



DETERMINACIÓN DE CONDICIÓN AMBIENTAL DE BOFEDALES DE PAISALLA Y CAQUENA Y OCUPACIÓN DE COMUNIDADES INDÍGENAS

INFORME FINAL

DICIEMBRE 2015



**DETERMINACIÓN DE CONDICIÓN AMBIENTAL DE BOFEDALES DE PAISALLA Y CAQUENA Y
OCUPACIÓN DE COMUNIDADES INDÍGENAS****ÍNDICE**

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2: AREAS DEL ESTUDIO	4
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍAS	6
3.1. HIDROQUÍMICA	9
3.2. VEGETACIÓN	10
3.3. FAUNA	17
3.4. DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA (MS)	18
3.5. CAPACIDAD DE CARGA (CDC)	19
CAPÍTULO 4: CARACTERIZACIÓN ABIÓTICA	24
4.1. GEOMORFOLOGÍA	25
4.2. HIDROLOGÍA	27
4.3. HIDROQUÍMICA	32
CAPÍTULO 5: CARACTERIZACIÓN BIÓTICA	43
5.1. FLORA Y VEGETACIÓN	44
5.2. FAUNA	58
CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE ZONIFICACIÓN Y RECOMENDACIONES	71
6.1. ANÁLISIS DE CAQUENA	72
6.2. ANÁLISIS DE COMUNIDAD PIASALLA	77
6.3. ANÁLISIS DE ZONIFICACIÓN CARTOGRÁFICA	80
6.4. ANÁLISIS DE FAUNA	89
6.5. RECOMENDACIONES	93
CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA	102
ANEXO: CATÁLOGO FOTOGRÁFICO DE BOFEDALES	106

RESUMEN

Actualmente, los bofedales altoandinos de la región de Arica y Parinacota son considerados como uno de los ecosistemas con mayor riqueza natural del desierto de Atacama, la cual incluso ha sido catalogada a nivel científico como una zona hot-spot de la biodiversidad desértica mundial. En el presente informe, se realiza un detallado análisis biótico y abiótico de cuatro bofedales ubicados en el altiplano de la región de Arica y Parinacota, los cuales corresponden a Caquena, Laitana, Taipuma y Chapoco. Cada uno de estos bofedales reciben distintos usos por parte de las comunidades aledañas a estos bofedales, ya que la disponibilidad de alimento y el acceso a zonas hídricas de cada uno de estos sectores poseen condiciones heterogéneas. Si bien el estudio se ha realizado en una parte del año previa a las precipitaciones estivales, los datos acá reseñados constituyen una poderosa herramienta para la toma de decisiones relacionadas con el aprovechamiento sustentable de cada uno de los bofedales.

Considerando que uno de los parámetros que otorgan mayor precisión para la determinación de zonas a destinar para pastoreo, la biomasa expresada en términos de materia seca fue el principal parámetro que se utilizó para sugerir zonas en cada uno de los bofedales estudiados. No obstante, la información obtenida, permitió la clasificación de las diversas zonas que componen los bofedales altoandinos, entre ellas la identificación de zonas de conservación, la distribución de los derechos de agua y la abundancia de ganado en los bofedales. El análisis final de la información aquí entregada, determina bajo criterios científicos, las áreas de manejo que pueden ser utilizadas en los bofedales, las áreas a conservar en cada sector y la capacidad de suministro alimenticio en términos de materia seca que cada bofedal puede otorgar.

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Las comunidades indígenas de Caquena y Paisalla se han dirigido al Ministerio de Bienes Nacionales, para solicitar la transferencia gratuita de territorio fiscal que incluye una superficie de bofedales que ocupan para la alimentación de su ganado. Por esto, que resulta fundamental para el Ministerio, establecer claramente las necesidades particulares de estas comunidades con el fin de identificar las áreas que eventualmente podrían ser administradas y/o transferidas, con el fin de otorgar certeza jurídica a la ocupación territorial de estas comunidades, así como de asegurar el uso sustentable de este recurso natural.

En este contexto, el Ministerio de Bienes Nacionales ha contratado a la Universidad Arturo Prat el servicio para realizar el estudio denominado "**Determinación de condición ambiental de bofedales Paisalla y Caquena y ocupación de comunidades indígenas**", que permitirá tener información el estado actual de los elementos del medio ambiente más relevante y claridad del tipo y número de ganado con que cuenta cada comunidad, para que así en base a criterios técnicos, el Ministerio de Bienes Nacionales tenga herramientas para tomar la mejor decisión respecto de las gestiones a desarrollar en estos territorios y en atención a las solicitudes presentadas por las comunidades.

Se requiere entonces, describir y caracterizar el estado actual de los elementos del medio ambiente más relevante presentes en el área, así como proponer recomendaciones y lineamientos, a través de una caracterización espacial y de una zonificación que oriente en las acciones de gestión y manejo sustentable de los recursos naturales comprometidos.

El proyecto considera los siguientes objetivos:

Objetivo General:

"Determinación de condición ambiental de bofedales Paisalla y Caquena y ocupación efectiva y actual de comunidades indígenas".

Objetivos Específicos:

1. Determinar el número de ganado perteneciente a cada una de las comunidades indígenas y superficie que ocupan para subsistir.
2. Caracterizar el tipo de ganado perteneciente a cada comunidad indígena, incluyendo como mínimo; el tipo de ganado, su alimentación, su distribución, así como otras características que sean necesarias para definirlo.

3. Caracterizar del territorio y bofedales solicitados por las comunidades, con el objetivo de tener claridad de sus potenciales y limitaciones y sus características de conservación.
4. Elaborar una propuesta de zonificación con recomendaciones de acciones a seguir respecto de la intervención y manejo del bofedal. Se debe incorporar una propuesta respecto a la superficie que eventualmente podría ser entregada o administrada por las comunidades (si es que existe), junto con identificar el área que debe priorizarse para la conservación. Lo anterior, con el objetivo de generar directrices para orientar la administración y gestión sustentable de los recursos comprometidos.

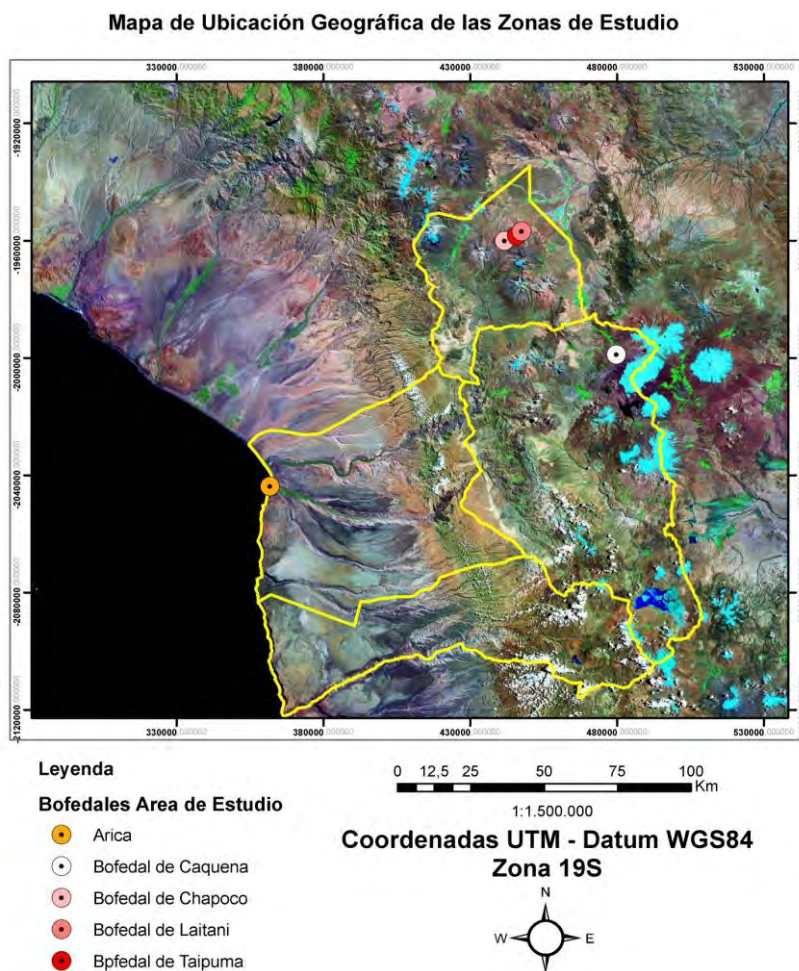
CAPÍTULO 2

ÁREAS DEL ESTUDIO

2. ÁREAS DEL ESTUDIO

El estudio se centró en las áreas correspondiente a las comunidades de Piasalla y Caquena, que se localizan en sectores altiplánicos de la región de Arica y Parinacota, sobre los 4.200 m.s.n.m, ubicándose la comunidad de Piasalla en la comuna de General Lagos, mientras que la comunidad de Caquena en la comuna de Putre.

En este contexto, las áreas prospectadas en terreno correspondieron a la totalidad de la zona de bofedales y áreas aledañas utilizadas por los lugareños. Los bofedales y áreas ha prospectar fueron seleccionadas en común acuerdo con personal del Ministerio de Bienes Nacionales y de la SEREMI de Bienes Nacionales de la región de Arica y Parinacota, en terreno realizada los mismos días del levantamiento de la información.



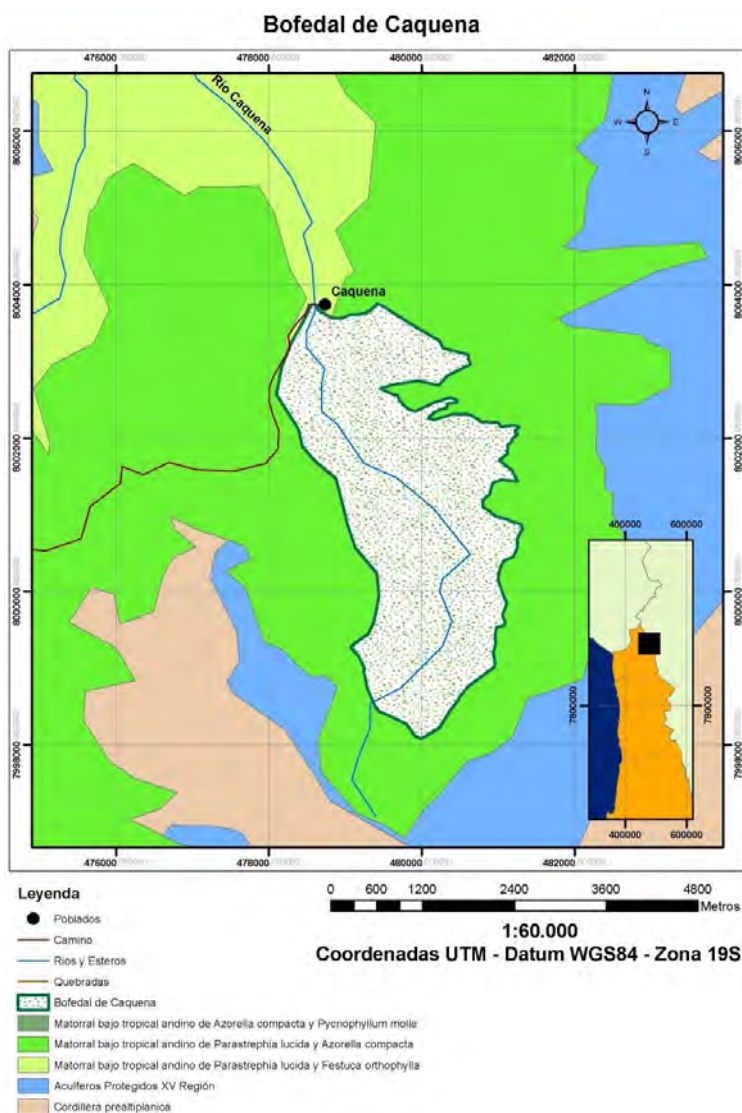
Mapa 2.1. Ubicación de las áreas de estudio en la Región de Arica y Parinacota. Fuente: Google Earth.

CAPÍTULO 2

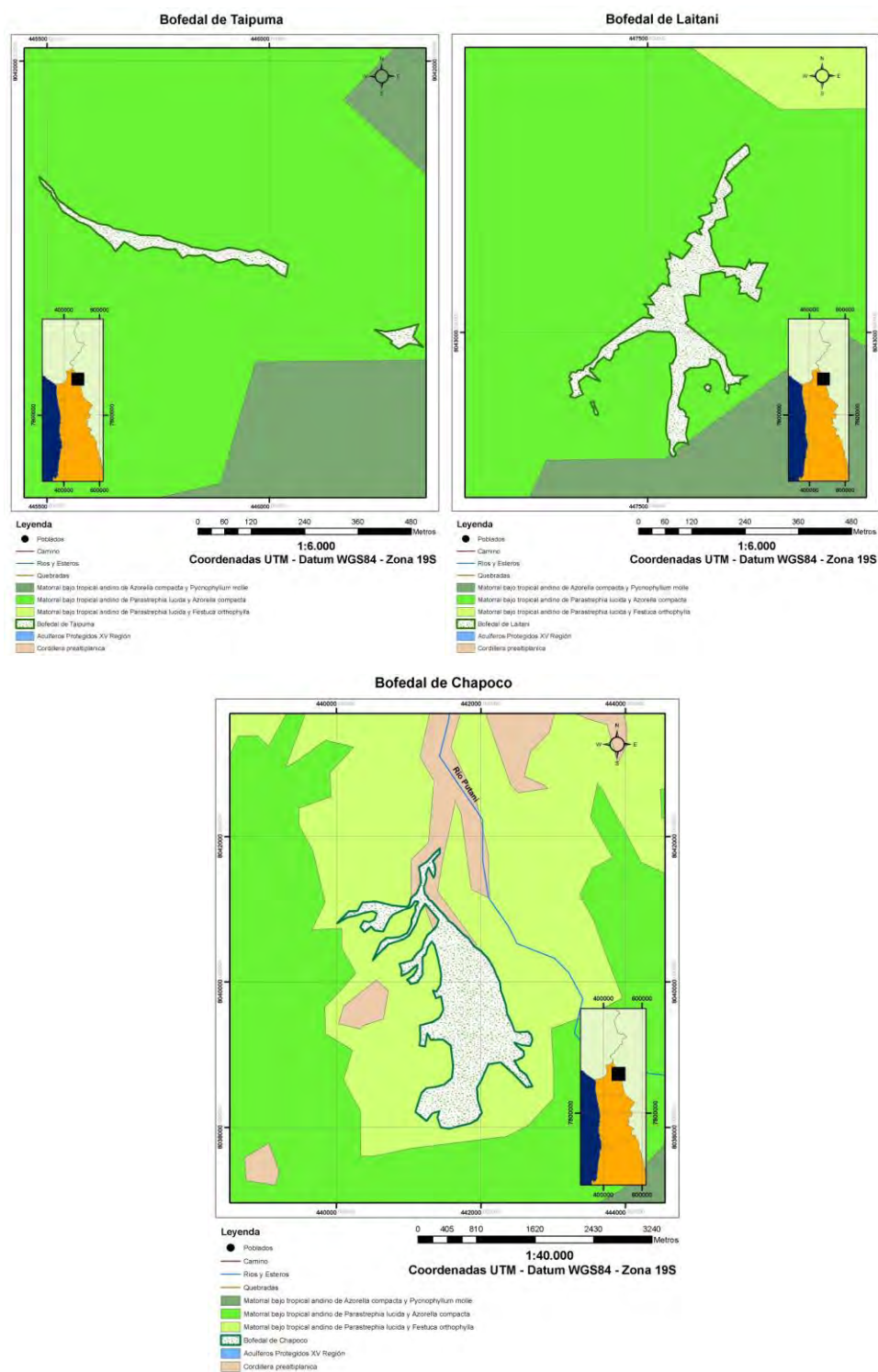
METODOLOGÍAS

3. METODOLOGÍAS

El levantamiento de información en terreno, se realizó en dos campañas durante la época primaveral, desarrollada entre los días 11 y 15 del mes de noviembre del año 2015 en el área de influencia de la comunidad de Caquena (Mapa 3.1) y durante los días comprendidos entre el 3 y 7 de diciembre del mismo año, en el área de influencia de la comunidad de Piasalla (Mapa 3.2). Para efectos de zonificación por estratos, en cada bofedal se procedió a determinar áreas (norte, medio y sur) para el levantamiento de información.



Mapa 3.1. Delimitación del bofedal Caquena con las áreas aledañas. Fuente: elaboración propia.



Mapa 3.2. Delimitación de los bofedales del sector de Piasalla con las áreas aledañas.
Fuente: elaboración propia.

3.1. HIDROQUÍMICA

Para la toma de muestras en la campaña de terreno efectuada el 13 de noviembre del año 2015 en el bofedal de Caquena, se seleccionaron y simbolizaron los siguientes sitios:

- cinco sitios en el cauce del río Caquena, desde sur a norte (Cq1-Cq2-Cq3-Cq4 y Cq5).
- dos sitios en un área de drenaje al oeste del sector norte del curso del río (Cq6 y Cq7).
- tres sitios en un transepto hacia el este del cauce del río en la parte sur, una llanura al pie de los nevados (Cq8-Cq9 y Cq10).

Posteriormente en la muestras de la campaña de terreno del 4 de diciembre del año 2015, en el canal principal del bofedal de Taipuma, se colectaron cuatro muestras de agua y la simbología usada para este sector fueron PT 1-PT2-PT3 y PT4.

En la campaña de terreno del 5 de diciembre del año 2015, en el bofedal de Laitani se colectaron cinco muestras de agua y la simbología usada fue PL5–PL6-PL7-PL8 y PL9.

Y por último, en las muestras de la campaña de terreno del 6 de diciembre del año 2015, en el cauce del río Putani, en el área del bofedal de Chapoco-Putani, se colectaron cuatro muestras de agua PC10 –PC11-PC12 y PC13.

Las muestras de agua fueron colectadas en recipientes de polietileno de 3L, pero, para el análisis de nitrato se colectaron 300 ml de muestra y se fijaron con cloroformo y para el análisis de fosfatos se colectaron 125 ml de muestra y se fijaron con ácido sulfúrico. Las muestras fueron refrigeradas y transportadas al laboratorio.

Con equipo multiparamétrico HANNA HI9829 se registraron en la columna de agua los valores de temperatura; conductividad eléctrica; pH; la concentración de oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación de oxígeno.

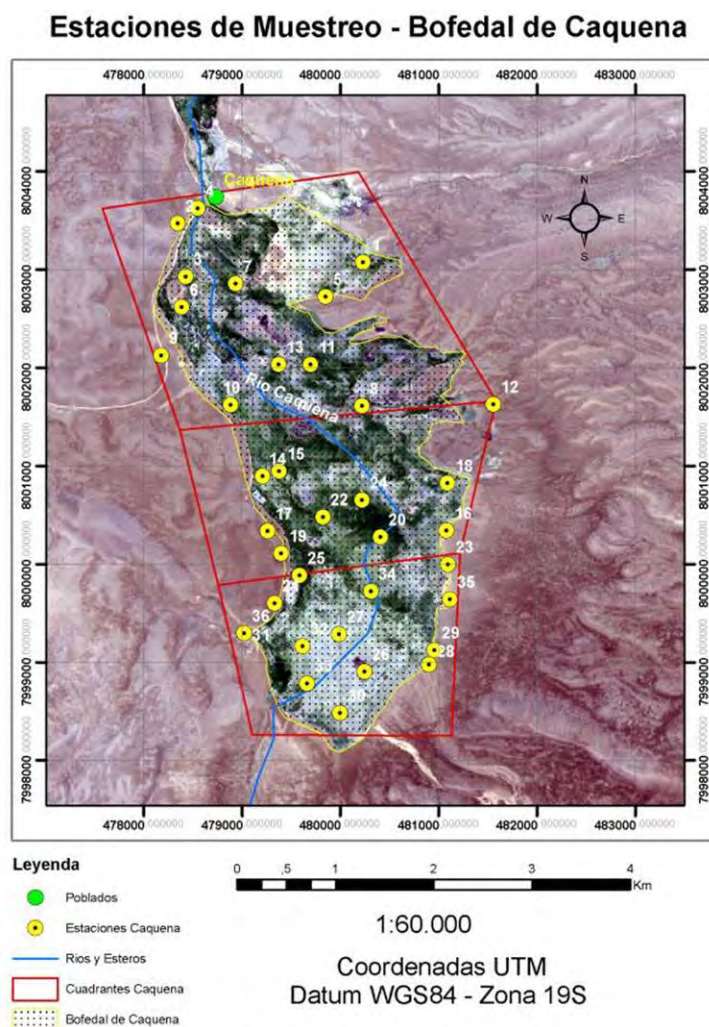
En laboratorio se registraron la conductividad eléctrica con conductivímetro de sobremesa THERMO Orion 3star y el pH con un peachímetro de sobremesa THERMO Orion 3star. Las muestras fueron filtradas a 0,45 μm y se determinó inmediatamente las concentraciones de bicarbonato y carbonato mediante titulación ácido-base. Se determinaron las concentraciones de cloruro mediante método de Morh y las concentraciones de sulfato por método gravimétrico (APWA, 1995)

El análisis se basa principalmente en la descripción de cada bofedal en estudio y las comparaciones a nivel de la región para inferir en la composición y el comportamiento de las aguas superficiales que se encuentran en estas áreas. Se analiza la distribución e intervalos de valores de temperatura, acidez (valores de pH) y salinidad (valores de CE), junto con las concentraciones de oxígeno disuelto y los contenidos de aniones mayoritarios cloruros, sulfatos y bicarbonatos. Se realiza una clasificación geoquímica por aniones dominantes, además de determinarse la calidad de las aguas en relación a los parámetros fisicoquímicos determinados y según valores de concentraciones máximas admisibles según la norma chilena de riego (NCh 1333).

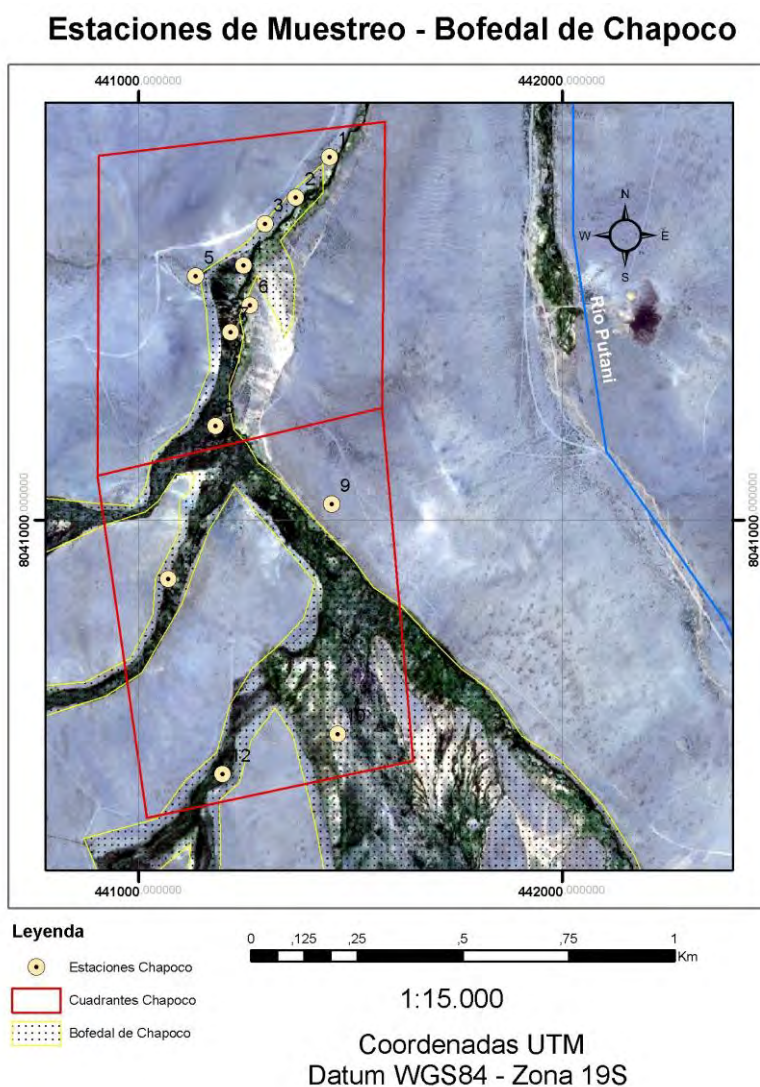
3.2. VEGETACIÓN

El área de emplazamiento del estudio se ubica en lo que Gajardo (1994) denomina como Estepa altoandina y que corresponde al Matorral bajo tropical andino de *Paratrephia lucida* y *Festuca orthophylla*, reseñándose que las plantas que habitan en esta región han evolucionado en tres formas fundamentales: plantas de cojín, gramíneas duras o coirones y arbustos bajos de follaje reducido, que son característicos de una zona con presencia de precipitaciones, en que los aportes hídricos normalmente ocurren debido a la presencia de deshielos o lluvias de tipo estival.

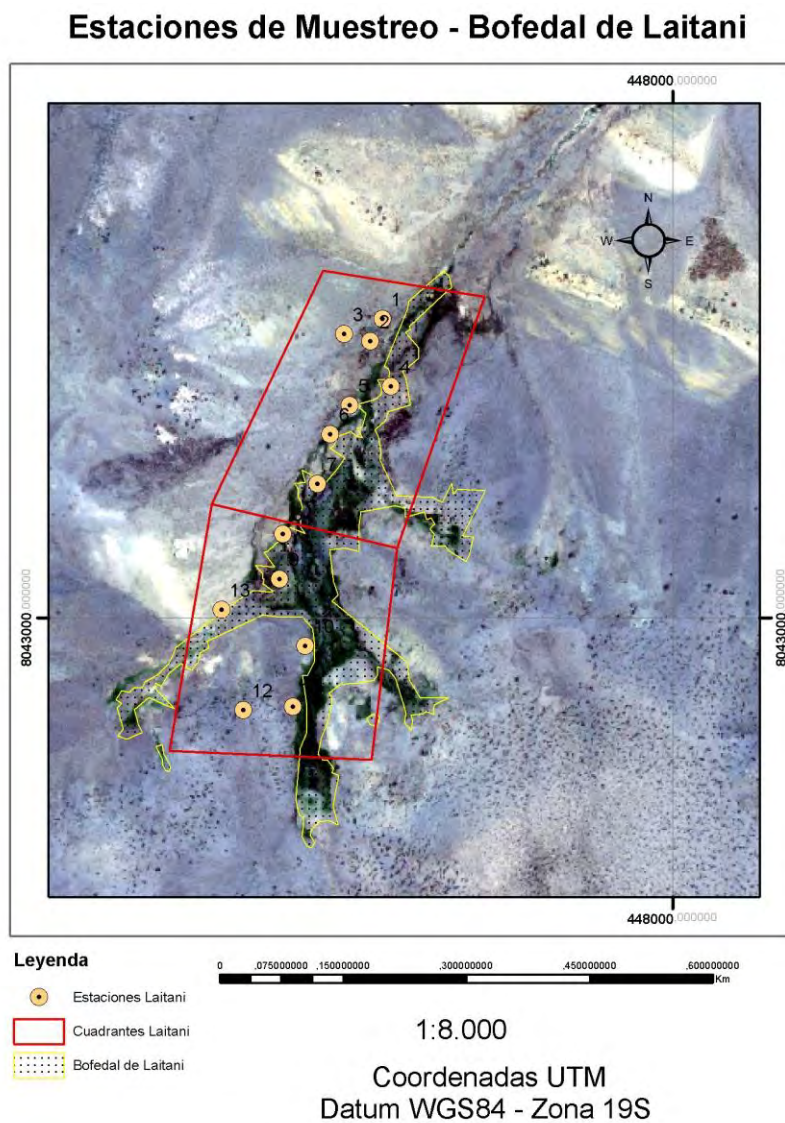
Cada uno de los bofedales fue dividido en sectores (norte, medio y sur), debido a la extensión en cuanto a superficie de cada uno de ellos y a la posibilidad de facilitar la identificación de asociaciones vegetacionales. Dentro de los límites del bofedal de Caquena se establecieron un total de 36 parcelas ubicadas en zonas de canales, pajonal y cojines (figura 4). Debido a la gran extensión de este bofedal, el muestreo se estratificó mediante tres subdivisiones del bofedal: norte, zona media y zona sur. En los sectores de cojín y canal se establecieron parcelas de 1 m², mientras que las parcelas de los sectores de pajonal y tolar fueron de 4 m² en ambas zonas de estudio (Figura 6). Las parcelas fueron establecidas con coordenadas UTM WGS 84 USO 19, valores obtenidos a través de dos GPS marca Garmin, Modelos TREx Leyend HCx y Dakota 10 (Figura 3.1.).



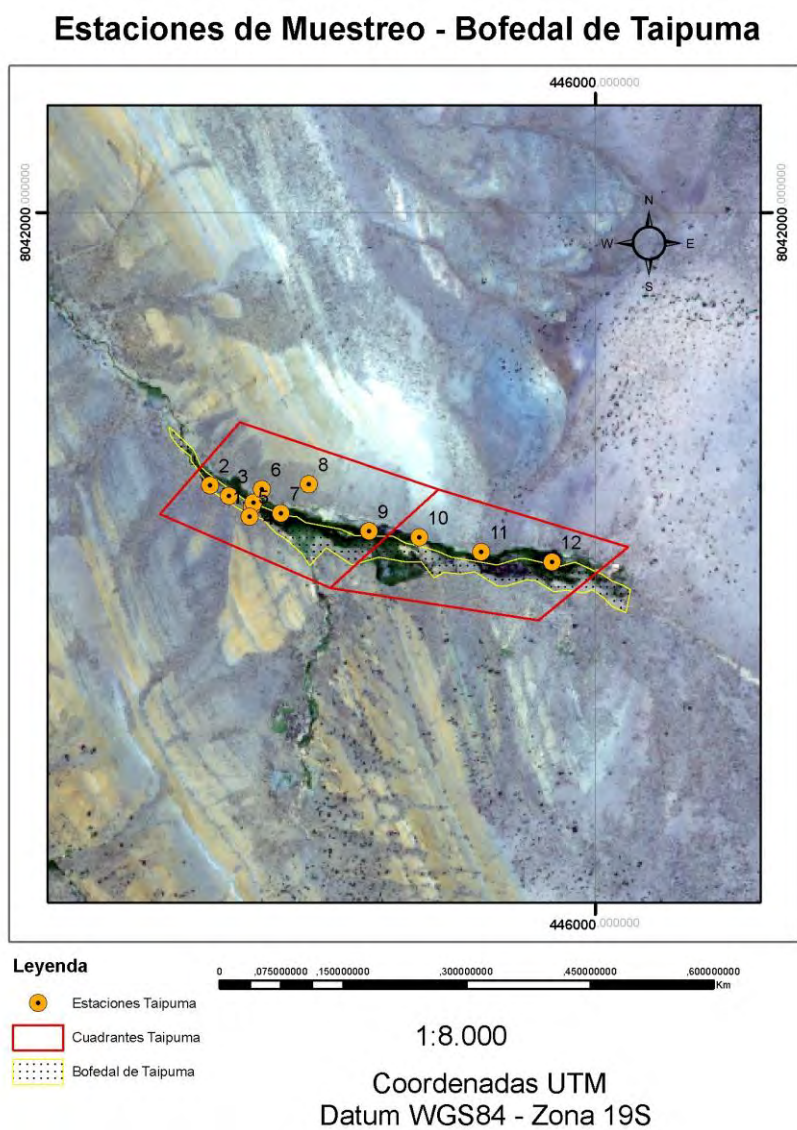
Mapa 3.3. Ubicación espacial de las estaciones de muestreo en bofedal de Caquena (vegetación y agrícola). Puede apreciarse, las tres subdivisiones que se realizaron como parte del diseño experimental de muestreo (norte, medio, sur).



Mapa 3.4. Ubicación espacial de las estaciones de muestreo (vegetacionales y agrícolas) en bofedal de Chapoco. Puede apreciarse, las dos subdivisiones que se realizaron como parte del diseño experimental de muestreo (norte, sur).



Mapa 3.5. Ubicación espacial de las estaciones de muestreo (vegetacionales y agrícolas) en bofedal de Laitani. Puede apreciarse, las dos subdivisiones que se realizaron como parte del diseño experimental de muestreo (norte, sur).



Mapa 3.6. Ubicación espacial de las estaciones de muestreo (vegetacionales y agrícolas) en bofedal de Taipuma. Puede apreciarse, las dos subdivisiones que se realizaron como parte del diseño experimental de muestreo (norte, sur).



Figura 3.1. Metodología fitosociológica de estimación de cobertura de comunidades vegetacionales.

El estudio contempló una descripción pormenorizada del estrato vegetal presente describiendo la composición florística de las distintas formaciones y la presencia de especies en categorías de amenaza y obtención de la composición botánica mediante el método de los cuadrados crecientes, definiendo los tipos biológicos, la cobertura vegetal, las especies dominantes presentes y cobertura. Se entenderá por “composición vegetal” al conjunto de especies vegetacionales de una o varias especies que comparten características de forma y comportamiento. Este enfoque es evidentemente fisonómico, el cual basado en los conceptos de estratificación y cobertura, permite dar una imagen de la disposición vertical y horizontal de las especies *in situ*. De acuerdo a esto, fue posible clasificar la flora en vegetación de cojín, de canal pajonal y tolar, según la dominancia de las especies presentes.

Estado de Conservación: Para establecer el estado de conservación de la vegetación asociada al área de estudio, se utilizó el actual Reglamento para la Clasificación de Especies desarrollado por el Ministerio de Medio Ambiente, libros rojos e informes relacionados con clasificación de especies.

Estudio de la Composición Florística: Para el estudio de la composición florística se utilizó el método basado en el área mínima de la comunidad (Pielou, 1975). El procedimiento se basó en determinar un área basal mediante un cuadrante construido con vértices en cada punto cardinal dentro de las parcelas seleccionadas. Posteriormente se contabilizó el número de especies que existían dentro del cuadrado, con la finalidad de determinar las especies dominantes en cada una de las tres zonas.

Riqueza: En forma paralela, en cada punto de muestreo de las parcelas establecidas se procedió a inventariar la flora presente en toda el área, registrando el nombre científico de la planta y la abundancia por medio de la metodología Braun-Blanquet (Tabla 3.2.), con lo que también se obtuvo la riqueza de cada área.

Tabla 3.2. Codificación utilizada para la abundancia de individuos.

Codificación	Abundancia relativa
R	1 individuo
+	2-4 individuos
1	5-20%
2	20-40%
3	40-60%
4	60-80%
5	80-100%

Mediciones Morfológicas en pajonal y tolar: Se estimaron parámetros morfológicos de las especies presentes en pajonal y tolar tales como altura, estado fenológico y en el caso de especies arbóreas el diámetro a la altura del pecho (DAP) (Tabla 3.3.). No se consideró la vegetación de canal y cojín, debido al sesgo que se produce al tratar de estimar *in situ* vegetación que utiliza el modo de vida nodriza, para establecerse en zonas húmedas del bofedal.

Tabla 3.3. Categorías de alturas empleadas para la vegetación

Altura (m)	Categoría de altura
0,0 – 0,5 (herbáceo / leñoso bajo)	0
0,5 – 1,0 (herbáceo / leñoso bajo)	1
1,0 – 2,0 (arbustivo/ leñoso bajo)	2
< 2,0 (arbustivo – leñoso bajo)	3
> 2,0 (leñoso alto)	4

3.3. FAUNA

Recolección de los datos: Revisión de antecedentes bibliográficos. En términos generales, esta etapa consiste en realizar una recopilación de antecedentes bibliográficos referentes a la fauna características de la zona de estudio. En este caso, ha sido especialmente relevante revisar los antecedentes recopilados para el análisis florístico y vegetacional (lo que ha permitido contar con un marco biogeográfico y vegetacional, para comprender de mejor manera los taxa de fauna del área de estudio).

Registro de fauna: Entre las 10 y 14 horas se recorrió cada bofedal, a través de transectos lineales de entre 300 y 700 metros de longitud y un ancho fijo de 30 metros, para registrar la presencia de rastros de la fauna local (huellas, madrigueras, heces, pelos, restos de alimentos, camas, nidos, etc.). Además, se consideró la colecta de fecas y egagrópila, ya que éstas además de ser evidencia específica de ciertos taxa, suelen contener molares de mamíferos pequeños (especialmente roedores) que permiten la identificación de especies no evidenciadas con las trampas y recorridos.

Mamíferos: Para mamíferos se utilizó el método de conteo por punto fijo, que consistió en registrar a todos los individuos presentes en el bofedal y formaciones vegetacionales aledañas desde un único punto de observación (panorámico), según Muñoz-Pedreros & Yáñez (2000).

Aves: Se registró el total de especies de aves en el transecto. Para la identificación y descripción de las especies se utilizó la guía de campo de las Aves de Chile de Jaramillo (2005). Para cada especie identificada se informó estado de conservación.

Herpetofauna: La búsqueda de anfibios se realizó mediante el sistema de inventario y bioseguridad propuesto por Angulo et al., (2006) de búsqueda libre y sin restricciones, consistente en realizar caminatas durante el día en busca de anfibios, revisando minuciosamente todos los microhábitats disponibles con el objetivo de registrar el mayor número posible de especies.

El registro de reptiles se realizó mediante el método de relevamiento por encuentros visuales (Heyer et al., 2001). Buscando animales de manera sistemática, este método es uno de los más empleados pues permite determinar la riqueza y de especies de una zona.

Peces: Para la prospección de especies ícticas se realizó en todas las formaciones de bofedal donde existían cursos de agua con corriente moderada y baja.

Estado de conservación: La fauna registrada fue clasificada taxonómicamente y caracterizada según su origen y estado de conservación (IUCN, 2014; CONAF, 2015).

Fauna doméstica: Se consideraron todas las observaciones registradas en el bofedal y sectores aledaños, complementada con la realización de entrevistas semi-estructuradas (Viertler, 2002), bajo la siguiente organización:

- Datos Socioeconómicos
- Uso Humedal
- Ganadería

Las entrevistas fueron grabadas en audio realizadas bajo el consentimiento de los pobladores.

3.4. DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA (MS)

La materia vegetal seca (MS) es un indicador pertinente de la producción de biomasa forrajera en los bofedales (Squeo et al. 2006). La evaluación de la capacidad de carga animal, por otro lado, tiene el propósito de analizar el estado actual de conservación del sistema vegetacional y tomar las precauciones necesarias en el futuro, para su uso racional y sostenible

La toma de muestras consistió en extracciones en los mismos sitios de las parcelas señaladas en la tabla 3.1 del capítulo anterior, para Caquena y Piasalla, donde se obtuvieron tepes del material vegetal vivo presente en el bofedal y en las zonas aledañas, esto para estimar y conocer los volúmenes de producción de biomasa forrajera disponible para la época de estudio. En cada parcela de muestreo, mediante el uso de un anillo muestreador de 10 cm de diámetro (78.54 cm²) se extrajo al azar por lo menos 3

repeticiones (tepes) del material vegetal vivo presente en el suelo, con la finalidad de estimar y conocer los volúmenes de producción de biomasa forrajera disponible (Figura3.2.).



Figura 3.2. Extracción de tepes en parcelas de muestreo.

En laboratorio, de cada tepe muestreado, se procedió a cosechar el pasto o forraje (biomasa vegetal aérea disponible, en general de color verde), simulando al corte que realizan los animales al pastoreo libre, con una tijera y/o cuchillo (Figura3.3.). Una vez obtenida la muestra de biomasa, se procede al pesaje por separado de cada especie y embolsado en sobres de papel Kraft, los cuales fueron llevados a una estufa, para proceder al secado de las muestras, a una temperatura de 65°C por 48-72 horas. Al cabo de este tiempo fueron pesadas en una balanza de precisión hasta obtener peso constante. Con los resultados finales se pudo determinar la MS (kg/ha) para cada zona muestreada.



Figura 3.3. Muestras de tepe con anillo muestreador, luego de la colecta de la muestra en terreno.

3.5. CAPACIDAD DE CARGA (CDC)

La determinación de este parámetro se basó en la metodología propuesta por Troncoso (1982) que contempla:

Determinar el forraje de cada vegetal disponible para el ganado (D)

$$D = R \times P$$

Dónde:

R: Producción anual de cada una de las especies que la integran (Kg/ha MS)

P: Índice de Palatabilidad (% de crecimiento anual de forraje retirado por el ganado)(Anexos, Tabla N°1)

Determinar el Valor Pastoral (VP), siendo este un índice global de calidad que se asigna a una pradera considerando su composición botánica:

$$VP = 0.1 * (CSC \times IS) * RV$$

Dónde:

CSC: Porcentaje de participación de cada especie en la parcela de muestreo vegetal

IS: Índice específico o índice de calidad forrajera de cada una de las sp que participan

RV: Índice de recubrimiento de la vegetación.

Para estimar el aporte energético de la pradera se consideró que la unidad de VP es equivalente a 66 unidades forrajeras:

1 VP = 66 UF

Convertir el ganado a Unidades Animal (UA) considerando los siguientes parámetros:

Tabla N° 1. Consumo de forraje estimado para el ganado doméstico y silvestre del altiplano.

Especie	Consumo diario de Forraje (% PV animal)	Equivalente Energético del alimento considerado en el consumo diario (UF/Kg alimento)
Vicuña	2,5	0,7
Llama	2,5	0,7
Alpaca	2,5	0,8
Ovino	3,5	0,7
Bovino	3,0	0,9

Fuente: Troncoso (1982).

Finalmente se calcula la CDC del sistema contrastando la MS disponible (CDC teórica en UF) por sector muestreado en cada pradera y el consumo total de forraje en UF por especie para el total de los animales que se alimentan del bofedal (Alzérreca et al. 2001b, Ortega 2004).

3.6. ZONIFICACIÓN CARTOGRÁFICA

Para el desarrollo del trabajo se realizó la adquisición de una imagen de alta resolución de 5 bandas (1 Pan + 4 MS), esta imagen fue ortorectificada con los puntos de control obtenidos de los registros en terreno realizados previamente. Con ello fue posible georreferenciar los puntos de muestreo de la zona de interés en la imagen satelital. Posteriormente, se procedió a realizar una clasificación supervisada de la imagen con los puntos de control establecidos anteriormente, obteniendo la zonificación espacial de los

bofedales estudiados en el área de interés, para lo anterior se generó una tabla de clasificación de acuerdo a las categorías observadas en la imagen más los puntos de control. Se determinó, además una zona buffer de 300 metros donde se caracterizó la vegetación presente.

Caquena

Categoría	Valor
Asociación <i>Oxychloe</i> , <i>Distichia</i> , <i>Carex</i>	1
Asociación <i>Deyeuxia curvula</i> , <i>Deyeuxia sp.</i>	2
Asociación <i>Lilaeopsis</i> , <i>Ranunculus</i> , <i>Azolla</i>	3
Asociación <i>Polylepis</i> , <i>Azorella</i> (zonas de conservación)	4
Costra salina	5
Asociación <i>Potamogeton</i> , <i>Azolla</i> .	6

Taipuma

Categoría	Valor
Asociación <i>Potamogeton</i> , <i>Ranunculus</i> , <i>Lilaeopsis</i>	1
Asociación <i>Distichia</i> , <i>Deyeuxia sp.</i> , <i>Carex</i>	2
Asociación <i>Festuca</i> , <i>Parastrephia</i> y <i>Pycnophyllum</i> .	3
Costra salina	4

Laitani

Categoría	Valor
Asociación <i>Potamogeton</i> , <i>Ranunculus</i> , <i>Lilaeopsis</i>	1
Asociación <i>Distichia</i> , <i>Deyeuxia sp.</i>	2
Asociación <i>Festuca</i> , <i>Parastrephia</i> y <i>Pycnophyllum</i> .	3
Costra salina	4
Asociación <i>Polylepis</i> , <i>Azorella</i> (zonas de conservación)	5

Chapoco

Categoría	Valor
Asociación Potamogeton, Werneria, Lilaeopsis	1
Asociación Distichia, Deyeuxia sp., Deyeuxia curvula	2
Asociación Festuca, Parastrephia y Pycnophyllum.	3
Costra salina	4

Con esta tabla se generó un archivo de puntos de supervisión con lo cual se creó un archivo de firmas espectrales que finalmente dieron origen a la imagen raster con la clasificación supervisada de las asociaciones en la zona de interés.

CAPÍTULO 4

CARACTERIZACIÓN ABIÓTICA

4. CARACTERIZACIÓN ABIÓTICA

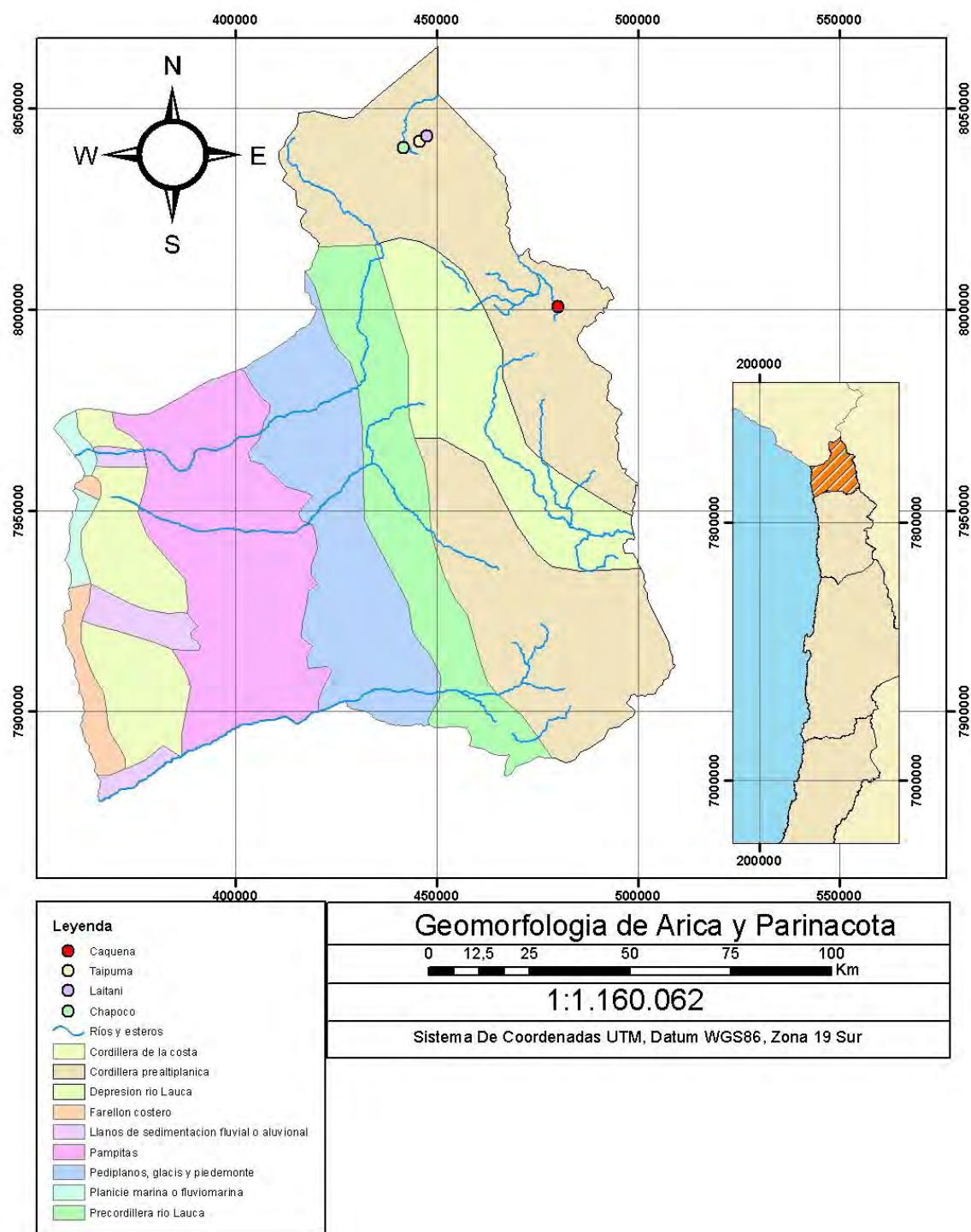
4.1. GEOMORFOLOGÍA

El Altiplano – Puna es un área relativamente plana que se desarrolla en alturas que van desde 3.700 a 4.200 m.s.n.m., y se extiende por más de 1.500 km paralela a la línea de costa chilena. Su ancho promedio es de 300 km y está limitada al oeste por el actual arco volcánico o Cordillera Occidental y al este por la Cordillera Oriental. Esta región de América del Sur se encuentra en el norte de Chile, el centro y sur de Perú, la parte occidental de Bolivia y el noroeste de Argentina.

La Cordillera Occidental de los Andes (cordillera Prealtiplánica) está formada por un conjunto de edificios volcánicos que forman parte del Complejo Volcánico de los Andes Centrales. El arco volcánico está constituido por estratovolcanes caracterizados por su alto nivel explosivo desde el Mioceno Inferior hasta el periodo actual. Los productos efusivos vertidos hacia el piedemonte Andino occidental han sido particularmente extensos y potentes flujos piroclásticos (ignimbritas) de fuentes no localizadas. Estos son de composición riodacítica y se produjeron antes y durante flujos lávicos de grandes volcanes compuestos de naturaleza andesítica (Ministerio de Obras Públicas, 2008a).

La mayor parte de las áreas de estudio corresponden a una unidad geomorfológica compuesta por un relleno de secuencias volcanosedimentarias (aproximadamente 90%), asociados con depósitos aluviales y coluviales, donde se observa ceniza volcánica y material piroclástico. La baja pendiente existente $< 2,5$ grados incide en la mínima o nula generación de remoción en masa (Pontificia Universidad Católica, 2010).

La otra unidad geomorfológica presente, corresponde a áreas de inundación, caracterizadas por depositación de sales minerales y que afloran por capilaridad a la superficie, debido a un ascenso de agua que lleva minerales disueltos, formándose una costra al evaporarse (Pontificia Universidad Católica, 2010).



Mapa 4.1. Geomorfología de la región de Arica y Parinacota y principales ríos.

4.2. HIDROLOGÍA

El altiplano de la región de Arica y Parinacota presenta condiciones particulares en una condición semiárida, coronado por volcanes activos y nevados que superan los 5.000m.s.n.m., extensas llanuras con escasa pendiente y cuencas cerradas o endorreicas, donde la evaporación supera las precipitaciones, que ocurren en periodo estival. El agua superficial se presenta en forma de precipitaciones y escurrimiento que según caudal y morfología del terreno dan origen a los ríos altoandinos, tales como el río Caquena y el río Putani que van drenando zonas por donde circulan y que son parte de las zonas estudiadas. Adicionalmente, el agua subterránea constituye el principal recurso hídrico permanente y coexisten afloramientos en forma de vertiente y/o manantiales o surgencias difusas desde el acuífero, que luego forman escorrentías someras. La convergencia de los suelos y las aguas de precipitación, subterráneas y superficiales son aptas para el desarrollo de asociaciones vegetales heterogéneas, azonales, conocidas localmente como bofedales, los cuales se desarrollan por los cursos de estas aguas corrientes y es de uso principalmente pastoril por las comunidades indígenas.

El río Caquena está ubicado en una cuenca mucho más grande y compleja que se desarrolla casi totalmente en Bolivia y que drena hacia el lago Poopo. La porción del territorio chileno incluye al río Caquena y al río Uchusuma, que tiene como afluente al río Putani. El río Uchusuma nace en el sureste peruano y atraviesa territorio chileno en dirección este – oeste para pasar a Bolivia y allí juntarse con el río Caquena. La cuenca de los ríos Uchusuma y Caquena, presenta un área de 3.150 km² (Ministerio de Obras Públicas, 2008c). El río Caquena nace en los nevados de Payachata y realiza su recorrido de sur a norte, sirviendo en un tramo como delimitador de la frontera Chile – Bolivia. Posteriormente cambia de nombre a Cosapilla y se interna en territorio boliviano hasta juntarse con el río Uchusuma. Luego sus aguas tributan al río Mauri que es un afluente del Desaguadero, que es el principal río de la cuenca endorreica del lago Titicaca, por lo que el Caquena y el Uchusuma forman parte de un gran sistema hidrográfico llamado “T.D.S.P” (siglas de “Titicaca, Desaguadero, Poopó”, Molina et al, 2007). El humedal de Caquena se encuentra protegido por la Resolución N° 464 del 2004 de la DGA y está identificado en el Catastro de Humedales del Ministerio del Medio Ambiente y por la clasificación realizada por CIREN (CIREN, 2013).

En el sector de la comunidad de Piasalla se encuentra un pequeño caserío denominado Putani donde nace el río Putani, que fluye hacia el noreste uniéndose con el río Uchusuma.

Las precipitaciones en la zona de estudio se pueden caracterizar por la información de las estaciones meteorológicas más cercanas, como estación Visviri para el sector de Piasalla y la estación Caquena para el sector de Caquena, ambas de la Dirección General de Aguas. El promedio de precipitaciones en la estación Visviri es de 294 mm, siendo el 85% de ellas entre diciembre y marzo. Mientras que la estación Caquena presenta una precipitación media de 399 mm, siendo el 88% de ellas entre diciembre y marzo (Ministerio de Obras Públicas, 2008b). Las variaciones estacionales y anuales que se presentan de la pluviosidad, pueden producir en ciertos periodos la disminución del recurso hídrico, resultado que se manifiesta mayormente en los eventos El Niño del proceso climático ENSO. Mientras que en los eventos La Niña se produce lo contrario, resultando en el aumento de los recursos hídricos (Meza y Díaz, 2014).

En los bofedales estudiados, tanto sólo en el río Caquena hay medición vigente del caudal, en la Estación fluviométrica Vertedero, siendo el promedio 1,19 m³/s en un rango de 0,4 a 2,13 m³/s, en un lapso de 36 años (Ministerio de Obras Públicas, 2008b).

Debido a la variabilidad climática que lleva a una fluctuación del recurso hídrico, el uso tradicional de los bofedales como fuente principal para el pastoreo, ha requerido la gestión del manejo del riego, la que es practicada por las comunidades a través de la mantención de una red de canales, los que son necesarios limpiados cada año (Meza y Díaz, 2014). Como esa operación demanda mano de obra, el despoblamiento ha disminuido esa práctica, lo que ha llevado a la disminución de la superficie irrigada.

Actualmente, las comunidades de Caquena y Piasalla tienen libre acceso al recurso hídrico de los humedales en el territorio para que el ganado doméstico aproveche el pasto y el agua de los bofedales. Las limitaciones son de índole climáticas, que como se señaló antes, producen en algunas ocasiones disminución del recurso hídrico y los pastores deciden llevar los animales a otros bofedales cercanos, como ocurre en la comunidad de Piasalla.

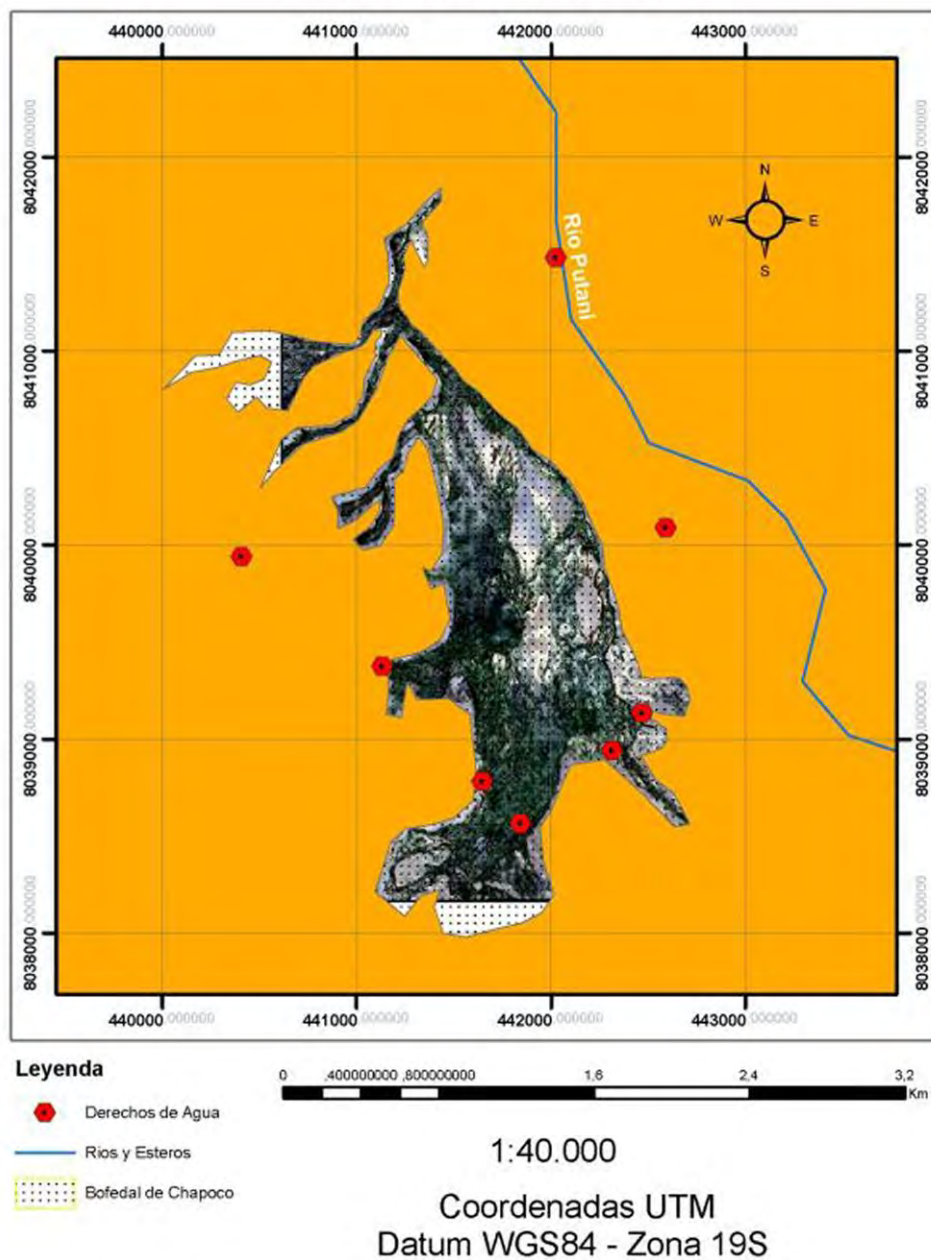
Respecto a derechos de aprovechamiento de agua concedidos, en la tabla 4.1. se señalan los derechos consuntivos entregados en las áreas de estudio, cuyo uso es para la bebida, el uso doméstico, el riego y el saneamiento. Las ubicaciones de los derechos de aprovechamiento de agua concedidos, están en las cercanías de los bofedales de Chapoco y Caquena (ver Mapas 4.2. y 4.3.). Mientras, no se encuentran derechos de agua concedidos en las cercanías de los bofedales de Laitani y Taipuma.

Tabla 4.1. Derechos de agua concedidos en las áreas de estudio. Todos son derecho consuntivo, de aguas superficiales y corrientes, con ejercicio permanente y continuo.

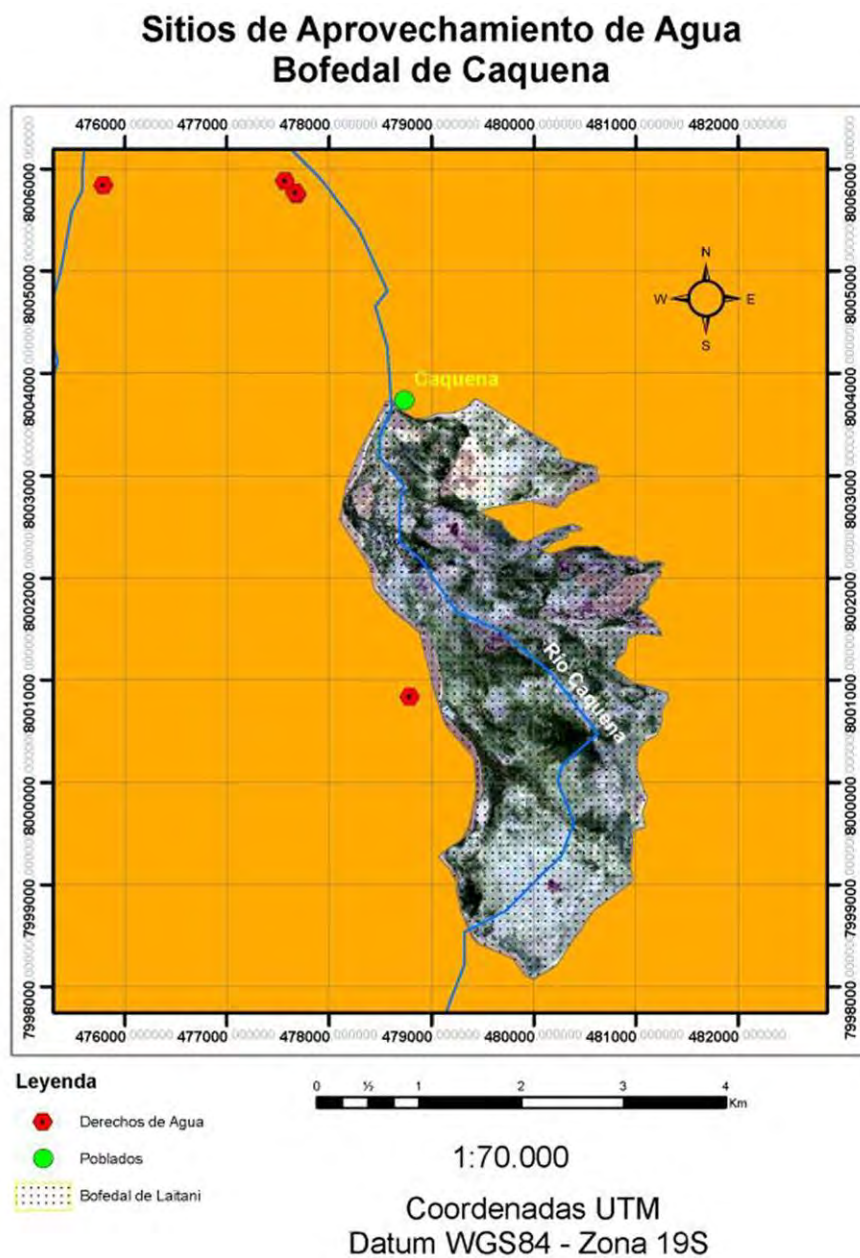
N°	Código de Expediente	Nombre Solicitante	Clasificación Fuente	Uso del Agua	Caudal Anual Prom L/s	UTM Norte Captación (m)	UTM Este Captación (m)
747	NR-1502-208	SEVERO LEONARDO LLUSCO YUCRA	Vertiente	Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	2,4	8.006.110	477.894
748	NR-1502-208	SEVERO LEONARDO LLUSCO YUCRA	Vertiente	Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	10	8.006.125	477.877
749	NR-1502-208	SEVERO LEONARDO LLUSCO YUCRA	Vertiente	Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	7,1	8.006.238	477.777
1241	NR-0102-22	JUNTA VECINAL N° 6 CAQUENA	Rio/Estero	Riego	951,3300	8.001.200	479.000
1242	NR-0102-22	JUNTA VECINAL N° 6 CAQUENA	Rio/Estero	Riego	80	8.006.200	476.000
820	NR-0102-636	BERNARDO FLORES BLAS	Vertiente	Riego	2,7	8.041.843	442.235
821	NR-0102-636	BERNARDO FLORES BLAS	Vertiente	Riego	0,6	8.041.762	422.195
822	NR-0102-637	BERNARDO FLORES BLAS	Rio/Estero		6,3	8.040.304	440.614
995	NR-1502-1	COMUNIDAD INDIGENA DE PUTANI	Vertiente	Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	176	8.039.495	442.678
996	NR-1502-1	COMUNIDAD INDIGENA DE PUTANI	Vertiente	Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	20	8.039.303	442.523
997	NR-1502-1	COMUNIDAD INDIGENA DE PUTANI	Vertiente	Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	6,8000	8.039.146	441.853
998	NR-1502-1	COMUNIDAD INDIGENA DE PUTANI	Vertiente	Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	6,6000	8.038.929	442.050
999	NR-1502-1	COMUNIDAD INDIGENA DE PUTANI	Vertiente	Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	13,2000	8.039.737	441.339
1147	NR-1502-800003	COMUNIDAD INDIGENA DE VISVIRI	Rio/Estero		63,7500	8.040.450	442.800
1236	NR-1502-235	COMUNIDAD INDIGENA DE PUTANI	Rio/Estero	Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	191,2500	8.040.450	442.800

Fuente: DGA, 2016. http://www.dga.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx

Sitios de Aprovechamiento de Agua Bofedal de Chapoco



Mapa 4.2. Zonas de aprovechamiento de agua (derechos de agua concedidos) en las cercanías del bofedal de Chapoco (puntos rojos).



Mapa 4.3. Zonas de aprovechamiento de agua (derechos de agua concedidos) en las cercanías del bofedal de Caquena (puntos rojos).

4.3. HIDROQUÍMICA

Las tablas 4.1. y 4.2., resumen los valores de parámetros fisicoquímicos determinados para las muestras de agua en estudio. Si se desea conocer las propiedades químicas más importante de un agua se procede en general a determinar los iones fundamentales y algunas otras características, como salinidad, acidez y elementos de interés por cuenca hidrográfica. En Chile, el INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de normas técnicas, la norma chilena NCh 1333 ha sido preparada y declarada para aguas de distinto uso y establece los requisitos físicos, químicos, radioactivos y bacteriológicos que se debe cumplir. La contaminación se define por la presencia de materias extrañas que alteran o modifican las propiedades, tendiendo a deteriorar su calidad (Hem, 1985).

Tabla 4.1. Parámetros fisicoquímicos en muestras de agua bofedal de Caquena.

Sitio	T (°C)	C.E. (µS/cm)	pH (U)	O.D (%)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ (mg/l)
Cq1	11,52	1115	6,22	62,3	145	83	304
Cq2	9,98	1022	6,14	58,7	151	84	329
Cq3	11,07	1358	5,67	63,7	175	98	361
Cq4	8,49	1360	7,2	79,3	343	124	245
Cq5	8,80	1390	7,3	76,7	325	128	242
Cq6	7,46	1200	7,23	80,3	320	129	262
Cq7	8,50	1080	7,21	80,8	314	129	245
Cq10	7,24	160	7,36	85,6	97	16	13
Cq9	7,85	260	6,43	80,8	91	28	27
Cq8	10,26	270	6,75	74,2	55	28	25

Tabla 4.2. Parámetros fisicoquímicas en muestras de los bofedales de Taipuma, Laitani y Chapoco-Putani.

Sitio	T (°C)	C.E. (µS/cm)	pH (U)	O.D (%)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ (mg/l)
PT1	13,44	70	7,45	26,2	57	15	14
PT2	13,44	128	8,09	34	57	15	14
PT3	17,06	130	8,37	31,2	57	15	14
PT4	20,87	146	9,09	35,9	56	12	14
PL5	11,07	91	7,67	31	67	14	9
PL6	16,43	99	7,6	23,8	68	15	9
PL7	17,04	116	7,45	21,9	71	12	10
PL8	15,7	199	7,41	30	80	18	78
PL9	20,02	439	7,94	24	162	13	94
PC10	6,72	227	8,14	50,1	75	19	57
PC11	8,24	236	8,18	47,9	70	14	55
PC12	9,13	226	8,23	45,6	73	15	56
PC13	10,79	234	8,34	46,1	71	14	56

Las aguas subterráneas y de deshielos de calidad excepcional, de muy buena calidad y de buena calidad, que dan origen a las surgencias, vertiente, manantiales y ríos altoandinos del altiplano de la región de Arica y Parinacota y que se conjugan con las características de los suelos generando los bofedales en estudio, se les debe asignar un doble valor: un valor en relación al uso, por su utilización como recurso para el abastecimiento de agua a comunidad rural, de riego para el bofedal y de consumo animal y un segundo valor por permanecer en el acuífero, ya que es garantía de suministro constante para los canales y curso del río, mantenimiento de los ecosistemas acuáticos y vegetacionales y soporte estructural. El valor del agua superficial de un bofedal, puede ser alterado por la pérdida de su calidad química debido a contaminación.

La temperatura de las aguas los bofedales en estudio presentan oscilaciones diarias con un rango de temperatura observado entre 6,7 °C y 20,8 °C (Figura 4.4). Las variaciones de temperatura en las aguas superficiales se deben a la exposición de la radiación solar durante el día y a su vez se ve influenciada por la baja temperatura del aire en el Altiplano de la región. Los bofedales de Taipuma ($16,2 \pm 3,5$ °C) y Laitani ($16,1 \pm 3,2$ °C) presentaron temperaturas promedios similares entre si y mayores que aquellas temperaturas promedios del bofedal de Caquena ($9,1 \pm 1,5$ °C) y Chapoco-Putani ($8,7 \pm 1,7$ °C).

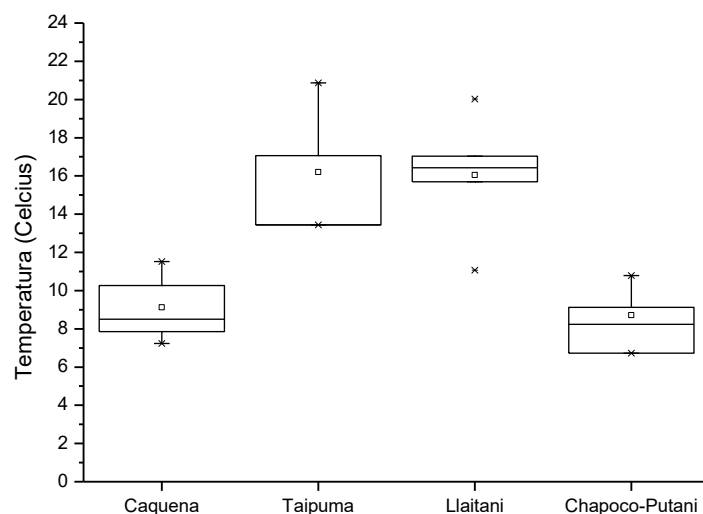


Figura 4.4. Distribución estadística de valores de temperatura para los bofedales

Los valores de pH obtenidos de las muestras de agua en los cuatro bofedales (Figura 4.5.) varían entre 5,67 (levemente ácido) y 9,09 (alcalino) unidades de pH, sin embargo, las aguas del bofedal de Caquena presentan un pH promedio neutro ($\text{pH } 6,8 \pm 0,6$) y las aguas de los otros tres bofedales son clasificadas como levemente alcalinas: bofedal de Taipuma $\text{pH } 8,3 \pm 0,7$; bofedal de Laitani $\text{pH } 7,6 \pm 0,2$ y bofedal de Chapoco-Putani $\text{pH } 8,2 \pm 0,1$. Las aguas del bofedal de Caquena son de mayor acidez debido a que éstas circulan por terrenos y suelos con sedimentos volcánicos. Las aguas superficiales de los cuatro bofedales tienen una capacidad de buffer o tampón, restringido a la acidificación. Es conocido que la acidez de las aguas aumenta (disminuye pH) a medida que el sitio de muestreo se acerca al origen del escurrimiento (Hem, 1985).

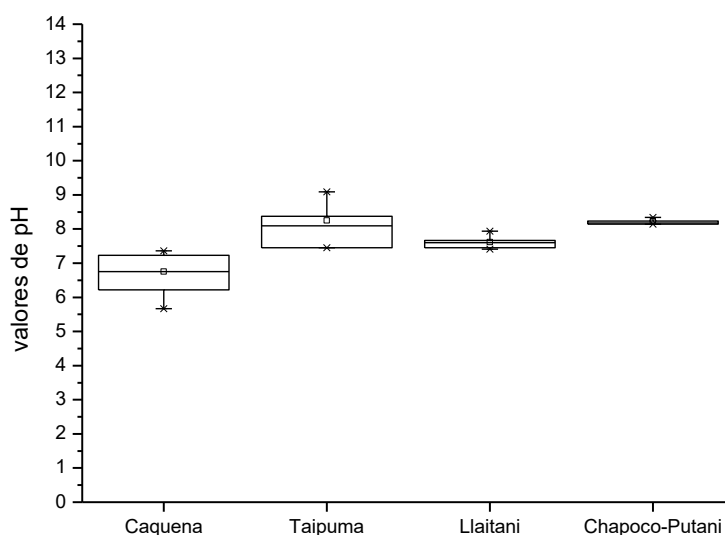


Figura 4.5. Distribución estadística de valores de pH para los bofedales

La conductividad eléctrica de una muestra de agua representa la salinidad del agua, ya que existe una relación directa entre esta medición y los contenidos de sólidos totales disueltos STD (filtración a 0,45 μm) determinados por gravimetría a 105°C. En consecuencia se puede realizar la clasificación geoquímica de las aguas (aguas dulces 0-3.000 mg/l, salinas 3.000 – 10.000 mg/l, saladas 10.000 – 100.000 mg/l y/o salmueras sobre 100.000 mg/l) en base al valor de la CE. Todas las muestras de agua fueron clasificadas como agua dulce, sin embargo, se puede observar una gran variabilidad del contenido de especies disueltas que conducen la electricidad. Las figura 4.3 muestra los estadísticos básicos para el parámetro en los cuatro bofedales.

En el bofedal de Caquena la C.E. de las aguas presentó la mayor variabilidad entre 160 y 1.390 $\mu\text{S}/\text{cm}$, encontrando aguas extremadamente diluidas en el sector suroeste del bofedal, debido a la cercanía de los sitios seleccionados a los nevados y circulación por un terreno menor desde su origen hasta el cauce del río Caquena, contrariamente, las aguas del cauce del río Caquena y los canales del sector noreste del bofedal presentan una importante mineralización, es decir, las aguas superficiales en escorrentía incorporan sustancias solubles desde la corteza, a medida que circulan por el terreno. El valor promedio en bofedal de Caquena indica una CE de $925 \pm 494 \mu\text{S}/\text{cm}$.

En los bofedales del área de la comunidad de Piasalla, las aguas son bastante más diluidas que aquellas del bofedal de Caquena y no presentan gran variabilidad. El bofedal de

Taipuna posee las aguas de menor contenido iónico $119 \pm 33 \mu\text{S/cm}$, le sigue el bofedal de Llaitani, pero, con una mayor variabilidad $189 \pm 146 \mu\text{S/cm}$ y en el bofedal de Chapoco-Putani se determinó un promedio de $231 \pm 5 \mu\text{S/cm}$.

Según la clasificación de aguas para riego (NCh1333) y en base a C.E., se determinó que aquellas entre $90 - 250 \mu\text{S/cm}$ son de baja salinidad; entre $250 - 759 \mu\text{S/cm}$ de salinidad media y aquellas entre 750 y 2.250 son salinas y generalmente se requiere un buen drenaje y/o cultivos resistentes. Sobre $2.250 \mu\text{S/cm}$ es considerada salinidad extrema para ciertos cultivos no tolerantes.

Las aguas que poseen una CE inferior a $600 \mu\text{S/cm}$ son de clase excepción, lo que implica un agua de la mejor calidad, que por su extraordinaria pureza y escasez, forma parte única del patrimonio ambiental. Esta calidad es adecuada para la conservación de las comunidades acuáticas. La baja salinidad de las aguas del bofedal de las comunidades de Piasalla y de aquellas aguas del bofedal de Caquena cercana a su origen, suscitan a la comunidad que deben poseer un programa de protección y de la mantención de la excelente calidad de las aguas. Las buenas prácticas de un cuerpo o curso de agua para gestionar la calidad, de manera de salvaguardar el aprovechamiento del recurso, la protección y conservación de las comunidades acuáticas, maximizando los beneficios sociales, económicos y ambientales.

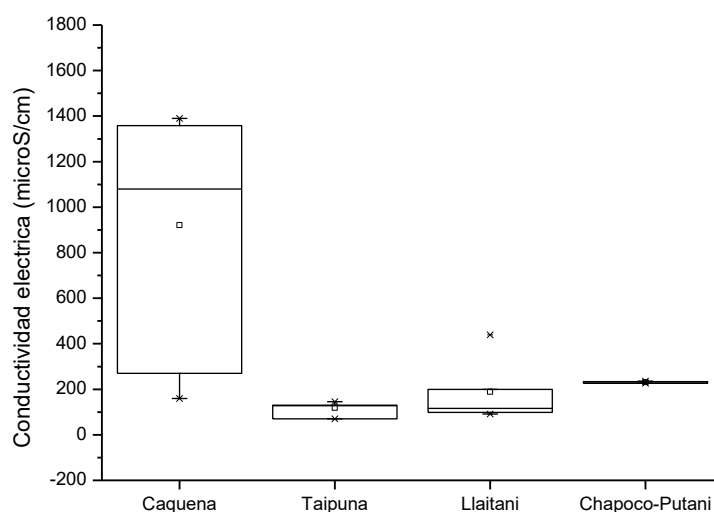


Figura 4.6. Distribución estadística de valores de C.E. para los bofedales

La concentración de oxígeno disuelto en las aguas presenta diferencias en los cuatro bofedales, el mayor porcentaje de saturación de oxígeno se encontró en bofedal de Caquena, atribuible a el mayor caudal del río Caquena y en consecuencia la turbulencia apoya en la solubilización del oxígeno. Los contenidos en los bofedales de la comunidad de Piasalla fueron similares y con escasa variabilidad. La oxigenación del agua es de vital importancia en la salud del sistema. El oxígeno debe ser mayor a 7,5 mg/L para clasificar como un agua de muy buena calidad. Es normal encontrar aguas oxigenadas en un curso de agua y aguas sin oxígeno en aguas estancadas. (Figura 4.7.).

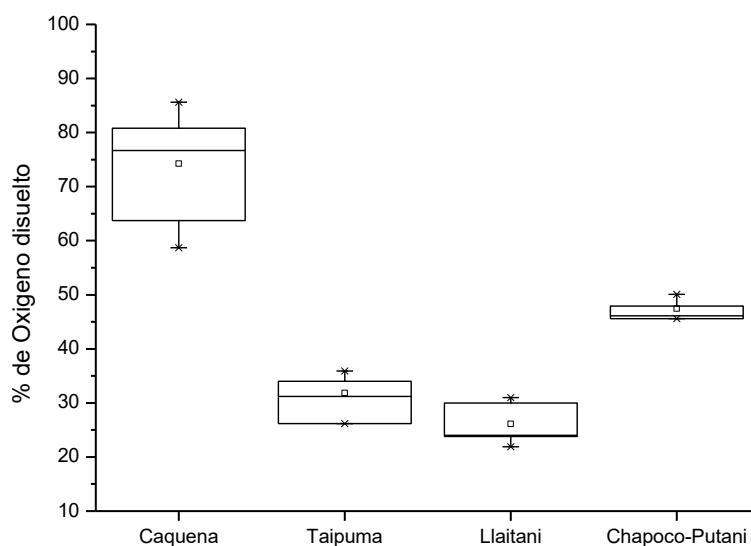


Figura 4.7. Distribución estadística de valores de oxígeno disuelto para los bofedales

Los valores observados de las concentraciones medidas de los micronutrientes fósforo como fosfato y nitrógeno como nitrato son adecuadas para la mantención y desarrollo de las comunidades acuáticas de los bofedales, sin embargo, la figura 4.5. que detalla una pendiente de 15 para la relación N/P en aguas continentales donde la fotosíntesis y respiración de los organismos está en equilibrio dinámico, muestra que para el bofedal de Caquena una limitación por nitrato y aquellas aguas de los bofedales de la comunidad de Piasalla están limitados en fósforo. Los ciclos biogeoquímicos de estas especies son responsables de la gran variabilidad; cualquier aporte de desechos de animales y detritus-humus aportará estos nutrientes en el agua. La protección y mantención de la calidad de las aguas de los bofedales, evitará un estado trófico de los cuerpos de agua.

Por su parte, solamente en el bofedal de Caquena las concentraciones de boro en las aguas (2,29 – 0,28 mg/l) presentan relación con la salinidad de éstas, es decir, a medida que aumenta la salinidad, el contenido de boro se concentra y también aumenta. En el caso de los bofedales de la comunidad de Piasalla, solamente el bofedal Taipuma presenta una concentración importante del metaloide (0,25 mg/l) y no se correlacionó con los valores de CE. Contenidos de boro superior a 0,75 mg/l no son recomendables para cultivos, con excepción de aquellos cultivos tolerantes al boro.

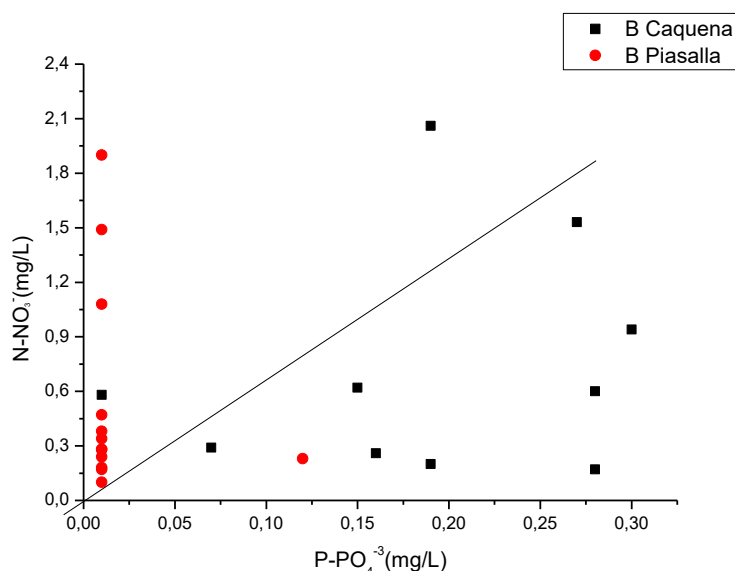


Figura 4.8. Curva de N-NO_3^- en función de la concentración de P-PO_4^{3-} , para la relación de fotosíntesis y respiración en equilibrio

En el análisis de aniones y cationes mayoritarios en bofedal de Caquena (Figuras 4.9. y 4.10., respectivamente) podemos concluir que se presentan tres tipos de agua. Las aguas mas diluidas son del tipo bicarbonatadas sódica magnésica $\text{Na} > \text{Mg} / \text{HCO}_3$ (Cq9 y Cq10), aquellas aguas del curso del río Caquena son sulfatadas magnésicas Mg/SO_4 (Cq1-Cq4) y las muestras de agua colectadas en la parte noreste del río Caquena (Cq5-Cq7) son aguas del tipo sulfatadas cloruradas magnésica $\text{Mg}/\text{Cl} > \text{SO}_4$. La muestra obtenida del sitio Cq8 no posee igual comportamiento y se define del tipo bicarbonatada clorurada sódica $\text{Na}/\text{HCO}_3 > \text{Cl}$, evidenciando dilución de la sal cristalina y muy soluble en agua, NaCl, cloruro de sodio. El quimismo de las aguas establece que aquellas aguas diluidas de la llanura cercana a volcanes y nevados son de origen meteórico y deshielos, por su predominio en

bicarbonatos y son similares a aguas de ríos del mundo, con excepción que contienen mayor proporción de magnesio que de calcio. Aquellas aguas del cauce del río deben su predominio en sulfatos, al efecto de la mineralización de terrenos volcánicos. El aumento de cloruros en las aguas del noreste se atribuye a disolución de rocas.

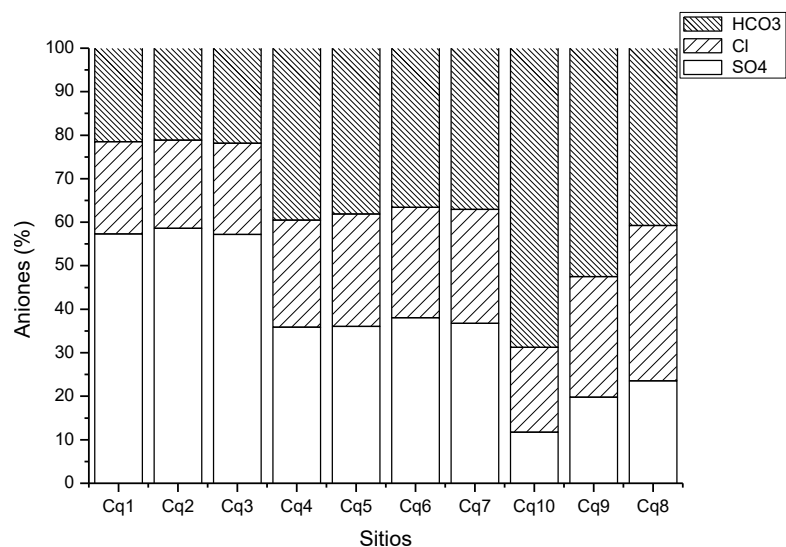


Figura 4.9. Proporción de aniones mayoritarios en aguas del bofedal de Caquena

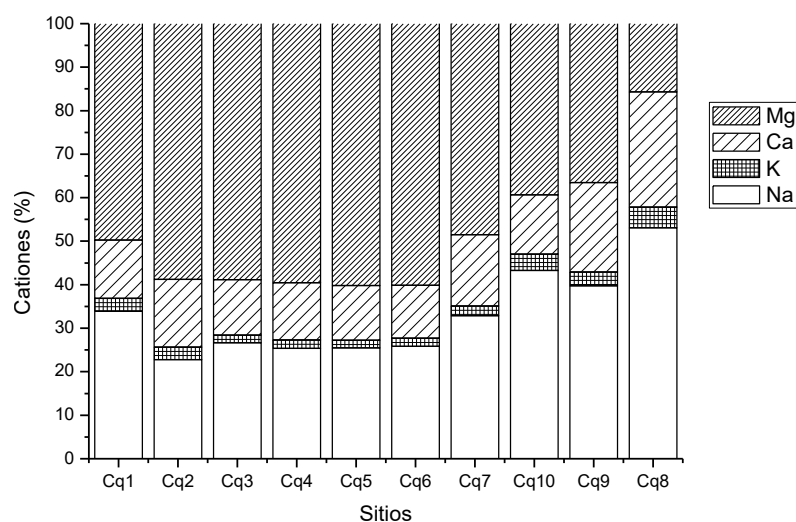


Figura 4.10. Proporción de cationes mayoritarios en aguas del bofedal de Caquena.

Para los bofedales de la comunidad de Piasallla, encontramos dos tipos de agua según la proporción de aniones y cationes mayoritarios (Figuras 4.11. y 4.12., respectivamente).

Los bofedales de Taipuma y Laitani poseen agua de similar quimismo y son clasificadas por iones dominantes como bicarbonatadas magnésicas cálcicas sódicas $Mg > Ca > Na/HCO_3$, en consecuencia, su origen es meteórico. Las aguas del bofedal de Chapoco-Putani presentó un equivalente proporción de iones bicarbonatos y sulfatos, éstas son clasificadas como aguas cloruradas sulfatadas magnésicas cálcicas sódicas $Mg > Ca > Na/Cl > SO_4$. Risacher et al., 1999, reporta que las aguas que reciben mineralización a través de alteración de rocas tienen valores de cloruros inferiores a 200 mg/L.

Los contenidos de iones mayoritarios clasifican a las aguas de los cuatro bofedales de buena calidad no sobrepasando los valores considerados aptos para aguas de riego (NCh1333). Las concentraciones de sodio son el factor limitante para cultivos por el valor que condiciona el RAS.

Finalmente, la figura 4.13. muestra una muy buena correlación lineal entre las mediciones de conductividad eléctrica y los valores obtenidos para cloruros ($r^2 = 0,92$) y para sulfatos ($r^2 = 0,91$). El bicarbonato acusó una menor correlación ($r^2 = 0,77$).

Las validaciones de las mediciones de conductividad eléctrica y pH en las muestras de agua se corroboraron con las gráficas lineales de estos parámetros medidos en terreno sobre los 4500 msnm y aquellas mediciones realizadas en el laboratorio a nivel del mar. La pendiente de la curva de CE (figura 4.14) es 1,1 y el coeficiente de correlación de $r^2 = 0,98$. La pendiente de la curva (figura 4.15) de pH es 0,95 y coeficiente de correlación $r^2 = 0,76$.

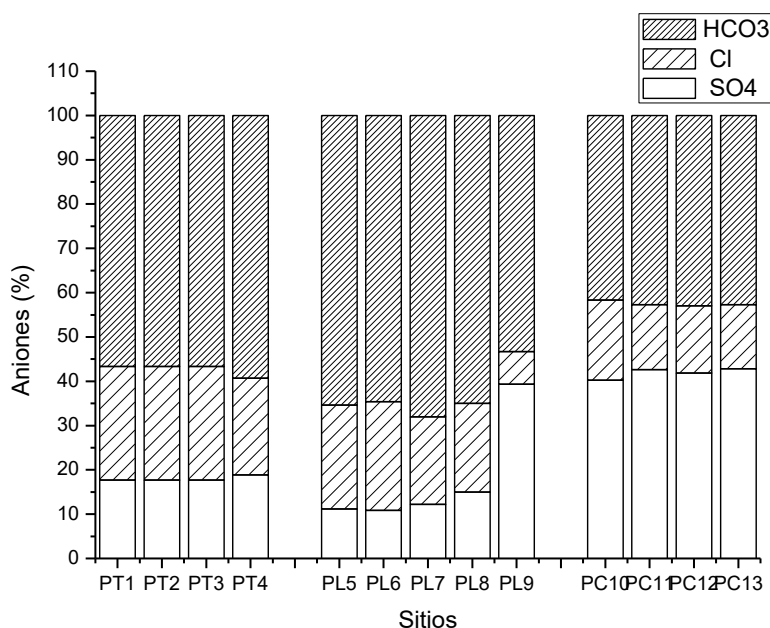


Figura 4.11. Proporción de aniones mayoritarios en aguas de los bofedales de Taipuma, Latani y Chapoco-Putani

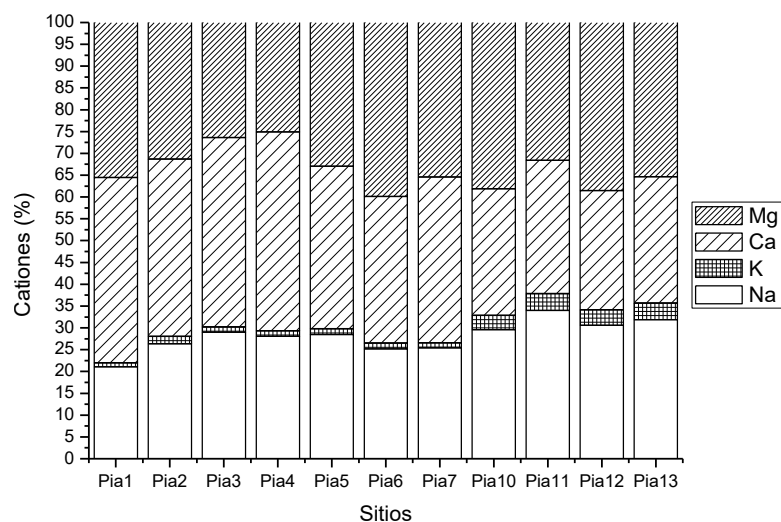


Figura 4.12. Proporción de aniones mayoritarios en aguas de los bofedales de Taipuma, Laitani y Chapoco-Putani

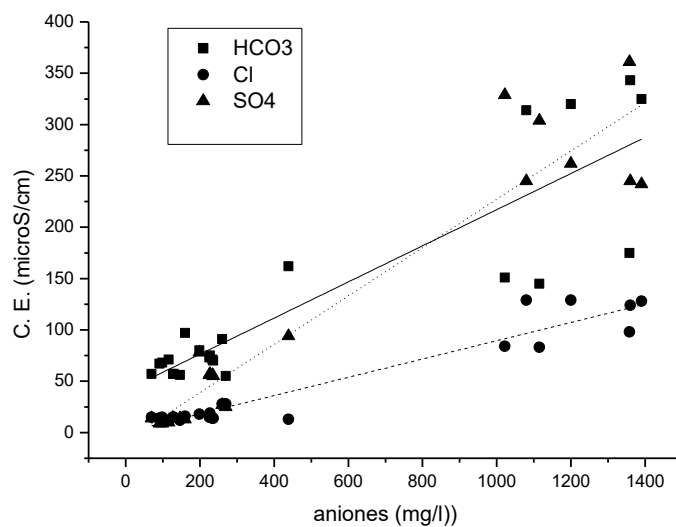


Figura 13. Relación lineal entre la conductividad eléctrica y la concentración de aniones mayoritarios.

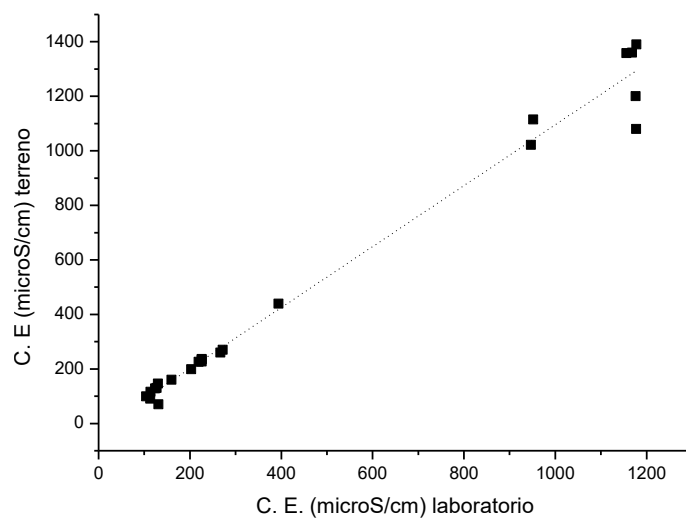


Figura 14. Relación lineal entre la conductividad eléctrica medidas en terreno y laboratorio.

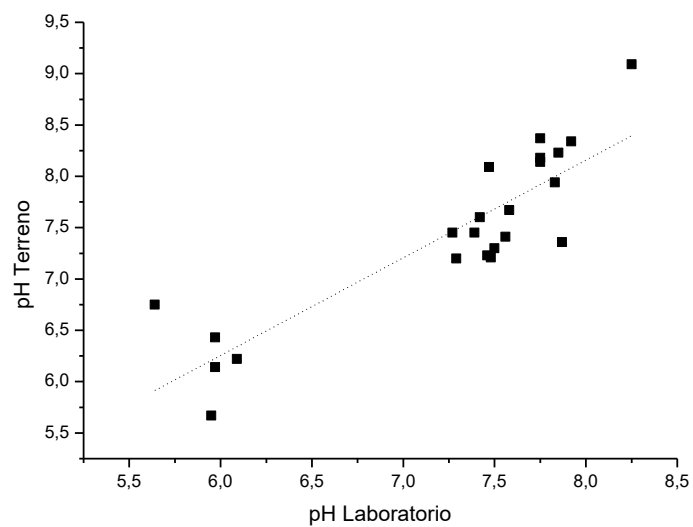


Figura 15. Relación lineal entre el pH medido en terreno y laboratorio.

CAPÍTULO 5

CARACTERIZACIÓN BIÓTICA

5. CARACTERIZACIÓN BIÓTICA

5.1. FLORA Y VEGETACIÓN

5.1.1. CAQUENA

En el bofedal de Caquena, respecto a la cobertura de las zonas de los canales, los datos resumidos muestran una clara dominancia de *Lilaeopsis macloviana*, *Ranunculus uniflorus*, *Potamogeton* sp. y *Azolla filiculoides* (Tabla 5.1.). En zonas de cojín, la dominancia perteneció a *Oxychloe andina*, *Distichia muscoides*, *Carex marítima* y *Deyeuxia curvula*. En pajonal, las especies más representativas en lo que respecta a cobertura fueron *Deyeuxia* sp, *Festuca chrysophylla* y *Polylepis tarapacana*. Finalmente, en áreas de tolar las especies con mayor dominancia fueron *Parastrephia quadrangularis*, *Parastrephia lepidophylla*, *Parastrephia lucida*, *Pycnophyllum bryoides* y *Azorella compacta*.

Tabla 5.1. Porcentajes de Cobertura de especies vegetacionales en bofedal Caquena.

área especie	Porcentaje cobertura promedio (Canal)	Porcentaje cobertura promedio (Cojín)	Porcentaje cobertura promedio (Pajonal)	Porcentaje cobertura promedio (Tolar)
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	18			
<i>Ranunculus uniflorus</i>	20			
<i>Azolla filiculoides</i>	15			
<i>Potamogeton</i> sp	20			
<i>Calandrinia compacta</i>		5		
<i>Bryum</i> sp	>5	5		
<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	>5			
<i>Lobelia oligophylla</i>	5			
<i>Poa</i> sp.	>5	>5		
<i>Deyeuxia</i> sp.	>5	10		10
<i>Arenaria rivularis</i>	>5			
<i>Oxychloe andina</i>	30			
<i>Distichia muscoides</i>		20		

área especie	Porcentaje cobertura promedio (Canal)	Porcentaje cobertura promedio (Cojín)	Porcentaje cobertura promedio (Pajonal)	Porcentaje cobertura promedio (Tolar)
<i>Carex marítima</i>		15		
<i>Deyeuxia curvula</i>	18			>1
<i>Zameiocrisus atacamensis</i>		5		
<i>Deyeuxia sp2</i>	>5	>5		5
<i>Werneria pygmaea</i>		>5		
<i>Arenaria rivularia</i>		>5		
<i>Lachemilla diplophylla</i>	10	5		
<i>Festuca chrysophylla</i>			35	10
<i>Polylepis tarapacana</i>				20
<i>Parastrephia quadrangularis</i>			10	10
<i>Parastrephia lucida</i>			5	10
<i>Parastrephia lepidophylla</i>			15	30
<i>Azorella compacta</i>				5
<i>Pycnophyllum bryoides</i>			5	5

Mediciones morfológicas

Dentro del estrato medido en pajonal y tolar, las especies que presentaron mayor altura correspondieron a *Polylepis tarapacana* y *Parastrephia lepidophylla*. Esta última especie presentó flores durante la época de muestreo, al igual que *A. compacta* (tabla 5.2.)

Tabla 5.2. Detalle de las características morfológicas de individuos de los sectores pajonal y tolar en Caquena.

Altura cm (N±d.e.)	Especie
21, 9 (25; ± 5,8)	<i>Festuca chrysophylla</i>
55, 1 (45; ± 13,4)	<i>Parastrephia quadrangularis</i>
80, 6 (35; ± 13,8)	<i>Parastrephia lucida</i>
86,7 (19; ± 6,3)	<i>Parastrephia lepidophylla</i>
198,7 (15; ± 5,1)	<i>Polylepis tarapacana</i>
4,5 (11; ± 4,6)	<i>Deyeuxia curvula</i>
6,7 (19; ± 6,3)	<i>Deyeuxia sp2</i>

5.1.2. PIASALLA

Los datos representativos a los porcentajes de cobertura, están entregados como un total, a pesar de tratarse de tres bofedales (bofedal de Taipuma; bofedal de Laitani y bofedal de Chapoco-Putaní), éstos se encuentran dentro del polígono de influencia del estudio (tabla 5.3.).

Tabla 5.3. Porcentajes de Cobertura de especies vegetacionales en bofedales del polígono de Piasalla (datos denotan medias de sectores estimadas en los tres bofedales muestreados).

área especie	Porcentaje cobertura promedio (Canal)	Porcentaje cobertura promedio (Cojín)	Porcentaje cobertura promedio (Pajonal)	Porcentaje cobertura promedio (Tolar)
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	15			
<i>Ranunculus uniflorus</i>	20			
<i>Cyperaceae</i>	15			
<i>Potamogeton sp</i>	20			
<i>Calandrinia compacta</i>		>5		
<i>Bryum sp</i>	>5			
<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	>5	>5		
<i>Lobelia oligophylla</i>	5			
<i>Poa sp.</i>	>5	>5		
<i>Deyeuxia sp.</i>	>5	10		
<i>Arenaria rivularis</i>	>5	>5		
<i>Distichia muscoides</i>		25		
<i>Carex marítima</i>		15		
<i>Deyeuxia curvula</i>		15		
<i>Zameiocrispus atacamensis</i>		5		
<i>Deyeuxia sp2</i>	>5	10		
<i>Werneria pygmaea</i>	5	10		
<i>Arenaria rivularia</i>	>1			
<i>Lachemilla diplophylla</i>	15	5		
<i>Festuca chrysophylla</i>			15	10
<i>Parastrephia quadrangularis</i>			10	5
<i>Deyeuxia chrysantha</i>			10	5

área especie	Porcentaje cobertura promedio (Canal)	Porcentaje cobertura promedio (Cojín)	Porcentaje cobertura promedio (Pajonal)	Porcentaje cobertura promedio (Tolar)
<i>Parastrephia lucida</i>			5	15
<i>Parastrephia lepidophylla</i>			5	10
<i>Azorella compacta</i>				>5
<i>Pycnophyllum bryoides</i>				5

Mediciones morfológicas

Dentro del estrato medido en pajonal y tolar, las especies que presentaron mayor altura correspondieron a *Parastrephia lepidophylla* y *Parastrephia lucida* con valores que fluctuaron entre los $76,5 \pm 5,3$ a $63,0 \pm 9,8$ centímetros, respectivamente (tabla 5.4.).

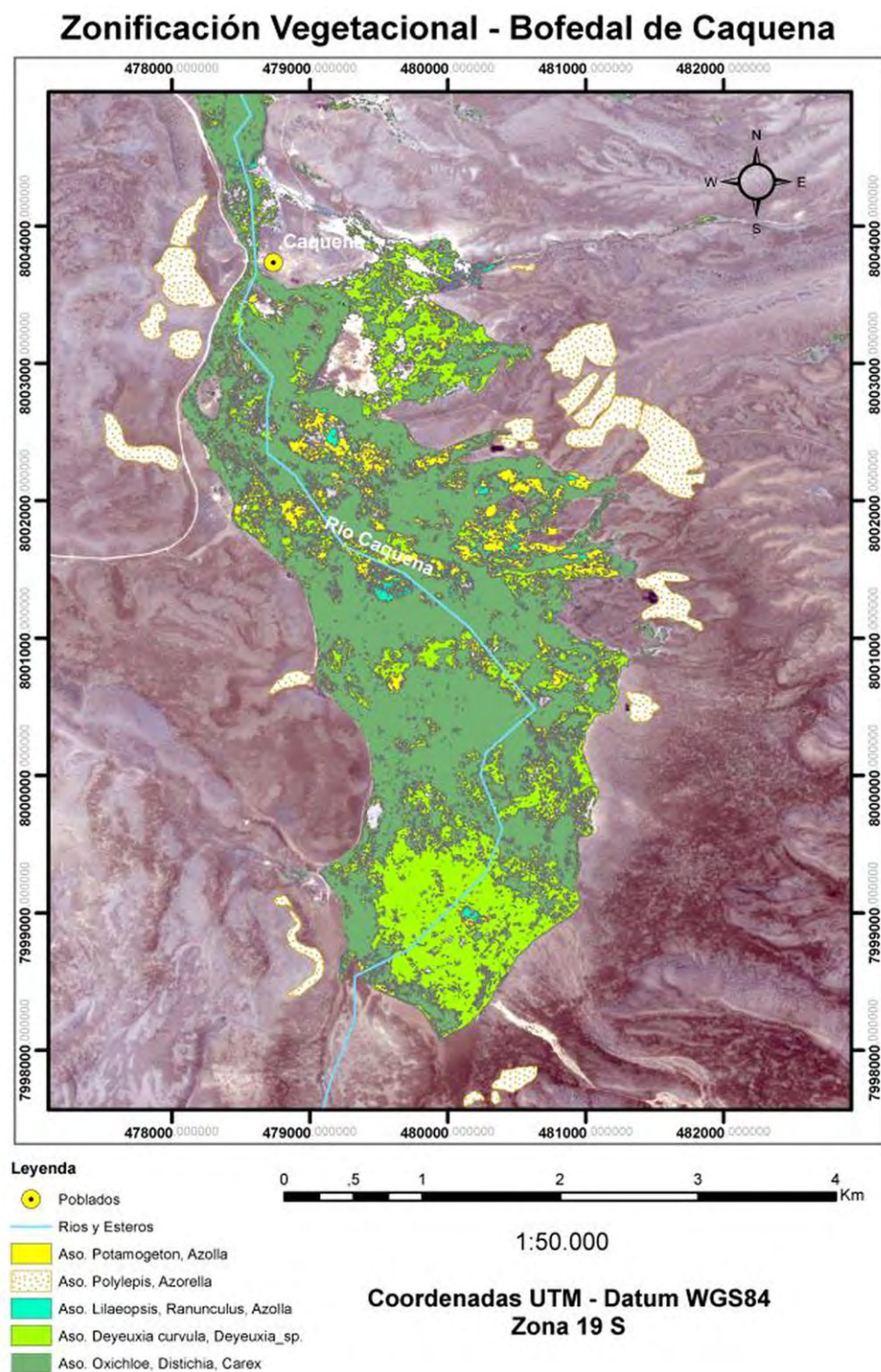
Tabla 5.4. Detalle de las características morfológicas de individuos de los sectores pajonal y tolar en bofedales dentro de la comunidad de Piasalla.

Altura cm (N $\pm$ d.e.)	Especie
19, 2 (35; $\pm$ 4,8)	<i>Festuca chrysophylla</i>
44, 1 (49; $\pm$ 10,1)	<i>Parastrephia quadrangularis</i>
63,0 (30; $\pm$ 9,8)	<i>Parastrephia lucida</i>
76,5 (21; $\pm$ 5,3)	<i>Parastrephia lepidophylla</i>
3,2 (10; $\pm$ 2,9)	<i>Deyeuxia curvula</i>
5,5 (21; $\pm$ 4,3)	<i>Deyeuxia sp2</i>

5.1.2. ANÁLISIS VEGETACIONAL A NIVEL BOFEDAL

5.1.2.1. Caquena

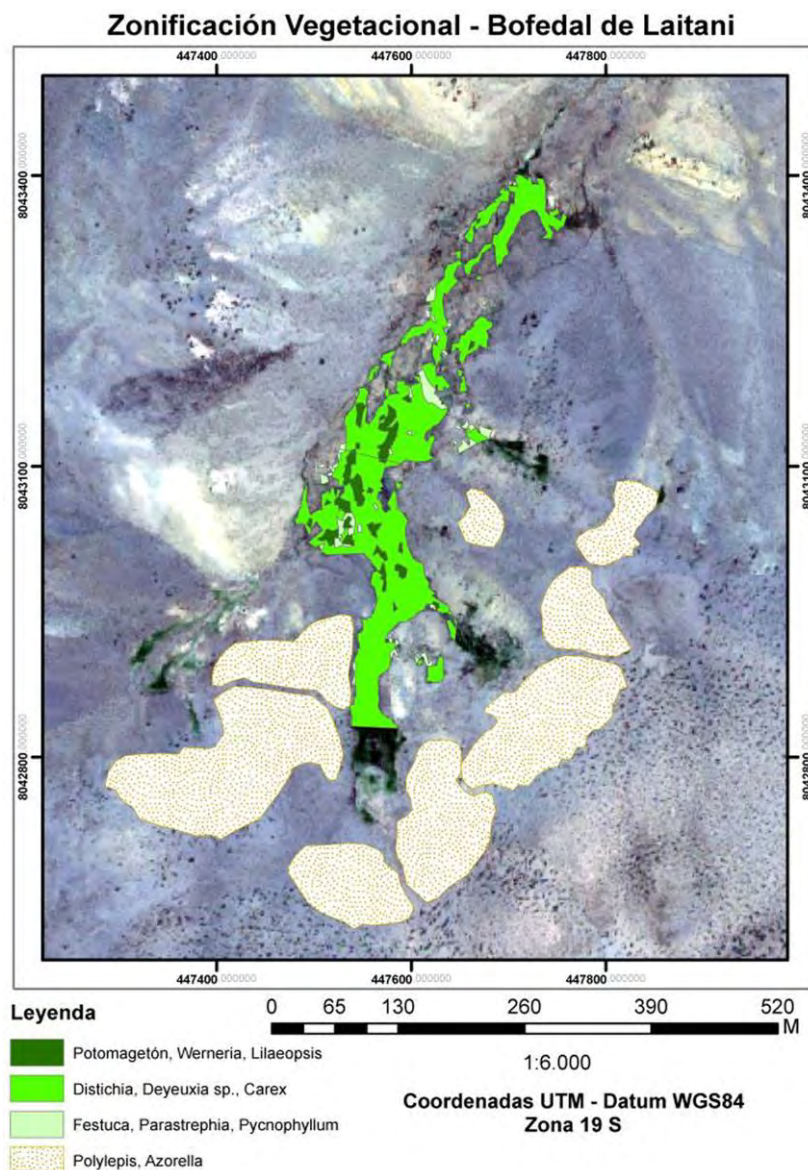
Este bofedal fue el área que presentó la mayor estratificación, en lo que respecta a asociaciones vegetacionales. Es así como pudo determinarse un total de 5 asociaciones vegetacionales, determinadas según la cobertura registrada. Las asociaciones presentes en este bofedal correspondieron a Asociación *Oxychloe*, *Distichia*, *Carex*, Asociación *Deyeuxia curvula*, *Deyeuxia sp.*, Asociación *Lilaeopsis*, *Ranunculus*, *Azolla*, Asociación *Polylepis*, *Azorella* (zonas de conservación) y Asociación *Potamogeton*, *Azolla*.



Mapa 5.1. Cartografía con detalle relativo a la zonificación vegetal del bofedal de Caquena. La asociación *Polylepis-Azorella* corresponde a zonas de conservación.

5.1.2.2. Laitani

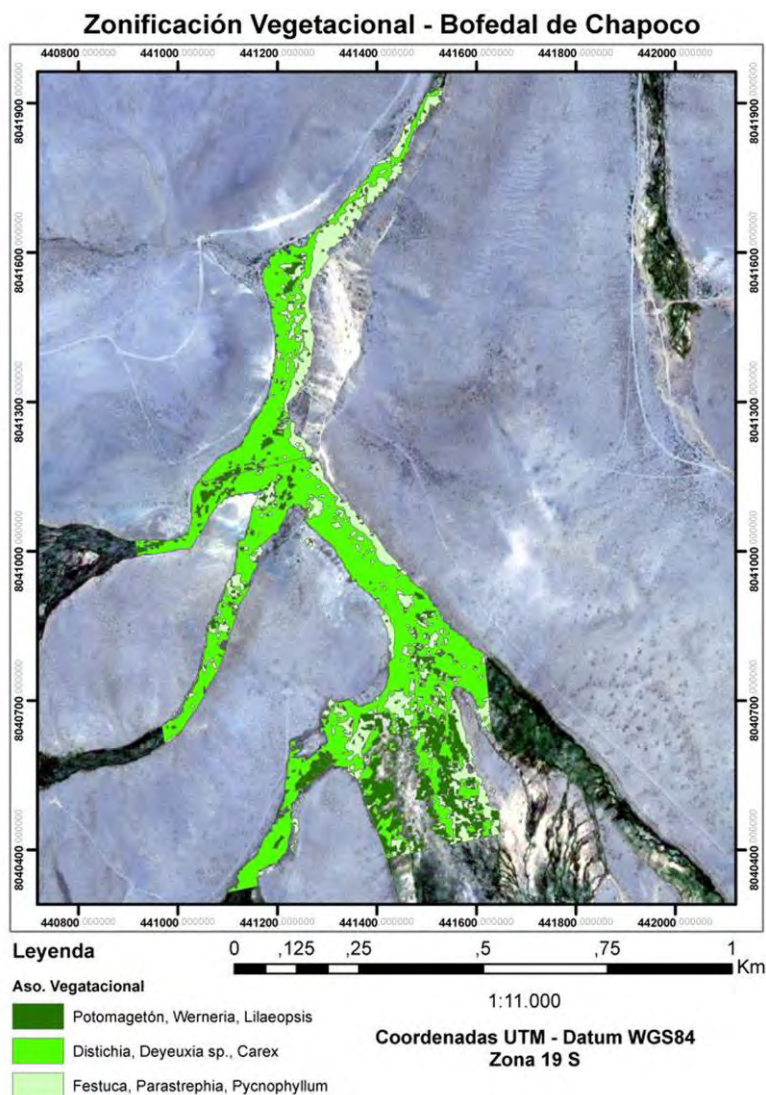
Al igual que en los otros bofedales, las tres formas de vida que pudieron determinar las asociaciones vegetacionales en este bofedal fueron especies epiacuáticas, especies de pajonal y especies de cojín. Las asociaciones registradas correspondieron a Asociación *Potamogeton*, *Ranunculus*, *Lilaeopsis*, Asociación *Distichia*, *Deyeuxia* sp. y Asociación *Festuca*, *Parastrephia* y *Pycnophyllum*. Una cuarta asociación fue registrada, que corresponde a la distribución de las especies *Polylepis* tarapacana y *Azorella* compacta, las cuales se representan como zonas de conservación.



Mapa 5.2. Cartografía con detalle relativo a la zonificación vegetal del bofedal de Laitani. La asociación *Polylepis-Azorella* corresponde a zonas de conservación.

5.1.2.3. Chapoco

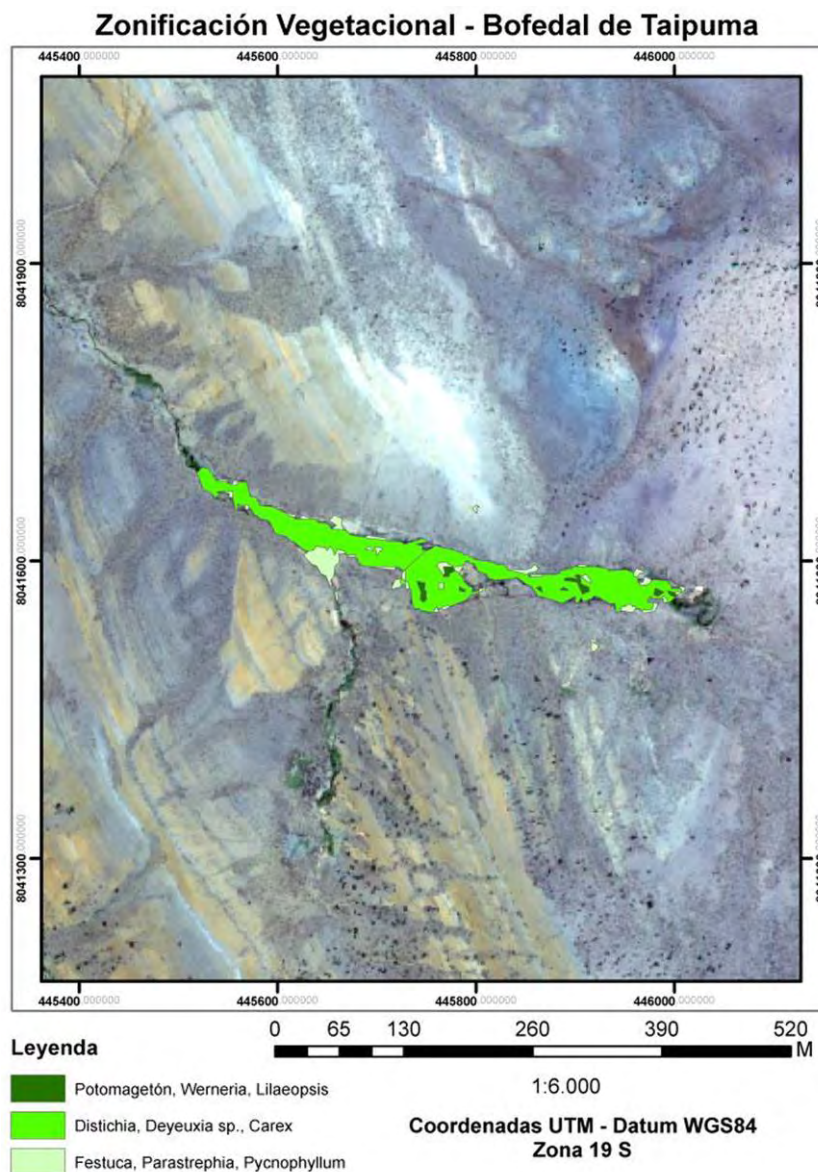
En este bofedal, pudo determinarse la presencia de tres asociaciones vegetacionales. La primera asociación correspondió a especies de vida epiacuática (Asociación *Potamogeton*, *Werneria*, *Lilaeopsis*), especies de cojín (Asociación *Distichia*, *Deyeuxia* sp., *Carex*) y especies presentes en los pajonales-tolares (Asociación *Festuca*, *Parastrephia* y *Pycnophyllum*).



Mapa 5.3. Cartografía con detalle relativo a la zonificación vegetal del bofedal de Chapoco.

5.1.2.4. Taipuma

Este bofedal, que presenta el menor tamaño de los estudiados, presentó tres asociaciones vegetacionales. Las asociaciones registradas fueron Asociación *Potamogeton*, *Ranunculus*, *Lilaeopsis*, Asociación *Distichia*, *Deyeuxia* sp., *Carex* y Asociación *Festuca*, *Parastrephia* y *Pycnophyllum*.



Mapa 5.4. Cartografía con detalle relativo a la zonificación vegetal del bofedal de Taipuma.

5.1.3. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS ESPECIES DE FLORA

En términos generales, las especies que se encuentran en categorías de conservación dentro del bofedal son *Polylepis tarapacana* y *Azorella compacta*. La primera de ellas, según el Ministerio de Medio Ambiente se encuentra catalogada como vulnerable. Las principales razones se asocian a la degradación del hábitat donde se encuentra, y la reducción de sus ejemplares producto del mal manejo de los bosques, debido a la falta de orientación técnica y silvicultural, producida a inicios del siglo XX, durante una intensiva actividad minera de azufre, que requería de considerables volúmenes de leña para combustible. Similar estado de conservación presenta *A. compacta*, aunque sus principales causas de decrecimiento poblacional se asocian con soportar una fuerte presión de explotación por su leña como combustible y las raíces y flores por su carácter medicinal. Los más explotados son los ejemplares adultos.

Tabla 5.5. Estados de conservación de las especies de flora.

Especie	Origen	Estado de Conservación (IUCN)	Estado de Conservación (MMA)	Forma de vida	Distribución
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	Nativa	No evaluado	No evaluado	Hierba acuática	XV a III
<i>Ranunculus uniflorus</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	Hierba acuática	XV-III VII-VIII X-XII
<i>Azolla filiculoides</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	Hierba acuática	XV a X
<i>Potamogeton sp</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	Hierba acuática	XV a X (género)
<i>Calandrinia compacta</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	Hierba	XV a IV
<i>Bryum sp</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	cojín	XV a IV (género)
<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	hierba	XV a II
<i>Lobelia oligophylla</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	hierba	XV a X
<i>Poa sp.</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	hierba	XV a X (género)
<i>Deyeuxia sp.</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	hierba	XV a X (género)
<i>Arenaria rivularis</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	hierba	XV a IV
<i>Oxychloe andina</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	cojín	XV a III
<i>Distichia muscoides</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	cojín	XV a II
<i>Carex marítima</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	hierba	XV a IV
<i>Deyeuxia curvula</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	hierba	XV a II
<i>Zameiocrisus atacamensis</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	hierba	XV a IV
<i>Deyeuxia sp2</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	hierba	XV a X (género)
<i>Werneria pygmaea</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	hierba	XV a V

Especie	Origen	Estado de Conservación (IUCN)	Estado de Conservación (MMA)	Forma de vida	Distribución
<i>Arenaria rivularia</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	hierba	XV a IV
<i>Lachemilla diplophylla</i>	endémica	No evaluado	No evaluado	hierba	XV a II
<i>Festuca chrysophylla</i>	nativa	No evaluado	No evaluado	Hierba	XV a IV
<i>Polylepis tarapacana</i>	nativa	Cercana a riesgos	Vulnerable	árbol	XV a II
<i>Parastrephia quadrangularis</i>	nativa	No evaluada	No evaluada	arbustiva	XV a II
<i>Parastrephia lucida</i>	nativa	No evaluada	No evaluada	arbustiva	XV a II
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	nativa	No evaluada	No evaluada	arbustiva	XV a II
<i>Azorella compacta</i>	nativa	No evaluada	Vulnerable	cojín	XV a III
<i>Pycnophyllum bryoides</i>	nativa	No evaluada	No evaluada	cojín	XV a II

5.1.4. COMENTARIOS DE LA VEGETACIÓN

A modo de analizar la zonificación de ambas zonas estudiadas, se pueden obtener diversas caracterizaciones en base al aspecto vegetacional. En el bofedal de Caquena, pueden distinguirse una serie de asociaciones al interior de éste. La primera asociación corresponde a cojines de vegetación formados principalmente por *Oxychloe andina*, *Distichia muscoides*, *Carex marítima* y *Deyeuxia curvula*, puede apreciarse en la foto satelital el amplio color blanquecino al sur del bofedal, hecho que se asoció a una alta abundancia de gramíneas secas en dicho sector. Otra asociación identificada en este bofedal corresponde a vegetación epi acuática en canal. Las especies que las conforman fueron *Lilaeopsis macloviana*, *Ranunculus uniflorus*, *Potamogeton* sp. y *Azolla filiculoides*. Cabe destacar, que el proceso de zonificación vegetacional no incluyó únicamente a la vegetación al interior del bofedal, sino que también se analizaron las asociaciones colindantes. Es así como se pueden identificar dos claras asociaciones de áreas secas, pajonal y tolar. La primera de ellas se encuentra dominada por *Deyeuxia* sp, *Festuca chrysophylla* y *Polylepis tarapacana*. Mientras que la zona tolar se encuentra compuesta por especies dominantes como *Parastrephia quadrangularis*, *Parastrephia lepidophylla*, *Parastrephia lucida*, *Pycnophyllum bryoides* y *Azorella compacta*.

Los bofedales estudiados en el polígono de Piasalla, difieren en las especies que componen las asociaciones de bofedal y canal, principalmente por la ausencia de cojines de *O. andina* y un aumento de *W. pygmaeae*. No obstante, se pudo analizar las mismas zonas de asociación vegetacional presentes en Caquena, con la presencia de cojines compuestos por *D. muscoides*, *Deyeuxia* sp, *C. marítima* y *W. pygmaeae*, zonas de canales formados principalmente por *Potamogeton*, *R. uniflorus* y *L. macloviana*, zonas de pajonal compuestas por *Festuca chrysophylla*, *D. Chrysanthus* y *P. quadrangularis*, y zonas de tolar dominadas por *P. lucida*, *P. quadrangularis* y *P. lepidophylla*.

5.2. FAUNA

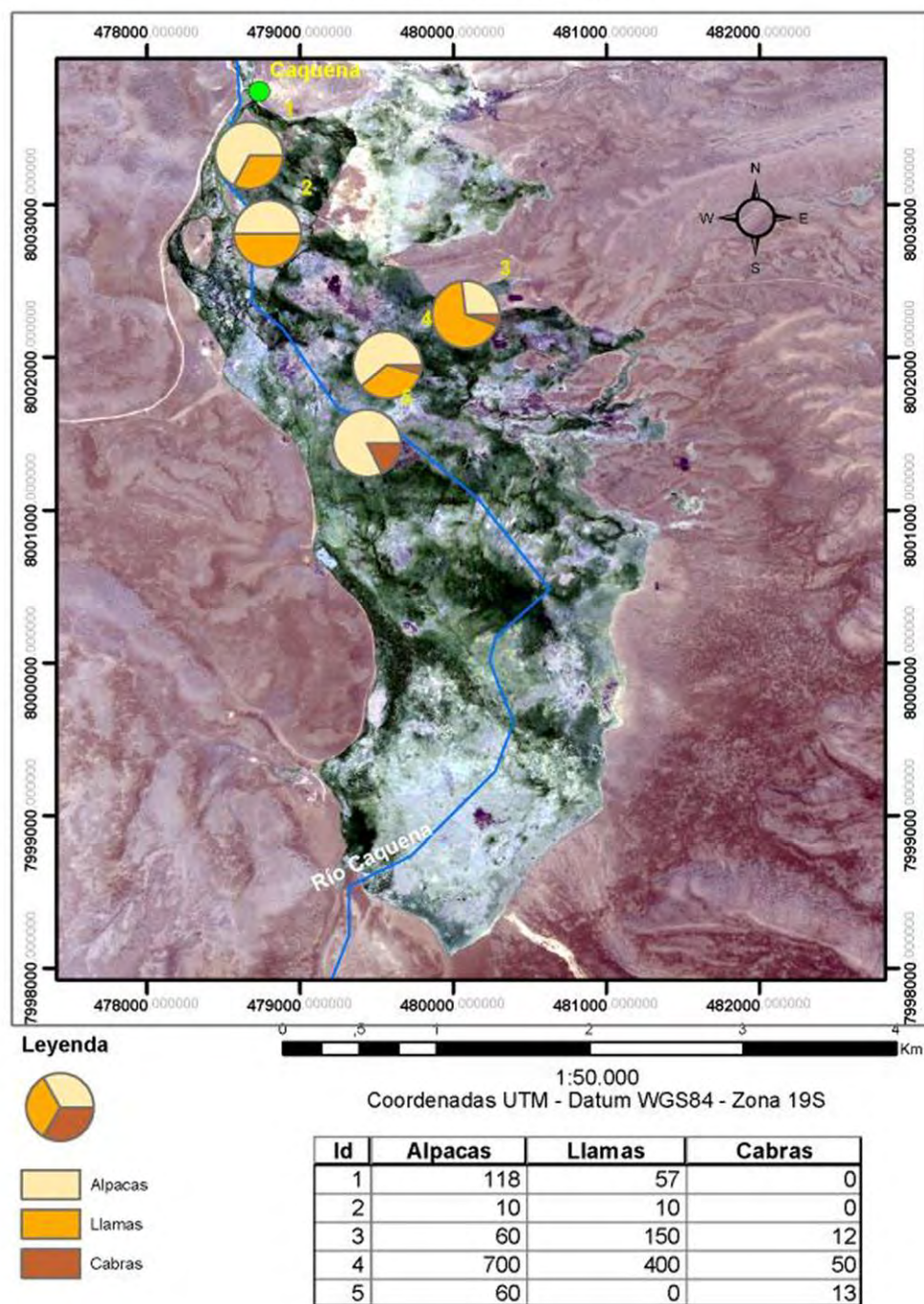
5.2.1. Caracterización del ganado doméstico

El ganado en el bofedal de la Comunidad Indígena de Caquena, se compuso principalmente por camélidos, tales como llamas (*Lama glama*) y alpacas (*Vicugna pacos*) siendo este último el más abundante. También hay presencia de ovejas (*Ovis aries*) y burros (*Equus africanus asinus*) siendo todos animales domésticos. La alimentación de los animales se basa en los cojines y pastos que se encuentran en el bofedal, también se alimentan de vegetación seca como pajonales y tolas. Se distribuyen por el bofedal y zonas aledañas, pero el bofedal se encuentra parcelado y cercado por lo que el espacio de pastoreo es limitado dentro del bofedal. Las alpacas tienen una mayor palatabilidad por la vegetación del bofedal, mientras las llamas se inclinan por los sectores secos (pajonales y tolas). El ganado es alimentado en el bofedal y en las zonas aledañas en épocas de lluvia, en invierno por el congelamiento permanente del bofedal hay escases en la oferta alimenticia, por esto se les entrega forraje de alfalfa.

Tabla 5.6. Levantamiento de información ganadera, Comunidad Indígena de Caquena

Nombre	Número de animales (indv)					
	Llamas	Alpacas	Ovejas	Cabras	Burros	Vacas
Ana Inquiltupa	150	60	12	0	0	0
Leonel Blanco Pacasa	57	118	0	0	0	0
Gabino Llusco Poma	10	10	0	0	0	0
Irene Huanca Choque Chambe	0	60	13	0	7	0
Cipriano Llusco Poma	400	700	50	0	0	0
TOTAL	617	948	75	0	7	0
TOTAL INDV	1647					

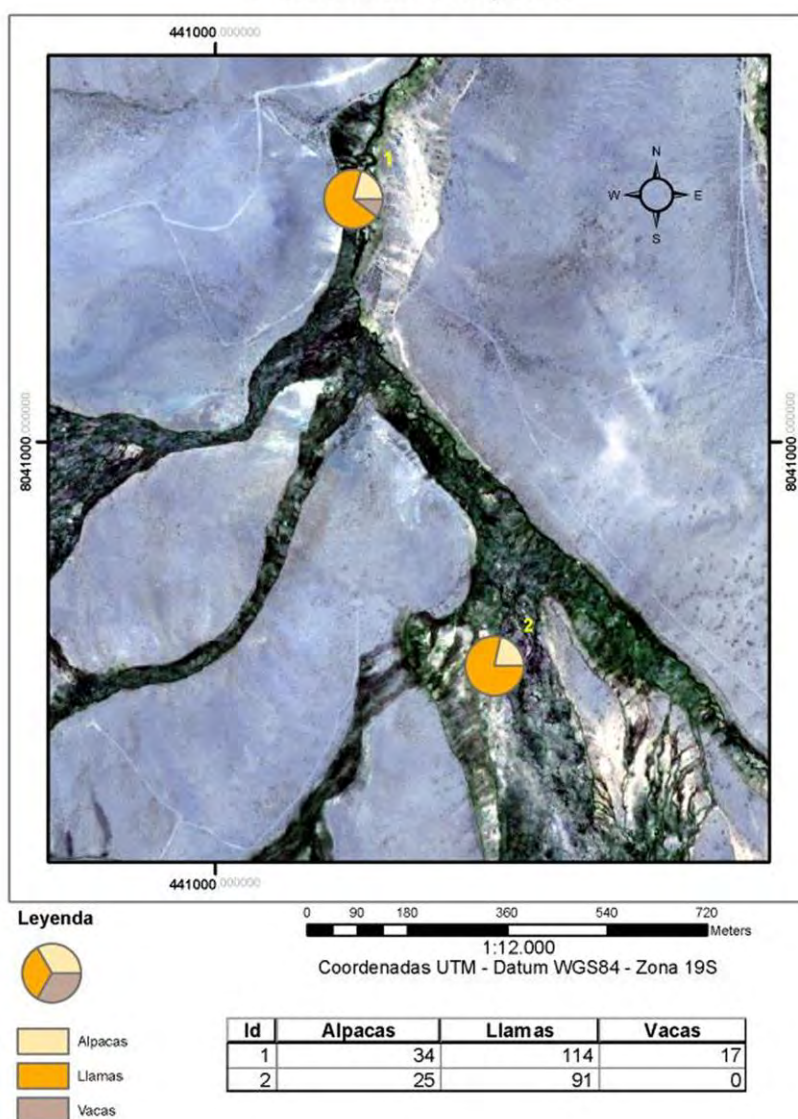
Distribución de Ganado Bofedal de Caquena



Mapa 5.5. Mapa distribucional del ganado en Caquena.

Por otro lado, en la C.I. de Piasalla, se registraron similares especies de animales, a excepción de ganado vacuno que no estuvo presente en Caquena. El ganado que se encuentra en los bofedales Laitani, Taipuma y Chapoco-Putani se compone principalmente por camélidos, tales como alpacas (*Vicugna pacos*) y llamas (*Lama glama*), siendo este último el más abundante (50% del ganado total). También se registraron vacas (*Bos taurus*), pero en muy menos abundancia. La alimentación de los animales se basa en los cojines y pastos que se encuentran en el bofedal, también se alimentan de vegetación como pajonales y tolares. Los animales se distribuyen por el bofedal y zonas aledañas, mientras que las vacas pastorean en zonas más secas como pajonal.

Distribución de Ganado Bofedal de Chapoco



Mapa 5.6. Mapa distribucional del ganado en Chapoco.

El hábitat de los camélidos corresponde mayormente a las formaciones ecológicas de estepa altoandina, en esta formación, el suelo, clima y topografía interactúan para dar paso a diferentes formaciones vegetacionales. Dentro de las más utilizadas por el ganado, se encuentran los pajonales del género *Festuca*. Bofedales, los cuales constituyen fuentes de forraje principalmente en periodos de sequía. Y tolares del género *Parastrephia*, arbustos de baja aceptabilidad.

Se observó en terreno la aplicación del manejo a través de quemas (Fotografía5.1.), la cual ha sido utilizada para prevenir la acumulación excesiva de material senescente y reducir la dominancia de especies de crecimiento alto como la *Festuca* sp. La literatura señala que el manejo por quema no induce retrogresión si se efectúa cada tres años, en cambio, las quemas anuales o cada dos años favorecen el incremento en densidad y cobertura de especies de bajo valor forrajero.

La crianza mixta de ovinos, alpacas, llamas y vacunos es parte de la estrategia de los criadores para disminuir el riesgo (Fotografía5.2.), la complementariedad de estas especies en la explotación de pastizales permite recomendarla para mejorar el aprovechamiento de los pajonales (Martínez, 1985).



Fotografía 5.1. Manejo de bofedales a través de quemas, Caquena.



Fotografía 5.2. Camélidos y ovinos forrajeando.

5.2.2. Fauna silvestre

Los ambientes andinos, a diferencia de muchos ecosistemas áridos, se caracterizan por poseer una alta diversidad de especies. La región Andina en particular, es considerada como un importante centro de biodiversidad en el geotrópico (Ponce, 1996). La fauna típica de los ambientes andinos se distingue por sus adaptaciones a condiciones de gran aridez, a una gran oscilación térmica diaria y una alta carga de radiación solar, entre las más importantes. Normalmente presentan una gran fragilidad y sensibilidad a los cambios o disturbios que pueda producir la actividad humana en estos sectores. Las especiales adaptaciones de la fauna de los ambientes altoandinos, se traducen en el desarrollo de distintas formas y estrategias de vida, las que permiten los ajustes necesarios para explotar exitosamente estos ambientes.

En cuanto a la situación de la fauna silvestre, fue posible identificar 29 especies de vertebrados silvestres y domésticos, destacando el poco conocimiento de las situaciones poblacionales actuales. Sin embargo, para la zona se citan más de 114 especies de vertebrados silvestres (CONAF, 2015), lo que aumentaría la interacción con la fauna doméstica nativa e introducida.

Tabla 5.8. Riqueza de especies por bofedal, origen y estado de conservación.

Clase	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	C. I. Caquena	C. I. de Piasalla			Origen	Estado Conservación	
						Taipuma	Laitani	Chapoco		CONAF (2015)	IUCN (2014)
Osteichthyes	Cyprinodontiformes	Cyprinodontidae	<i>Orestias sp.</i>	Karachi	X			X	Nativo	Vulnerable	
		Trichomycteridae	<i>Trichomycterus sp.</i>	Bagre de la Puna				X	Nativo	En Peligro	Menor riesgo
Reptilia	Squamata	Tropiduridae	<i>Liolaemus alticolor</i>	Lagartija rayada nortina	X			X	Nativo	Fuera de Peligro	No Evaluado
Aves	Passeriformes	Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	Canastero chico	X	X			Nativo		Menor riesgo
			<i>Geositta punensis</i>	Minero de la puna	X	X		X	Nativo		Menor riesgo
			<i>Cinclodes atacamensis</i>	Churrete de alas blancas	X		X		Nativo		Menor riesgo
			<i>Upucerthia validirostris</i>	Bandurrilla de la puna			X		Nativo		Menor riesgo
		Tyrannidae	<i>Lessonia oreas</i>	Colegial del norte	X	X	X	X	Nativo		Menor riesgo
			<i>Muscisaxicola albifrons</i>	Dormilona gigante	X	X	X	X	Nativo		Menor riesgo
			<i>Ochthoeca oenanthoides</i>	Pitajo rojizo			X		Nativo		Menor riesgo
			<i>Diuca speculifera</i>	Diuca de alas blancas	X	X	X		Nativo		Menor riesgo
			<i>Phrygilus plebejus</i>	Plebeyo	X		X		Nativo		Menor riesgo
		Hirundidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina de dorso negro	X	X		X	Nativo		Menor riesgo
			<i>Sporagra magellánica</i>	Jilguero peruano			X		Nativo		Menor riesgo
	Anseriformes	Anseridae	<i>Oressochen melanoptera</i>	Piuquén	X	X	X	X	Nativo	Vulnerable	Menor riesgo
			<i>Lophonetta</i>	Pato Juarjual	X			X	Nativo		Menor

Clase	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	C. I. Caquena	C. I. de Piasalla			Origen	Estado Conservación	
						Taipuma	Laitani	Chapoco		CONAF (2015)	IUCN (2014)
			<i>specularioides</i> <i>Anas flavirostris</i>	Pato Jergón chico	X	X		X	Nativo		riesgo Menor riesgo
Mammalia	Charadriiformes	Laridae	<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota andina	X			X	Nativo	Vulnerable	Menor riesgo
		Thinocoridae	<i>Attagis gayi</i>	Perdicita cordillerana	X	X	X		Nativo	Rara	Población estable
		Piciformes	<i>Colaptes rupicola</i>	Pitío del norte	X		X		Nativo		Menor riesgo
	Accitripiformes	Accitripidae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	Aguilucho	X				Nativo		Menor riesgo
	Pelecaniformes	Threskiornitidae	<i>Plegadis ridgwayi</i>	Cuervo del pantano de la puna	X			X	Nativo		Menor riesgo
	Artiodactyla	Camelidae	<i>Vicugna Vicugna</i>	Vicuña	X			X	Nativo	En Peligro	Menor riesgo No Evaluado
			<i>Vicugna pacos</i>	Alpaca	X	X	X	X	Nativo-Doméstico		
			<i>Lama glama</i>	Llama	X	X	X	X	Nativo-Doméstico		
			<i>Bos primigenius taurus</i>	Vacuno		X	X	X	Exótico-Doméstico		
		Bovidae	<i>Ovis aries</i>	Oveja	X				Exótico-Doméstico		
	Perissodactyla	Equidae	<i>Equus africanus asinus</i>	Burro	X				Exótico-Asilvestrado		



Fotografía 5.3. *Liolaemus alticolor* en el bofedal de Caquena.



Fotografía 5.4. *Lophonetta specularioides* en el bofedal de Caquena.



Fotografía 5.5. *Cinclodes atacamensis* en bodefal de Laitani.



Fotografía 5.6. *Phrygilus atriceps* en el bofedal de Taipuma.



Fotografía 5.7. *Trichomycterus* sp. en el bofedal de Guayllojo



Fotografía 5.8. *Diuca speculifera* en el bofedal de Laitani.

5.2.3. Comentarios sobre la fauna

Los humedales altoandinos son considerados ecosistemas estratégicos, tanto por su riqueza en diversidad biológica y endemismos como por los servicios ambientales que ofrecen directa o indirectamente a millones de personas en Sudamérica. De igual forma, han sido considerados por la Convención de Ramsar como ecosistemas frágiles, debido a causas naturales como extensas sequías en la puna y antrópicas, como la agricultura no sostenible, pastoreo excesivo y minería no sostenible. Muchos se están perdiendo de manera acelerada sobre todo por mal manejo y desconocimiento de su importancia económica y ecológica (CONAF 2003, RAMSAR 2008).

En cuanto a sus características productivas, los bofedales son considerados áreas de potencial ganadero y de producción de agua (CORFO, 1982), por lo que la ganadería se presenta como el sustento alimentario y económico fundamental de las comunidades altoandinas que lo habitan (Troncoso, 1982; De Carolis, 1987; Castellaro, 2005). Esta producción está adaptada y limitada a las severas condiciones ambientales y la baja disponibilidad de recursos económicos y mecánicos, así como la disponibilidad de forrajes altamente nutritivos. La producción pecuaria incluye la cría de llamas, alpacas, vacas, y ovejas cuya nutrición durante la temporada húmeda y seca es escasa por la falta de pastos adecuados para su nutrición. La falta de pasturas adecuadas es causa del sobre pastoreo y la no implementación de programas de manejo adecuado de suelos y la rotación de pastoreo en áreas de pastizales nativos (Reiner and Bryant, 1986).

En los bodefales altoandinos, pastos naturales constituyen la fuente más importante de nutrientes en la alimentación de los camélidos, a pesar de ellos, la productividad y estabilidad de estos ecosistemas han venido decreciendo a lo largo de los últimos años debido al sobrepastoreo. A este proceso de “retrogresión” (declive en la condición del pastizal) ha contribuido la gran habilidad de estas especies para persistir y producir en condiciones donde el ovino y el vacuno no pueden mantener un grado de producción aceptable (Fernández-Baca; 1991).

Aun cuando conocen algunas prácticas para controlar los procesos de retrogresión, como ajustar el número de animales, sincronizar la época y los sistemas de pastoreo a la condición y potencial de los sitios e integrar sistemas de producción, se carece de información suficiente como para plantear soluciones específicas a cada sitio.

En conclusión, se registró la tenencia de cinco especies de ganado, destacando mayoritariamente el uso de camélidos por sobre ovino, bovinos y equinos, quienes aparentemente utilizan sectorizadamente el estrato vegetal. Las formaciones

preferentes para las alpacas y ovejas fueron estratos húmedos de bofedal, mientras que para las llamas y burros fueron áreas húmedas de bofedal y sectores aledaños como pajonal y tolar. Las vacas muestran una preferencia por pastos más secos como el pajonal. Cabe mencionar la necesidad de realizar estudios más acabados de la dieta del ganado, debido a que el sobrepastoreo sobre la vegetación nativa puede poner en riesgo a las poblaciones.

En cuanto al manejo de estos sistemas naturales, se hace necesaria la capacitación de las comunidades, debido a que acciones de manejo como la canalización del curso de las aguas y el abuso de las quemadas de bofedal puede ser perjudicial para la fauna silvestre en categorías de conservación, como peces y anfibios.

CAPÍTULO 6
ANÁLISIS DE ZONIFICACIÓN
Y RECOMENDACIONES

6. ANÁLISIS DE ZONIFICACIÓN Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se describe la información recopilada para cada C.I, relacionado con las entrevistas aplicadas a cada uno de los integrantes de cada comunidad, seguida de los valores obtenidos de MS para los respectivos bofedales por especie.

En base a la información anteriormente descrita, se determinó la capacidad carga (CDC) para los bofedales, es decir, el máximo número de animales que pueden pastarse sobre una superficie de pradera sin ocasionar daños a la vegetación existente, correspondientes a cada C.I. según su uso forrajero, tomando en consideración asociaciones de especies hidrófitas (pradera hídrica) y de secano (pradera seca) para cada estimación.

6.1. ANÁLISIS DE CAQUENA

6.1.1 Entrevista

6.1.1.1. Caracterización Comunidad

Dentro de los habitantes de Caquena la comunidad ganadera tienen orígenes aymaras, de familias ancestrales del altiplano, como la sucesión Mamani-Yucra, la comunidad de San Juan, entre otros. Parte importante de la subsistencia de los habitantes se basa en la mantención de sus ganados, sin embargo gran número de personas tienen trabajos fuera del poblado. La ganadería es de subsistencia y se aprovechan los subproductos para realizar artesanía.

En la tabla 6.1. se indican las personas que accedieron a ser entrevistadas, esto ejecutado posterior a una reunión organizada por Bienes Nacionales como también ubicando los integrantes en terreno. Dentro de los habitantes de Caquena la comunidad ganadera tienen orígenes aymaras, de familias ancestrales del altiplano, como la sucesión Mamani-Yucra, la comunidad de San Juan, entre otros. Parte importante de la subsistencia de los habitantes se basa en la mantención de sus ganados, sin embargo gran número de personas tienen trabajos fuera del poblado (correspondiente a un 40%). La ganadería es de subsistencia y se aprovechan los subproductos para realizar artesanía.

Tabla 6.1. Información sobre entrevistados de la Comunidad Indígena

Nombre	Edad	Etnia	Actividad Económica
Ana Inquiltupa	80	Aymara	Ganadería
Leonel Blanco Pacasa	55	Aymara	Empleado Público
Gabino Llusco Poma	54	Aymara	Auxiliar de mantención
Irene Huanca Choque Chambe	64	Aymara	Artesana/Ganadería
Cipriano Llusco Poma	55	Aymara	Ganadería

6.1.1.2 Caracterización Uso Humedal

Los 100% de los entrevistados de Caquena afirman que su supervivencia depende del humedal, ya que “crece el pasto para los animales”, por ende provee de “alimentación para el ganado”. Los ganaderos coinciden en que el pastoreo de los animales en el bofedal se “concentra en los meses lluviosos de Diciembre a Marzo” por presentar mayor abundancia de vegetación, ya que en los meses de congelamiento del bofedal los animales pastorean en zonas aledañas y les entregan forraje de alfalfa, ya sea subsidiado o comprado. Los animales que coexisten en la pradera hídrica son mayormente llamas, alpacas, vicuñas, ovejas. Declaran que la calidad del agua es buena y no cambia durante el año, exceptuando por el ganadero Cipriano Llusco que considera que “el agua es de mala calidad por su alto contenido de sales que provocaba dolor de estómago en sus animales”.

Los problemas que identificaron los lugareños son principalmente las zonas secas del humedal que se generan por escasa irrigación, donde el 60% realiza la práctica de quemar dichos sectores para “estimular el rebrote” de las especies forrajeras, las que se tardan entre 1 a 2 años en recuperar. Dentro de los manejos sustentables que genera el 100% de los habitantes es la canalización del agua, considerando la conducción del riego como la limpieza de los canales.

6.1.1.3. Caracterización de ganado doméstico

Como se señaló en el capítulo 5 (punto 5.2.1), se registró un total de 1.647 individuos de ganado en el bofedal de la Comunidad Indígena de Caquena, componiéndose principalmente por camélidos, tales como llamas (*Lama glama*) y alpacas (*Vicugna pacos*) siendo este último el más abundante (58% del ganado total). También hay presencia de ovejas (*Ovis aries*) y burros (*Equus africanus asinus*) siendo todos animales domésticos. Todos los entrevistados identifican a la vicuña como un animal silvestre que convive en el humedal con los demás animales. A causa de lo anterior, el 40% asegura que las vicuñas

“tienen sarna y enferman a los animales”. Dentro de los manejos en los animales domésticos esta “desparasitar”, “vacunar por sarna y piojillos”, “inyectar antiparasitario mas vitaminas”, “capar y trasquilar”. Dentro de las amenazas para el ganado todos identifican al puma (*Puma concolor*) y zorro (*Vulpes vulpes*), caídas al agua y los periodos donde escasea el alimento generando muertes que varían de 5 a 70 animales según ganadero.

6.1.1.4 .Materia Seca (MS)

Para Caquena, la disponibilidad promedio de MS en la época de estudio fue de 1473,3 kg/ha en la pradera hídrica (P-HIDRICA) y 5476,2 en la pradera seca (P-SECA). Al igual que en el polígono de Piasalla. Al ser los muestreos realizados al inicio de la época de lluvias, son por tanto, una aproximación a la condición óptima de forraje ofrecido para el pastoreo extensivo en el sitio. Tomando en cuenta la aceptabilidad ganadera según Troncoso (1982) que presentan las especies vegetales presentes en el bofedal o pradera hídrica se destacan como “buenas” las *Deyeuxia* sp. y *Werneria pygmaea*, mientras considera con una aceptabilidad regular a las especies *Oxychloe andina*, *Distichia muscoides*, *Ranunculus* sp.. Por otro lado, las especies *Festuca* sp., *Deyeuxia curvula*, *Hypochaeris taraxacoides* son “menos que regular”. Todas estas especies se toman como relevantes para el consumo y dieta de los ganados.

Tabla 6.2. Materia Seca (MS) por especie para cada pradera (hídrica y seca) en el bofedal de Caquena.

Caquena P-HIDRICA*	Kg MS/Ha***
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	534,8
<i>Ranunculus uniflorus</i>	70,0
<i>Azolla filiculoides</i>	2847,3
<i>Potamogeton</i> sp	1303,1
<i>Bryum</i> sp	1757,3
<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	297,8
<i>Lobelia oligophylla</i>	67,7
<i>Poa</i> sp.	336,6
<i>Deyeuxia</i> sp.	5699,1
<i>Deyeuxia</i> sp2	865,9
<i>Oxychloe andina</i>	3476,4
<i>Distichia muscoides</i>	2741,6
<i>Carex marítima</i>	1541,2
<i>Deyeuxia curvula</i>	2075,6
<i>Zameiocris atacamensis</i>	393,5

<i>Werneria pygmaea</i>	220,3
<i>Lachemilla diplophylla</i>	819,6
Caquena P-SECA**	
<i>Festuca chrysophylla</i>	3837,5
<i>Polylepis tarapacana</i>	5702,3
<i>Parastrephia quadrangularis</i>	18082,3
<i>Parastrephia lucida</i>	6524,9
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	6579,7
<i>Azorella compacta</i>	7895,1
<i>Pycnophyllum bryoides</i>	3285,4
<i>Poa sp.</i>	336,6
<i>Deyeuxia curvula</i>	2075,6
<i>Deyeuxia sp</i>	5699,1
<i>Werneria pygmaea</i>	220,3

*P-HIDRICA: Pradera compuestas de especies vegetales hidrófitas

**P-SECA: Pradera compuesta de especies vegetales de secano

***Kg MS/Ha calculados a partir del peso obtenido en unidades de muestreo de 78.54 cm²

6.1.1.5. Capacidad de Carga (CDC)

En base a la información anteriormente descrita, se determinó la capacidad carga (CDC) para los bofedales, es decir, el máximo número de animales que pueden pastarse sobre una superficie de pradera sin ocasionar daños a la vegetación existente, correspondientes a cada C.I. según su uso forrajero, tomando en consideración asociaciones de especies hidrófitas (pradera hídrica) y de secano (pradera seca) para cada estimación.

La tabla 6.3. indica la CDC teórica para ambas praderas presentes en el bofedal de Caquena, basado en características del ganado local. Se indica el valor de VP correspondiente a cada pradera y los valores de UA para cada especie animal presente en el bofedal,

Tabla 6.3. Capacidad de Carga (UA/Ha/año) para cada pradera presente en el Bofedal de Caquena.

Caquena	Capacidad de Carga teórica (UA/Ha/año)*					
	VP	UF/Ha	Llama	Alpaca	Bovino	Vicuña
P-						
HIDRICA	12,6	833,3	0,93	1,76	2,33	3,26
P-SECA	1,9	229,9	0,26	0,48	0,64	0,90

* La capacidad de carga no considera el balance nutritivo de la dieta, el costo ecológico de cosecha, el consumo de la pradera por parte de otras especies de la fauna silvestre ni la territorialidad, entre otros factores ecológicos que ajustan la capacidad de carga del ecosistema para una determinada especie animal.

Se puede observar que si bien, a pesar de que la pradera seca posee mayor disponibilidad de MS que la pradera hídrica, efectivamente, las UA para dicha pradera son mayores. Esto, debido a la alta palatabilidad de las especies vegetales presentes en esa asociación, como también del alto contenido nutricional de las mismas.

En la tabla 6.4. se presentan los resultados de carga animal en el bofedal de Caquena, con los respectivos valores de UA presentes actualmente en la superficie estudiada.

Tabla 6.4. Carga Animal (UA/Ha/año) para cada pradera presente en el Bofedal de Caquena.

Caquena	Superficie aprox (Ha)	UF/Zona	Carga Animal (UA/Ha/año)			
			Llama	Alpaca	Ovino	Vicuña
P-HIDRICA	940,3	783550,5	3,4	7,2	29,2	15,3
P-SECA	440,5	101266,3	0,4	0,9	3,8	2,0

Los resultados anteriores, indican que el sistema se encuentra sobrepastoreado, es decir, alberga actualmente una mayor cantidad de animales/pradera de lo que teóricamente debería sostener, poniendo en riesgo la estabilidad del mismo. Los datos obtenidos en terreno representan el estado de las praderas en la época antes de las lluvias, indicando que la pradera hídrica podría albergar teóricamente a 1,76 alpacas, mientras que considerando la carga animal que esta pradera sostiene actualmente hospeda a 7,2 alpacas, número que supera considerablemente la capacidad teórica de la pradera hídrica.

Para el caso de la pradera seca puede albergar a llamas y alpacas sin encontrarse sobrepastoreado, esto puede deberse a la gran extensión de territorio con presencia de estas especies forrajeras, aunque esta pradera suele utilizarse mayormente por llamas puesto que las alpacas tienen preferencia por los forrajes de la pradera hídrica, como también su uso es esporádico o en periodos de escases de alimento, excluyendo a ovinos y equinos en el consumo de estas praderas.

Se debe tener presente que los cálculos estimativos de valor pastoral concluyen en una capacidad de carga teórica, que no considera factores como el costo ecológico de cosecha; presencia de bebederos; balance nutritivo de la dieta; competencia por forraje con otras especies, entre otros aspectos. Por lo tanto se deben tomar como datos de referencia, los cuales, deben ser ajustados de acuerdo a los factores señalados y a estudios experimentales (Troncoso, 1982), como mediciones de hábito de crecimiento de las especies presentes en las praderas hídricas y secas en jaulas de exclusión.

6.2. ANÁLISIS DE COMUNIDAD PIASALLA

6.2.1. Entrevista

6.2.1.1. Caracterización Comunidad

Los integrantes de la comunidad de Piasalla son de orígenes aymaras, de familias oriundas-ancestrales del altiplano. Por la migración de las personas hacia las ciudades en busca de oportunidades como trabajo y estudios, son unos pocos familiares los que viven en los territorios andinos cuidando al ganado perteneciente a todo el núcleo familiar de la Comunidad de Piasalla. La ganadería se toma como una actividad de autoconsumo y escasa venta de animales en festividades por la falta de un matadero oficial. Aprovechan los subproductos de los ganados para generar artesanía, lanas y cueros.

6.2.1.2 Caracterización Uso Humedal

Integrantes de la comunidad de Piasalla afirmaban que su supervivencia dependía de los humedales, ya que estos alimentan a su ganado. El pastoreo de los animales se realiza durante todo el año, dependiendo de la oferta de alimento los animales se van movilizand o en distintas áreas del altiplano. El periodo con mayor abundancia de lluvias se concentran entre Enero a Marzo. Declaran que la calidad del agua la consideran buena y que varía poco durante el año, esta no es potable pero de todas formas la utilizan para el consumo humano. Dentro de los problemas detectados por los habitantes es que en los periodos sequia los bofedales se secan por lo que hay que entrar a recuperar el ecosistema. Esto se logra con esfuerzos en manejos de riego dentro del bofedal con bombas, estanques y tuberías que irrigan las praderas hídricas. Los manejos sustentables que practicaban los ganaderos es la recuperación del bofedal mediante trasplante de sectores secos sin irrigación para aumentar el área de especies forrajeras.

6.2.1.3 Caracterización Ganado Doméstico

Como se señaló en el capítulo 5, en la C.I. de Piasalla, se registró un total de 407 animales. El ganado que se encuentra en los bofedales Laitani, Taipuma y Chapoco-Putani se compone principalmente por camélidos, tales como alpacas (*Vicugna pacos*) y llamas (*Lama glama*), siendo este último el más abundante (50% del ganado total). También se registraron vacas (*Bos taurus*), pero en menor abundancia.

6.2.2 Materia Seca (MS)

La disponibilidad promedio de MS en la época de estudio para el polígono de Piasalla, fue de 929,1 kg/ha en la pradera hídrica (P-HIDRICA) y 4939,4 en la pradera seca (P-SECA). Cabe mencionar que al ser los muestreos realizados al inicio de la época de lluvias, son por tanto, una aproximación a la condición óptima de forraje ofrecido para el pastoreo extensivo en el sitio.

Tabla 6.4. Materia Seca (MS) por especie para cada pradera (hídrica y seca) en el Polígono de Piasalla.

Piasalla P-HIDRICA*	Kg MS/Ha***
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	195,3
<i>Ranunculus uniflorus</i>	72,6
<i>Cyperaceae</i>	0,0
<i>Bryum sp</i>	1834,3
<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	312,0
<i>Lobelia oligophylla</i>	71,3
<i>Poa sp.</i>	1212,9
<i>Deyeuxia sp.</i>	1835,0
<i>Distichia muscoides</i>	2159,9
<i>Carex marítima</i>	1541,2
<i>Deyeuxia curvula</i>	1777,0
<i>Zameiocris atacamensis</i>	268,7
<i>Werneria pygmaea</i>	798,4
Piasalla P-SECA**	
<i>Festuca chrysophylla</i>	1540,8
<i>Parastrephia quadrangularis</i>	19035,4
<i>Deyeuxia chrysantha</i>	1123,5
<i>Parastrephia lucida</i>	6328,8
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	6546,1
<i>Azorella compacta</i>	7895,1
<i>Pycnophyllum bryoides</i>	2100,0
<i>Poa sp.</i>	1212,9
<i>Deyeuxia curvula</i>	1777,0
<i>Deyeuxia sp</i>	1835,0

*P-HIDRICA: Pradera compuestas de especies vegetales hidrófitas

**P-SECA: Pradera compuesta de especies vegetales de secano

***Kg MS/Ha calculados a partir del peso obtenido en unidades de muestreo de 78.54 cm²

6.2.3 Capacidad de Carga (CDC)

La tabla 6.5. indica la CDC teórica para ambas praderas presentes en el polígono de Piaslla, basado en características del ganado local. Se indica el valor de VP correspondiente a cada pradera y los valores de UA para cada especie animal presente en los bofedales.

Tabla 6.5. Capacidad de Carga (UA/Ha/año) para el polígono de Piasalla por pradera.

Piasalla	Capacidad de Carga Teórica (UA/Ha/año)				
	VP	UF/Ha	Llama	Alpaca	Bovino
P-HIDRICA	8,2	540,5	0,60	1,14	0,12
P-SECA	0,1	3,4	0,00	0,01	0,00

* La capacidad de carga no considera el balance nutritivo de la dieta, el costo ecológico de cosecha, el consumo de la pradera por parte de otras especies de la fauna silvestre ni la territorialidad, entre otros factores ecológicos que ajustan la capacidad de carga del ecosistema para una determinada especie animal.

En este caso se observa la misma situación que en Caquena, ya que igualmente la pradera seca posee mayor disponibilidad de MS que la pradera hídrica, nuevamente, las UA para dicha pradera son mayores debido a las mismas razones mencionadas anteriormente.

En la tabla 6.6. se presentan los resultados de carga animal en el polígono de Piasalla, con los respectivos valores de UA presentes actualmente en la superficie estudiada.

Tabla 6.6. Carga Animal (UA/Ha/año) para el polígono de Piasalla por pradera.

Piasalla	Superficie aprox (Ha)	Carga Animal (UA/Ha/año)			
		UF/Zona	Llama	Alpaca	Bovino
P-HIDRICA	13,43	7258,5	0,0	0,1	0,1
P-SECA	142,87	492,0	0,0	0,0	0,0

Los resultados anteriores, indican que el sistema se encuentra bajo la presión aceptable de pastoreo, es decir, alberga actualmente una menor cantidad de animales/pradera de lo que teóricamente debería sostener, manteniendo para la época de estudio analizada, la estabilidad de la pradera.

Se debe tener presente que los cálculos estimativos de valor pastoral concluyen en una capacidad de carga teórica, que no considera factores como el costo ecológico de cosecha;

presencia de bebederos; balance nutritivo de la dieta; competencia por forraje con otras especies, entre otros aspectos. Por lo tanto se deben tomar como datos de referencia, los cuales, deben ser ajustados de acuerdo a los factores señalados y a estudios experimentales (Troncoso, 1982), como mediciones de habito de crecimiento de las especies presentes en las praderas hídricas y secano en jaulas de exclusión.

En cuanto a sus características productivas, los bofedales son considerados áreas de potencial ganadero y de producción de agua (CORFO, 1982), por lo que la ganadería se presenta como el sustento alimentario y económico fundamental de las comunidades altoandinas que lo habitan (Troncoso, 1982; De Carolis, 1987; Castellaro, 2005). Esta producción está adaptada y limitada a las severas condiciones ambientales y la baja disponibilidad de recursos económicos y mecánicos, así como la disponibilidad de forrajes altamente nutritivos. La producción pecuaria incluye la cría de llamas, alpacas, vacas, y ovejas cuya nutrición durante la temporada húmeda y seca es escasa por la falta de pastos adecuados para su nutrición. La falta de pasturas adecuadas es causa del sobre pastoreo y la no implementación de programas de manejo adecuado de suelos y la rotación de pastoreo en áreas de pastizales nativos (Reiner and Bryant, 1986).

Finalmente, y en términos globales para Piasalla y Caquena, la alimentación de los animales se basa en los cojines y pastos que se encuentran en el bofedal, incluyendo vegetación acuática de canal. La dieta es complementada con pajonales y tolares ubicados en los sectores secos aledaños al bofedal. Esta disposición de la vegetación determina la distribución del ganado, siendo común encontrar llamas en los sectores aledaños, consumiendo arbustos del género *Parastrephia*. Las alpacas prefieren sectores húmedos, manifestando preferencias por hidrofitas como *Lilaeopsis macloviana*. Esto concuerda con Raggi *et al.*, (1994), el cual observó que la presión de talajeo se realiza principalmente en el bofedal, permaneciendo de un 77 a un 85% de tiempo total del pastoreo sobre esta formación herbácea. A los ovinos se les observa indistintamente alimentándose tanto en sectores húmedos como secos, al igual que los burros. En el caso de los bovinos, pastorean principalmente entre tolares y pajonales. Lo anterior concuerda con lo señalado por Troncoso (1983), quien señala que tanto el tolar como el pajonal presentan un escaso VP.

6.3. ANÁLISIS DE ZONIFICACIÓN CARTOGRÁFICA

6.3.1. Aporte de biomasa

A nivel general, se pueden discriminar las macrozonas más interesantes de cada uno de los bofedales que pueden ser aprovechadas en base al aporte de biomasa estimado. Por medio de la estimación del área de cada una de las asociaciones presentes (estimada a

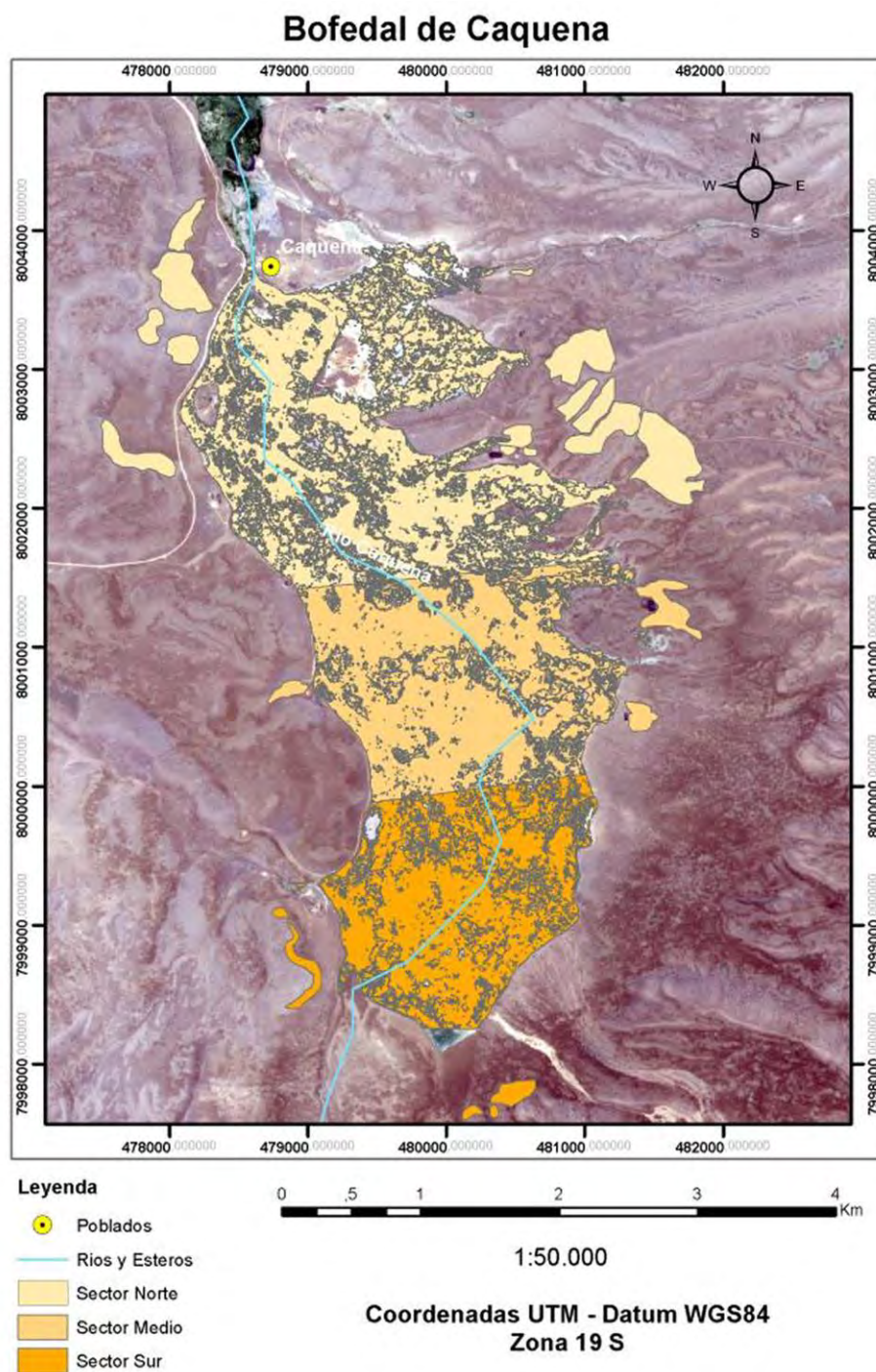
partir de la imagen satelital) se pudo calcular el soporte de biomasa por asociación vegetal. En cada uno de los bofedales, Caquena y Chapoco presentan valores con presencia de una mayor heterogeneidad según sea su ubicación (norte, sur o medio), mientras que debido a la homogeneidad ambiental y tamaño, los bofedales de Laitani y Taipuma presentan una mayor variación en estos parámetros. Si bien a nivel de ubicación Laitani supera ampliamente a Taipuma, el valor otorgado por las zonas de conservación le otorga un amplio valor numérico por sobre Taipuma, aunque en términos de palatabilidad, las especies que componen esta asociación no son consumidos generalmente por el ganado que habita los bofedales.

6.3.1.1. Caquena

Según lo expuesto, puede apreciarse que en lo que respecta con biomasa de materia seca, las dos principales asociaciones (*Oxychloe andina*, *Distichia muscoides*, *Carex marítima* y *Deyeuxia curvula* y *Deyeuxia sp.*) presentan en su conjunto el mayor aporte en términos nutricionales. No obstante, la información al momento de ser desglosada a nivel de sector, refleja el alto aporte (aproximadamente 2300 tons materia seca) de las dos asociaciones con mayor grado de palatabilidad para los animales en el cuadrante norte. Si bien el resto de asociaciones juegan un papel fundamental en términos de cobertura en el bofedal, éstos no presentan un grado aceptable de palatabilidad para las especies de animales presentes en el área.

Tabla 6.7. Aporte de biomasa de materia seca según asociación vegetal y cuadrante de ubicación en el bofedal de Caquena.

Asociaciones	Norte (tons)	Medio (tons)	Sur (tons)	Total
Asociación <i>Oxychloe</i> , <i>Distichia</i> , <i>Carex</i>	1640,76	1638,67	662,09	2302,85
Asociación <i>Deyeuxia curvula</i> , <i>Deyeuxia sp.</i>	749,95	353,59	1104,09	1854,03
Asociación <i>Lilaeopsis</i> , <i>Ranunculus</i> , <i>Azolla</i>	70,91	46,50	22,51	93,41
Asociación <i>Polylepis</i> , <i>Azorella</i> (zonas de conservación)	1201,60	202,74	145,63	1347,23
Asociación <i>Potamogeton</i> , <i>Azolla</i>	271,56	78,86	31,09	302,65
Total	3934,78	2320,35	1965,40	



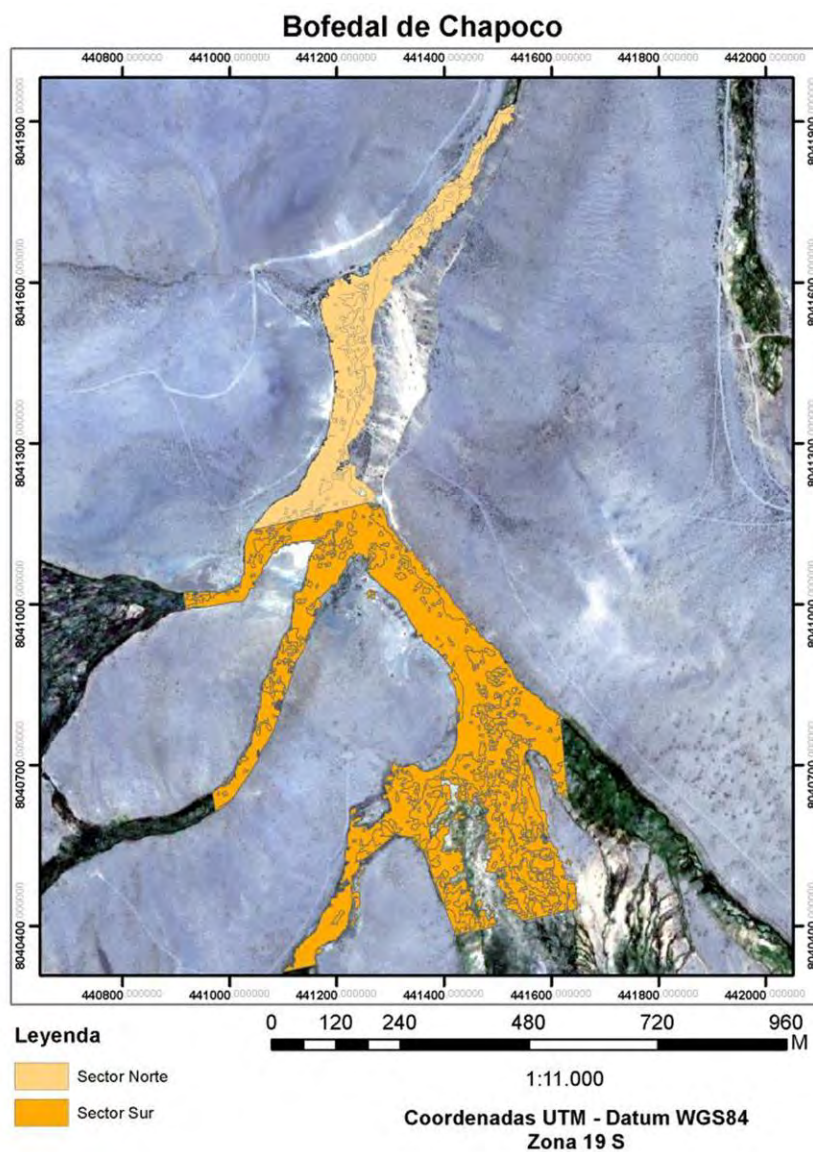
Mapa 6.1. Mapa de clasificación (según degradación de color) de los sectores de Caquena según aporte de biomasa de sus asociaciones vegetacionales. El color mas claro (sector norte) representa la mayor cantidad de biomasa obtenida en base al cálculo de las asociaciones de mayor palatabilidad para los animales (*Asociación Deyeuxia curvula*, *Deyeuxia sp.* y *Asociación Oxychloe, Distichia, Carex*). Se incluyen asimismo las áreas destinadas a conservación.

6.3.1.2. Chapoco

Dentro del polígono de Piasalla, este bofedal fue el único donde pudo constatar la presencia de ganado pastoreando. Dentro de las asociaciones que resultan ser más consumidas por ganado caprino y camélido (asociaciones de *Distichia*, *Deyeuxia*, *Carex*, junto a las asociaciones de *Festuca*, *Parastrephia* y *Picnophyllum*) presentan una mayor concentración en el área sur del bofedal. No obstante aquello, pudo apreciarse en los censos, que la gran mayoría de los animales se encontraban distribuidos en la zona norte del bofedal.

Tabla 6.8. Aporte de biomasa de materia seca según asociación vegetacional y cuadrante de ubicación en el bofedal de Chapoco.

Asociaciones	Norte (tons)	Sur (tons)	Total
Asociación <i>Potamogeton</i> , <i>Werneria</i> , <i>Lilaeopsis</i>	0,35	3,43	3,78
Asociación <i>Distichia</i> , <i>Deyeuxia</i> sp, <i>Carex</i>	17,42	57,35	74,77
Asociación <i>Festuca</i> , <i>Parastrephia</i> y <i>Pycnophyllum</i> .	44,67	79,59	124,26
Total	62,41	140,38	



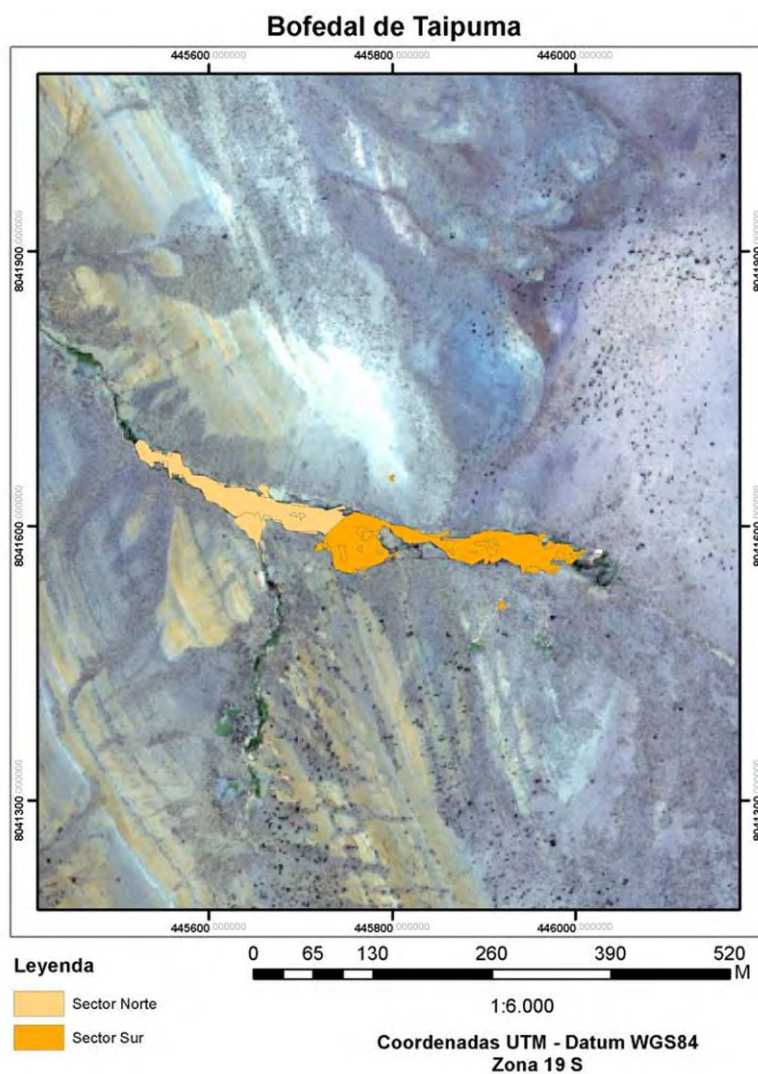
Mapa 6.2. Mapa de clasificación (según degradación de color) de los sectores de Chapoco según aporte de biomasa de sus asociaciones vegetacionales. El color mas oscuro (sector sur) representa la mayor cantidad de biomasa obtenida en base al cálculo de las asociaciones de mayor palatibilidad para los animales (*Asociación Distichia*, *Deyeuxia sp*, *Carex*.y *Asociación Festuca, Parastrephia y Pycnophyllum*).

6.3.1.3. Taipuma

El bofedal de Taipuma, es en términos generales el de menos tamaño evaluado. De la tabla 7.3 puede desprenderse que ambas áreas son similares en cuanto al aporte de biomasa (expresada en materia seca) que presentan. El bofedal de Taipuma no presentó ganado al momento de realizar el levantamiento de información, y según los lugareños del sitio, éste suele ser un bofedal que se utiliza principalmente durante la época post verano.

Tabla 6.9 Aporte de biomasa de materia seca según asociación vegetacional y cuadrante de ubicación en el bofedal de Taipuma.

Asociaciones	Norte (tons)	Sur (tons)	Total
Asociación <i>Potamogeton</i> , <i>Lilaeopsis</i>	0	0,01	0,01
Asociación <i>Distichia</i> , <i>Deyeuxia sp</i> , <i>Carex</i>	2,73	3,99	6,73
Asociación <i>Festuca</i> , <i>Parastrephia</i> y <i>Pycnophyllum</i> .	2,72	2,04	4,76
Total	5,46	6,05	



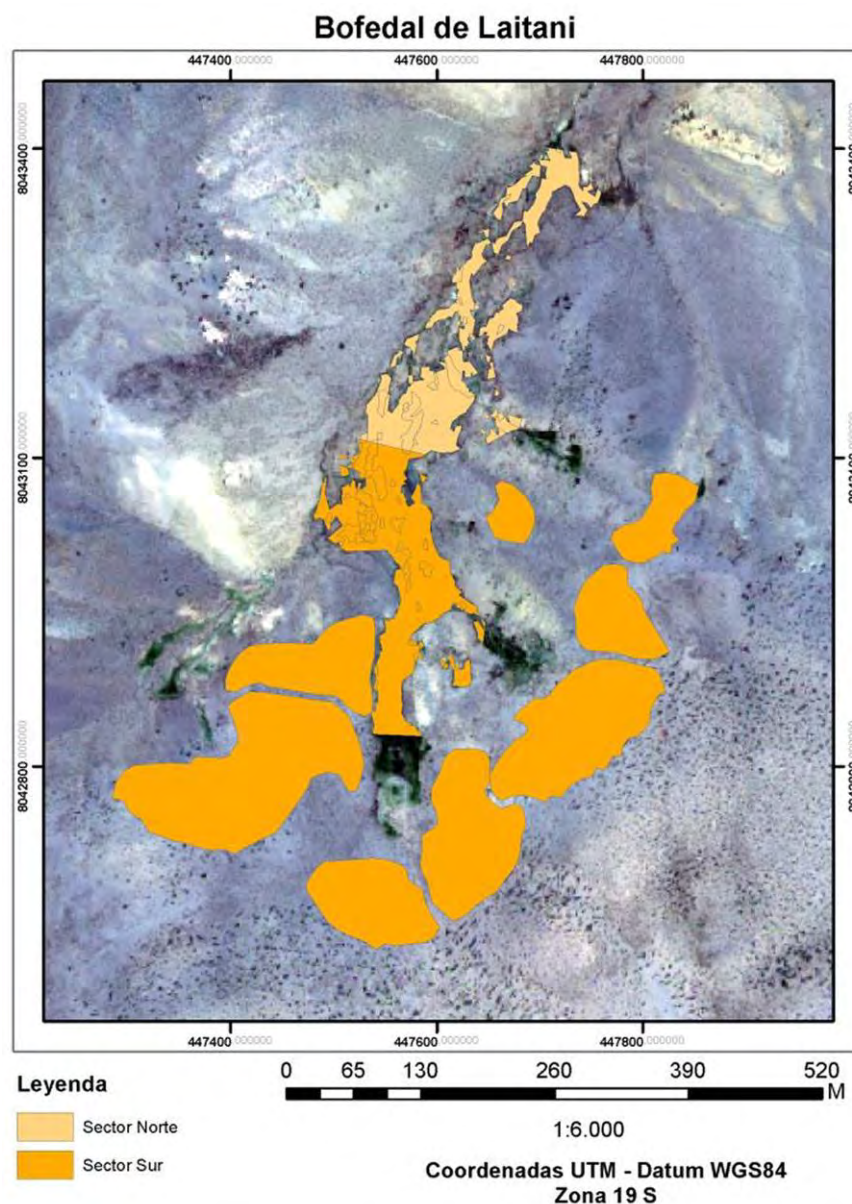
Mapa 6.3. Mapa de clasificación (según degradación de color) de los sectores de Taipuma según aporte de biomasa de sus asociaciones vegetacionales. El color mas oscuro (sector sur) representa la mayor cantidad de biomasa obtenida en base al cálculo de las asociaciones de mayor palatibilidad para los animales (Asociación *Distichia*, *Deyeuxia sp*, *Carex* .y Asociación *Festuca*, *Parastrephia* y *Pycnophyllum*).

6.3.1.4. Laitani

Las principales diferencias en cuanto a biomasa en este bofedal, se presentaron debido a la presencia de *Azorella compacta* y *Polylepis tarapaca*, especies que necesariamente deben ser consideradas como zonas de conservación. Sin embargo, el análisis realizado – descontando la biomasa que otorga esta zona de conservación- nos refleja valores con un alto grado de similitud en lo que respecta a las asociaciones palatables para los animales (*Distichia*, *Deyeuxia sp.* y *Festuca*, *Parastrephia*, *Pycnophyllum*).

Tabla 6.10. Aporte de biomasa de materia seca según asociación vegetal y cuadrante de ubicación en el bofedal de Laitani.

Asociaciones	Norte (tons)	Sur (tons)	Total
Asociación <i>Potamogeton</i> , <i>Lilaeopsis</i>	0,02	0,04	0,07
Asociación <i>Distichia</i> , <i>Deyeuxia</i> <i>sp</i>	4,48	5,19	9,68
Asociación <i>Festuca</i> , <i>Parastrephia</i> y <i>Pycnophyllum</i> .	2,49	1,81	4,30
Asociación <i>Polylepis</i> , <i>Azorella</i> (zonas de conservación)	0	98,71	98,71
Total	7,00	105,77	



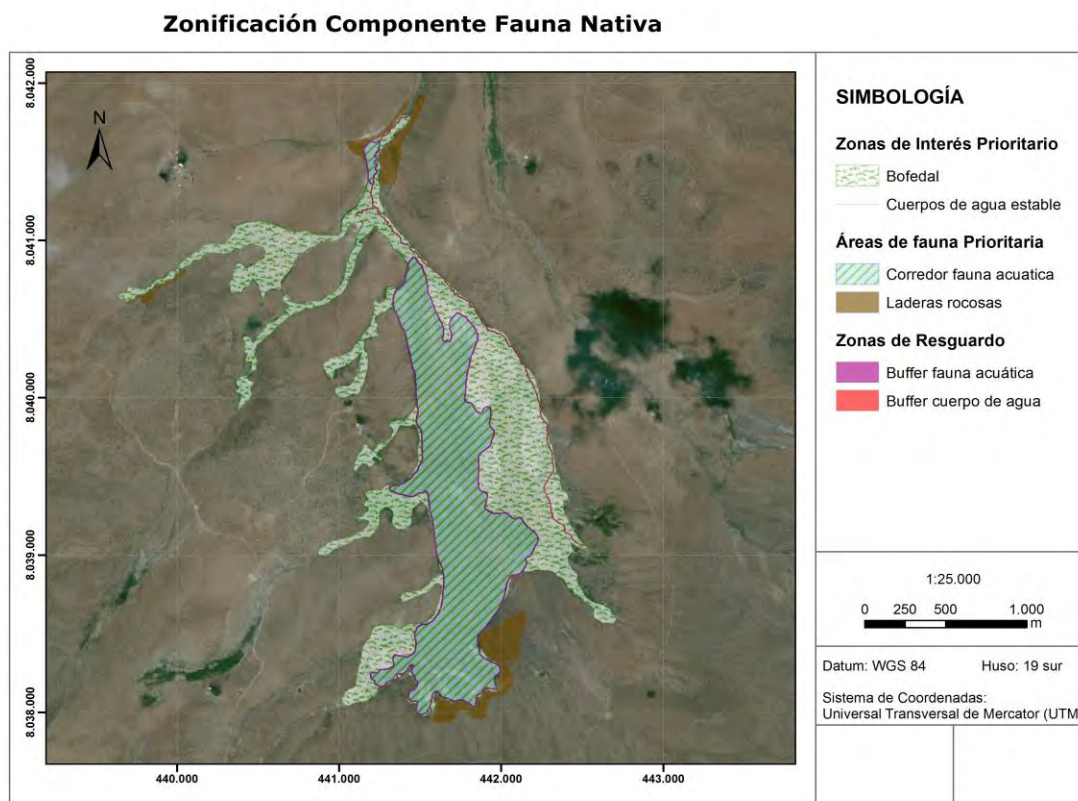
Mapa 6.4. Mapa de clasificación (según degradación de color) de los sectores de Laitani según aporte de biomasa de sus asociaciones vegetacionales. El color mas oscuro (sector sur) representa la mayor cantidad de biomasa obtenida en base al cálculo de las asociaciones de mayor palatibilidad para los animales (Asociación *Distichia*, *Deyeuxia* sp, *Carex* .y Asociación *Festuca*, *Parastrephia* y *Pycnophyllum*). Se incluyen asimismo las áreas destinadas a conservación.

6.4. ANÁLISIS DE FAUNA

6.4.1. ZONAS DE INTERÉS PRIORITARIO

Corresponde a aquellos valores de diversidad biológica que constituyen el principal atributo u objeto de conservación, tanto por su importancia para los procesos ecosistémicos (funcionamiento del sistema natural), como por su calidad de hábitat para especies claves.

- i. Bofedales: Corresponde a un ambiente que presenta una diversidad relativamente alta de especies de alta fidelidad al ambiente. Los bofedales también son representaciones espaciales de los procesos ecológicos y evolutivos que tienen lugar dentro del ecosistema altiplánico (Ahumada & Faúndez, 2009; CONAF, 2008). En general, pueden ser entendidos bajo el concepto de ecotopo, entendido éste como las entidades de paisaje más pequeñas, en las cuales se expresan relaciones de todo un ecosistema, en donde confluyen factores físicos (unidad vegetacional y paisajística) biológicos (especies constituyentes, hábitat y zona de alimentación y desenvolvimiento de fauna silvestre) y humanos (zona productiva y funcional de los habitantes históricos del área).
- ii. Cursos de agua superficial permanente: Son hábitat y áreas de alimentación de aves acuáticas. Por la misma razón, albergan peces y anfibios nativos y/o endémicos. Su protección requiere de un área de amortiguamiento o buffer.



Mapa 6.5. Representación cartográfica de la zonificación del componente de fauna nativa en el bofedal de Chapoco.

6.4.2. ZONAS DE RESGUARDO

Corresponde a los ecotonos o ambientes de borde de las zonas de interés prioritario, y se definen como de resguardo en virtud del valor de estas para el monitoreo de los cambios del sistema (alerta temprana). Se establecen zonas de resguardo para corredores de fauna acuática (8 metros) y cursos de agua estables (4 metros) (Bentrup, 2008). Bajo este enfoque, las zonas de resguardo tienen el siguiente objetivo:

- i. Aumentar el área del hábitat
- ii. Proteger hábitats sensibles como bofedales y proyectar sombras en los cursos de agua para mantener la temperatura.
- iii. Restaurar la conectividad
- iv. Aumentar el acceso a recursos

6.4.3. ÁREAS DE DESENVOLVIMIENTO DE FAUNA PRIORITARIA

Corresponde a aquellos valores de diversidad biológica y cultural que se encuentran entre las zonas de resguardo y constituyendo áreas o corredores que permiten la conectividad tanto de las comunidades vegetacionales y de la fauna prioritaria, como de las actividades económicas sustentables y el desarrollo humano.

- i. Laderas Rocosas: Corresponde a uno de los ambientes que presenta la menor diversidad en el área, sin embargo, es capaz de albergar roedores y carnívoros en estado de conservación. Destaca la presencia de felinos como el gato andino y colo-colo (Muñoz-Pedreros & Yañez).
- ii. Corredor de fauna acuática

El corredor presenta la mayor variedad de vertebrados entre los ambientes. Entre las aves, las especies más representativas son el los anseriformes, principalmente en sectores de escurrimientos de caudal (Victoriano *et al.*, 2006). Es relevante mencionar la dependencia de peces (Vila *et al.*, 2006) y anfibios (Veloso, 2006) que pueden estar presentes en pequeños cuerpos de agua en esta formación. La importancia de zonificar estos sitios son las siguientes:

- Presencia de especies en categoría de conservación.
- El desarrollo de usos y actividades antrópicas puede generar serias afectaciones a la presencia y abundancia de estas especies.
- Su protección requiere de un área de amortiguamiento o buffer.

6.4.4. INTERACCIONES CON ACTIVIDADES ANTRÓPICAS

La interacción más relevante es la competencia entre camélidos domésticos y silvestres. La vicuña, actualmente clasificada como En Peligro por Conaf (2008) habita el ecosistema de la Puna y es el camélido sudamericano silvestre que vive a mayor altura, desde los 3200msnm hasta los 4800msnm. Por otro lado, las llamas están preferentemente entre los 3800 a los 5000msnm en los Andes centrales. Por ser un animal doméstico, el hábitat de las llamas depende del pastor, sin embargo, es más común encontrarlas en la zona altiplánica andina formando parte del sistema agro-pastoril de subsistencia, evidenciándose en terreno de una coexistencia espacial con la vicuña.

La llama es una especie de hábitos dietarios más flexible que la vicuña, puesto que el primero consume herbáceas y especies leñosas y el segundo es principalmente pastoreador. Ambas especies seleccionan forraje de alta calidad cuando está disponible, el cual puede estar restringido a algunos ambientes, como bofedales, en algunas épocas del año, pudiendo existir un potencial de competencia. Por otro lado, la llama posee una mayor capacidad de consumo de materia seca digestible en relación al peso metabólico que la vicuña, por lo tanto las llamas tienen mejores resultados en ambientes con pastos de baja calidad, mientras que vicuñas están obligadas a seleccionar el forraje de mayor calidad (Genin and Tichit, 1997), pudiendo ser un factor de selección diferencial de hábitat. En cuanto a la estrategia forrajera se propone a la vicuña como un herbívoro con una conducta de pastoreo variable por el consumo de matorral, pese a que previamente ha sido considerada un herbívoro pastoreador estricto. La llama por su parte, es un herbívoro clasificado como ramoneador y pastoreador, por lo tanto esto podría hacer pensar que ambas especies al tener una estrategia forrajera parecida podrían competir por el uso de los mismos recursos alimenticios bajo circunstancias vegetacionales particulares, como sería recursos alimenticios limitados, más marcado aún en la estación seca (Franklin, 2011).

Además, para la vicuña la calidad de un hábitat depende no sólo de la calidad del forraje, sino también de la accesibilidad permanente a agua y de un sitio común para dormir. El área de estudio constituye parte del hábitat fundamental de las vicuñas, especialmente en la época seca ya que proveen permanentemente agua y pasto. Lo mismo determinaron Borgnia et al. (2008), quienes observaron que la vicuña invierte mayor esfuerzo, en términos de preferencia, en alimentarse de plantas que crecen en zonas pantanosas (vegas y bofedales) versus las de zonas de estepa. Sin embargo la disponibilidad de este hábitat depende de la presencia del hombre y su ganado (Cassini et al., 2009).

Por otro lado, los peces altiplánicos son considerados bajo amenaza, principalmente por su dependencia a los cursos de agua. Actividades humanas como la canalización de las

aguas, proyectos mineros y explotación subterránea del recurso hídrico han disminuido sus poblaciones en la zona, ya que la baja del volumen de agua de estos sistemas ha implicado una mayor concentración salina a niveles que no son tolerados por las especies ícticas (Vila *et al.*, 1999; IUCN, 2014). Similares factores afectan a las poblaciones de anfibios altiplánicos, sumándose la amenaza de un hongo patógeno encontrado en Putre para los géneros de *Telmatobius* (Díaz-Paéz & Ortiz, 2003).

6.5. RECOMENDACIONES

Como principal recomendación específica a nivel bofedal, la mantención del equilibrio vegetacional en este tipo de áreas se determina según el aporte que en términos de biomasa puede otorgar cada bofedal. Basado en estos parámetros, podemos señalar con un alto grado de análisis que en el bofedal de Caquena, la zona que posee un mayor potencial para ser seleccionada como un área de pastoreo, correspondería a la zona norte, la cual presentó los valores más elevados de aporte de biomasa expresada en materia seca. Sin embargo, al lograr cruzar la información con la distribución del ganado en esta zona, se refleja que la mayoría del ganado se encuentra en la parte media del bofedal, hecho que se asocia principalmente a la mayor presencia de flujo hídrico, cercos y caseríos en esta área del ecosistema. La mayor parte de la distribución de las áreas de conservación, se ubican en la periferia del bofedal, compuestas principalmente por *A. compacta* y *P. tarapacana*, por lo que se recomienda evitar el uso de estas zonas como áreas de pastoreo.

En las zonas pertenecientes al polígono de Piasalla, el único bofedal donde se constató la presencia activa de ganado fue en Chapoco. Puede identificarse además, que la parte sur de este bofedal, no es utilizada por los lugareños por presentar un alto grado de especies vegetales secas, hecho que se relaciona con el alto número de registros de derechos de agua en el lugar. No obstante, como pudo desprenderse del análisis de zonificación de la distribución del ganado, la mayor abundancia de éste se registra en la parte norte del bofedal, mientras que el mayor aporte de biomasa se registra en la zona sur del mismo. Laitani y Taipuma, son utilizados posterior al período estival en la zona, según comunicaciones efectuadas por los lugareños del sitio. Ambos son bofedales de reducido tamaño en comparación con Chapoco y Caquena, con escasa presencia hídrica en el lugar (hecho reflejado por la escasa abundancia de asociaciones vegetacionales de régimen hídrico). Según el levantamiento de información social, pudo denotarse que el bofedal de taipuma presenta áreas que son aprovechadas por lugareños como zonas de manejo vegetacional, en donde se remueven capas vegetacionales para favorecer el movimiento

del flujo hídrico a través del bofedal. Debe destacarse el alto número de derechos de agua otorgados en las cercanías del bofedal de Chapoco, el cual podría estar impactando de forma negativa la dinámica natural de este bofedal, puesto que gran parte de la zona sur de éste no presentaba presencia de flujo hídrico, hecho revelado por la escasa cobertura de las asociaciones de especies acuáticas determinada en el estudio vegetacional.

La única zona donde pudo constatarse la presencia directa de intervención humana en el bofedal, se observó en Caquena. Allí, algunos lugareños realizan quemas del estrato vegetacional con la finalidad de lograr una mayor tasa de germinación de semillas. Sin embargo, esta práctica no se recomienda, principalmente por los procesos de erosión que se producen en la capa edáfica del bofedal. La materia orgánica de estos vegetales, una vez que se secan por medios naturales, aportan aproximadamente el 75% de los nutrientes del suelo, hecho que se reduciría si se masifica esta práctica, ya que la materia vegetal carbonizada no supone aporte nutricional alguno a la capa edáfica. No pudo constatarse en terreno la movilidad de ganado que se realiza, ya que el levantamiento de información se realizó durante una única vez en el año. Sin embargo, al realizar las consultas a los lugareños de Caquena, se pudo denotar que la gran mayoría suele permanecer durante gran parte del año en el bofedal. En Chapoco, debido principalmente a la disponibilidad de flujo hídrico del bofedal, el pastoreo se realiza durante gran parte del año en la zona norte que se procedió a prospectar en el presente estudio. Como recomendación final a nivel específico, se recomienda la realización de al menos dos muestreos anuales en las zonas estudiadas, uno que debiera realizarse previo al período estival y otro post período estival, época donde se produce la mayor cantidad de precipitaciones. Según Aliaga y Villalobos (2014), la actividad ganadera en el bofedal de Caquena ha ido en un franco decrecimiento en las últimas décadas, hecho asociado a la intensidad en el pastoreo y a la variabilidad climática de la zona. Mediante este estudio, se pretende proporcionar una herramienta de decisión sobre las áreas que deben destinarse a pastoreo en cada uno de los bofedales, bajo criterios ambientales y sociales acordes a la sustentabilidad del área.

La comunidad ganadera de Piasalla tiene establecido el uso de sus bofedales en forma comunitaria, mientras que los ganaderos de Caquena tienen el bofedal parcelado y el manejo del pastoreo lo determina cada integrante. Se efectúa pastoreo continuo e intenso de este recurso forrajero, dejando en segundo plano los efectos de sobrepastoreo en las plantas que constituyen el bofedal.

En relación al pastoreo en conjunto, el ganado en los bofedales estudiados se maneja en forma conjunta, hembras, machos, crías y jóvenes, como también distintas especies animales. Esto ocasiona competencia por el consumo selectivo de los pastos entre

especies y categorías, situación que dificulta un manejo racional del sistema. En relación a esto, estudios basados en la dieta de camélidos en Parinacota, indican que a pesar de que la llama posea mayor grado de adaptación a las variaciones alimentarias anuales en contraste con la alpaca, ambas especies presentan superposición en las dietas, es decir, un alto porcentaje de similitud entre ellas, lo cual evidencia un elevado grado de competencia entre ambas especies, el que se acentúa en el periodo de mayor escasez de forraje, sugiriendo la conveniencia de pastorear ambos rebaños por separado para evitar la competencia en el uso del hábitat (Castellaro et al., 2004).

En cuanto a sus características productivas potenciales, los bofedales son considerados áreas de potencial ganadero y de producción de agua (CORFO, 1982), por lo que la ganadería se presenta como el sustento alimentario y económico fundamental de las comunidades altoandinas que lo habitan (Troncoso, 1982; De Carolis, 1987; Castellaro, 2005). Esta producción está adaptada y limitada a las severas condiciones ambientales y la baja disponibilidad de recursos económicos y mecánicos, así como la disponibilidad de forrajes altamente nutritivos. La producción pecuaria incluye la cría de llamas, alpacas, vacas, y ovejas cuya nutrición durante la temporada húmeda y seca es escasa por la falta de pastos adecuados para su nutrición. La falta de pasturas adecuadas es causa del sobre pastoreo y la no implementación de programas de manejo adecuado de suelos y la rotación de pastoreo en áreas de pastizales nativos (Reiner and Bryant, 1986).

Con respecto a la rotación del pastoreo, se asume que dejar descansar sectores del pastoreo es una buena práctica, sin embargo, se han reportado diversos efectos de esto sobre la comunidad vegetal para zonas áridas (Buttolph y Coppock, 2004). Entre ellos figuran pocos o nulos resultados en cambios vegetacionales al eliminar el pastoreo (West et al. 1984). Y en otros casos, los cambios en la vegetación pueden ocurrir al protegerla del pastoreo, pero sólo durante periodos climáticos favorables (Alzérreca et al., 1998). Se podría decir entonces que esta práctica es beneficiosa siempre y cuando se asocie a ella buenas condiciones climáticas, o bien un buen manejo en la canalización del recurso hídrico al sector en receso, ya que según (Buttolph y Coppock, 2004) estos cambios se relacionan más bien con la fuerte dependencia de las precipitaciones del sistema. No obstante, en estas regiones áridas o semiáridas, la trayectoria del cambio al eliminar el pastoreo puede ser impredecible.

Consecuencias de un mal o nulo manejo de los canales de regadío, contribuye a una mala distribución del recurso hídrico y hace que éste circule por canales profundos de las partes más bajas de los bofedales, resultando así en un mal drenaje que ocasiona la desecación de las partes más elevadas del bofedal y muerte de las plantas, quedando manchones secos de materia orgánica sin vegetación verde (Cárdenas y Encina, 2002). La formación

de charcos profundos (agua detenida) genera varios problemas: causa la muerte de plantas que no toleran agua detenida, muerte de ganado por inmersión y son además, sitios de proliferación de parásitos. Como consecuencia de los problemas mencionados, existe menor cantidad de forraje disponible, disminución de especies palatables e invasión de especies poco deseables, desecación de bofedales, salinización, e incremento de plagas y enfermedades. La disminución de la cobertura vegetal producto de la desecación, como resultado del mal manejo, predispone a la pérdida de suelo por acción del agua y los frecuentes vientos característicos de la zona altiplánica, especialmente en la época seca. La disminución del agua en los bofedales, especialmente en la época seca hace que las sales disueltas tengan mayor concentración y por lo tanto, se presentan afloramientos salinos en los suelos de los bofedales. En ese sentido se recomienda mayores esfuerzos para la correcta y efectiva canalización de las aguas en estos sistemas. Actualmente este manejo se ve perjudicado ya que los ganaderos no tienen la posibilidad de optar a proyectos de riego para el mejoramiento de los canales por temas legales, desfavoreciendo el mantenimiento de las praderas hídricas.

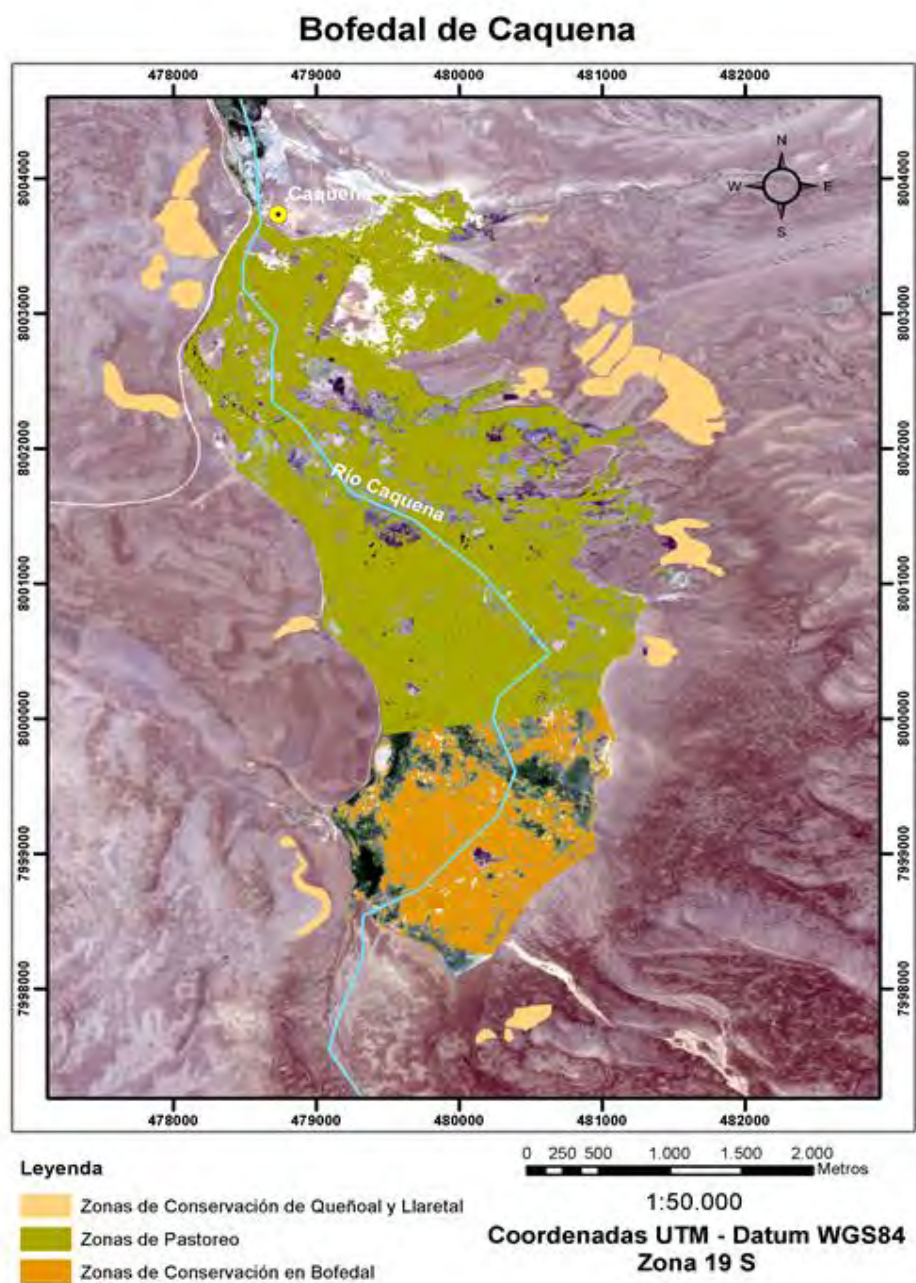
Finalmente, en cuanto a las especies exóticas en el ganado doméstico, cabe mencionar que estos animales no presentan las adaptaciones naturales de los camélidos en cuando a aprovechamiento del este recurso forrajero limitado, en que los nutrientes se hallan altamente diluidos por carbohidratos estructurales que son difíciles de digerir (Bonacic, 1991). Lo anterior produce que el ovino por ejemplo, consuma 26% más de alimento (principalmente hojas) que los camélidos en respuesta a su mayor tasa metabólica, lo que implica tener mayores requerimientos de proteína y energía. Pero esto puede ser perjudicial para la condición de la pradera (San Martín y Bryant, 1987). Ante a lo anterior, queda en evidencia que para evitar una degradación por efectos de pastoreo sobre el bofedal, se debe dar preferencia al uso de camélidos en las actividades ganaderas. Particularmente debido a las características selectivas, reducido consumo, mayor tiempo de retención de la digesta en su tracto digestivo, además de estar fisiológicamente adaptadas para sobrevivir en zonas de gran altitud. Además son las especies mejor adaptadas para aprovechar la escasa y fibrosa vegetación de los ecosistemas de montaña (San Martín y Bryant, 1987). Sumado a esto, su patrón de comportamiento de pastoreo es diferente de las demás especies. Presenta características especiales como la pequeñez de las patas, con una almohadilla plantar que sostiene en forma balanceada un cuerpo ágil y liviano. Esto permite que las praderas naturales no se deterioren con el pisoteo. Por otra parte al realizar la prensión de los pastos no lo hacen jalando o arrancando la vegetación como los ovinos, bovinos y caprinos, sino que llevan a cabo un corte que conserva mejor el estrato herbáceo (Bonacic, 1991). La introducción de animales domésticos como ovinos, equinos y porcinos es una acción negativa para los bodefales (Alzérreca et al., 2001). Dentro de recomendaciones por Rocha (2002) sugiere la eliminación de los animales no

apropiados para la pradera altoandina (Bovino, Ovino, Cerdo), ya que son introducidos por el hombre a diferencia de los camélidos que han tenido una coexistencia con el altiplano.

En términos generales se pueden desprender una serie de recomendaciones con respecto al manejo ambiental de los bofedales estudiados. El caso del bofedal de Caquena presenta una alta densidad de vegetación que puede ser aprovechada sustancialmente por las comunidades que allí habitan, aunque los manejos observados en terreno -los cuales incluyen la quema de parte del bofedal- no parecen ser adecuados para la regeneración de *O. andina* y *D. curvula*, ya que sus semillas suelen ser muy propensas a abortar ante altas temperaturas. La distribución de la vegetación en Caquena, nos permite observar la heterogeneidad en lo que respecta a cobertura de las especies según sea el área a evaluar. Es así como las zonas norte y centro del bofedal presentan una amplia abundancia de especies típicas de cojín como *O. andina*, *Z. atacamensis* o *C. marítima*. Sin embargo, la zona sur del bofedal, presenta menor cantidad de canales de irrigación y una alta cobertura de gramíneas en las zonas de cojín, hecho que podría favorecer el establecimiento de pastoreo de animales que tengan predilección por especies pertenecientes a las poáceas. En el caso de los bofedales de Piasalla, también es posible analizar diferencias en lo que respecta a sus estados vegetacionales, tanto Putani-Chapoco como el bofedal de Llaitani, presentan excelentes condiciones vegetacionales para su utilización como zonas de pastoreo, ya que presentan una alta irrigación continua mediante la presencia del río Putani y de canales, respectivamente. No obstante, el bofedal de Taipuma, presenta bajas densidades de especies en cojín y una gran parte de sus zonas con vegetación seca o en dormancia, hecho que podría influir al momento de seleccionarla como un área adecuada para el pastoreo. En lo que respecta a conservación biológica, especiales recomendaciones se deben adoptar en la conservación de dos especies claves para el desarrollo de las zonas de tolares y pajonales, como lo fueron *Azorella compacta* y *Polylepis tarapacana*. Ambas especies están clasificadas como vulnerables, según entidades gubernamentales de medio ambiente, hecho que denota la especial preocupación que debe tenerse al momento de efectuar planes de manejo en bofedales altoandinos, con el objeto de asegurar la persistencia de estas poblaciones.

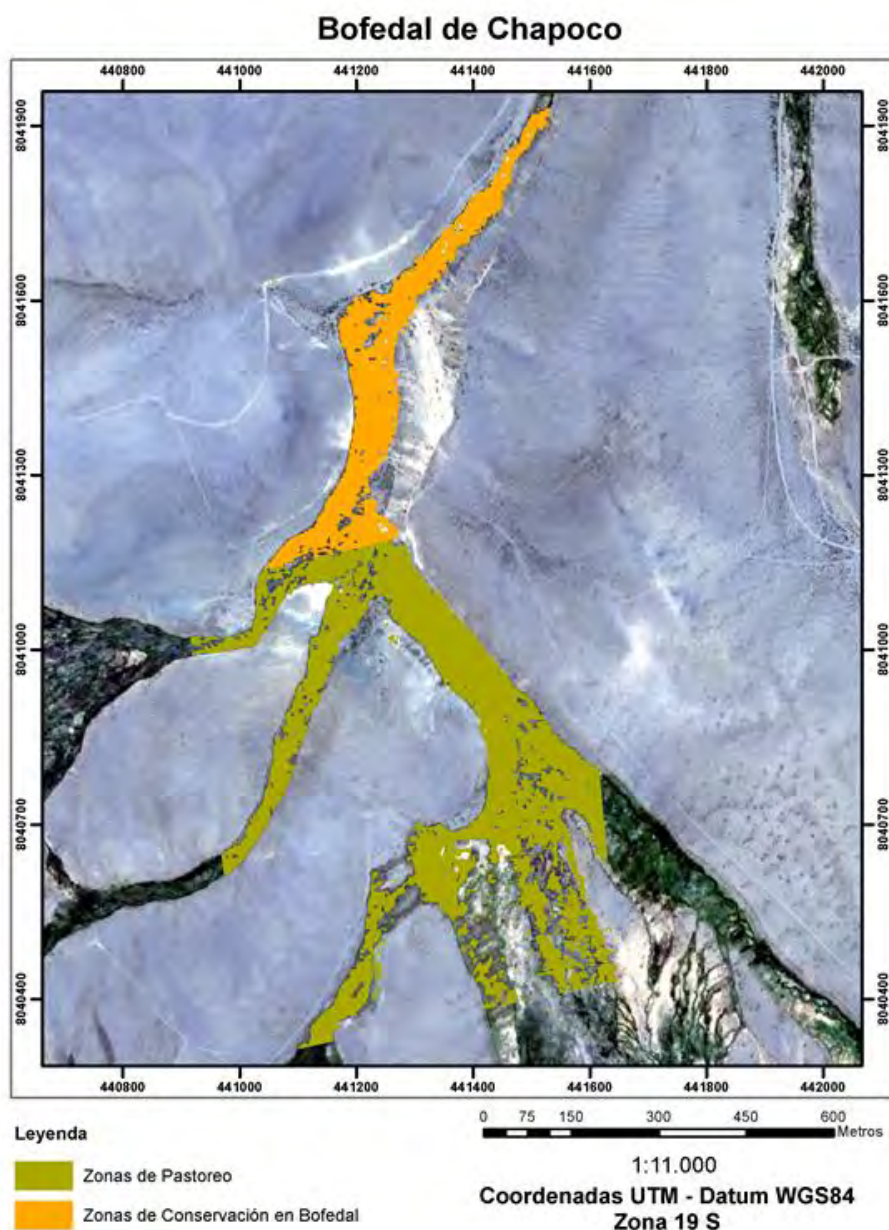
Como resumen, en el bofedal de Caquena (mapa 6.6) según los datos de biomasa y levantamiento de información biótica, las zonas a destinar como áreas de pastoreo, se encuentran ubicadas en su gran mayoría en las zonas norte y media del bofedal. La zona sur, se destaca como un área aconsejable para la conservación de especies en el bofedal, ya que en su gran mayoría son especies pertenecientes al género *Deyeuxia*, que requieren una baja presión desde el punto de vista de su aprovechamiento agropastoral. En la periferia de este bofedal, deben considerarse zonas de conservación de queñoales y llaretas, en las cuales no es aconsejable introducir ganado. Como zonas de bebederos

para los animales, se denota el curso del río Caquena y algunas zonas constituidas por agua encharcada.



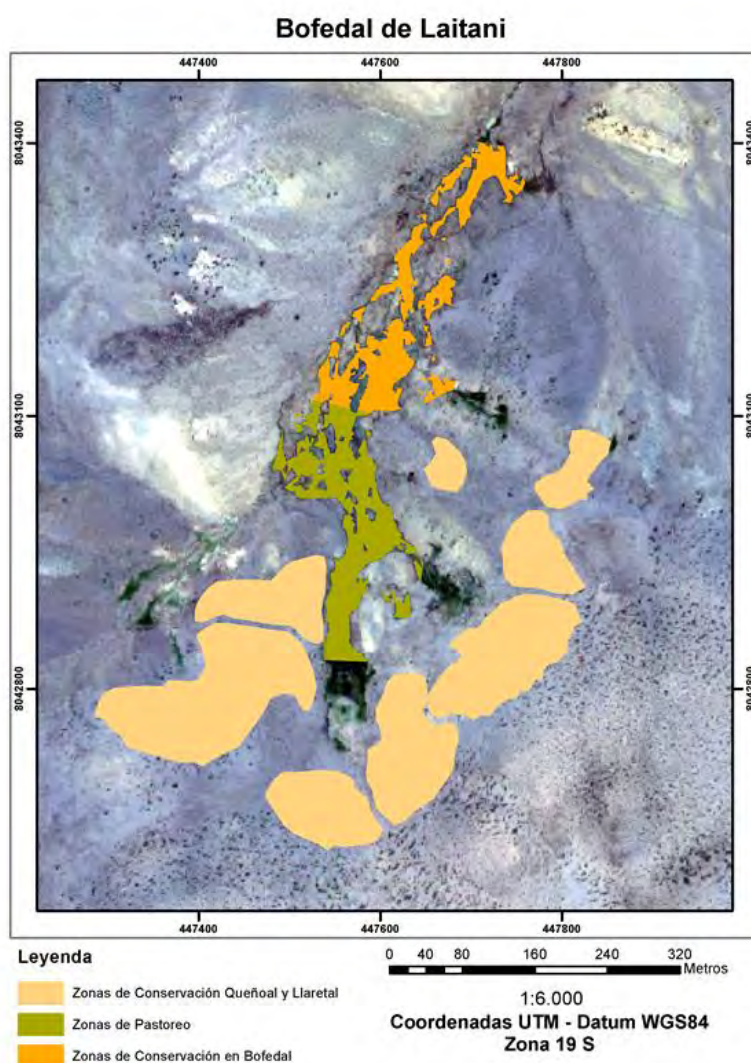
Mapa 6.6 Resumen de las principales zonas de uso propuestas del bofedal de Caquena.

En el bofedal de Chapoco (Mapa 6.7.), según los datos de biomasa y levantamiento de información biótica, las zonas a destinar como áreas de pastoreo, se encuentran ubicadas, en su gran mayoría en las zonas sur del bofedal. La zona norte, es aconsejable destinarla como una zona de conservación, principalmente a la menor presencia de biomasa en sus especies y a la escasa presencia hídrica.



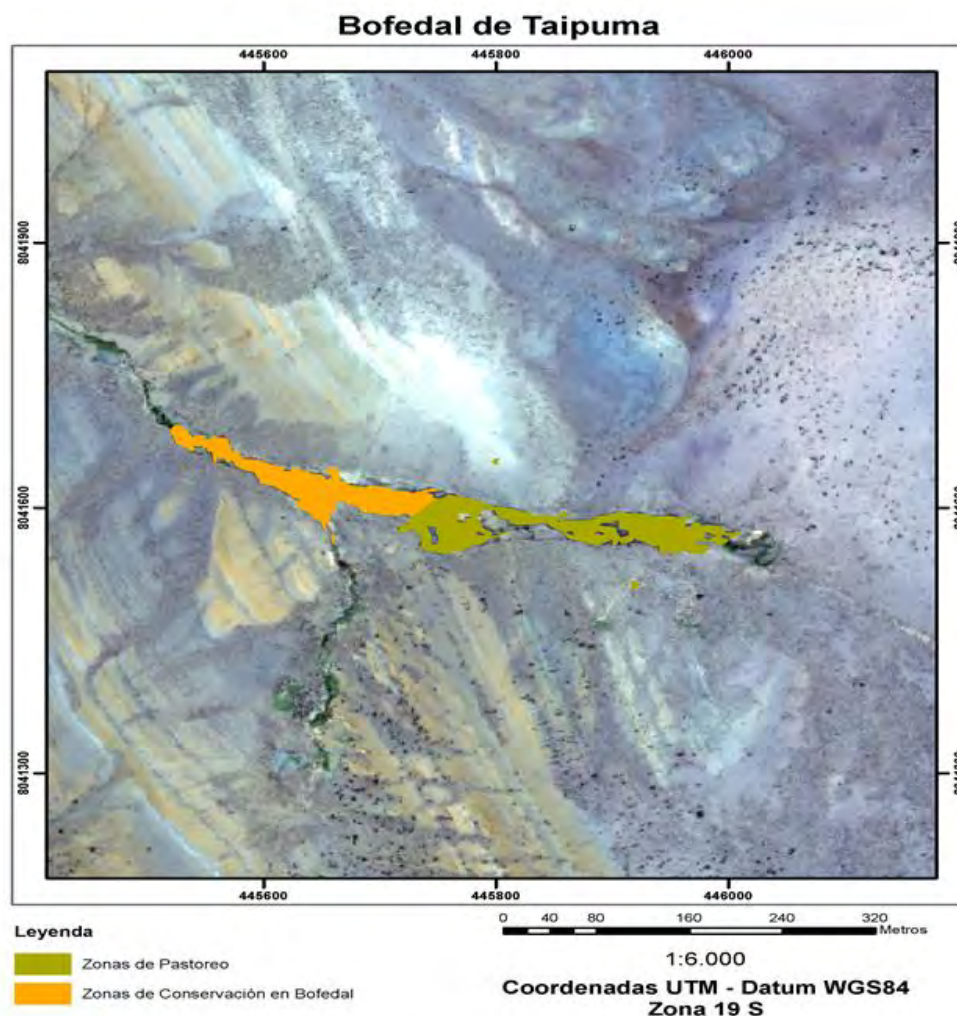
Mapa 6.7 Resumen de las principales zonas de uso propuestas del bofedal de Chapoco.

En el bofedal de Laitani (Mapa 6.8.) no se halló la presencia de animales cuando se fue a terreno. Sin embargo, en el supuesto caso que las comunidades deseen utilizarlo en un futuro, se recomienda que las zonas de pastoreo se ubiquen en la parte sur del bofedal, debido principalmente a la biomasa hallada y a la presencia de bebederos ubicados dentro de esta zona. Como zonas de conservación, se delimitan áreas periféricas en el bofedal que corresponden a queñoas y llaretas, las cuales se aconseja no intervenir debido a la clasificación en estado vulnerable de ambas especies por parte del Ministerio de Medio Ambiente. Dentro del bofedal, también debe destinarse la parte norte como zona de conservación, principalmente por la escasa presencia hídrica y la baja carga de biomasa presente en sus especies.



Mapa 6.8 Resumen de las principales zonas de uso propuestas del bofedal de Laitani.

En el bofedal de Taipuma, al igual que en Laitani, no se halló presencia de animales en el terreno efectuado. Sin embargo, en el supuesto caso que las comunidades deseen utilizarlo en un futuro, se recomienda que las zonas de pastoreo se ubiquen en la parte sur del bofedal, debido principalmente a la biomasa hallada y a la presencia de bebederos ubicados dentro de esta zona. Dentro del bofedal, también debe destinarse la parte norte como zona de conservación, principalmente por la escasa presencia hídrica y la baja carga de biomasa presente en sus especies.



Mapa 6.9 Resumen de las principales zonas de uso propuestas del bofedal de Taipuma.

CAPÍTULO 7

BIBLIOGRAFÍA

7. BIBLIOGRAFÍA

Ahumada, M.; Faúndez, L. (2009) Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión altiplánica (SVAHT). Ministerio de Agricultura de Chile, Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago, Chile.

Aliaga, M.; Villalobos Y. (2014). Efectos de la variabilidad climática sobre las fluctuaciones del nivel de las aguas y actividad ganadera en humedales altoandinos. *Interciencia*. 39: 651-658.

Angulo A., J. V. Rueda-Almonacid, J. V. Rodríguez-Mahecha & E. Lamarca (2006) Técnicas de Inventario y Monitoreo para los Anfibios de la Región Tropical Andina. Conservación Internacional. Colombia.

Arroyo, M., Marquet, P., Marticorena, C., Simonetti, J., Cavieres, L., Squeo, F., Rozzi, R. y Massardo, F. (2006). El hotspot chileno, prioridad mundial para la conservación. Diversidad de ecosistemas, ecosistemas terrestres. Comisión Nacional del Medio Ambiente (Chile). Diversidad de Chile: patrimonios y desafíos. Pp. 94-97.

Borgnia, M.; Vila, B.L.; Cassini, M.H. (2008) Interaction between wild camelids and livestock in an Andean semi-desert. *Journal of Arid Environments*, 72: 2150-2158.

Canfield, R. (1941). Application of the Line Interception Method in Sampling Range Vegetation. *Forestry*. 39: 388-349.

Carevic, F, Carevic, A, Delatorre, J. (2012). Historia Natural del género *Prosopis* en la región de Tarapacá. *Idesia* 30: 113-117.

Cassini, M.; Borgnia, M.; Arzamendia, Y.; Benitez, V.; Vila, B.L. (2009) Sociality, foraging and habitat use by vicuña. In: Gordon, I. (ed). *The Vicuña: The Theory and Practice of Community Based Wildlife Management*. Springer, Townsville, Australia. Pp. 36-48

Castellaro, G.; Gakardo, C.; Parraguez, V.; Rojas, R.; Raggi, L. (1998) Productividad de un rebaño de camélidos sudamericanos domésticos en un sector de la provincia de Parinacota, Chile: Variación estacional de la composición botánica, disponibilidad de materia seca, valor pastoral y valor nutritivo de los bofedales. *Agricultura Técnica* 58(3): 191-204.

CONAF. 2015. La Ley de caza y su reglamento. Servicio Agrícola y Ganadero. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile.

Cruz-Jofré F., Morales P., Esquer-Garrigos Y., Vila I., Hugueny B., Gaubert P., & Méndez M. A. (2014) Taxonomic identity of the forms of *Orestias agassii* (Teleostei: Cyprinodontidae) from Chile: A morphological comparison with the syntypes of the species of Peru and Bolivia. *Gayana (Concepción)*, 78(1), 41-45.

Díaz-Páez H & J.C. Ortiz (2003) Evaluación del estado de conservación de los anfibios en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 76: 509-525.

Fernández-Baca S. (1991) Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Oficina regional de la FAO para América Latina y el caribe. 429 pp.

Franklin, W.L. (2011) Order Artiodactyla. Family Camelidae (Camels). In: Wilson D.E. *Handbook of the Mammals of the World - Volume 2*. Lynx Edicion. 206 pp.

Gajardo R. (1994). *La Vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica*. Editorial Universitaria, Santiago. 165 pp.

Genin, D.; Tichit, M. (1997) Degradability of Andean range forages in llamas and sheep. *Journal Range Man*. 50, 381–385.

Heyer, R., M. Donnelly, R. McDiarmid, L.A. Hayek & M. Foster (2001) *Medición y Monitoreo de la Diversidad Biológica: Métodos Estandarizados para Anfibios*. Smithsonian Institution Press y Editorial Universitaria de la Patagonia. Argentina. 364 p.

IUCN (2013). IUCN Red List of Threatened Species. Version (2013) <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 06 December 2015.

Jaramillo, A (2003). *Birds of Chile*. Princeton University Press. New Jersey, USA. 240 pp.

Martínez, D. (1985) *Productores alpaqueros de Huancavelica. Convención Internacional sobre camélidos sudamericano*. Cusco, Perú.

Ministerio de Obras Públicas (2008a) Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, regiones XV, I, II Y III. *Geología Regional del Altiplano de Chile*. Elaborado por Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, P. Universidad Católica de Chile. 122 pp.

Ministerio de Obras Públicas (2008b) Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, regiones XV, I, II Y III. *Hidrología Regional del Altiplano de Chile*. Elaborado por Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, P. Universidad Católica de Chile. 399 pp.

Ministerio de Obras Públicas (2008c) Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, regiones XV, I, II Y III. *Hidrografía Regional del Altiplano de Chile*. Elaborado por Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, P. Universidad Católica de Chile. 55 pp.

Muñoz-Pedreros & Yáñez (2000) *Mamíferos de Chile*. CEA Ediciones, Valdivia. 463 pp.

Pielou, E. (1975). *Ecological diversity*, Wiley-Interscience, Nueva York, 165 pp.

Pontificia Universidad Católica de Chile (2010). *Confección y Ejecución de Línea de Base en el Bofedal de Caquena, Región de Arica y Parinacota*. Instituto de Geografía PUC. 106 pp

Risacher F., Alonso H. y Salazar C. (1998) Geoquímica de aguas en cuencas cerradas I, II, III Regiones – Chile (DGA-, SIT N° 51). Dirección General de Aguas, MOP.

Risacher F., Alonso H. y Salazar C. (2003) The origin of brines and salts in Chilean salars: a hydrochemical review. *Earth Sciences REVIEWS* 63.

Schüttler, E. & Karez, C.S. (eds) (2008) *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera de América Latina y el Caribe. Un informe técnico para fomentar el intercambio de experiencias entre las Reservas de Biosfera y promover el manejo efectivo de las invasiones biológicas.* UNESCO, Montevideo.

Squeo FA, BG Warner, R Aravena & D Espinoza (2006) Bofedales: High altitude peatlands of the central Andes. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 245-255.

Squeo, F.; Barry, G.; Aravena, R.; Espinoza, D. (2006) Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 79, 245-255.

Vila I.; Fuentes L S.; Contreras M., 1999. Peces límnicos de Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile* 48:61-75

ANEXO
CATÁLOGO FOTOGRÁFICO DE BOFEDALES
CAQUENA Y SECTOR PIASALLA

CATÁLOGO FOTOGRÁFICO DE BOFEDALES

CAQUENA Y SECTOR PAISALLA

Se presenta un catálogo digital fotográfico del bofedal, donde se constatan las principales características bióticas y abióticas del sitio de estudio. Se debe destacar las notables diferencias entre cada uno de los bofedales estudiados, específicamente en lo referente a régimen hídrico observado. En base a ello, podemos inferir que el bofedal de Chapoco - por la existencia del río Putani- posee un amplio abanico de especies vegetacionales que lo componen. Por otra parte, el bofedal de Taipuma presenta pocos canales con irrigación, lo cual incide directamente en el estado fenológico y vital en el que se hallaron las especies que las componen.

En el presente catálogo, se denotan las especies que durante el muestreo realizado en primavera del año 2015, presentaban presencia de floración. Este hecho, no obstante debiera de incrementarse durante los meses comprendidos entre Diciembre y Marzo, ya que se trata de la época en que las precipitaciones comienzan a incrementar.

1. VEGETACIÓN BOFEDAL DE CAQUENA



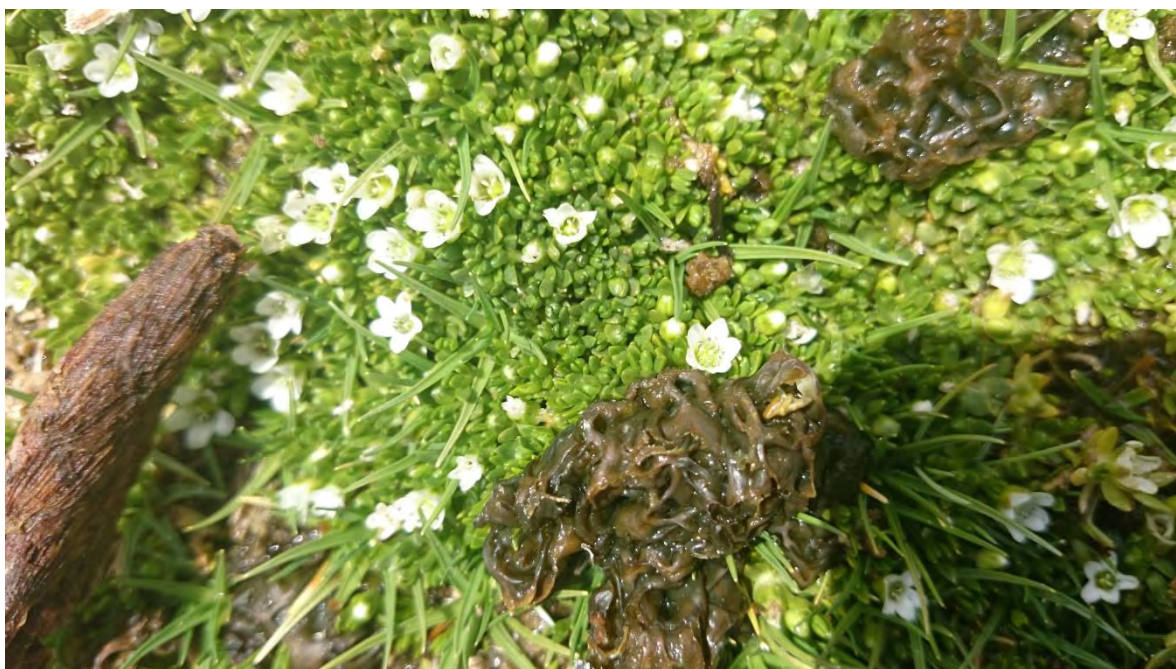
Fotografía 1. Quema de cojines en bofedal de Caquena, durante primavera de 2015.



Fotografía 2. Detalle de pajonal compuesto por *Festuca chrysophylla*



Fotografía 3. Detalle de la inflorescencia de *Caiophora andina*, especie asociada a pajonal.



Fotografía 4. Inflorescencias de *Arenaria rivularis* en asociación de cojín.



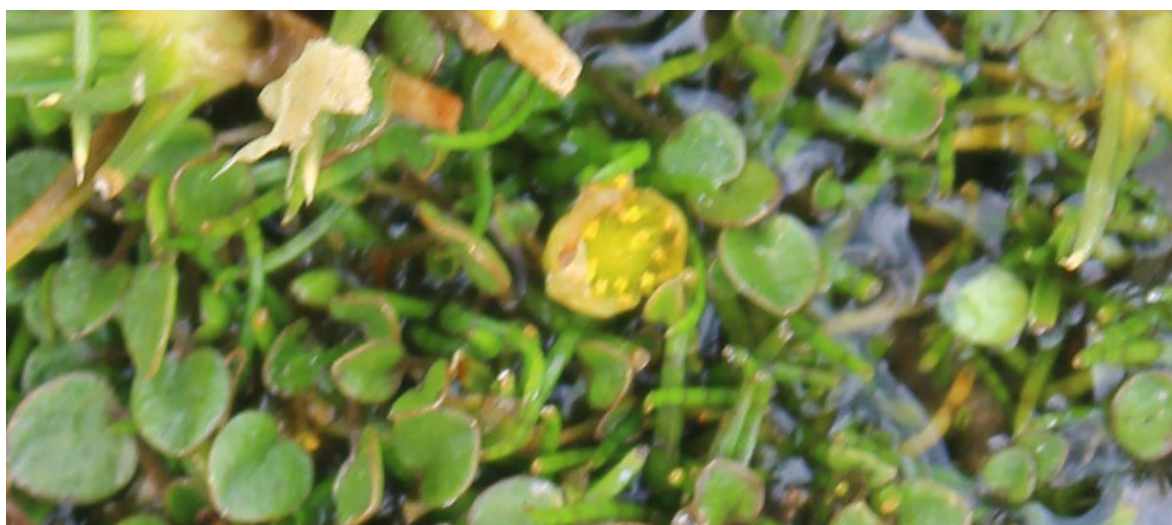
Fotografía 5. Detalle de inflorescencias de *Parastrephia quadrangularis*.



Fotografía 6. Detalle de inflorescencia de *Xenophyllum weddellii*



Fotografía 7. Presencia de cercos divisorios de terrenos. Se debe destacar la amplia presencia de estas divisiones en este bofedal, a diferencia de las otras zonas estudiadas.



Fotografía 8. Primeros estadíos de floración en *Ranunculus uniflorus*, especie dominante en canales.



Fotografía 9. Primeros estadios de floración en *Oxychloe andina*. Esta especie domina los cojines en este bofedal, a diferencia de los otros bofedales donde su presencia fue escasa o nula.

2. VEGETACIÓN BOFEDAL CHAPOCO-PUTANI



Fotografía 10. Vista aérea del área prospectada en el bofedal de Chapoco.



Fotografía 11. Río Putani



Fotografía 12. *Polylepis tarapacana*, especie frecuente de hallar en asociación con tolar-pajonal.



Fotografía 13. Inflorescencias de *Lupinus oreophilus*, leguminosa asociada en baja densidad a pajonal.

3. VEGETACIÓN BOFEDAL TAIPUMA



Fotografía 14. Aspecto del bofedal de Taipuma



Fotografía 15. Presencia de ácaros en cojines del bofedal Taipuma



Fotografía 16. Aunque en menor cantidad, es posible apreciar la presencia de canales en el bofedal Taipuma.



Fotografía 17. Vista general del pajonal del bofedal de Taipuma



Fotografía 18. Vista general del bofedal de Taipuma.

4. VEGETACIÓN BOFEDAL LAITANI



Fotografía 19. Presencia de *Ranunculus uniflorus* y *Potamogeton* sp.



Fotografía 20. Vegetación de cojín y pajonal. Puede apreciarse la dominancia de *Deyeusia* sp, *Bryum* sp y *Distichia muscoides*.



Fotografía 21. Detalle de los canales presentes en el bofedal de Laitani.

ANEXO
EQUIPO DE ESTUDIO
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MEDIO AMBIENTE
UNIVERSIDAD ARTURO PRAT

EQUIPO DE ESTUDIO

Centro de Investigación en Medio Ambiente

Nombre Profesional	Profesión	Función
Dr. Felipe Carevic Vergara	Biólogo	vegetación y ecología
Cristian Carrasco Farías	Biólogo	gestión ambiental
Paola Araneda Cid	Biólogo	vertebrados
Dra. Venecia Herrera Apablaza	Química	química ambiental
María José Harder Rodríguez	Ing. Agrónomo	ganado y comunidades
Francisca Montesinos Menares	Ing. Agrónomo	ganado y comunidades
Avelino Muñoz Manterola	Ing. Pesca y Acuicultura	manejo de SIG
Cinthia Rojo Torres	Analista Químico	análisis químico de aguas