico de la zona de bofedales, las lluvias pueden saturar de humedad sus superficies, provocando que los niveles de agua subterránea (que se encuentran a poca profundidad) alcancen la superficie del suelo como manantiales u ojos de agua, incrementando el caudal de los cauces ya existentes.

En los bofedales no se evidenció ningún tipo de manejo de agua, siendo de crucial importancia que se realice intervenciones en este sentido, ya que la presencia de espacios con exceso de agua saturada o encharcada impiden el desarrollo de la vegetación y, en los meses fríos, se mantienen congelados afectando la circulación y oxigenación de los horizontes del suelo. También, como se mencionó anteriormente, hay áreas del interior de los bofedales que se encuentran completamente degradadas y afectadas por el congelamiento y la deficiente circulación del agua.



Nevada en Río Chilenas
Fotos: Rubén Guarayo

Rendimiento de materia seca de los bofedales



Fotos: Milenka Betancourt y Rubén Guarayo



Rendimiento de materia seca de bofedales de los municipios de San Antonio de Esmoruco y San Pablo de Lípez monitoreados por el programa Bofedal de Vida

Comunidad	Bofedal	Rendimiento promedio de MS (kg/ha)	
		Época húmeda	Época seca
San Pablo	Isku Chaki	2,990.41	2,266.36
Kollpani Jachuhua	Ventilla	1,791.44	1,464.22
Kollpani Jachuhua	Yaritan Kuchu	1,765.13	2,037.18
Quetena Grande	La Redondita	2,833.05	3,959.77
Quetena Grande	Quebrada Grande	2,404.80	2,979.37
Quetena Chico	Chaquilla	2,584.33	2,533.74
Quetena Chico	Ciénega Grande	3,101.75	1,235.04
Quetena Chico	Quetena Chico	3,268.68	1,235.04
Rio Chilenas	Rio Chilenas	2,731.09	2,533.74

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).



Llamas en Quetena Chico
Foto: Milenka Betancourt

Calidad de agua de los bofedales



Fotos: Milenka Betancourt



Índice de Calidad de Agua (ICA) de nueve bofedales de los municipios de San Pablo de López y San Antonio de Esmoruco

BOFEDAL	ÉPOCA	ICA PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
Chaquilla	Época húmeda	7.3	Agua levemente contaminada, pero de buena calidad, aceptable para la mayoría de los organismos.
	Época seca	7.1	Agua levemente contaminada, pero de buena calidad, aceptable para la mayoría de los organismos.
Ciénega Grande	Época húmeda	-	
	Época seca	8.3	Agua levemente contaminada, pero de buena calidad, aceptable para la mayoría de los organismos.
Isku Chaki	Época húmeda	7.8	Agua levemente contaminada, pero de buena calidad, aceptable para la mayoría de los organismos.
	Época seca	7	Agua levemente contaminada, pero de buena calidad, aceptable para la mayoría de los organismos.
La Redondita	Época húmeda	6.7	Agua de calidad es regular que aunque es apta para tratamiento de potabilización y con necesidad de tratamiento para ciertos cultivos.
	Época seca	7.1	Agua levemente contaminada, pero de buena calidad, aceptable para la mayoría de los organismos.
Quebrada Grande	Época húmeda	7.1	Agua levemente contaminada, pero de buena calidad, aceptable para la mayoría de los organismos.
	Época seca	6.7	Agua de calidad es regular que aunque es apta para tratamiento de potabilización y con necesidad de tratamiento para ciertos cultivos.

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).

Índice de Calidad de Agua (ICA) de nueve bofedales de los municipios de San Pablo de Lípez y San Antonio de Esmoruco (continuación)

BOFEDAL	ÉPOCA	ICA PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
Quetena Chico	Época húmeda	6.9	Agua de calidad es regular que aunque es apta para tratamiento de potabilización y con necesidad de tratamiento para ciertos cultivos.
	Época seca	7.1	Agua levemente contaminada, pero de buena calidad, aceptable para la mayoría de los organismos.
Río Chilenas	Época húmeda	6.8	Agua de calidad es regular que aunque es apta para tratamiento de potabilización y con necesidad de tratamiento para ciertos cultivos.
	Época seca	7.6	Agua levemente contaminada, pero de buena calidad, aceptable para la mayoría de los organismos.
Ventilla	Época húmeda	8.35	Agua levemente contaminada, pero de buena calidad, aceptable para la mayoría de los organismos.
	Época seca	7	Agua levemente contaminada, pero de buena calidad, aceptable para la mayoría de los organismos.
Yaritan Kuchu	Época húmeda	7.7	Agua levemente contaminada, pero de buena calidad, aceptable para la mayoría de los organismos.
	Época seca	7.6	Agua levemente contaminada, pero de buena calidad, aceptable para la mayoría de los organismos.

Agua levemente contaminada, pero de buena calidad, aceptable para la mayoría de los organismos.

Fuente: Estudio de caracterización de bofedales realizado por el programa Bofedal es Vida (IICA Bolivia 2023).

Criterios técnicos



Fotos: Milenka Betancourt



Cartografía de bofedales

Para la obtención de los mapas de los bofedales que se presentan en este atlas se usó la siguiente metodología.

Uso de imágenes satelitales

La metodología aplicada se basó en la obtención de información sobre la vegetación más vigorosa (con mayor contenido de humedad) presente en los municipios de San Pablo de Lípez y San Antonio de Esmoruco, utilizando exclusivamente imágenes satelitales de SENTINEL-2. Estas imágenes, descargadas del servidor de la Unión Europea a través de la plataforma <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>, ofrecen un alto nivel de detalle gracias a su resolución espacial de 10 metros, lo que las hace idóneas para el análisis preciso de coberturas vegetales.

Las imágenes de SENTINEL-2 se procesaron para identificar y analizar las coberturas vegetales de la región, permitiendo generar mapas finales que reflejan la superficie con exactitud. Esta alta resolución espacial facilita un seguimiento detallado y fiable de los cambios en la vegetación a lo largo del tiempo.

Clasificación de la información para la obtención de la superficie actual de bofedales y cuerpos de agua

Para identificar específicamente los bofedales hidromórficos en ambos municipios, se empleó una reclasificación utilizando rangos de NDVI más altos, comprendidos entre 0.19 y 0.4371, lo que permitió discriminar este tipo de vegetación con mayor precisión.

Adicionalmente, para diferenciar con mayor exactitud las áreas de bofedales de aquellas que no lo son, se utilizó una capa de unidades fisiográficas que incluye llanuras aluviales y glaciares, donde predomina este tipo de vegetación. Esta capa funcionó como una máscara, permitiendo excluir aquellas unidades que presentaban valores de NDVI de bofedales fuera de las mencionadas llanuras.

Asimismo, el uso del índice NDWI para la detección de cuerpos de agua y su posterior categorización, permitió diferenciar de manera efectiva las superficies acuáticas de otros tipos de cobertura terrestre. Tras la detección inicial, los cuerpos de agua fueron categorizados según su extensión, profundidad aparente y contexto geográfico, utilizando umbrales específicos de NDWI para clasificar cada cuerpo de agua en diferentes categorías, como lagos, lagunas y cursos de agua.

Proceso de validación

Validación estadística (matriz de confusión)

Una vez obtenidas las unidades de bofedales a partir de la reclasificación, se aplicó un método estadístico de validación conocido como “matriz de confusión” (Congalton 2001). Para este proceso, se generó una cobertura de puntos de forma aleatoria en toda el área de bofedales (dentro de las llanuras aluviales y glaciares), utilizando la herramienta “Create Random Points”, que permite crear un número específico de entidades de puntos aleatorias.

Posteriormente, se realizó una comparación entre los valores obtenidos, empleando una matriz donde se cruzaron las coincidencias entre la clasificación basada en el rango de NDVI y los valores de los píxeles observados en la imagen original. Esta comparación permitió identificar las coincidencias entre la clasificación y la imagen original, determinando así el porcentaje de certeza alcanzado en la obtención de la cobertura de bofedales. (Si el porcentaje de certeza es inferior a 85% debe repetirse la clasificación.)

Validación en campo

Además de la validación estadística, se llevó a cabo una validación en campo, verificando la clasificación obtenida a partir de las imágenes satelitales con puntos GPS registrados en el terreno. Se recopilieron cerca de 50 puntos de bofedales en terreno, que coincidieron con la clasificación realizada en gabinete, confirmando la precisión del análisis satelital.

Diversidad florística de los bofedales

Según García Novo (2007) “la diversidad biológica de un ecosistema se refiere a la abundancia de las especies en las comunidades e incluye su heterogeneidad o uniformidad, dominancia o equitatividad, en un punto o entre puntos, a escala local o regional, regulada a nivel de comunidad o inducida externamente”. “La diversidad biológica puede dividirse en dos componentes: riqueza de especies y uniformidad” (Simpson 1949 citado por Magurran 2004). La riqueza de especies es el número de especies en la unidad de estudio, y la uniformidad describe la variabilidad en la abundancia de especies.

Magurran (2004) define diversidad biológica como la “variabilidad entre organismos vivos de todas las fuentes, incluidos, entre otros, los sistemas terrestres, marinos y otros sistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; esto incluye la diversidad dentro de las especies, entre especies y de ecosistemas” y en su libro *Measuring Biological Diversity* (Magurran 2004) adopta de definición de diversidad biológica como “la variedad y abundancia de especies en una unidad de estudio definida”.

La abundancia, riqueza y diversidad de plantas en un bofedal es una indicación de las condiciones en el que éste se encuentra. Está determinada o depende de la disponibilidad y flujo de agua (superficial y subterránea), propiedades físico-químicas del suelo, topografía y relieve del bofedal, y variables meteorológicas como régimen de precipitación, comportamiento de temperaturas máximas y mínimas, evaporación, radiación y humedad relativa entre otras. Por otro lado, también depende o está influenciada por factores vinculados a la gestión misma de los bofedales para la producción ganadera, tales como manejo de agua, pastoreo de animales, introducción de pastos, etc., y finalmente por actividades antrópicas que generan contaminación y alteraciones en la base de recursos naturales de un bofedal, tal es el caso de la actividad minera, producción agrícola, construcción de carreteras y otro tipo de infraestructuras, entre otros (Troncoso 1982).

Los bofedales altoandinos y altiplánicos se caracterizan por tener (dentro de su composición) presencia de hierbas pequeñas, gramíneas y graminoides. Especies de las familias *Juncaceae*, *Cyperaceae* y *Poaceae* que se encuentran en mayor cantidad, seguidas por las especies de la familia *Asteraceae* (Prieto et al. 2003). Asimismo, afirma que el área total de un bofedal generalmente tiene predominancia de las especies de las familias *Juncaceae* y *Cyperaceae*.

En los bofedales altoandinos bolivianos, las especies predominantes son *Oxychloe andina*, *Distichia muscoides* y *Distichia filamentosa*, estas especies forman cojines compactos y laxos. Algunas cyperaceas como *Zameioscirpus muticus* y *Phylloscirpus deserticola*, forman ocasionalmente cojines planos. Asimismo, existe una alta variabilidad de especies pequeñas que crecen entre los cojines, entre las más comunes están *Carex spp*, *Cuatrecasasiella argentina*, *Deyeuxia rigescens*, *Eleocharis albibracteata*, *Eleocharis tucumanensis*, *Hypochaeris taraxacoides* y *Werneria spp*. Otras especies como *Plantago tubulosa* pueden llegar a ser dominantes en algunos bofedales formando cojines planos y duros (Ruthsatz 2012 y Meneses et al. 2012).



Muestra de tepe
Foto: Rubén Guarayo

El método utilizado de toma lecturas para la determinación de la diversidad florísticas de los bofedales presentados en este atlas fue el de “punto de intersección”, propuesto por Goodall (1953), Muller-Dumbois y Ellenberg (1974) y Cochi et al. (2014). El muestreador utilizado es la “rejilla de Goodall” que tiene insertadas 10 agujas metálicas, separadas cada 4 cm entre ellas, con una inclinación de 45°. Cuando la rejilla es colocada en el punto de muestreo, las agujas hacen contacto con las especies vegetales y elementos no vegetales, es decir, cuando las agujas de la gradilla hacen contacto con suelo desnudo, mantillo orgánico, piedra, agua, hielo, estiércol, afloraciones salinas, etc.



Muestreador gradilla-tipo Goodall.
Foto: Milenka Betancourt

A lo largo de un transecto se hacen lecturas con la gradilla cada 5 metros. Un transecto consiste en una línea recta imaginaria de 50 a 100 metros donde se tomarán las lecturas para la evaluación. El número de transectos depende de la superficie del bofedal, y de su uniformidad en términos de áreas que corresponden al tipo hidromórfico, méxico o hídrico. Cada colocación de la gradilla de Goodall brinda 10 puntos de contacto con la superficie, es decir se obtienen 10 lecturas.

Cada punto de contacto es registrado en un formulario de campo elaborado para este propósito. Este método es uno de los más utilizados y recomendados para inventariar especies vegetales en praderas nativas de tipo seco y bofedal (Flachier et al. 2009).

Capacidad de producir alimento de los bofedales – materia seca

Junto con otras praderas nativas los bofedales son la fuente fundamental de pastos para la alimentación del ganado camélido. La determinación de la capacidad de producir alimento de un bofedal es un indicador de suma importancia para caracterizar su estado de conservación y definir estrategias para su gestión sostenible. El indicador que define la capacidad de producir alimento es el contenido de materia seca que indica la cantidad total de nutrientes que potencialmente pueden ser aprovechados por el animal para ganancia de peso. El contenido de materia seca corresponde al contenido de nutrientes menos el contenido de agua, por lo tanto, entre más contenido de materia seca más nutrientes están disponibles para el animal. Junto con otras praderas nativas los bofedales son la fuente fundamental de pastos para la alimentación del ganado camélido. La determinación de la capacidad de producir alimento de un bofedal es un indicador de suma importancia para caracterizar su estado de conservación y definir estrategias para su gestión sostenible. El indicador que define la capacidad de producir alimento es el contenido de materia seca que indica la cantidad total de nutrientes que potencialmente pueden ser aprovechados por el animal para ganancia de peso. El contenido de materia seca corresponde al contenido de nutrientes menos el contenido de agua, por lo tanto, entre más contenido de materia seca más nutrientes están disponibles para el animal. La producción en los pastizales Alto Andinos está en función de la distribución de las lluvias, condiciones de temperatura, humedad del suelo y de la composición florística de la pradera. Estas condiciones hacen que los pastizales tengan un período definido de crecimiento, así como un período de descanso en la época seca, ocasionando que la

producción forrajera siga una curva de crecimiento concentrada en seis o siete meses del año. Asimismo, la composición y productividad de las praderas varía enormemente con el uso pasado y presente. Las comunidades de plantas pueden indicar las clases, grados y patrones de uso por los animales (Flores y Bryant 1989).

El rendimiento de las praderas nativas varía según la ecoregión, clima, topografía, suelo, tipo de pradera, el uso y manejo a las que están sometidas, indican Alzérreca (1992) y Alzérreca y Jerez (1989). El rendimiento de materia seca de los bofedales también depende del tipo de bofedal. Los hidromórficos registran mayor rendimiento que los méxicos, Los primeros proporcionan forraje tanto en época seca como húmeda y los segundos solo o fundamentalmente en época de lluvias (Alzérreca et al. 2001).

El contenido de materia seca de los bofedales presentados en este atlas fue estimado mediante el método de “cosecha en parcela cuadrada de corte”, recomendado por USDA – Forest Service (Parker 1951) y Cochi et al. (2014).

A lo largo de un transecto se tomaron muestras de pasto con el uso de un anillo muestreador de 10 cm de diámetro (78.54 cm²), extrayendo tepes del material vegetal vivo presente en el suelo del bofedal, obteniendo muestras en forma de cono. Un transecto consiste en una línea recta imaginaria de 50 a 100 metros donde se tomarán las lecturas para la evaluación. El número de transectos depende de la superficie del bofedal, y de su uniformidad en términos de áreas que corresponden al tipo hidromórfico, méxico o hídrico. En cada transecto se tomaron 10 muestras espaciadas a 5 metros. El pasto de cada muestra fue cortado al ras simulando el corte que realizan los animales al momento de alimentarse.

El pasto obtenido de cada muestra es pesado (peso verde), registrado y enviado a laboratorio especializado para la determinación de materia seca. En laboratorio cada muestra es secada en una mufla o estufa a una temperatura de 65 °C por 48 a 72 horas. Al cabo de este tiempo el material seco es pesado en balanza de precisión y los resultados son extrapolados a kilogramos por hectárea de materia seca.



Anillo muestreador.
Foto: Rubén Guarayo



Muestra de tepe del bofedal.
Foto: Rubén Guarayo

Calidad de agua de los bofedales

El beneficio más común de los humedales, en términos de seguridad hídrica, a menudo se atribuye a su capacidad para frenar la escorrentía de precipitación a escala de paisaje y, por lo tanto, mejorar los llamados flujos lentos en los ríos aguas abajo. (Pérez & Rodríguez 2008) indican que estos ecosistemas son sumamente importantes para la conservación de numerosas especies vegetales y animales, asimismo, mitigan las inundaciones, protegen el suelo de la erosión, recargan acuíferos subterráneos, purifican el agua, y regulan las condiciones meteorológicas, todas estas características generan beneficios económicos para la pesca, pastoreo, recreación y turismo.

En este contexto, la calidad de agua de los bofedales es de gran importancia porque proporcionan servicios ecosistémicos esenciales del lugar. Por lo anterior es necesario realizar estudios actualizados que permitan hacer un seguimiento y control específico de la calidad del agua, con el fin de analizar el estado de la misma y hacer una comparación en el espacio-tiempo (Barrero & Márquez 2015).

La metodología para determinar la calidad del agua de los bofedales presentados en este atlas fue la del cálculo del Índice de Calidad de Agua “Water Quality Index” (WQI). El índice fue desarrollado en 1970 por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, por medio del uso de la técnica de investigación Delphi de la “Rand Corporation’s” (Ball y Church 1980). El Índice de Calidad de Agua (ICA) es una herramienta matemática utilizada para evaluar la calidad del agua en base a la comparación de un conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos con los valores establecidos en normativas ambientales específicas (Castro et al. 2014). Esta técnica es utilizada comúnmente en paneles de expertos y tiene la característica de ser un índice multiparámetro.

La base para la determinación del Índice de Calidad del agua es formar bancos de datos por cada lugar de muestreo y por temporadas del año (GAML 2021). Muchos de los recientes índices de calidad de agua tienen como aspecto común su cálculo sobre la base de los siguientes pasos consecutivos.

- Selección de parámetros
- Ajuste de los pesos relativos de cada parámetro según los parámetros disponibles
- Determinación de los valores de subíndices para cada parámetro
- Obtención del índice de calidad de agua

Los parámetros utilizados fueron:

Parámetros
Temperatura (°C) *
pH*
Conductividad eléctrica (uS/cm) *
Oxígeno disuelto (mg/L) *
Nitrato (mg/L) *
Fosfato (mg/L) *
Sólidos suspendidos totales (mg/L) *

La tabla en la siguiente hoja muestra los rangos del Índice de Calidad de Agua para la clasificación de calidad según la literatura.

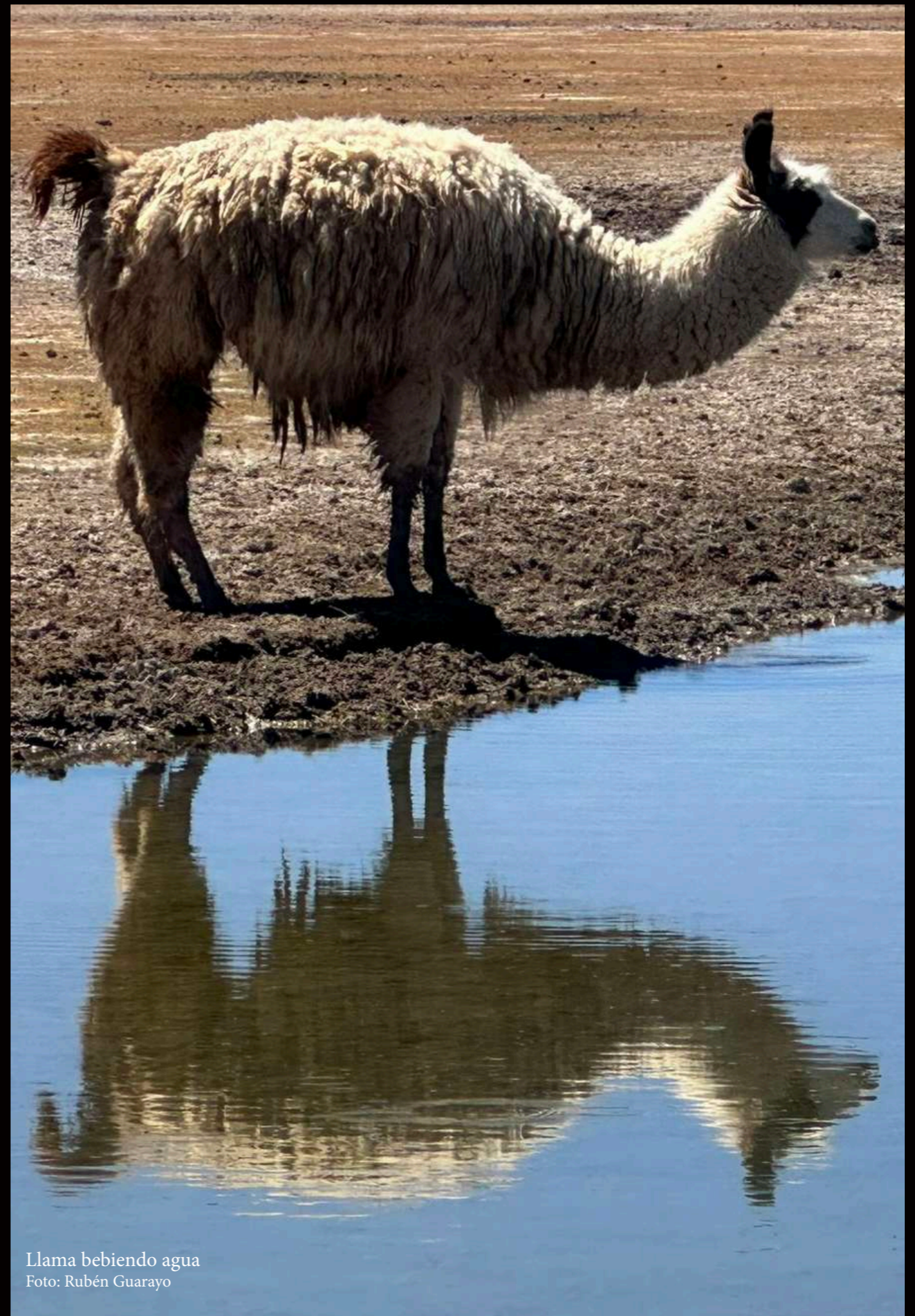
Rangos de variación del Índice de Calidad de Agua

Valor ICA	Convención	Significado	Uso del agua
9 - 10	azul	Estado natural del agua de excelente calidad. Purificación menor para consumo y no requiere tratamiento para riego	Aceptable para todos los organismos.
7 - 9	verde	Agua levemente contaminada, pero de buena calidad. Dudoso para consumo sin purificación y utilizable para cultivos poco resistentes.	Aceptable para la mayoría de organismos.
5 - 7	amarillo	Agua de calidad regular. Apta para tratamiento de potabilización. Tratamiento	Aceptable para especies poco sensibles.
2,5 - 5	naranja	Mala calidad. Agua altamente contaminada. Dudosa para tratamientos con fines de consumo y sólo para cultivos muy resistentes.	Poco aceptable para especies muy sensibles.
0 - 2,5	rojo	Muy mala calidad. Se ha sobrepasado la capacidad de autodepuración del agua. Inaceptable para consumo y riego.	Sólo organismos altamente resistentes a especies contaminantes. Inaceptable para la mayoría de organismos.

Fuente: (Sierra 2011, Villalba 2015)



Equipo sacando muestras de agua.
Bofedal Quetena Chico
Foto: Rubén Guarayo



Llama bebiendo agua
Foto: Rubén Guarayo

Bibliografía

Alzérreca, H. (1992). Producción y Utilización de los Pastizales de la Zona Andina de Bolivia. Red de Pastizales Andinos, Instituto Boliviana de Tecnología Agropecuaria (REPAAN, IBTA). La Paz, Bolivia. 146 p.

Alzérreca, H. y Jerez, B. (1989). Análisis y propuestas para el manejo de praderas nativas, pasturas y ganadería de la comunidad de Japo. Serie técnica No. 20. Cochabamba, Bolivia. 10 p.

Alzérreca, H., Prieto G., Laura J., Luna D. & Laguna S. (2001) Estudio de la Capacidad de Carga de Bofedales para la Cría de Alpacas en el Sistema TDPS-Bolivia. Autoridad Binacional del lago Titicaca and Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, La Paz, Bolivia, 294 pp.

Ball, R., Church, R. (1980). Water quality indexing and scoring, Journal of the Environmental Engineering Division. American Society of Civil Engineers. 106, EE4, 757-771

Barrero, M. I., Márquez, A. (2015). Evaluación de la calidad del agua en el humedal La Conejera, localidad 11 de Suba. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales Gestión Ambiental y Servicios Públicos. Bogotá DC. <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/36013826-5734-431a-94b4-1fbd543cabfe/content>

Castro M., Almada J., Ferrer J. y Díaz D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. Ingeniería Solidaria, vol. 10, n.º 17, pp. 111-124, en.-dic., 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.811>

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

Congalton, R. G. (2001). Accuracy assessment and validation of remotely sensed and other spatial information. International Journal of Wildland Fire, 2001, 10, 321–328.

Flachier, A., M. Chinchero, P. Lima & M. Villarroel. (2009). Caracterización ecológica de las turberas y bofedales del sistema de humedales Amaluza, nudo de Sabanilla, provincia de Loja, Ecuador. Proyecto de Gestión de Humedales Altoandinos. EcoCiencia – Ministerio del Ambiente, Quito. 29 p.

Flores, A. y Bryant, F. (1989). Manual de pastos y forrajes. Dirección General de Investigación Pecuaria. Programa de Investigación Pastos y Forrajes. PCRM-Texas Tech University. Lima – Perú. pp. 305.

GAML, (2021). Línea Base E Indicadores Para El Monitoreo De La Biodiversidad Y Fuentes De Agua En El Municipio De La Paz. Recuperado de <https://sitservicios.lapaz.bo/biodiversidad/capitulo-1-hidrologia-y-calidad-de-aguas/>

García Novo, F. (2007, marzo 28). Discurso leído en el acto de su recepción como académico de número. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales la Diversidad Biológica [Discurso]. <https://rac.es/ficheros/doc/35b196bc3449f8a7.pdf>

Goodall, D.W. (1953) Point Quadrat methods for the analysis of vegetation—the treatment of data for tussock grasses. Australian Journal of Botany, 1, 457–461.

Marrugan, E. (2024). Measuring biological diversity. Blackwell Science Ltd. 215p.

Meneses, R. I., Domic, A., Palabral-Aguilera, A. N., Lliully, A.; Plata, O., Catacora, H. A.; Aho, J., Ortuño, T., Loza, H. S., y Molina, J. (2012). Estado de arte de los bofedales en la cordillera Real en el área que abarca la cuenca de Khara Kota hasta la cuenca de Choqueyapu. Informe final. Banco Interamericano de Desarrollo, Herbario Nacional de Bolivia, La Paz. 74 p.

Müeller-Dombois, D. & H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. Wiley, Hoboken. 547p.

Parker, W. (1951). A method for measuring trend and range condition on national forest ranger. USDA Forest Service. Washington.

Prieto G., Alzérreca H., Laura J., Luna D. y S. Laguna. (2003). Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano del sistema T.D.P.S. En: Rocha O. y C. Suárez (Eds.). 2002. 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 (sector boliviano). Huarina, 28 de octubre al 1 de noviembre de 2002. Convención Ramsar, WCS/ Bolivia. La Paz, Bolivia.

Pérez, C. A. G., & Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. Revista Biología Tropical, 56 (diciembre). <https://doi.org/ISSN-0034-7744>

Ruthsatz, B. (2012) Vegetación y ecología de los bofedales altoandinos de Bolivia. Phytocoenologia, 42, 133–179.

Sierra Ramírez, C. A. (2011). Calidad del agua evaluación y diagnóstico. Medellín: Ediciones de la U, 2011.

Troncoso, R. (1983) Caracterización ambiental del ecosistema bofedal de Parinacota y su relación con la vegetación. Thesis, Escuela de Agronomía, Universidad de Chile, Santiago, 222 pp.

Villalba Ayala, G. (2015). Determinación de indicadores de calidad de agua del río Dicaro, como receptor de aguas servidas y de escorrentía del proceso spf del bloque 16. Universidad Internacional SEK. <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/1547>