



INFORME FINAL

"CARACTERIZACIÓN VEGETACIONAL Y DE CONDICIÓN GANADERA DEL BOFEDAL DE CAQUENA UBICADO EN LA REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA"

(LICITACIÓN PÚBLICA 612-510-L109)



Preparado por
Biota Gestión y Consultorías Ambientales Ltda.



Santiago, Diciembre de 2009

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO	2
3. ALCANCES DEL ESTUDIO	2
3.1. Productos Comprometidos	2
3.2. Información Utilizada para la Realización del Estudio	3
4. FINANCIAMIENTO	3
5. EQUIPO PROFESIONAL	3
6. SUPERVISIÓN	3
7. METODOLOGÍA	3
7.1. Definición de Área de Estudio	4
7.2. Recopilación de Antecedentes	4
7.3. Interpretación Preliminar de Imágenes	4
7.4. Detección y Delimitación de Polígonos de Vegetación Azonal	5
7.5. Descripción de los Parámetros Físico-Ambientales	6
7.6. Selección de Polígonos Representativos	8
7.7. Campaña de Terreno	8
7.7.1. Descripción de la Vegetación	9
7.7.2. Descripción Florística	10
7.7.3. Descripción de Parámetros Físico-Ambientales	10
7.7.4. Evaluación de la Aptitud Ganadera	11
7.8. Análisis y Extrapolación de la Información	12
7.9. Identificación de Elementos Críticos	13
8. RESULTADOS	15
8.1. Área de Estudio	15
8.2. Recopilación de Antecedentes	16
8.3. Campaña de Terreno	16
8.4. Vegetación	17
8.4.1. Grupos y Tipologías de Vegetación	17
8.4.2. Estado Actual, Condición y Aptitud Ganadera de las Formaciones de Vegetación	25
8.5. Flora Local	32

8.5.1.	Grupos Taxonómicos.....	32
8.5.2.	Espectro Biológico.....	32
8.5.3.	Origen y Estados de Conservación.....	33
8.5.4.	Distribución de la Flora Local y Riqueza de Especies	33
8.6.	Identificación de Elementos Críticos	36
8.7.	Cartografía del Humedal de Caquena.....	40
9.	CONCLUSIONES	43
10.	LITERATURA CITADA O UTILIZADA	44
11.	ANEXOS	46

Anexo 1. Índices específicos (Is) de las especies vegetales utilizados en el cálculo del valor pastoral de las unidades de vegetación identificadas en el humedal de Caquena.

Anexo 2. Información base de vegetación obtenida en los puntos de evaluación de terreno.

Anexo 3. Códigos y nombres de las especies dominantes de las formaciones de vegetación del humedal de Caquena.

Anexo 4. Listado taxonómico del Humedal de Caquena.

Anexo 5. Fotografías del Estudio.

Anexo 6. Carta de vegetación (C.O.T.) del Humedal de Caquena.

Anexo 7. Carta de aptitud ganadera del Humedal de Caquena

Anexo 8. Carta de valoración ambiental del Humedal de Caquena.

TABLAS

Tabla 1. Listado de imágenes "Quick Bird" disponibles en el estudio.

Tabla 2. Niveles de hidromorfismo establecidos en las diferentes temporadas según los niveles digitales de la banda de humedad de la imágenes correspondiente al índice de *Tasseled cap*.

Tabla 3. Matriz de combinación para el nivel de hidromorfismo anual establecido según los niveles hidromórficos estacionales de cada unidad.

Tabla 4. Tipos biológicos y grado de cubrimiento según metodología COT.

Tabla 5. Códigos de altura para tipos biológicos según metodología COT.

Tabla 6. Clases de condición ganadera establecidos según el valor pastoral de las unidades de vegetación del humedal de Caquena.

Tabla 7. Matriz de combinación de los valores de Singularidad, Representatividad y Riqueza de especies, utilizada en el cálculo del valor ambientes de las unidades de vegetación del humedal.

Tabla 8. Resumen de las clases de vegetación presentes en el humedal de Caquena, según número de unidades, superficie, superficie promedio y fracción porcentual.

Tabla 9. Resumen según superficie, número de unidades y porcentaje de cada una de las tipologías de vegetación descritas para el Humedal de Caquena.

Tabla 10. Valores pastorales promedios para las distintas clases y tipologías de vegetación discriminadas en el humedal de Caquena.

Tabla 11. Resumen de la superficie según aptitud ganadera de cada tipología de vegetación definida en el humedal de Caquena.

Tabla 12. Resumen taxonómico de la flora vascular presente en el humedal de Caquena.

Tabla 13. Distribución de la flora local, frecuencia por especie y número de especies en las distintas tipologías de vegetación descritas en el humedal de Caquena.

Tabla 14. Grado de singularidad de las tipologías de vegetación presentes en el humedal de Caquena.

Tabla 15. Proporción porcentual de la superficie de cada tipología en los distintos niveles de representatividad establecidos para el humedal de Caquena.

Tabla 16. Proporción porcentual de la superficie de cada tipología en los distintos niveles de valor ambiental establecidos para el humedal de Caquena.

Tabla 17. Códigos y descripción de campos de la capa correspondiente a la Carta de Vegetación (Metadata).

Tabla 18. Códigos y descripción de campos de la capa correspondiente a los puntos de muestreo (Metadata).

Tabla 19. Estructura parcial de la base de datos generada para la remodificación de la descripción de la formación vegetacional de cada unidad de vegetación.

FIGURAS

Figura 1. Clases de vegetación preliminares en base al índice de vegetación normalizado (NDVI) para el Bofedal de Caquena.

Figura 2. Delimitación de unidades de vegetación en función de las clases de vegetación obtenidas a partir de los valores del índice de vegetación normalizado (NDVI) para el Bofedal de Caquena.

Figura 3. Ubicación del humedal de Caquena, región De Arica y Parinacota.

Figura 4. Ubicación de los puntos de evaluación de flora y vegetación en el Bofedal de Caquena.

Figura 5. Nivel de agrupamiento según porcentaje de similitud de las tipologías de vegetación azonal definidas en el humedal de Caquena.

Figura 6. Distribución las distintas clases de vegetación presentes en el humedal de Caquena.

Figura 7. Niveles de hidromorfismo anual estimados para las unidades de vegetación del humedal de Caquena.

Figura 8. Distribución espacial de las unidades según aptitud ganadera en el humedal de Caquena.

GRAFICOS

Gráfico 1. Número y tamaño promedio de las unidades de vegetación según las clases de tamaño definidas en el humedal de Caquena.

Gráfico 2. Proporción de formas de vida presentes en cada una de las clases de vegetación en el humedal de Caquena.

Gráfico 3. Proporción de la superficie del humedal de Caquena, según su Valor Ambiental.

FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Vega lateral de *Deyeuxia curvula*, porción central del humedal.

Fotografía 2. Bofedal de *Oxychloe andina*, sector sur del humedal.

Fotografía 3. Pajonal hídrico de *Deyeuxia brevifolia* (en el fondo), con vega de *Werneria pygmaea* y *Carex maritima* y bofedal de *Oxychloe andina* (en primer plano).

1. INTRODUCCIÓN

Los humedales de altura corresponden a sistemas ecológicos azonales hídricos, correlacionados con un aporte hídrico permanente y constante durante la temporada de crecimiento (fines de primavera, verano e inicios de otoño) y que, desde el punto de vista de la vegetación, se caracterizan por su presencia en ambientes normalmente árido-fríos, en el caso chileno asociados a la cordillera de Los Andes, y sólo puntualmente a la cordillera de la Costa, en donde en medio de matrices arbustivas o herbáceas de escaso o bajo cubrimiento (inferiores a 50%) y baja estratificación (habitualmente inferiores a 1 m) aparecen resaltando con su mayor actividad vegetativa y sus mayores cubrimientos (en general sobre el 50%). Además, corresponden a los sistemas de mayor productividad en las áreas en las cuales se ubican, constituyéndose en elementos funcionales de alta significación para los ecosistemas relacionados, pese a poseer escasa representación en términos de superficie dentro de la escala macroambiental.

En este sentido resulta destacable el hecho de que este tipo de vegetación ha sido evaluada y definida para toda la zona norte (Faúndez & Gajardo, 1993¹), (SAG, 2007²), particularmente para la ecorregión altiplánica de las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta y en la ecorregión altoandina de la zona central del país (SAG, 2008³), trabajos en los cuales se efectúa una clasificación de las diferentes variantes comunitarias que es posible reconocer, especialmente respecto a gradientes de salinidad, grado de humedad y posición topográfica. Así, según estos trabajos, se reconocen tres grandes tipos de vegetación característicos: vegas, pajonales hídricos y bofedales, los cuales, según su definición técnica, corresponden a aquellos sistemas que “se establecen en un ambiente edáfico, principalmente orgánico, caracterizado por una condición hídrica de saturación permanente”.

La alta demanda por el uso de aguas subterráneas ha determinado una presión por extracción de este recurso, que en algunos casos, ha comenzado a impactar a la vegetación asociada, que se sustenta ya sea por aportes de humedad proveniente de acuíferos sub-superficiales, como de escurrimientos superficiales.

En este contexto, y dada la necesidad planteada por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), se desarrolla el presente estudio para levantar la información de vegetación relacionada con la presencia y estado de las comunidades vegetacionales azonales hídricas que se desarrollan puntualmente en el humedal de Caquena, con el fin que constituyan la base para futuros monitoreos o seguimientos en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y definir el estado actual, condición y aptitud ganadera de las formaciones de vegetación presentes en estos sistemas.

¹ FAUNDEZ L & GAJARDO M. 1993. Estudio de humedales: las vegas y bofedales de la I y II región. 16 p, Diagramas. In CASTRO M, BAHAMONDES M, SALAS H, AZOCAR P & FAUNDEZ L. 1993. Identificación y ubicación de vegas y bofedales de las regiones Primera y Segunda. Informe Mecanografiado. Depto Estudios S.I.T. N° 19, D.G.A.-MOP. 20 p. Anexos.

² SAG, 2007. Estudio de los sistemas vegetacionales azonales hídricos del altiplano. Mandante Servicio Agrícola y Ganadero (SAG Central), ejecutado por Biota Ltda.

³ SAG, 2008. Estudio de los sistemas vegetacionales azonales hídricos de la alta cordillera. Regiones de Valparaíso, O'Higgins y Maule. Mandante Servicio Agrícola y Ganadero (SAG Central), ejecutado por Biota Ltda.

2. OBJETIVO

El objetivo del estudio es caracterizar el estado actual de la vegetación asociada al humedal de Caquena, ubicado en el altiplano de la región de Arica y Parinacota, que permita establecer la composición de la cubierta herbácea definiendo la aptitud ganadera según las características de sitio, asociadas a unidades de paisaje homogéneas.

Para dar cumplimiento a este objetivo, se plantean los siguientes objetivos específicos.

Objetivos Específicos

- a) Identificar, delimitar y describir las diferentes formaciones de vegetación que actualmente se desarrollan en el sistema de vegetación azonal hídrica de Caquena (tradicionalmente denominado Bofedal de Caquena).
- b) Caracterizar el estado actual, condición y aptitud ganadera de las formaciones de vegetación del sistema.
- c) Detectar áreas críticas desde el punto de vista natural y/o manejo para su utilización como pradera para fauna doméstica.

3. ALCANCES DEL ESTUDIO

3.1. Productos Comprometidos

A continuación se detallan los productos comprometidos en cada una de las etapas del presente estudio.

Producto 1

- Cartografía detallada de vegetación: unidades de vegetación representadas a través de polígonos homogéneos, a una escala adecuada de trabajo, y clasificados de acuerdo con los criterios utilizados por el SAG (vega, pajonal, bofedal). Esta información será presentada en formato digital.
- Clasificación de las diferentes formaciones de vegetación según su condición para su uso como forraje.

Producto 2

- Informe final: este producto contiene los resultados y análisis finales de las distintas unidades de recurso vegetacional y el valor pastoral para cada uno de ellas.

3.2. Información Utilizada para la Realización del Estudio

Para el desarrollo del estudio se utilizó información de tipo raster y vectorial como apoyo al trabajo de gabinete, la cual se detalla a continuación:

- Cartografía Base IGM (1.50.000; 1:250.000)
- División Político Administrativa.
- Imágenes Quick Bird y Landsat.
- Estudios y/o trabajos específicos en temas relacionados con el presente estudio.

4. FINANCIAMIENTO

Este estudio fue financiado por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), siendo contratada para su ejecución la consultora Biota Gestión y Consultorías Ambientales Ltda.

El presupuesto total asignado fue de \$ 3.500.000 (tres millones quinientos mil pesos), los cuales fueron cancelados en dos parcialidades, con la entrega de un informe de avance y la aprobación del informe final del proyecto.

5. EQUIPO PROFESIONAL

El equipo ejecutor del presente estudio estuvo compuesto por especialistas pertenecientes al equipo de trabajo de la consultora Biota Gestión y Consultorías Ambientales Ltda., a cargo del Sr. Luis Faúndez Yancas, Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Chile.

6. SUPERVISIÓN

La supervisión (contraparte) técnica estuvo a cargo del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), a través del Ingeniero Agrónomo Sr. Mario Ahumada Campos.

7. METODOLOGÍA

Se describe a continuación la metodología de trabajo y los diferentes análisis realizados. Los aspectos técnicos considerados en la ejecución del presente estudio fueron los siguientes:

- Definición del área de estudio y los posibles humedales involucrados en la descripción.
- Descripción de la metodología, incluyendo las actividades comprometidas en la fase de gabinete y de terreno, indicando los parámetros a evaluar, la forma de capturarlos y los criterios de análisis a emplear.
- Descripción del proceso de imágenes a utilizar.
- Organización y duración de la(s) campaña(s) de terreno.

7.1. Definición de Área de Estudio

El área de estudio contempla el complejo de humedales del sistema azonal hídrico denominado “Bofedal de Caquena”, ubicados cercanos a la localidad de Caquena, al nor-oeste del volcán Parinacota, en el límite internacional con Bolivia, en la región de Arica y Parinacota.

7.2. Recopilación de Antecedentes

Se realizó una búsqueda sistemática de los antecedentes disponibles para el área de estudio, se recopiló información taxonómica y de vegetación existente para la flora y vegetación local. Esto consideró estudios y/o trabajos específicos realizados con anterioridad en estos sistemas.

7.3. Interpretación Preliminar de Imágenes

La primera etapa consistió en la interpretación de las imágenes captadas por el sensor remoto de alta resolución *Quick Bird* en formato *Bundle* (multiespectral + pancromática) con una resolución espacial de 0,61 m. Estas imágenes constituyeron la base sobre la cual se desarrolló la posterior interpretación cartográfica del estudio, obteniendo escenas de alta resolución para cada punto, procediendo posteriormente a su georreferenciación e incorporación al sistema de información geográfico del estudio (SIG). Ninguna de las escenas disponibles cubrió completamente el área de estudio, por lo que se debió ensamblar dos escenas y completar de esta forma el bofedal.

Un problema técnico se presentó por el hecho de que las escenas utilizadas son de fechas contrastantes en términos de la fenología del humedal, contándose con una imagen de verano, período de máxima actividad de la vegetación azonal, que cubría el 85% del área, y otra imagen de invierno, período de mínima actividad, con la que se completó la porción sur-este del área de estudio. El análisis y comparación de estas dos escenas contrastadas temporalmente puede ser muy interesante en términos de la fenología y dinámica productiva del humedal, pero para el desarrollo de una cartografía mono-temporal representa un problema al tratar de unificar unidades de vegetación que pueden presentar marcadas diferencias en términos de su desarrollo entre dos fechas tan diferentes, por lo que se debió calibrar ambas imágenes y apoyar visualmente el ensamble de las unidades resultantes del análisis en la zona de contacto entre ambas escenas, dándole prioridad a los resultados obtenidos en la imagen de verano para determinar los límites finales de las unidades.

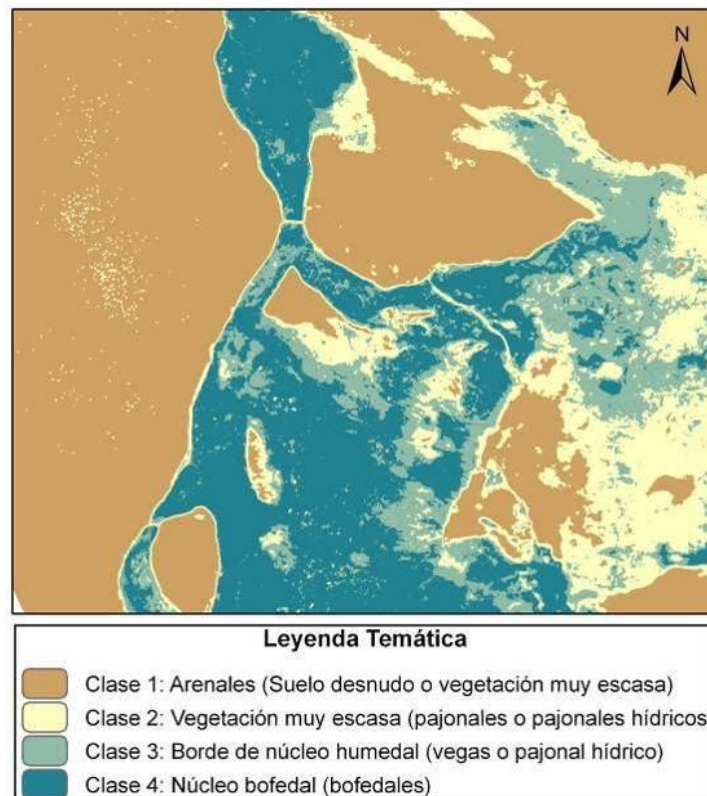
Las imágenes multiespectrales correspondientes a la plataforma *Quick Bird* han sido facilitadas por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y corresponden a las presentadas en la Tabla 1.

Tabla 19. Listado de imágenes “Quick Bird” disponibles en el estudio.

Código Escena	Fecha	Nº Bandas	Resolución [m]
05MAY24150202-M2AS-052218384010_01_P001.tiff	24/05/2005	Multiespectral	2,44
05MAY24150201-P2AS-052218384010_01_P001.tiff	24/05/2005	Pancromática	0,61
05JAN23150010-M2AS-052218384010_01_P003.tiff	23/01/2005	Multiespectral	2,44
05JAN23150010-P2AS-052218384010_01_P003.tiff	23/01/2005	Pancromático	0,61

Producto de la interpretación de las imágenes satelitales del área de estudio se obtuvo, como primer producto, los índices de vegetación normalizada (NDVI) y el índice de vegetación normalizado ajustado al suelo (SAVI), siendo el primero de ellos el que permitió la mejor discriminación y clasificación de las unidades de vegetación y otros elementos abióticos presentes en el humedal. En la Figura 1 se muestran las clases de vegetación preliminarmente discriminadas en base al índice de vegetación NDVI calculado para el bofedal.

Figura 9. Clases de vegetación preliminares en base al índice de vegetación normalizado (NDVI) para el Bofedal de Caquena.



7.4. Detección y Delimitación de Polígonos de Vegetación Azonal

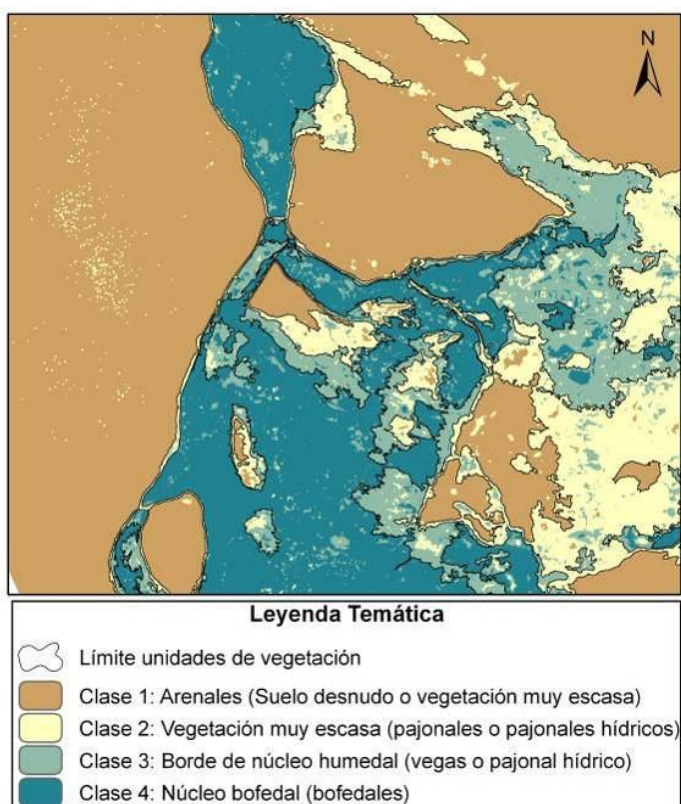
Posteriormente, se procedió a generar las capas de información geográfica base necesaria para la caracterización de los sistemas de vegetación azonal que se desarrollan actualmente en el bofedal. Para ello se realizó la delimitación, *a priori*, de las unidades azonales a través del análisis digital e interpretación visual de las imágenes multiespectrales de alta resolución, proceso que se realizó directamente en pantalla, apoyado por la información resultante del análisis de los índices de vegetación NDVI y SAVI, calculado sobre las mismas imágenes.

Las distintas unidades de vegetación discriminadas se obtuvieron como resultado de la clasificación digital de los índices de vegetación, agrupando o dividiendo los índices según patrones de color,

intensidad de vegetación (cubrimiento y vigor), tamaño del grano, posición topográfica y la cercanía y relación espacial a cuerpos de agua. La unidad mínima cartográfica correspondió a polígonos de 0,25 hectáreas de superficie.

Del análisis y clasificación del índice de vegetación se obtuvieron distintas zonas o clases correspondientes a las distintas formaciones de vegetación presentes en el humedal. La Figura 2 muestra la delimitación de unidades de vegetación realizada en el área de estudio en base a las clases de vegetación obtenidas.

Figura 10. Delimitación de unidades de vegetación en función de las clases de vegetación obtenidas a partir de los valores del índice de vegetación normalizado (NDVI) para el Bofedal de Caquena.



Para el sector del Bofedal de Caquena se delimitó un total de 357 unidades de vegetación equivalentes a un total de 1.933 hectáreas, las que poseen una superficie promedio de 5,4 ha. Estas unidades fueron revisadas en terreno previa selección de unidades representativas en función de las características físicas y vegetacionales de cada unidad.

7.5. Descripción de los Parámetros Físico-Ambientales

Paralelamente, cada unidad fue caracterizada en cuanto a su superficie, posición fisiográfica (quebrada o ladera), presencia de cuerpos o cursos de agua, además de las variables topográficas más relevantes.

De esta manera, cada unidad azonal quedó atributada con las siguientes variables:

- Superficie: estableciendo clases de tamaño según los valores obtenidos.
- Agua: se discriminó la presencia de cuerpos u cursos de agua dentro o en los márgenes de cada unidad, estableciendo el nivel de hidromorfismo de cada unidad.
- Altitud: se estableció clases o rangos de altitud según los valores observados.

Para el caso particular de la variable hídrica, se procedió a obtener las capas de brillo, verdor y humedad a partir de la transformación de *Tasseled cap* para cada una de las escenas *Quick bird* disponibles. Los coeficientes de transformación fueron obtenidos de Yarbrough *et al*, 2005⁴. A partir de estas imágenes se obtuvo, en primer lugar, la capa de cuerpos y cursos de agua, resultante de la clasificación de la banda correspondiente al brillo (banda 1), identificando dos clases de elementos hídricos:

- Cuerpos o cursos de agua: elementos hídricos que presentan una profundidad (columna de agua) mayor a 25 cm de profundidad y que corresponden a canales o cursos de agua superficial, como también a pequeñas lagunas al interior del humedal.
- Cuerpos de agua someros y terrenos húmedos: corresponden a zonas cubiertas de agua, que presentan una profundidad (columna de agua) menor a 25 cm o terrenos húmedos, ubicados en los bordes de los elementos anteriores.

La segunda capa obtenida a partir de las imágenes transformadas correspondió a la del nivel de hidromorfismo o humedad de las unidades, obtenida de la clasificación directa de los niveles digitales (ND) de la banda correspondiente a humedad (banda 3) del índice de *Tasseled cap*, estableciendo cinco niveles de hidromorfismo o grado de humedad del terreno. Los niveles establecidos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 20. Niveles de hidromorfismo establecidos en las diferentes temporadas según los niveles digitales de la banda de humedad de la imágenes correspondiente al índice de *Tasseled cap*.

Imagen – Temporada	Nivel digital (ND)	Nivel de hidromorfismo
Verano	-1.043 / -310	Muy bajo
	-310 / -202	Bajo
	-202 / -81	Medio
	-81 / 55	Alto
	55 / 274	Muy alto
Invierno	-549 / -127	Muy bajo
	-126 / -103	Bajo
	-102 / -68	Medio
	-67 / -22	Alto
	-21 / 106	Muy alto

⁴ YARBROUGH, L.D., G. EASSON, & J.S. KUSZMAUL. 2005. Tasseled Cap Coefficients for the QuickBird2 sensor: A comparison of methods and development, *presented at* Pecora 16-American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, October 23-27, Sioux Falls Convention Center, Sioux Falls, SD, 10 pages, *CD-ROM*.

Una vez obtenidos los niveles de hidromorfismo en las distintas zonas del humedal para las temporadas verano e invierno, se le asignó el nivel a cada una de las unidades de vegetación mediante el análisis zonal de los píxeles de cada clase presentes en ella, asignando la clase que más se repitió en cada polígono, estimando así el grado de dependencia al suministro hídrico estacional de las distintas unidades de vegetación y consecuentemente de las distintas clases y tipologías de vegetación presentes en el humedal. El nivel de hidromorfismo anual de cada unidad se asignó mediante la siguiente matriz de combinación (Tabla 3).

Tabla 21. Matriz de combinación para el nivel de hidromorfismo anual establecido según los niveles hidromórficos estacionales de cada unidad.

		Verano				
		muy bajo	bajo	medio	alto	muy alto
Invierno	muy bajo	muy bajo	muy bajo	bajo	medio	Alto
	bajo	muy bajo	bajo	bajo	medio	Medio
	medio	bajo	bajo	medio	alto	Alto
	alto	medio	medio	alto	alto	muy alto
	muy alto	alto	medio	alto	muy alto	muy alto

7.6. Selección de Polígonos Representativos

Dado lo acotado del área de estudio, se buscó caracterizar cada una de las unidades de vegetación discriminadas en el proceso de interpretación cartográfico. Sin embargo, una vez establecido el universo de combinaciones según las variables antes mencionadas, se procedió a seleccionar aquellas unidades representativas de cada conjunto de atributos, para lo cual se tuvo en cuenta la información existente de las unidades (antecedentes previos), a fin de priorizar la toma de información en terreno sobre estas unidades.

El área de trabajo fue cartografiada a una escala 1:5.000 que permitió su ubicación y caracterización en terreno. Además, se diseñó la ruta e itinerario de muestreo, determinando finalmente aquellas unidades a muestrear en función de su representatividad y accesibilidad.

7.7. Campaña de Terreno

El trabajo en terreno consideró la realización de un recorrido por el humedal, visitando, en primera instancia, aquellas unidades seleccionadas en la etapa anterior y posteriormente se revisaron las unidades no seleccionadas, aumentando la información para una adecuada caracterización.

La campaña de terreno tuvo una duración de 5 días, la que fue realizada en el mes de Noviembre de 2009, con la participación del equipo especialista para esta consultoría, en forma conjunta con el equipo técnico del SAG. Este recorrido tuvo por objetivo la caracterización florística y vegetal, y

la descripción de los parámetros físico-ambientales de cada unidad seleccionada, los cuales fueron procesados e incorporados en el análisis general de las unidades identificadas en las etapas previas.

7.7.1. Descripción de la Vegetación

La vegetación presente en las unidades de vegetación azonal fue evaluada en función de las características estructurales y las especies dominantes presentes en ellas, determinando la Formación Vegetacional de cada unidad de acuerdo con la metodología de la "Carta de Ocupación de Tierras" (COT), desarrollada por la escuela fitoecológica Louis Emberger (CEPE/CNRS⁵), Montpellier, Francia, y adaptada para las condiciones ecológicas de Chile por Etienne & Contreras (1981⁶), y Etienne & Prado (1982⁷).

Como resultado de lo anterior se obtuvo la Cartografía de la Vegetación Azonal para las unidades presentes en el área de estudio, la cual es una cartografía fisonómica que refleja la imagen fiel de la vegetación al momento de su evaluación y a la escala apropiada de presentación. En ésta se representan los tipos biológicos (leñoso alto o árboles, leñoso bajo o arbustos y herbáceas) y su grado de cubrimiento en la superficie (%), además de las especies dominantes vegetales que regulan o controlan el aspecto de la comunidad. La descripción de la estructura de la vegetación se realizó según los tipos biológicos presentes y recubrimiento para cada unidad en base a la siguiente pauta:

Códigos Cubrimiento: Tipos Biológicos - Cubrimiento: las unidades cartográficas se describieron según los siguientes rangos de cubrimiento establecidos para cada tipología (Tabla 4).

Tabla 22. Tipos biológicos y grado de cubrimiento según metodología COT.

Tipo Biológico		Índice de Cubrimiento (n)		
LA:	Leñoso alto, con cubrimiento n	1:	1 – 5%	Muy escaso
LB:	Leñoso bajo, con cubrimiento n	2:	5 – 10%	Escaso
H n:	Herbáceo, con cubrimiento n	3:	10 – 25%	Muy Claro
S n:	Suculento, con cubrimiento n	4:	25 – 50%	Claro
		5:	50 – 75%	Poco denso
n =	Índice de cubrimiento	6:	75 – 90%	Denso
		7:	90 – 100%	Muy denso

Códigos Altura: Tipos Biológicos - Altura: las unidades cartográficas se describieron según los siguientes rangos de altura establecidos para cada tipología (Tabla 5).

⁵ Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques Louis Emberger/Centre National de la Recherche Scientifique. FRANCE.

⁶ ETIENNE M. & CONTRERAS D. 1981. Cartografía de la Vegetación y sus aplicaciones en Chile. Bol. Téc. N°46. Fac. Cs. Agrarias y Forestales, Univ. Chile 27 p. 10 cartas.

⁷ ETIENNE M. & PRADO C. 1982. Descripción de la vegetación mediante la Carta de Ocupación de Tierras. Publicaciones Misceláneas N°9. Fac. Cs. Agrarias y Forestales, U. de Chile.

Tabla 23. Códigos de altura para tipos biológicos según metodología COT.

Leñoso Alto (LA)			Leñoso Bajo (LB)		
Símbolo	Altura	Estrata	Símbolo	Altura	Estrata
\overline{LA}	< 2m	Extremadamente Baja	\overline{LB}	< 5 cm	Extremadamente Baja
LA	2 – 4 m	Muy Baja	LB	5 – 25 cm	Muy Baja
\underline{LA}	4 – 8 m	Baja	\underline{LB}	25 – 50 cm	Baja
\boxed{LA}	8 – 16 m	Media	\boxed{LB}	50 – 100 cm	Media
$\odot LA$	16 – 32 m	Alta	$\odot LB$	100 – 200 cm	Alta
$\triangle LA$	> 32 m	Muy Alta	$\triangle LB$	> 200 cm	Muy Alta

Herbáceo (H)			Suculento (S)		
Símbolo	Altura	Estrata	Símbolo	Altura	Estrata
\overline{H}	< 5 cm	Extremadamente Baja	\overline{S}	< 5 cm	Extremadamente Baja
H	5 – 25 cm	Muy Baja	S	5 – 25 cm	Muy Baja
\underline{H}	25 – 50 cm	Baja	\underline{S}	25 – 50 cm	Baja
\boxed{H}	50 – 100 cm	Media	\boxed{S}	50 – 100 cm	Media
$\odot H$	100 – 200 cm	Alta	$\odot S$	100 – 200 cm	Alta
$\triangle H$	> 200 cm	Muy Alta	$\triangle S$	> 200 cm	Muy Alta

7.7.2. Descripción Florística

La evaluación florística de cada unidad consideró la caracterización de la contribución específica mediante determinación visual de los porcentajes de participación determinado directamente en terreno por el especialista evaluador.

La determinación visual de la participación relativa se realizó fijando una parcela circular de 5,6 metros de radio (aprox. 100 m²) en la cual se registraron todas las especies de flora vascular presentes al interior de ella, registrando la participación relativa de cada una, y determinando las especies dominantes de cada formación (según grado de cubrimiento). Además, se realizó un recorrido en el entorno inmediato a la parcela a fin de determinar la presencia de especies no registradas en la parcela. En ambos casos se colectaron fragmentos de aquellas especies conflictivas en su identificación taxonómica para su posterior determinación en gabinete.

Los puntos de evaluación fueron posicionados utilizando un sistema de posicionamiento satelital (GPS), a fin de establecer hitos para futuras evaluaciones. Paralelamente se registró fotográficamente la formación evaluada y aquellas especies representativas de la misma.

7.7.3. Descripción de Parámetros Físico-Ambientales

Cada unidad visitada en terreno fue reevaluada en términos de las variables resultantes del análisis e interpretación de la imagen satelital, principalmente las variables como presencia de agua, pendiente, exposición, esto con el objeto de validar los antecedentes resultantes del análisis digital y modificar, en caso de ser necesario, dichos parámetros en el modelo establecido. Además, se determinó la existencia de elementos particulares que puedan influir en la interpretación digital definitiva, atribución y extrapolación de la información al resto de las unidades.

7.7.4. Evaluación de la Aptitud Ganadera

La aptitud ganadera de cada una de las formaciones de vegetación identificadas en el bofedal fue evaluada en términos de su valor pastoral (VP) (Daget & Poissonet, 1972⁸), a partir de los datos obtenidos en la caracterización florística, tomando los índices específicos (Is) de las especies de bofedal propuestos por Troncoso, 1982⁹, además de otras revisiones o consultas directas a especialistas. El valor pastoral (VP) de cada unidad se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$VP = 0,1 \times \sum Cs \times Is$$

donde:

VP = Valor Pastoral en unidades pastorales.

Cs = Contribución específica de cada especie, expresada en porcentaje de suelo cubierto.

Is = Índice específico de calidad de cada especie (Troncoso 1982), que oscila entre 0 y 10, y -1 para plantas tóxicas. Los valores del índice específico de cada especie se presentan en el Anexo 1.

El valor pastoral es un índice global de calidad de una pradera determinada que permite comparar distintas praderas y además, calcular la capacidad de carga animal para una pradera evaluada. El valor pastoral se asigna considerando composición botánica, valor nutritivo de esa composición, aceptabilidad de las especies y porcentaje de cubrimiento de la vegetación y varía entre 0 y 100 (citado por Troncoso, 1982). Este valor pastoral fue agrupado, específicamente para el humedal, estableciendo cinco rangos o clases de la aptitud ganadera de las diferentes unidades (Tabla 6).

Tabla 24. Clases de condición ganadera establecidos según el valor pastoral de las unidades de vegetación del humedal de Caquena.

Valor Pastoral (VP)	Aptitud Ganadera
0 - 1,5	Muy mala condición
1,5 - 9,9	Mala condición
9,9 - 13,36	Regular condición
13,36 - 17,1	Buena condición
17,1 - 21,02	Muy buena condición

Se debe destacar que la clasificación anterior responde a los valores internos obtenidos en el humedal. Una clasificación más amplia, que incluya otro tipo de praderas, debe considerar un rango de valores de VP entre 0 y 100 para definir la aptitud ganadera de las unidades. Esta información fue traspasada a cada unidad de vegetación obteniendo así las cartas de vegetación según valor pastoral o aptitud ganadera del humedal.

⁸ DAGET PH. & POISSONET J. 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des paturages. Fourrages 49 : 31-39.

⁹ TRONCOSO, R. 1982. Evaluación de la capacidad de carga del Parque Nacional Lauca. Corporación Nacional Forestal (CONAF). 1ª Región. Santiago, Chile. Informe de Consultoría. 222p.

7.8. Análisis y Extrapolación de la Información

A partir de la información generada se realizó la caracterización en detalle de cada una de las unidades de vegetación en términos de sus parámetros físico-ambientales, sus variables vegetacionales y el valor pastoral. Estos últimos niveles consideraron como mínimo:

- Formación de vegetación, según la metodología de la Carta de Ocupación de Tierras (COT)¹⁰ apoyado con la información y descripciones levantadas en terreno.
- Especies dominantes, definidas de acuerdo a la información obtenida en terreno.
- Porcentaje de cubrimiento vegetal, ya sea a través de rangos de cubrimiento o sintetizando a un valor total de cubrimiento vegetal por unidad.
- Valor pastoral de cada unidad de vegetación.

Las distintas unidades catastradas fueron clasificadas en tipos de vegetación, de acuerdo con los criterios utilizados por el SAG, los cuales clasifican este tipo de unidades de vegetación, en términos generales, en los tipos vega, pajonal hídrico y bofedal, además de sus posibles combinaciones de acuerdo a la dominancia de uno u otro elemento de vegetación dentro de aquellas unidades que presenten ensambles de vegetación mixtos.

Desde el punto de vista florístico, las unidades se caracterizaron según el tipo de especies presentes (formas de vida), naturalidad, entendida como la relación entre el número de especies autóctonas y especies alóctonas (según origen geográfico) y riqueza de especies, referido al número de especies totales presentes en la unidad con respecto al total de especies presentes en el bofedal.

Con el objeto de apoyar el proceso de extrapolación o asignación de la información de vegetación y flora a aquellas unidades que no fueron visitadas en terreno, se procedió a realizar una clasificación asistida de las imágenes multiespectrales utilizando como información base las descripciones de vegetación realizadas en terreno, tomando como “datos semilla” la información radiométrica circundante a cada punto evaluado. Con lo anterior se obtuvo una imagen raster con un total de 25 clases de vegetación, coincidentes con el número de descripciones de terreno, las que fueron asignadas a las unidades de vegetación mediante un análisis zonal del recuento de píxeles de cada clase en la unidad, atribuyendo finalmente al polígono la clase que más se repite dentro de la unidad de vegetación.

Para el área de estudio, tanto la información de vegetación como florística fue integrada y analizada en dos niveles, el primero caracterizó particularmente cada unidad de vegetación y, el segundo comparó cada unidad con el resto de los polígonos de vegetación a fin de identificar los elementos críticos de vegetación presentes en este sistema de vegetación azonal.

¹⁰ ETIENNE M. & PRADO C. 1982. Op. cit.

7.9. Identificación de Elementos Críticos

Finalmente, con el objeto de realizar en términos generales una priorización interna del sistema evaluado, que permita establecer futuros puntos de monitoreo, las unidades resultantes fueron caracterizadas en términos de su Singularidad, Representatividad y Riqueza de especies a nivel local, entendiéndose por cada uno de estos elementos lo siguiente:

Singularidad: entendida como el número de unidades que cada tipología posee en el sistema, de esta manera, aquellos tipos vegetacionales que resulten con un bajo número de unidades serán más relevantes o singulares que aquellos tipos que posean un gran número de polígonos en el sector. Los valores de singularidad se expresan en las categorías muy alta, alta, media, baja, muy baja y nula en el caso de las unidades de suelo desnudo.

Representatividad: referida a la superficie de cada unidad respecto del tipo vegetacional correspondiente, de esta manera aquellas unidades que ocupen la mayor proporción de la superficie del tipo serán más relevantes que aquellas de menor proporción. Al igual que el caso anterior, la representatividad se expresa en las categorías muy alta, alta, media, baja, muy baja y nula en el caso de las unidades de suelo desnudo.

Riqueza de especies: referido al número de especies totales presentes en la unidad con respecto al total de especies presentes en el bofedal y posteriormente jerarquizadas en rangos de riqueza según los siguientes valores.

- Muy Alta: 20 especies
- Alta : 14 - 18 especies
- Media: 9 -10 especies
- Baja : 5 -7 especies
- Muy Baja: 1 especie
- Nula: sin especies vegetales.

Una vez obtenidos los tres valores anteriores (Singularidad, Representatividad y Riqueza), éstos fueron combinados entre ellos, primero Singularidad v/s Representatividad (Criterio 1), y luego el valor obtenido con la Riqueza de especies (Criterio 2), según la siguiente matriz de combinación (Tabla 7), para obtener finalmente el **Valor Ambiental** de cada unidad. Los valores “nulos” de cualquiera de las combinaciones anteriores, dan como resultado de la combinación un valor “nulo”. Con esto se obtuvo la Carta de Valor Ambiental del Humedal de Caquena.

Tabla 25. Matriz de combinación de los valores de Singularidad, Representatividad y Riqueza de especies, utilizada en el cálculo del valor ambientes de las unidades de vegetación del humedal.

		Criterio 1				
		muy bajo	bajo	medio	alto	muy alto
Criterio 2	muy bajo	muy bajo	muy bajo	bajo	medio	alto
	bajo	muy bajo	bajo	bajo	medio	medio
	medio	bajo	bajo	medio	alto	alto
	alto	medio	medio	alto	alto	muy alto
	muy alto	alto	medio	alto	muy alto	muy alto

8. RESULTADOS

8.1. Área de Estudio

El área de estudio contempla el complejo de humedales del Bofedal de Caquena, ubicados cercanos a la localidad de Caquena al nor-oeste del volcán Parinacota, en el límite internacional con Bolivia, en la región de Arica y Parinacota. La superficie del humedal corresponde a un total de 1.933 ha con un rango altitudinal que va desde los 4.200 a 4.500 m y una longitud aproximada de 20 km. En la Figura 3 se muestra la localización específica del área de estudio.

Figura 11. Ubicación del humedal de Caquena, región De Arica y Parinacota.



Fuente: elaboración propia a partir de imágenes tridimensionales del programa *Google Earth*.

8.2. Recopilación de Antecedentes

Como parte de los antecedentes recopilados en el contexto del presente estudio se encuentran dos trabajos que permiten establecer un marco general de clasificación y de los distintos tipos de humedales que allí existen. Los trabajos corresponden al “Estudio de Humedales: la Vegas y Bofedales de la I y II región” (Faúndez & Gajardo, 1993¹¹), en el cual se entregan los lineamientos generales de clasificación, identificación y ubicación de este tipo de unidades. El segundo documento, desarrollado por el Servicio Agrícola y Ganadero, se denomina “Estudio de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos del Altiplano” (SAG, 2007¹²), en donde se realiza, mediante la utilización de imágenes satelitales de resolución media, la identificación, cuantificación y clasificación de los diferentes tipos de humedales de la ecorregión altiplánica.

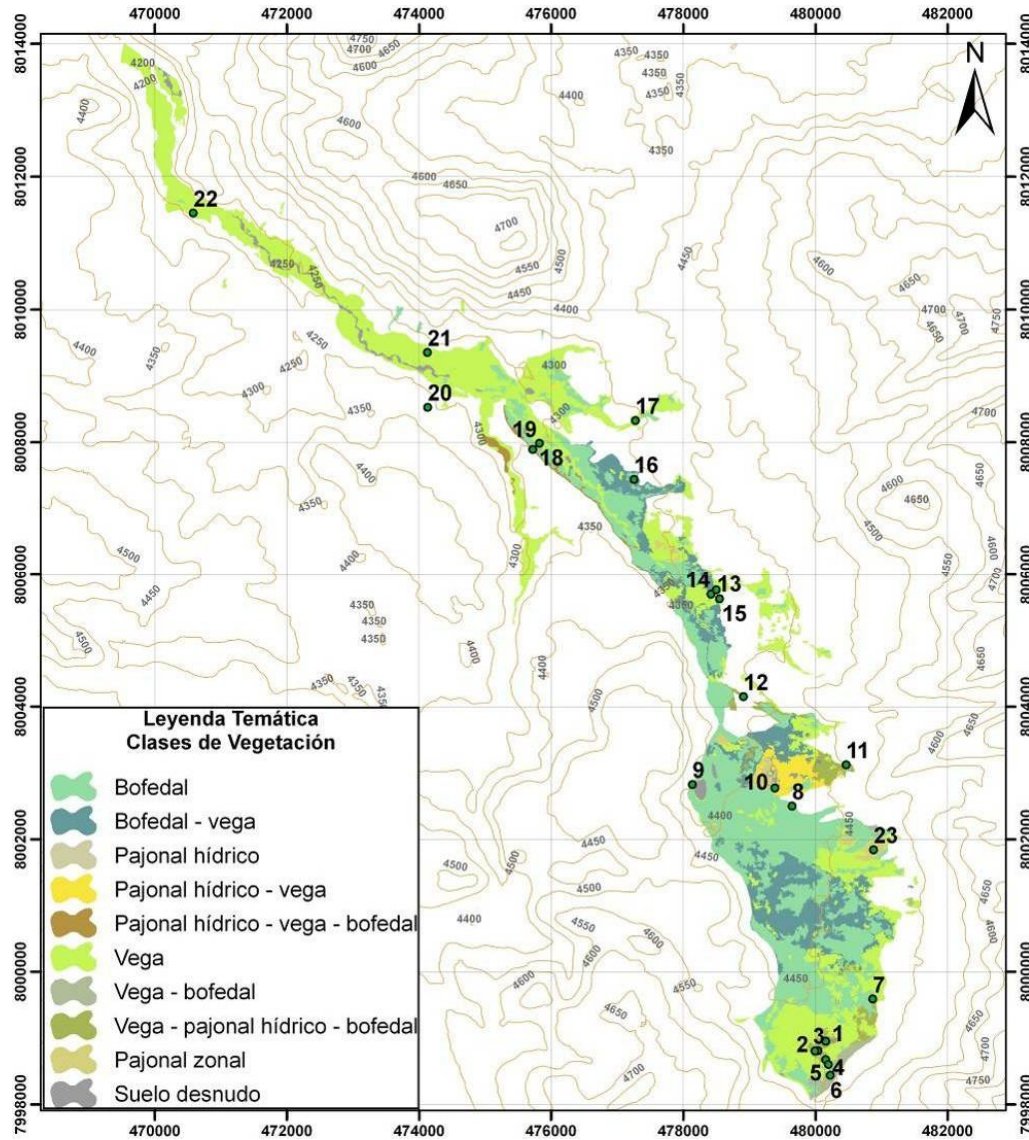
8.3. Campaña de Terreno

Se evaluó un total de 23 puntos de descripción y evaluación de flora, describiendo, además, las unidades de vegetación cercanas a los puntos de prospección. La distribución de los puntos de evaluación se presenta en la Figura 4. La información base de vegetación obtenida en cada uno de los puntos de muestreo se entrega en el Anexo 2.

¹¹ FAUNDEZ L. & GAJARDO M. 1993. Op cit.

¹² SAG, 2007. Op cit.

Figura 12. Ubicación de los puntos de evaluación de flora y vegetación en el Bofedal de Caquena.



8.4. Vegetación

Se presentan a continuación las características más relevantes del sistema de vegetación presente actualmente en el humedal de Caquena, en términos de sus grupos, tipologías y especies vegetales representativas. La cartografía de vegetación del humedal de Caquena se presenta en el Anexo 6, el cual además se adjunta además, en formato digital, al presente informe.

8.4.1. Grupos y Tipologías de Vegetación

El humedal de Caquena, vegetacionalmente, presenta formaciones herbáceas densas de baja altura y alto requerimiento hídrico. Fisionómicamente se distinguen tres grandes grupos o clases, las **vegas**,

bofedales y pajonales hídricos, y más localmente **pajonales** correspondientes a la vegetación zonal. Además, se presentan ensambles más complejos en los que se combinan dos o más de las clases anteriores. Según sea la dominancia de uno u otro grupo es posible distinguir unidades de **bofedal – vega, pajonal hídrico – vega** y más complejos, en los que se mezclan los tres grupos. El detalle de la totalidad de las unidades de vegetación se adjunta, en archivo digital, al presente informe.

La dominancia de una u otra clase está relacionada, entre otras cosas, con el nivel hidromórfico del perfil que presentan los diferentes sectores analizados. Es así como las unidades de bofedal presentan los niveles hídricos más altos del humedal, seguidos de las vegas, pajonal hídrico y, por último, las unidades de pajonal zonal. Esta condición establece, a su vez, que sean las formaciones de bofedal y vegas las más sensibles a cambios en el estado hídrico del humedal.

En términos de superficie, las clases de vegas presentan la mayor superficie en el área de estudio, con un total de 825,1 ha, repartidas en un total de 162 unidades, las que equivalen a un 42,67% de la superficie total. Luego, se encuentran las unidades de **bofedal**, las cuales suman 116 unidades y una superficie acumulada de 670,3 ha, equivalentes a un 34,66% de la superficie. El tercer grupo corresponde a unidades de fisionomía mixta del tipo **bofedal - vega**, las que ocupan una superficie 259,8 ha, en 21 unidades equivalentes al 13,44%. El resto de las unidades de vegetación azonal ocupan un 6,19% de la superficie, con un total de 119,7 ha, en las cuales se presentan clases mixtas de los grupos anteriores, además de la clase correspondiente a **pajonal hídrico**. El resto de la superficie del humedal presenta formaciones zonales del tipo **pajonal** (25,1 ha, 1,3%) o a **suelo desnudo** (33,6 ha, 1,74%). El resumen de las clases de vegetación presentes en el humedal, en términos de número de unidades, superficie, superficie promedio y su fracción porcentual, se presenta en la Tabla 8.

Tabla 26. Resumen de las clases de vegetación presentes en el humedal de Caquena, según número de unidades, superficie, superficie promedio y fracción porcentual.

Clases de Vegetación	Nº de Unidades	Superficie (ha)	Superficie Promedio (ha)	Porcentaje Superficie (%)
Vega	162	825,1	5,1	42,67%
Bofedal	116	670,3	5,8	34,66%
Bofedal - vega	21	259,8	12,4	13,44%
Vega - pajonal hídrico - bofedal	13	43,0	3,3	2,22%
Pajonal hídrico - vega	6	37,8	6,3	1,95%
Vega - bofedal	4	21,6	5,4	1,12%
Pajonal hídrico - vega - bofedal	3	17,0	5,7	0,88%
Pajonal hídrico	1	0,3	0,3	0,02%
Pajonal (zonal)	9	25,1	2,8	1,30%
Suelo desnudo	22	33,6	1,5	1,74%
Totales	357	1.933,6	5,4	100,00%

Las clases señaladas anteriormente se componen de distintas tipologías de vegetación, según sean las especies vegetales que dominan o definen fisionómicamente cada unidad. En este sentido, los sectores ocupados por **vegas** se caracterizan por presentar una cubierta vegetal mono o bi-estratificada que no supera los 25 cm de altura como promedio y un cubrimiento que, en general, no

es superior al 60% de la superficie, destacando las especies *Deyeuxia curvula*, *Phylloscirpus acaulis*, *Carex maritima*, *Puccinellia frigida* y *Plantago barbata* entre las dominantes. En la Fotografía 1 se muestra el aspecto típico de las unidades de vegas en el humedal.

Fotografía 4. Vega lateral de *Deyeuxia curvula*, porción central del humedal.



Las áreas de **bofedal** se diferencian del resto de las tipologías por presentar una estrata herbácea generalmente monoestratificada que, en promedio, no supera los 10 cm de altura y presenta un cubrimiento superior al 60% de la superficie. La principal característica es su fisionomía acojinada, dada por las especies *Oxychloe andina*, *Zameioscirpus atacamensis* o *Distichia muscoides*, especies que forman un cojín compacto y denso en la superficie. En la Fotografía 2 se muestra la fisionomía de las unidades de bofedal.

Fotografía 5. Bofedal de *Oxychloe andina*, sector sur del humedal.



Las unidades de **pajonales hídricos** presentan una cubierta herbácea de especies cespitosas (aspecto de champa) de mayor altura que las tipologías anteriores, llegando a alcanzar los 50 cm, con un cubrimiento menor entre el 25 a 50% de la superficie. Se ubican en sectores con un menor tenor hídrico y un sustrato claramente mineral, y a diferencia de los tipos anteriores, en los cuales el sustrato presenta una clara dominancia de elementos orgánicos con distinto grado de descomposición en el perfil, en esta tipología destacan las especies *Deyeuxia brevifolia* y *Festuca nardifolia*, y excepcionalmente *Deyeuxia curvula*, la cual es más afín con la tipología de vega, sin embargo, en el humedal se detectó una unidad dominada por esta especie y dada su fisionomía (mayor altura de los ejemplares) se definió como pajonal hídrico. La Fotografía 3 muestra el aspecto de este tipo de unidades.

Fotografía 6. Pajonal hídrico de *Deyeuxia brevifolia* (en el fondo), con vega de *Werneria pygmaea* y *Carex maritima* y bofedal de *Oxychloe andina* (en primer plano).



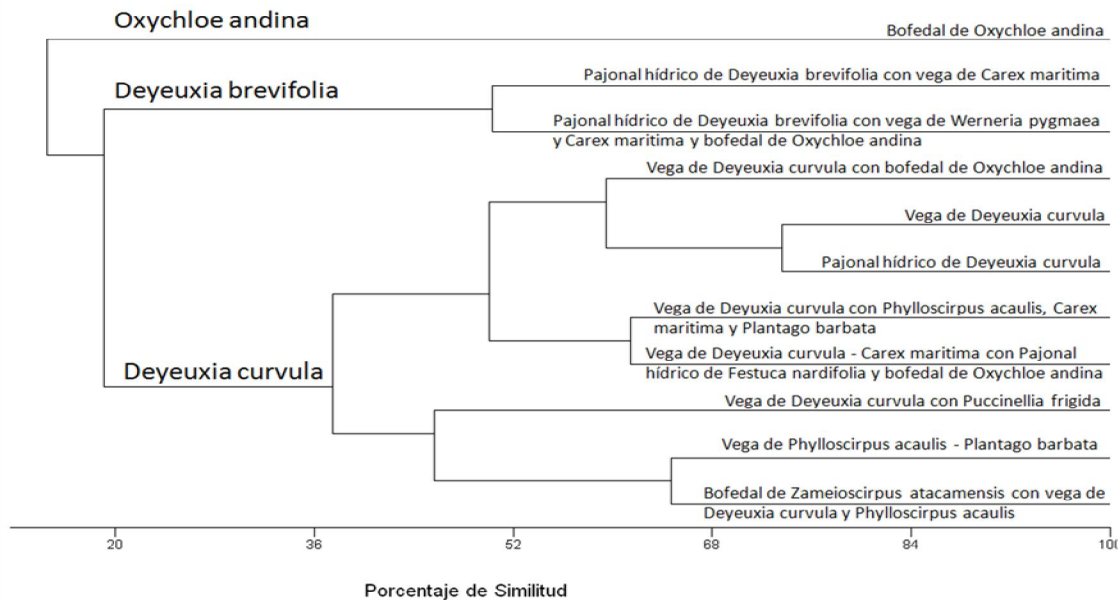
Puntualmente, se presentan al interior del humedal, unidades de vegetación zonal correspondientes a pajonales de *Festuca orthophylla*. Estas unidades presentan un cubrimiento herbáceo escaso (menor al 10%) y baja altura (menor a 25 cm), en sectores con un nivel hidromórfico muy bajo y alto porcentaje de suelo desnudo.

En el Anexo 5 se presentan las fotografías de los puntos evaluados en terreno, representativos de las tipologías de vegetación presentes en el humedal.

Por su parte, en la Figura 5 se presenta el nivel de agrupamiento, según porcentaje de similitud, de las tipologías de vegetación definidas en el humedal de Caquena, donde es posible observar que la tipología correspondiente al bofedal de *Oxychloe andina* se diferencia claramente del resto de las tipologías, siendo posible encontrarlo inmerso dentro de otras tipologías, pero siempre formando un elemento fisionómico aislado. Un segundo grupo de tipologías lo forman los pajonales hídricos de *Deyeuxia brevifolia*, los cuales además, se presentan asociados a vegas de *Carex maritima* o *Werneria pygmaea* o bofedal de *Oxychloe andina*.

Un tercer y más representativo grupo tipológico corresponde a las vegas de *Deyeuxia curvula*. Esta especie forma diferentes tipos de ensambles dentro del humedal, ya sea con especies de la misma tipología como es *Phylloscirpus acaulis*, *Carex maritima* y *Plantago barbata*, o formando ensambles mixtos de dos o más tipologías con el bofedal de *Oxychloe andina* o pajonal hídrico de *Festuca nardifolia*, además de participar como elemento acompañante en vegas de *Phylloscirpus acaulis* - *Plantago barbata* o el bofedal de *Zameioscirpus atacamensis*.

Figura 13. Nivel de agrupamiento según porcentaje de similitud de las tipologías de vegetación azonal definidas en el humedal de Caquena.



En total se describieron 11 tipologías para la vegetación azonal, una tipología de vegetación zonal y las áreas de suelo desnudo. En cuanto a la superficie y número de unidades que posee cada una de las tipologías al interior del humedal, se puede indicar que las tipologías con mayor representación corresponden al bofedal de *Oxychloe andina* con 670,3 ha, repartidas en 116 unidades las que equivalen al 34,66% del humedal. En segundo lugar se encuentra la tipología de vega de *Deyeuxia curvula* con 504,6 ha en 139 unidades, equivalentes al 26,09% del humedal, y en tercer lugar se encuentra el bofedal de *Zameioscirpus atacamensis* con vega de *Deyeuxia curvula* y *Phylloscirpus acaulis*, el cual ocupa una superficie de 259,8 ha en un total de 21 unidades, las que corresponden al 13,44% del humedal. El resumen en términos de superficie, número de unidades y porcentaje de cada una de las tipologías de vegetación se presenta en la Tabla 9.

La distribución espacial de las distintas clases y tipologías de vegetación, responden en gran medida a la disponibilidad hídrica o nivel de hidromorfismo, velocidad de escurrimiento superficial del agua, determinada por la pendiente y tipos de sustratos presentes en las distintas zonas del humedal. Las unidades de bofedal se ubican en los sectores que presentan un mayor hidromorfismo del perfil y baja pendiente, principalmente en la porción alta y media del humedal, cambiando gradualmente, a medida que el nivel hídrico disminuye, a las tipologías de vega, vega - bofedal, vega - pajonal hídrico y, finalmente, al pajonal hídrico.

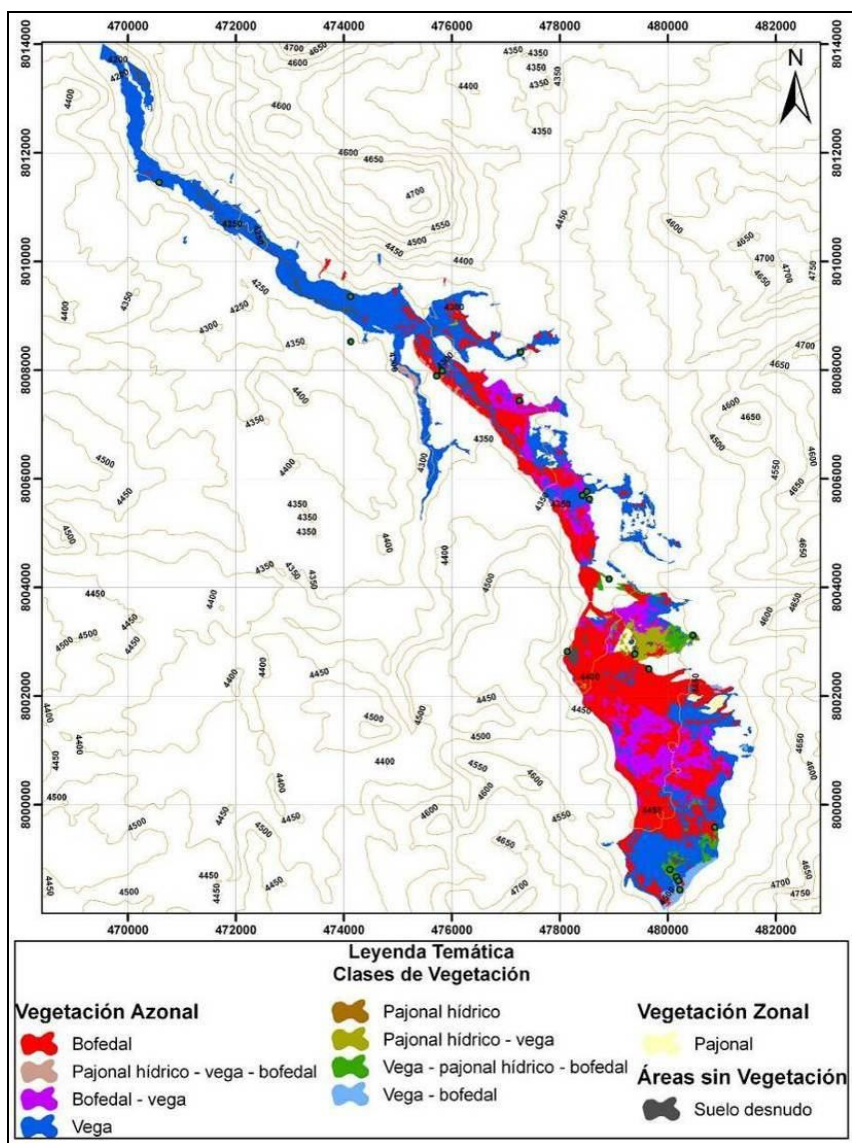
Tabla 27. Resumen según superficie, número de unidades y porcentaje de cada una de las tipologías de vegetación descritas para el Humedal de Caquena.

Clase de Vegetación Tipología de Vegetación	Superficie (ha)	Porcentaje Superficie (%)	N° de Unidades
Vegetación Azonal			
Vega	825,1	42,67%	162
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i>	504,6	26,09%	139
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con <i>Phylloscirpus acaulis</i> , <i>Carex maritima</i> y <i>Plantago barbata</i>	211,6	10,94%	9
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con <i>Puccinellia frigida</i>	105,9	5,48%	13
Vega de <i>Phylloscirpus acaulis</i> - <i>Plantago barbata</i>	3,0	0,16%	1
Bofedal	670,3	34,66%	116
Bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	670,3	34,66%	116
Bofedal – vega	259,8	13,44%	21
Bofedal de <i>Zameioscirpus atacamensis</i> con vega de <i>Deyeuxia curvula</i> y <i>Phylloscirpus acaulis</i>	259,8	13,44%	21
Vega - pajonal hídrico – bofedal	43,0	2,22%	13
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> - <i>Carex maritima</i> con Pajonal hídrico de <i>Festuca nardifolia</i> y bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	43,0	2,22%	13
Pajonal hídrico – vega	37,8	1,95%	6
Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia brevifolia</i> con vega de <i>Carex maritima</i>	37,8	1,95%	6
Vega - bofedal	21,6	1,12%	4
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	21,6	1,12%	4
Pajonal hídrico - vega - bofedal	17,0	0,88%	3
Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia brevifolia</i> con vega de <i>Werneria pygmaea</i> y <i>Carex maritima</i> y bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	17,0	0,88%	3
Pajonal hídrico	0,3	0,02%	1
Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia curvula</i>	0,3	0,02%	1
Vegetación Zonal			
Pajonal	25,1	1,30%	9
Pajonal de <i>Festuca orthophylla</i>	25,1	1,30%	9
Suelo desnudo			
Suelo desnudo	33,6	1,74%	22
Suelo desnudo	33,6	1,74%	22
Total general	1933,6	100,00%	357

Las unidades de vega ocupan principalmente la porción más baja del humedal, en la porción norte del mismo, encontrándose algunos sectores de este tipo en la porción sur o pequeñas unidades ubicadas al exterior de la unidad central del área, los niveles hidromórficos pueden ser similares a las unidades de bofedal, pero el escurrimiento superficial es mayor producto de la mayor pendiente, la acumulación de materia orgánica es menor en el perfil, determinando sustratos mayormente minerales a mineral orgánicos.

Las unidades de pajonal hídrico se ubican en los márgenes del bofedal o sectores con un menor tenor hídrico del perfil, el sustrato donde se localizan es mineral, con bajo contenido de materia orgánica en comparación a los grupos anteriores. El resto de las tipologías ocupan una posición intermedia a los grupos anteriores y se encuentran, principalmente, en la porción sur del área de estudio. La distribución de las distintas clases de vegetación presentes en el humedal se muestra en la Figura 6.

Figura 14. Distribución las distintas clases de vegetación presentes en el humedal de Caquena.

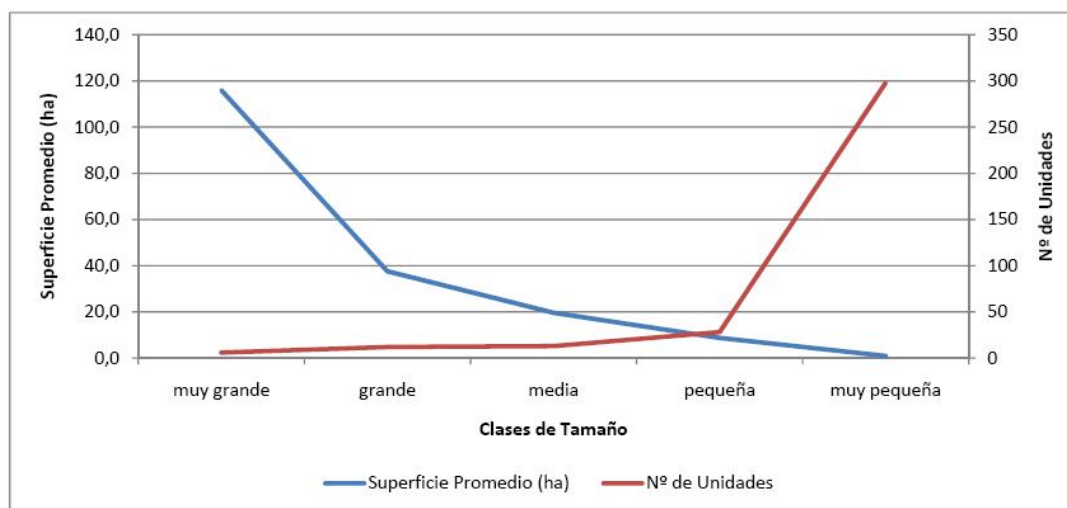


8.4.2. Estado Actual, Condición y Aptitud Ganadera de las Formaciones de Vegetación

Las unidades de vegetación presentes en el Bofedal de Caquena muestran en sus distintas tipologías valores de cubrimiento promedio del 71% de la superficie, siendo las unidades de bofedal las que presentan los mayores cubrimientos llegando a un 97% de la superficie de las unidades (83,4% promedio). Las unidades de vegas, presentan un valor promedio del 62,6% llegando a un 83% como máximo. Las unidades de pajonal hídrico y sus variantes, presentan un valor de cubrimiento promedio del 65%, llegando también cerca al 80% de cubrimiento como valor máximo. Siendo estos grupos los más representativos del humedal, se puede indicar que en general las unidades de vegetación presentan altos valores de cubrimiento, con valores de suelo desnudo o rastrojo-mantillo que bordean el 15% de la superficie.

En cuanto al tamaño de las unidades, el 36% de la superficie corresponde a unidades de la clase de tamaño muy grande, con 6 unidades de este tipo las que presentan una superficie promedio de 115 ha. La siguiente clase de tamaños corresponde a unidades que en promedio poseen un tamaño de 37 ha con sólo 12 unidades, las que representan el 23% de la superficie del humedal. En conjunto estas dos clases de tamaño ocupan más del 50% de la superficie del humedal, lo que indica la existencia de extensas unidades homogéneas dentro del humedal. Por el contrario, la clase de tamaño "muy pequeña" (<1 ha), posee un total de 298 unidades, con un total de 287 ha las que representan sólo un 15% de la superficie total. El Gráfico 1 muestra la relación entre la distribución de tamaño y el número de unidades de cada clase definida para las unidades de vegetación del humedal.

Gráfico 4. Número y tamaño promedio de las unidades de vegetación según las clases de tamaño definidas en el humedal de Caquena.

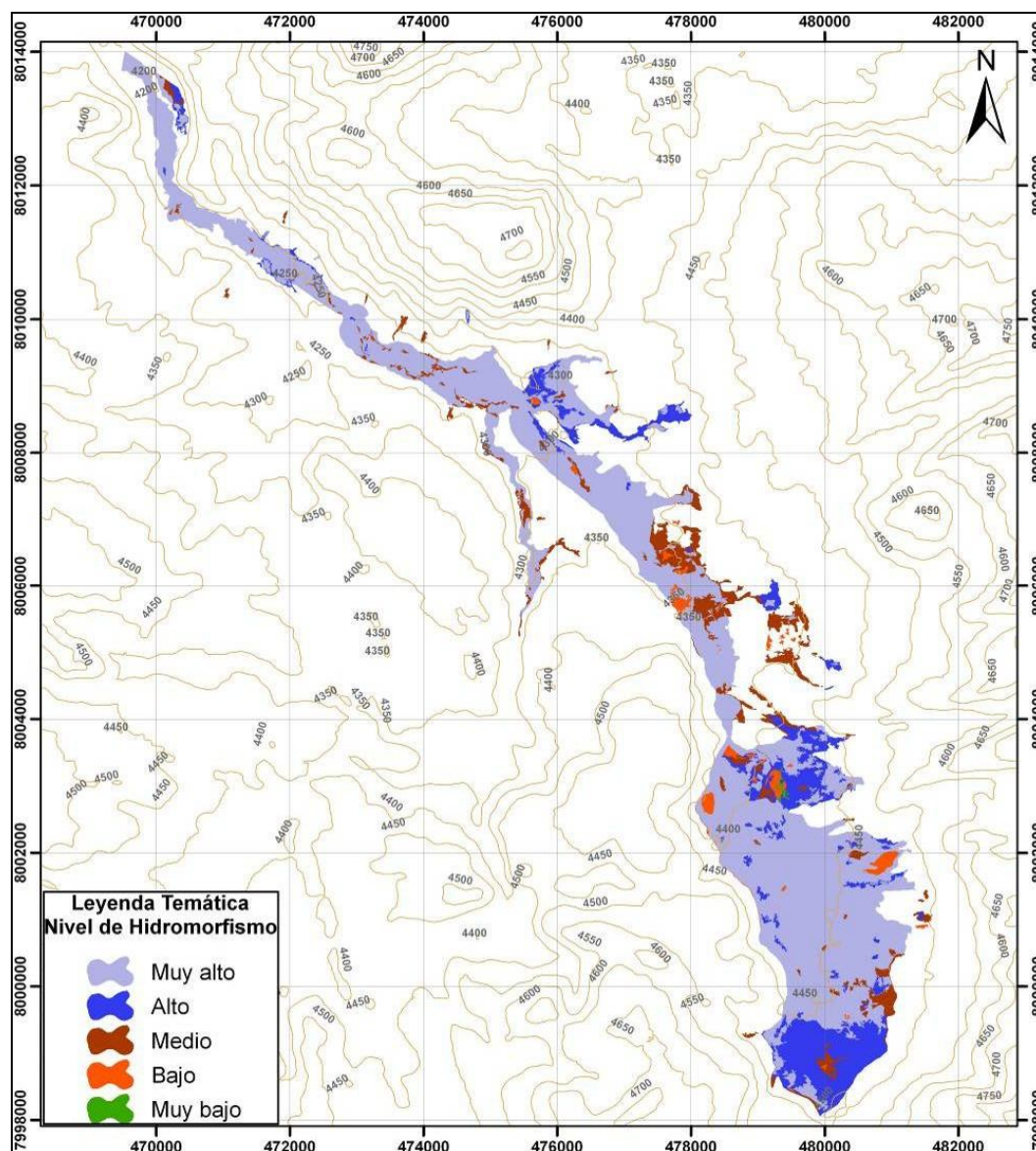


Uno de los factores que determinan la permanencia de todo humedal en el tiempo, es su estado hídrico, el cual está relacionado con la disponibilidad, dependencia y susceptibilidad al suministro hídrico que las diferentes formaciones de vegetación presentan dentro del humedal. De esta forma, y según la dinámica de funcionamiento observado en diferentes humedales, aquellas unidades que se ubican más alejadas de la fuente de agua presentan una menor dependencia al suministro constante

de este elemento, lo que las hace más tolerantes a variaciones del tipo estacional de este recurso. Lo contrario ocurre con aquellas unidades que se encuentran directamente asociadas a las fuentes de agua, las hace más susceptibles a cambios repentinos en el nivel hídrico, como lo sería el desecamiento repentino del humedal.

En este sentido, y como una forma de establecer el nivel de dependencia que las formaciones de vegetación que se desarrollan en el humedal tienen frente a la variable hídrica, se estableció el **nivel hidromórfico** de cada una de ellas, obtenido a partir del índice de humedad, calculado a partir de las imágenes satelitales a través de la transformación de *Tasseled cap*. El análisis de este índice muestra que gran parte, sobre un 70% de la superficie, presenta un nivel hidromórfico muy alto, siendo las clases de vegetación correspondientes a bofedales, vegas y sus clases intermedias las que presentan los niveles hidromórficos más altos, mientras que las clases de pajonal hídrico y pajonal zonal muestran valores de hidromorfismo medios y bajos respectivamente. De lo anterior se deduce que las clases de vegetación más sensibles al descenso en los niveles hídricos de humedal corresponden a formaciones de las clases bofedal y vegas, mientras que los pajonales hídricos y pajonales zonales serían más tolerantes a estas variaciones. La Figura 7 muestra los niveles de hidromorfismo anuales estimados para las unidades de vegetación del humedal.

Figura 15. Niveles de hidromorfismo anual estimados para las unidades de vegetación del humedal de Caquena.



El **valor pastoral**, el cual considera aspectos tales como aceptabilidad, energía bruta y digestibilidad de cada especie vegetal, ponderándolas por su contribución en la formación o unidad de vegetación determinada (Muñoz, 2004¹³), muestra un valor promedio del 13% para todo el humedal, con un máximo del 20% en las unidades de vega - bofedal y un mínimo de 1,5% para las unidades de pajonal zonal, siendo de valor 0 en las unidades de suelo desnudo.

¹³ MUÑOZ A. 2004. El hábitat de la vicuña (*Vicugna vicugna* Molina, 1972) y su capacidad sustentadora en el Altiplano de Parinacota (I Región de Tarapacá, Chile). Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile.

De esta forma las tipologías que presentan los valores pastorales promedios más altos, corresponden a unidades de vega - bofedal de *Deyeuxia curvula* con bofedal de *Oxychloe andina* (20% promedio), vega de *Deyeuxia curvula* con *Phylloscirus acaulis*, *Carex maritima* y *Plantago barbata* (19% promedio) y vega de *Phylloscirus acaulis* - *Plantago barbata* (18% promedio). En la Tabla 10 se entregan los valores pastorales promedios para las distintas clases y tipologías de vegetación discriminadas en el humedal de Caquena. Los valores pastorales (VP) obtenidos en el humedal, presentan valores similares a los medidos en el humedal cercano a la localidad de Chingani, a 3 Km del poblado de Parinacota (Castellaro *et al*, 1998¹⁴), en el cual para unidades de bofedal en buen estado se estimó valores de VP que bordean el 20% y valores de VP que bordean el 9% para unidades de vegas de bajo cubrimiento o en regular estado.

Tabla 28. Valores pastorales promedios para las distintas clases y tipologías de vegetación discriminadas en el humedal de Caquena.

Clase Tipología	Valor Pastoral Promedio (%)
Vega – bofedal	20,0
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	20,0
Pajonal hídrico – vega	17,0
Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia brevifolia</i> con vega de <i>Carex maritima</i>	17,0
Bofedal	16,6
Bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	16,6
Bofedal – vega	14,9
Bofedal de <i>Zameioscirus atacamensis</i> con vega de <i>Deyeuxia curvula</i> y <i>Phylloscirus acaulis</i>	14,9
Pajonal hídrico - vega - bofedal	14,9
Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia brevifolia</i> con vega de <i>Werneria pygmaea</i> y <i>Carex maritima</i> y bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	14,9
Vega	12,7
Vega de <i>Deyuxia curvula</i> con <i>Phylloscirus acaulis</i> , <i>Carex maritima</i> y <i>Plantago barbata</i>	19,0
Vega de <i>Phylloscirus acaulis</i> - <i>Plantago barbata</i>	18,8
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i>	12,5
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con <i>Puccinellia frigida</i>	9,9
Vega - pajonal hídrico – bofedal	11,2
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> - <i>Carex maritima</i> con Pajonal hídrico de <i>Festuca nardifolia</i> y bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	11,2
Pajonal hídrico	9,4
Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia curvula</i>	9,4
Pajonal	1,5

¹⁴ CASTELLARO, G., GAJARDO, 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: I. Variación estacional de la composición botánica, disponibilidad de materia seca, valor pastoral y valor nutritivo de los bofedales. Agricultura Técnica (CHILE) 58 (3): 191 - 204 (Julio - Septiembre, 1998).

Clase Tipología	Valor Pastoral Promedio (%)
Pajonal de <i>Festuca orthophylla</i>	1,5
Suelo desnudo	0,0
Suelo desnudo	0,0
Total general	13,1

De acuerdo con los valores anteriores, las unidades de vegetación presentan una **aptitud ganadera** mayoritariamente buena a muy buena, presentándose un 67% de la superficie total del humedal en esta condición, destacando las unidades de bofedal, bofedal - vega y vega dentro de estas categorías, siendo las tipologías de bofedal de *Oxychloe andina*, vega de *Deyeuxia curvula* con *Phylloscirpus acaulis*, *Carex maritima* y *Plantago barbata*, y el bofedal de *Zameioscirpus atacamensis* con vega de *Deyeuxia curvula* y *Phylloscirpus acaulis*, las que presentan las mayores superficies dentro de este grupo.

En una aptitud ganadera regular se encuentra un 14% de la superficie, correspondiendo principalmente a vegas, específicamente las de *Deyeuxia curvula* y algunas unidades de *Oxychloe andina*, que corresponden a formaciones con una baja riqueza de especies y/o menores cubrimientos en relación a sus pares, que presentan una aptitud ganadera superior.

Con una mala aptitud ganadera se concentra un 13% de la superficie, dentro de este grupo se presentan vegas de *Deyeuxia curvula* y vegas de *Deyeuxia curvula* con *Puccinellia frigida*, las cuales, al igual que el grupo anterior, presentan una menor riqueza de especies y/o valores de cubrimiento de la vegetación menor.

Por último, las unidades que presentan una aptitud ganadera muy mala, representan el 3% de la superficie, y corresponden a sectores de suelo desnudo o a unidades de pajonal zonal de *Festuca orthophylla*.

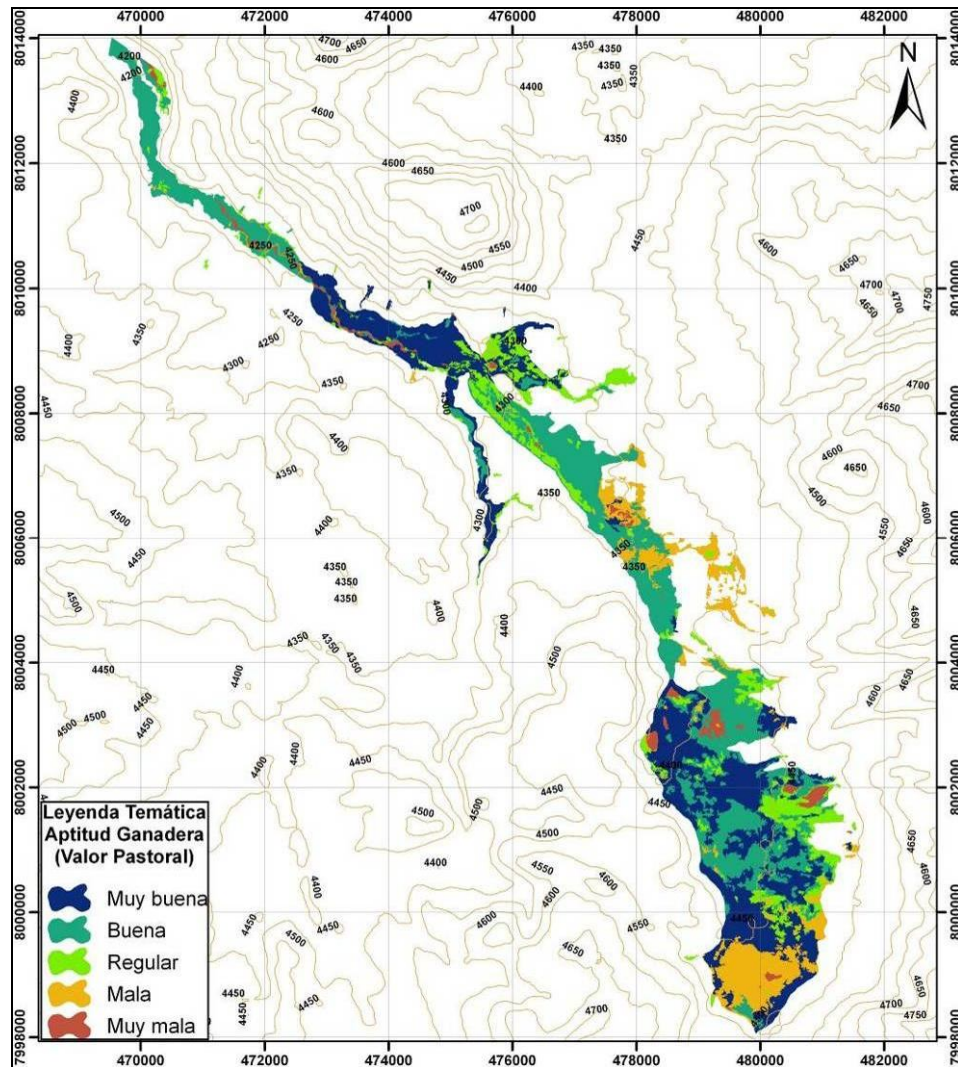
El resumen de la superficie según la aptitud ganadera de cada tipología de vegetación se presenta en la Tabla 11.

Espacialmente, las unidades que presentan una aptitud ganadera buena a muy buena, se distribuyen en gran parte del humedal, siendo interrumpidas o fragmentadas en algunos sectores por las unidades de menor aptitud, donde, ya sea por condiciones hidromórficas, características edáficas o situaciones particulares de manejo antrópico, las formaciones de vegetación presentan menores cubrimientos, menor riqueza de especies o las especies allí presentes son de un bajo valor pastoral, lo que se traduce en que estos sectores presenten actualmente una aptitud ganadera inferior. La distribución de las unidades según su aptitud ganadera se presenta en la Figura 8. La cartografía en detalle de las unidades de vegetación, clasificadas según su aptitud ganadera se entrega en el Anexo 7.

Tabla 29. Resumen de la superficie según aptitud ganadera de cada tipología de vegetación definida en el humedal de Caquena.

Tipologías de vegetación	Muy Buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala	Superficie Total (ha)
Bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	378,9	221,1	70,3	-----	-----	670,3
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i>	-----	178,0	201,4	125,1	-----	504,6
Bofedal de <i>Zameioscirpus atacamensis</i> con vega de <i>Deyeuxia curvula</i> y <i>Phylloscirpus acaulis</i>	-----	259,8	-----	-----	-----	259,8
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con <i>Phylloscirpus acaulis</i> , <i>Carex maritima</i> y <i>Plantago barbata</i>	211,6	-----	-----	-----	-----	211,6
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con <i>Puccinellia frigida</i>	-----	-----	-----	105,9	-----	105,9
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> - <i>Carex maritima</i> con Pajonal hídrico de <i>Festuca nardifolia</i> y bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	23,7	-----	-----	19,3	-----	43,0
Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia brevifolia</i> con vega de <i>Carex maritima</i>	-----	37,8	-----	-----	-----	37,8
Suelo desnudo	-----	-----	-----	-----	33,6	33,6
Pajonal de <i>Festuca orthophylla</i>	-----	-----	-----	-----	25,1	25,1
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	21,6	-----	-----	-----	-----	21,6
Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia brevifolia</i> con vega de <i>Werneria pygmaea</i> y <i>Carex maritima</i> y bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	-----	17,0	-----	-----	-----	17,0
Vega de <i>Phylloscirpus acaulis</i> - <i>Plantago barbata</i>	3,0	-----	-----	-----	-----	3,0
Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia curvula</i>	-----	-----	-----	0,3	-----	0,3
Superficie total (ha)	638,8	713,6	271,8	250,7	58,8	1933,7
Porcentaje (%)	33%	37%	14%	13%	3%	100%

Figura 16. Distribución espacial de las unidades según aptitud ganadera en el humedal de Caquena.



8.5. Flora Local

8.5.1. Grupos Taxonómicos

A partir de los inventarios florísticos realizados en terreno, se establece que el cortejo florístico del humedal está compuesto de un total de 49 entidades taxonómicas vegetales, situación que representa un 0,96% de la flora a nivel nacional. La mayor parte de las especies presentes pertenecen a la División taxonómica *Magnoliophyta* (angiospermas), dentro de las cuales la Clase *Magnoliopsida* (dicotiledóneas) y *Liliopsida* (monocotiledóneas) presentan un número similar de entidades con 26 y 22, respectivamente. Se detectó una sola especie perteneciente a la División *Polypodiophyta*, Clase *Polypodiopsida*, correspondiente a la especie *Azolla filiculoides*.

A nivel de familias taxonómicas, las que poseen el mayor número de especies en el humedal corresponden a *Asteraceae* (13 especies), *Poaceae* (9 especies) y *Cyperaceae* (7 especies). Del mismo modo los géneros más representados en el humedal corresponden a *Deyeuxia* (*Poaceae*) con 6 especies y *Werneria* (*Asteraceae*) con 5 especies. En la Tabla 12 se presenta en resumen taxonómico de la flora presente en el humedal comparada con los totales nacionales taxonómicos del número de familias, géneros y especies, según Marticorena (1990¹⁵). El listado taxonómico general del humedal se entrega en el Anexo 4.

Tabla 30. Resumen taxonómico de la flora vascular presente en el humedal de Caquena.

DIVISIÓN CLASE	FAMILIAS			GÉNEROS			ESPECIES		
	Caq.	Chile	%	Caq.	Chile	%	Caq.	Chile	%
<i>Polypodiophyta</i>									
<i>Polypodiopsida</i>	1	-----	-----	1	-----	-----	1	-----	-----
Total División	1	18	5,6	1	42	2,4	1	114	0,9
<i>Magnoliophyta</i>									
<i>Liliopsida</i>	6	30	20,0	12	214	5,6	22	1069	2,1
<i>Magnoliopsida</i>	12	132	9,1	16	743	2,2	26	3906	0,7
Total División	18	162	11,1	28	957	2,9	48	4975	1,0
Total Humedal	19	184	10,3	29	1008	2,9	49	5105	0,96

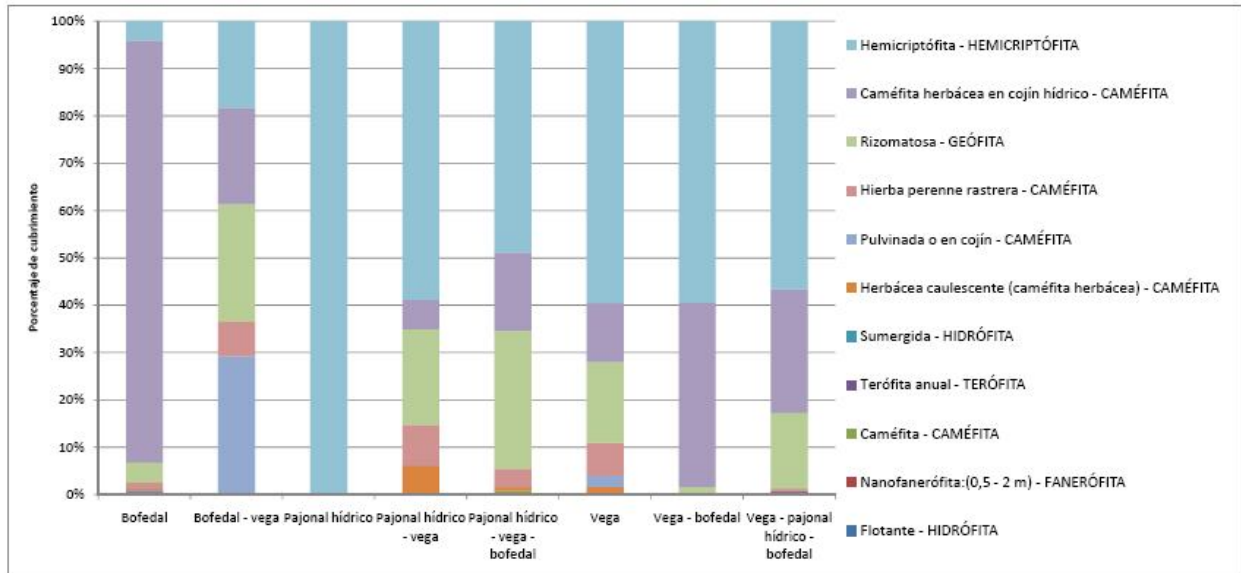
8.5.2. Espectro Biológico

Las distintas tipologías de vegetación poseen características fisionómicas que están definidas, entre otros factores, por las formas de vida dominantes de la formación, es así como en el humedal de Caquena, las tipologías de bofedal, vega, pajonal hídrico y pajonal zonal, presentan características fisionómicas que diferencian cada uno de estos elementos. De esta manera, las unidades de **bofedal**, presentan una clara dominancia de especies del tipo “caméfito herbáceo en cojín hídrico” lo que da el aspecto “acojinado” característico de estas unidades, siendo los géneros más comunes *Oxychloe* y *Zameioscirus*. Las unidades o sectores de **vegas**, se caracterizan por presentar una cubierta herbácea densa, son aspecto de “césped”, tal aspecto esta dado por especies del tipo “hemicriptófitas bajas” (champas de baja altura), donde la especie más representativa es *Deyeuxia curvula* y especies

¹⁵ MARTICORENA, C. 1990. Contribución a la estadística de la flora vascular de Chile. Gayana Botánica 47: 85 – 113.

“geófitas” del tipo rizomatoso donde destacan las entidades pertenecientes a los géneros *Carex*, *Phylloscirpus*, *Eleocharis*, *Lobelia* y *Werneria*. Por otra parte, los sectores correspondientes a pajonal hídrico y pajonal zonal, se caracterizan por la presencia de especies “hemcriptófitas altas” (champas altas o pajas) donde los géneros más representativos corresponden a *Festuca* y *Deyeuxia*. En el Gráfico 2 se muestra la proporción de formas de vida en las clases de vegetación presentes en el humedal.

Gráfico 5. Proporción de formas de vida presentes en cada una de las clases de vegetación en el humedal de Caquena.



En términos generales, según el gráfico anterior, se observa una clara dominancia de las formas de vida hemcriptófitas, caméfitas herbáceas en cojín hídrico y de especies rizomatozas en las distintas clases de vegetación presentes en el humedal. Sin embargo, existe una importante diversidad de formas de vida presentes, las cuales ocupan los distintos ambientes presentes en el área, desde las áreas más áridas hasta ambientes acuáticos.

8.5.3. Origen y Estados de Conservación

De acuerdo al origen geográfico de las especies, se puede indicar que el 100% de las entidades detectadas en el humedal son de origen autóctono, lo que indica el alto grado de naturalidad que el humedal de Caquena presenta actualmente.

Por otra parte, de la totalidad de especies detectadas en el área de estudio, no se presentan especies de flora con problemas de conservación.

8.5.4. Distribución de la Flora Local y Riqueza de Especies

Las tipologías de vegetación definidas en el humedal presentan un grado de similitud medio entre sus componentes florísticos dominantes, dado lo complejo que resultan los ensambles vegetacionales presentes, mezclas de formaciones de vegas, pajonales hídricos y bofedales, y donde las especies

dominantes se pueden encontrar en más de una tipología. Lo anterior genera la existencia de un grupo de especies de amplia distribución en el humedal, donde *Deyeuxia curvula* y *Arenaria rivularis* son las que presentan la mayor frecuencia a nivel de tipologías, estando presentes en 10 de las 11 definidas. Otras especies frecuentes corresponden a *Plantago barbata*, *Phylloscirpus acaulis*, *Oxychloe andina*, *Carex maritima*, *Lilaeopsis macloviana*, *Puccinellia frigida* y *Festuca nardifolia*, todas ellas presentes en más de 6 tipologías de vegetación.

Por el contrario, existe un grupo de especies que presentan una baja frecuencia, encontrándose en una o dos tipologías, dentro de este grupo se encuentran *Werneria pinnatifida* y *Eleocharis tucumanensis*, encontradas solamente en unidades de bofedal.

En la Tabla 13 se muestra la distribución de las especies en las distintas tipologías de vegetación, señalando, para cada una de ellas, su riqueza de especies.

Tabla 31. Distribución de la flora local, frecuencia por especie y número de especies en las distintas tipologías de vegetación descritas en el humedal de Caquena.

Especie	Tipologías de vegetación *											Frecuencia especie
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
<i>Aa nervosa</i> (Kraenzl.) Schltr.	2						1					2
<i>Arenaria rivularis</i> Phil.	4	1	1	1	1	5	1		1	1	1	10
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	2	1										2
<i>Baccharis acaulis</i> (Wedd. ex R. E. Fries) Cabr.	1		1			1		1		1	1	6
<i>Calandrinia compacta</i> Barn.							1				1	2
<i>Carex maritima</i> Gunn.	3	1	1	1		4	2			1	1	8
<i>Cuatrecasasiella argentina</i> (Cabrera) H. Rob.							1					1
<i>Deyeuxia brevistarata</i> Wedd.							1					1
<i>Deyeuxia brevifolia</i> J. Presl			1	1								2
<i>Deyeuxia chrysantha</i> J. Presl	2					1	1	1			1	5
<i>Deyeuxia curvula</i> Wedd.	4	1	1		1	5	2	1	1	1	1	10
<i>Deyeuxia eminens</i> J. Presl	1	1						1				3
<i>Deyeuxia spicigera</i> J. Presl ssp. <i>spicigera</i>							1					1
<i>Diplostephium</i> sp.				1						1		2
<i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyen	1					1	1					3
<i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i> S. González & Guagl.	1			1		2	1			1		5
<i>Eleocharis tucumanensis</i> Barros	1											1
<i>Eudema friesii</i> O.E. Schulz						1						1
<i>Festuca nardifolia</i> Griseb	4		1	1		3	2		1	1		7
<i>Festuca orthophylla</i> Pilger			1		1							2
<i>Gentiana prostrata</i> Haenke	2		1			1	1					4
<i>Hypochaeris</i> sp.			1									1
<i>Hypochaeris taraxacoides</i> (Walp.) Benth & Hooker	4			1	1	2	1			1		6
<i>Lachemilla diplophylla</i> (Diels) Rothm.	1						1					2
<i>Lachemilla</i> sp.						1						1
<i>Lemna gibba</i> L.		1										1
<i>Lemna minuta</i> Kunth		1										1
<i>Lilaeopsis macloviana</i> (Gand.) A.W. Hill	3	1	1	1		3				1	1	7

Especie	Tipologías de vegetación *											Frecuencia especie
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
<i>Lobelia oligophylla</i> (Wedd.) Lammers	3		1			3	1	1		1		6
<i>Myriophyllum quitense</i> H.B.K.	1									1	1	3
<i>Nototriche</i> sp.							1					1
<i>Oxychloe andina</i> Phil.	5	1		1		3	2	1		1	1	8
<i>Phylloscirus acaulis</i> (Phil.) Goetgh. & D.A. Simpson	3	1				2	1	1	1	1	1	8
<i>Phylloscirus deserticola</i> (Phil.) Dhooge & Goetgh.	1		1									2
<i>Plantago barbata</i> G. Forster	3	1	1	1		3	1		1	1	1	9
<i>Potamogeton strictus</i> Phil.	1									1	1	3
<i>Puccinellia frigida</i> (Phil.) I. M. Johnst.		1	1		1	2			1	1	1	7
<i>Ranunculus cymbalaria</i> Pursh f. <i>exilis</i> (Phil.) Lourteig				1		1						2
<i>Ranunculus uniflorus</i> Phil. ex Reiche f. <i>uniflorus</i>	2	1		1		1				1	1	6
<i>Senecio algens</i> Wedd.			1									1
<i>Senecio humillimus</i> Sch. Bip.	1					1				1		3
<i>Senecio spinosus</i> DC.	1											1
<i>Werneria denticulata</i> Blake			1		1	1						3
<i>Werneria pinnatifida</i> Remy	1					3						2
<i>Werneria pygmaea</i> Gill. ex H. & A.	3			1		3	1			1	1	6
<i>Werneria spathulata</i> Wedd.	1											1
<i>Werneria weddellii</i> Phil.	1			1	1	1						4
<i>Zameioscirus atacamensis</i> (Phil.) Dhooge & Goetgh	1	1	1						1	1	1	6
<i>Zameioscirus muticus</i> Dhooge & Goetgh.	1			1			1					3
Nº total de especies por tipología	32	14	17	15	7	25	22	7	7	20	16	

* Los valores indican el número de presencias de la especie en cada tipología, según inventarios de terreno. Los códigos y nombres de las tipologías de la tabla 13 son:

Código Tipología	Nombre de la tipología de vegetación
I	Bofedal de <i>Oxychloe andina</i>
II	Bofedal de <i>Zameioscirus atacamensis</i> con vega de <i>Deyeuxia curvula</i> y <i>Phylloscirus acaulis</i>
III	Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia brevifolia</i> con vega de <i>Carex maritima</i>
IV	Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia brevifolia</i> con vega de <i>Werneria pygmaea</i> y <i>Carex misera</i> , y bofedal de <i>Oxychloe andina</i>
V	Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia curvula</i>
VI	Vega de <i>Deyeuxia curvula</i>
VII	Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> - <i>Carex maritima</i> con Pajonal hídrico de <i>Festuca nardifolia</i> , y bofedal de <i>Oxychloe andina</i>
VIII	Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con bofedal de <i>Oxychloe andina</i>
IX	Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con <i>Puccinellia frigida</i>
X	Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con <i>Phylloscirus acaulis</i> , <i>Carex maritima</i> y <i>Plantago barbata</i>
XI	Vega de <i>Phylloscirus acaulis</i> - <i>Plantago barbata</i>

En cuanto a la riqueza de especies, se puede indicar que las unidades de bofedal de *Oxychloe andina*, presentan, en conjunto, la mayor riqueza, con un total de 32 de las 49 especies detectadas en el humedal, le siguen las tipologías de vega de *Deyeuxia curvula* y las de vega de *Deyeuxia curvula* - *Carex*

maritima con pajonal hídrico de *Festuca nardifolia* y bofedal de *Oxychloe andina*, las que presentan 25 y 22 especies, respectivamente. Sin embargo, estos totales pueden agrupar a más de una formación de vegetación, por lo que existen unidades que pertenecen a estas tipologías, pero que presentan un número de especies menor.

Las tipologías que presentan una baja riqueza de especies son las de vega de *Deyeuxia curvula* con bofedal de *Oxychloe andina* y las unidades de vega de *Deyeuxia curvula* con *Puccinellia frigida*, las que presentan un total de 7 especies cada una.

8.6. Identificación de Elementos Críticos

Como resultado de la priorización de las unidades de vegetación en función de su singularidad, representatividad y riqueza de especie, se obtuvo una valoración ambiental de la totalidad de las unidades delimitadas en el humedal de Caquena.

En términos de la singularidad de las unidades de vegetación, las tipologías más singulares corresponden al pajonal hídrico de *Deyeuxia curvula* y vega de *Phylloscirpus acaulis* - *Plantago barbata*, de las cuales sólo existe una unidad en todo el humedal. Por el contrario, las tipologías de muy baja singularidad corresponden al bofedal de *Oxychloe andina* y la vega de *Deyeuxia curvula*, que corresponden a los elementos vegetacionales dominantes del humedal. El resultado del grado de singularidad de cada tipología se entrega en la Tabla 14.

Tabla 32. Grado de singularidad de las tipologías de vegetación presentes en el humedal de Caquena.

Grado de singularidad
Tipología de vegetación
Muy alta
Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia curvula</i>
Vega de <i>Phylloscirpus acaulis</i> - <i>Plantago barbata</i>
Alta
Pajonal de <i>Festuca orthophylla</i>
Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia brevifolia</i> con vega de <i>Carex maritima</i>
Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia brevifolia</i> con vega de <i>Werneria pygmaea</i> y <i>Carex maritima</i> y bofedal de <i>Oxychloe andina</i>
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> - <i>Carex maritima</i> con pajonal hídrico de <i>Festuca nardifolia</i> y bofedal de <i>Oxychloe andina</i>
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con bofedal de <i>Oxychloe andina</i>
Media
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con <i>Puccinellia frigida</i>
Baja
Bofedal de <i>Zameioscirpus atacamensis</i> con vega de <i>Deyeuxia curvula</i> y <i>Phylloscirpus acaulis</i>
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con <i>Phylloscirpus acaulis</i> , <i>Carex maritima</i> y <i>Plantago barbata</i>
Muy baja
Bofedal de <i>Oxychloe andina</i>
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i>
Nula
Suelo desnudo

Al analizar el nivel de representatividad que las diferentes tipologías de vegetación poseen en el humedal, se tiene que en aquellas tipologías que poseen un bajo número de unidades, cada una de éstas tiene un nivel de representatividad alto a muy alto, tal es el caso de las tipologías de pajonal hídrico de *Deyeuxia curvula*, vega de *Phylloscirpus acaulis* - *Plantago barbata*, pajonal hídrico de *Deyeuxia brevifolia* con vega de *Carex maritima*, pajonal hídrico de *Deyeuxia brevifolia* con vega de *Werneria pygmaea* y *Carex maritima*, y bofedal de *Oxychloe andina*, y la vega de *Deyeuxia curvula* con *Puccinellia frigida*, las cuales poseen más de un 90% de su superficie clasificada en el nivel de representatividad muy alta. En cambio, aquellas tipologías que presentan un gran número de unidades y de diverso tamaño, se clasifican con menores niveles de representatividad, tal como ocurre con las tipologías de bofedal de *Oxychloe andina* y la vega de *Deyeuxia curvula*. En la Tabla 15 se muestra la proporción porcentual de la superficie de cada tipología en los distintos niveles de representatividad establecidos para el humedal de Caquena.

En términos generales, un 41% de la superficie del humedal, presenta un nivel de representatividad muy alta, y solo un 5% de la superficie ha sido clasificada como muy baja.

Tabla 33. Proporción porcentual de la superficie de cada tipología en los distintos niveles de representatividad establecidos para el humedal de Caquena.

Tipología de Vegetación	Niveles de Representatividad						Total general
	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja	Nula	
Bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	26,9%	19,6%	35,7%	13,1%	4,8%	0,0%	100%
Bofedal de <i>Zameioscirpus atacamensis</i> con vega de <i>Deyeuxia curvula</i> y <i>Phylloscirpus acaulis</i>	51,9%	0,0%	17,1%	26,0%	5,1%	0,0%	100%
Pajonal de <i>Festuca orthophylla</i>	54,6%	35,2%	0,0%	10,2%	0,0%	0,0%	100%
Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia brevifolia</i> con vega de <i>Carex maritima</i>	93,7%	0,0%	0,0%	0,0%	6,3%	0,0%	100%
Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia brevifolia</i> con vega de <i>Werneria pygmaea</i> y <i>Carex maritima</i> y bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	98,2%	0,0%	0,0%	0,0%	1,8%	0,0%	100%
Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia curvula</i>	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i>	34,3%	16,0%	0,0%	41,4%	8,3%	0,0%	100%
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> - <i>Carex maritima</i> con pajonal hídrico de <i>Festuca nardifolia</i> y bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	33,9%	45,6%	0,0%	14,2%	6,3%	0,0%	100%
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	85,9%	0,0%	0,0%	7,9%	6,2%	0,0%	100%
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con <i>Puccinellia frigida</i>	91,2%	0,0%	0,0%	3,9%	4,9%	0,0%	100%
Vega de <i>Phylloscirpus acaulis</i> - <i>Plantago barbata</i>	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con <i>Phylloscirpus acaulis</i> , <i>Carex maritima</i> y <i>Plantago barbata</i>	52,6%	37,2%	0,0%	9,5%	0,7%	0,0%	100%
Suelo desnudo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	100%
Total general	40%	17%	15%	21%	5%	2%	100%

Por último, la valoración ambiental del humedal, muestra que un 4% de la superficie de éste posee un valor ambiental **muy alto**, destacando dentro de este grupo las tipologías de vega de *Phylloscirpus acaulis* - *Plantago barbata*, pajonal hídrico de *Deyeuxia brevifolia* con vega de *Werneria pygmaea* y *Carex maritima* y bofedal de *Oxychloe andina*, y el pajonal hídrico de *Deyeuxia brevifolia* con vega de *Carex maritima*, tipologías que presentan más del 90% de la superficie en esta condición. Estas tipologías corresponden a unidades de poca superficie, pero que son altamente singulares, muy representativas de su tipo y con una alta a muy alta riqueza de especies.

En el caso de las unidades que presentan un **alto** valor ambiental, éstas representan un 30% de la superficie del humedal, destacando las tipologías de vega de *Deyeuxia curvula* y la vega de *Deyeuxia curvula* con *Phylloscirpus acaulis*, *Carex maritima* y *Plantago barbata*. Geográficamente se ubican en la porción más norte del humedal, existiendo otras unidades en el extremo sur correspondientes a bofedal de *Zameioscirpus atacamensis* con vega de *Deyeuxia curvula* y *Phylloscirpus acaulis*.

Con un valor ambiental **medio** se encuentra un 47% de la superficie del humedal, la que corresponde principalmente a unidades de bofedal de *Oxychloe andina* y vegas de *Deyeuxia curvula*, y se ubican en la porción central y sur del humedal. Otro grupo de unidades de estas mismas tipologías presentan un valor ambiental **bajo** debido a que el primer grupo presenta valores de representatividad alta a muy alta, pero muy baja singularidad. Las unidades de vega de *Deyeuxia curvula* presentan una baja representatividad y muy baja singularidad. La riqueza de especies de ambas es media o baja.

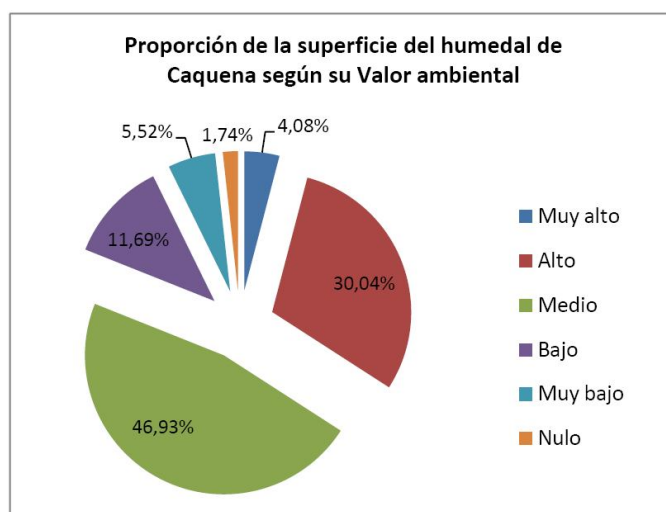
Un 6% de la superficie del humedal presenta un valor ambiental **muy bajo**, y corresponde a unidades de bofedal de *Oxychloe andina*, bofedal de *Zameioscirpus atacamensis* con vega de *Deyeuxia curvula* y *Phylloscirpus acaulis* y la tipología de vega de *Deyeuxia curvula*. Las unidades de vegetación en esta categoría presentan una baja a muy baja representatividad y singularidad, y baja riqueza florística, a excepción de las formaciones de bofedal de *Zameioscirpus atacamensis* con vega de *Deyeuxia curvula* y *Phylloscirpus acaulis*, las que presentan una riqueza de especies alta. Estas unidades se ubican principalmente en la porción central del humedal, existiendo también unidades en la porción sur del mismo.

En la Tabla 16 se muestra la proporción porcentual de la superficie de cada tipología en los distintos niveles de valor ambiental establecidos para el humedal de Caquena. El Gráfico 3 representa la proporción de la superficie del humedal de Caquena según su valor ambiental.

Tabla 34. Proporción porcentual de la superficie de cada tipología en los distintos niveles de **valor ambiental** establecidos para el humedal de Caquena.

Tipología de Vegetación	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo	Nulo	Total general
Bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	0%	5%	71%	19%	5%	0%	100%
Bofedal de <i>Zameioscirpus atacamensis</i> con vega de <i>Deyeuxia curvula</i> y <i>Phylloscirpus acaulis</i>	0%	52%	33%	0%	16%	0%	100%
Pajonal de <i>Festuca orthophylla</i>	0%	55%	35%	10%	0%	0%	100%
Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia brevifolia</i> con vega de <i>Carex maritima</i>	94%	6%	0%	0%	0%	0%	100%
Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia brevifolia</i> con vega de <i>Werneria pygmaea</i> y <i>Carex maritima</i> y bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	98%	2%	0%	0%	0%	0%	100%
Pajonal hídrico de <i>Deyeuxia curvula</i>	0%	0%	100%	0%	0%	0%	100%
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i>	0%	40%	38%	15%	7%	0%	100%
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> - <i>Carex maritima</i> con pajonal hídrico de <i>Festuca nardifolia</i> y bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	55%	0%	24%	21%	0%	0%	100%
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con bofedal de <i>Oxychloe andina</i>	0%	0%	86%	14%	0%	0%	100%
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con <i>Puccinellia frigida</i>	0%	0%	91%	9%	0%	0%	100%
Vega de <i>Phylloscirpus acaulis</i> - <i>Plantago barbata</i>	100%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Vega de <i>Deyeuxia curvula</i> con <i>Phylloscirpus acaulis</i> , <i>Carex maritima</i> y <i>Plantago barbata</i>	0%	90%	10%	0%	0%	0%	100%
Suelo desnudo	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%
Total general	4%	30%	47%	12%	6%	2%	100%

Gráfico 6. Proporción de la superficie del humedal de Caquena, según su Valor Ambiental.



La valoración ambiental realizada a las unidades de vegetación del humedal pondera las variables de manera que aquellas unidades que presentan los mayores valores ambientales, presentan también los más altos niveles de representatividad, singularidad y riqueza de especies, siendo, por tanto, unidades de principal interés en materia de conservación del humedal. Por el contrario, si lo que se quiere es tomar medidas tendientes a mejorar la condición ambiental y/o productiva del humedal, las unidades objetivo serán aquellas que presentan un valor ambiental medio, bajo o muy bajo, o valores de aptitud ganadera baja.

La carta de valoración ambiental del humedal se presenta en el Anexo 8, donde se muestra la distribución espacial de las unidades de acuerdo a este indicador.

8.7. Cartografía del Humedal de Caquena

Como resultado de la espacialización y clasificación de la información para el humedal de Caquena, se obtuvieron como productos cartográficos principales, la cartografía de vegetación según la metodología C.O.T., la carta de aptitud ganadera y la carta de valor ambiental de la vegetación.

Por su parte, la información está contenida en una capa (shape) única, en que se incluye la información de vegetación (formación de vegetación, especies dominantes, clases y tipologías de vegetación), parámetros físicos (altitud, superficie, nivel hidromórfico), información productiva (valor pastoral y aptitud ganadera) y la información de valoración ambiental (riqueza de especies, singularidad, representatividad y valor ambiental).

Además, se entregan los puntos de muestreo con la información de vegetación más relevante de cada uno de éstos (coordenadas, formación de vegetación y especies dominantes).

Toda la información anterior se adjunta, en formato digital, al presente informe. La estructura, códigos y descripción de campos de la capa (shape) se detalla en la Tabla 17. De la misma manera, en la Tabla 18 se entrega la descripción de la capa correspondiente a los puntos de muestreo.

Tabla 35. Códigos y descripción de campos de la capa correspondiente a la Carta de Vegetación (Metadata).

Campo	Descripción	Ejemplo
ID_Punto	Código identificador del punto de evaluación en terreno	19
ID_POLY	Código identificador de la unidad de vegetación en el humedal	206
Orig_info	tipo de origen de la información de la unidad (terreno o extrapolada)	extrapolado
UTM_E	Coordenada UTM este del centro de la unidad	0
UTM_N	Coordenada UTM norte del centro de la unidad	0
For_veg	Código de la formación de vegetación de la unidad de vegetación (requiere archivo de código de fuente para su correcta lectura)	O3
Esp_dom	Códigos de las especies dominantes de la unidad, según la formación de vegetación	fo
Tipo_veg	Tipo de vegetación (zonal o azonal y suelo desnudo)	Zonal

Campo	Descripción	Ejemplo
Clase_veg	Clase de vegetación a la cual pertenece la unidad	Pajonal
Tipol_veg	Tipología de vegetación a la cual pertenece la unidad	Pajonal de <i>Festuca orthophylla</i>
Sup_ha	Superficie en hectáreas de la unidad	8,52
Clas_tamán	Clase de tamaño de la unidad	pequeña
Alt_min	Altitud mínima en metros de la unidad	4457
Alt_max	Altitud máxima de metros de la unidad	4478
Alt_prom	Altitud promedio en metros de la unidad	4470
VAL_PAST	Valor pastoral de la unidad	1,5
NIV_HIDR	Nivel hidromófico de la unidad	Bajo
APTITUD_GAN	Nivel Aptitud Ganadera de la unidad	Muy mala
Representatividad	Nivel de representatividad de la unidad	Muy alta
Singularidad	Nivel de singularidad de la unidad	Alta
Riqueza	Nivel de riqueza de especies de la unidad	Muy baja
Valor_Ambiental	Nivel de valor ambiental de la unidad	Alto

Tabla 36. Códigos y descripción de campos de la capa correspondiente a los puntos de muestreo (Metadata).

Campo	Descripción	Ejemplo
NUM_PUNTO	Código identificador del punto de evaluación de terreno	4
UTM_N_PUNTO	Coordenada UTM norte del centro de la unidad	7998673
UTM_E_PUNTO	Coordenada UTM este del centro de la unidad	480159
REGION	Región administrativa	de Tarapacá
PROVINCIA	Provincia administrativa	Parinacota
COMUNA	Comuna administrativa	Putre
LOCALIDAD	Localidad del punto	Caquena, Localidad Rural
F_INV	Fecha de realización	21-Nov-09
ALT_INV	Altitud del punto	4491
SD_INV	% Suelo desnudo	5
SAL_INV	% de salinidad	Nula
STOP_INV	Situación topográfica	Lecho Quebrada
FV_INV	Código de la Formación de vegetación	P3 p1
ESP_DOM	Especies dominantes de la formación de vegetación	du / pf
Grupo_veg	Grupo de vegetación a la cual pertenece la formación	Vega
Tipo_veg	Tipología de vegetación a la cual pertenece la formación	Vega de <i>Deyeuxia curvula</i>
EXP_INV	Exposición dominante en el punto	Plano
OBSERV_INV	Observaciones generales	Rastrojo 50%; SD y Mantillo 5%

Dada la imposibilidad de hacer un ingreso adecuado del código descriptivo de la **formación de vegetación** en la base de datos de la capa ("shape") de vegetación, esta información fue traducida tal como se muestra en la Tabla 19. Esta transformación se realizó a cada unidad de vegetación y se adjunta digitalmente en un archivo de hoja de cálculo excel.

Tabla 19. Estructura parcial de la base de datos generada para la remodificación de la descripción de la formación vegetal de cada unidad de vegetación.

Codigo cartografico	Campo_base datos	Valor del Campo
LA	LA_1	Indice de Cobertura de Leñosas altas (< 2 metros de altura)
LA	LA_2	Indice de Cobertura de Leñosas altas (2-4 metros e altura)
LA	LA_3	Indice de Cobertura de Leñosas altas (4-8 metros e altura)
LA	LA_4	Indice de Cobertura de Leñosas altas (8-16 metros e altura)
LA	LA_5	Indice de Cobertura de Leñosas altas (16-32 metros e altura)
LA	LA_6	Indice de Cobertura de Leñosas altas (> 32 metros e altura)
LB	LB_1	Indice de Cobertura de Leñosas Bajas (< 5 cm)
LB	LB_2	Indice de Cobertura de Leñosas Bajas (5-25 cm)
LB	LB_3	Indice de Cobertura de Leñosas Bajas (25-50 cm)
LB	LB_4	Indice de Cobertura de Leñosas Bajas (50-100 cm)
LB	LB_5	Indice de Cobertura de Leñosas Bajas (100-200 cm)
LB	LB_6	Indice de Cobertura de Leñosas Bajas (> 200 cm)
H	H_1	Indice de Cobertura de Herbáceas (< 5 cm)
H	H_2	Indice de Cobertura de Herbáceas (5-25 cm)
H	H_3	Indice de Cobertura de Herbáceas (25-50 cm)
H	H_4	Indice de Cobertura de Herbáceas (50-100 cm)
H	H_5	Indice de Cobertura de Herbáceas (100-200 cm)
H	H_6	Indice de Cobertura de Herbáceas (> 200 cm)
S	S_1	Indice de Cobertura de Suculentas (< 5 cm)
S	S_2	Indice de Cobertura de Suculentas (5-25 cm)
S	S_3	Indice de Cobertura de Suculentas (25-50 cm)
S	S_4	Indice de Cobertura de Suculentas (50-100 cm)
S	S_5	Indice de Cobertura de Suculentas (100-200 cm)
S	S_6	Indice de Cobertura de Suculentas (> 200 cm)

9. CONCLUSIONES

A partir de los resultados presentados se puede concluir lo siguiente:

- Vegetacionalmente el Humedal de Caquena presenta formaciones herbáceas densas de baja altura y alto requerimiento hídrico, las cuales se pueden clasificar fisionómicamente en tres grupos: vegas, bofedales y pajonales hídricos. En términos globales, este humedal corresponde a un tipo bofedal – vega, de acuerdo a la superficie de los grupos de vegetación identificados.
- Con respecto al estado actual y condición del humedal se observó que las unidades de vegetación poseen altos valores de cubrimiento, 71% de la superficie como valor promedio, y las áreas desprovistas de vegetación (suelo desnudo y rastrojo-mantillo) alcanzan sólo al 15% de la superficie evaluada. Por otra parte, no se detectó la presencia de especies alóctonas o introducidas en el humedal, lo que le otorga un alto grado de naturalidad al sistema.
- En cuanto a la aptitud ganadera, las unidades de vegetación presentan un aptitud ganadera mayoritariamente buena a muy buena, en el contexto local, presentándose un 67% del humedal en esta condición, un 14% en una condición regular, un 13% en una condición mala y un 3% de la superficie en una condición muy mala, estos últimos correspondientes a sectores de suelo desnudo o a unidades de pajonal zonal de *Festuca ortophylla*.
- La valoración ambiental realizada a las unidades de vegetación del humedal, identificando los elementos críticos desde el punto de vista natural y/o de manejo muestra que un 34% de la superficie posee un valor ambiental alto a muy alto, las que presentan altos valores de singularidad, representatividad y riqueza de especies, pudiendo ser estas unidades objetivo de un plan de conservación del humedal. Por el contrario, aquellas unidades que presentan un bajo valor ambiental, por consecuencia bajos niveles de singularidad, representatividad y riqueza de especies y, que además presentan una mala aptitud ganadera, pueden ser objeto de planes de recuperación o manejo dentro del humedal para su utilización como pradera de fauna doméstica o áreas de conservación.

10. LITERATURA CITADA O UTILIZADA

BENOIT, I. 1989. Libro rojo de la flora terrestre de Chile. CONAF, Santiago. 157 pp.

CASTELLARO, G., GAJARDO, 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: I. Variación estacional de la composición botánica, disponibilidad de materia seca, valor pastoral y valor nutritivo de los bofedales. Agricultura Técnica (CHILE) 58 (3): 191 - 204 (Julio - Septiembre, 1998).

CONVENSIÓN RAMSAR. 1975. Acta final de la conferencia internacional sobre la conservación de humedales. Disponible en WWW: <http://www.ramsar.org> Citado: 10 Julio de 2009.

CHUVIECO, E. 2002. Teledetección Ambiental. Ariel ciencia. España. 586 pp.

DAGET PH. & POISSONET J. 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des paturages. Fourrages 49 : 31-39.

ETIENNE M. & CONTRERAS D. 1981. Cartografía de la Vegetación y sus aplicaciones en Chile. Bol. Téc. N°46. Fac. Cs. Agrarias y Forestales, Univ. Chile 27 p. 10 cartas.

Etienne M. & Prado C. 1982. Descripción de la vegetación mediante la Carta de Ocupación de Tierras. Publicaciones Misceláneas N°9. Fac. Cs. Agrarias y Forestales, U. de Chile.

FAUNDEZ L & GAJARDO M. 1993. Estudio de humedales: las vegas y bofedales de la I y II región. 16 p, Diagramas. In CASTRO M, BAHAMONDES M, SALAS H, AZOCAR P & FAUNDEZ L. 1993. Identificación y ubicación de vegas y bofedales de las regiones Primera y Segunda. Informe Mecanografiado. Depto Estudios S.I.T. N° 19, D.G.A.-MOP. 20 p. Anexos.

MARTICORENA, C. 1990. Contribución a la estadística de la flora vascular de Chile. Gayana Botánica 47: 85 – 113.

MINISTERIO SECRETARIA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (MINSEGPRES). 2007. Primera clasificación de especies silvestres según su estado de conservación. Diario oficial de la República. 1 pp.

MINISTERIO SECRETARIA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (MINSEGPRES). 2008. Segundo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Diario oficial de la República. 2 pp.

MINISTERIO SECRETARIA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (MINSEGPRES). 2008. Tercer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Diario oficial de la República. 2 pp.

MINISTERIO SECRETARIA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (MINSEGPRES). 2009. Cuarto proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Diario oficial de la República. 2 pp.

MUÑOZ A. 2004. El hábitat de la vicuña (*Vicugna vicugna* Molina, 1972) y su capacidad sustentadora en el Altiplano de Parinacota (I Región de Tarapacá, Chile). Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile.

SAG, 2007. Estudio de los sistemas vegetacionales azonales hídricos del altiplano. Mandante Servicio Agrícola y Ganadero (SAG Central), ejecutado por Biota Ltda.

SAG, 2008. Estudio de los sistemas vegetacionales azonales hídricos de la alta cordillera. Regiones de Valparaíso, O'Higgins y Maule. Mandante Servicio Agrícola y Ganadero (SAG Central), ejecutado por Biota Ltda.

TRONCOSO, R. 1982. Evaluación de la capacidad de carga del Parque Nacional Lauca. Corporación Nacional Forestal (CONAF). 1ª Región. Santiago, Chile. Informe de Consultoría. 222p.

YARBROUGH, L.D., G. EASSON, & J.S. KUSZMAUL.. 2005. Tasseled Cap Coefficients for the QuickBird2 sensor: A comparison of methods and development, *presented at* Pecora 16-American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, October 23-27, Sioux Falls Convention Center, Sioux Falls, SD, 10 pages, *CD-ROM*.

11. ANEXOS

Anexo 1. Índices específicos (Is) de las especies vegetales utilizados en el cálculo del valor pastoral de las unidades de vegetación identificadas en el humedal de Caquena.

Especie	Is
<i>Aa nervosa</i> (Kraenzl.) Schltr.	2
<i>Arenaria rivularis</i> Phil.	1
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	1
<i>Baccharis acaulis</i> (Wedd. ex R. E. Fries) Cabr.	1
<i>Calandrinia compacta</i> Barn.	1
<i>Carex maritima</i> Gunnerus	2
<i>Cuatrecasasiella argentina</i> (Cabrera) H. Rob.	1
<i>Deyeuxia brevistarata</i> Wedd.	2
<i>Deyeuxia brevifolia</i> J. Presl	2
<i>Deyeuxia chrysantha</i> J. Presl	4
<i>Deyeuxia curvula</i> Wedd.	2
<i>Deyeuxia eminens</i> J. Presl	2
<i>Deyeuxia spicigera</i> J. Presl ssp. <i>spicigera</i>	2
<i>Diplostephium</i> sp.	0
<i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyen	2
<i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i> S. González & Guagl.	1
<i>Eleocharis tucumanensis</i> Barros	1
<i>Eudema friesii</i> O.E. Schulz	1
<i>Festuca nardifolia</i> Griseb	2
<i>Festuca orthophylla</i> Pilger	1
<i>Gentiana prostrata</i> Haenke	2
<i>Hypochaeris</i> sp.	3
<i>Hypochaeris taraxacoides</i> (Walp.) Benth & Hooker	3
<i>Lachemilla diplophylla</i> (Diels) Rothm.	1
<i>Lachemilla</i> sp.	1
<i>Lemna gibba</i> L.	0
<i>Lemna minuta</i> Kunth	0
<i>Lilaeopsis macloviana</i> (Gand.) A.W. Hill	4
<i>Lobelia oligophylla</i> (Wedd.) Lammers	1
<i>Myriophyllum quitense</i> H.B.K.	3
<i>Nototriche</i> sp.	0
<i>Oxychloe andina</i> Phil.	2
<i>Phylloscirpus acaulis</i> (Phil.) Goetgh. & D.A. Simpson	3
<i>Phylloscirpus deserticola</i> (Phil.) Dhooge & Goetgh.	2
<i>Plantago barbata</i> G. Forster	3
<i>Potamogeton strictus</i> Phil.	5
<i>Puccinellia frigida</i> (Phil.) I. M. Johnst.	2
<i>Ranunculus cymbalaria</i> Pursh f. <i>exilis</i> (Phil.) Lourteig	2
<i>Ranunculus uniflorus</i> Phil. ex Reiche f. <i>uniflorus</i>	2
<i>Senecio algens</i> Wedd.	0

Especie	Is
<i>Senecio humillimus</i> Sch. Bip.	0
<i>Werneria denticulata</i> Blake	4
<i>Werneria pinnatifida</i> Remy	3
<i>Werneria pygmaea</i> Gill. ex H. & A.	4
<i>Werneria spathulata</i> Wedd.	4
<i>Werneria weddellii</i> Phil.	0
<i>Zameioscirpus atacamensis</i> (Phil.) Dhooge & Goetgh	2
<i>Zameioscirpus muticus</i> Dhooge & Goetgh.	2

Anexo 2. Información base de vegetación obtenida en los puntos de evaluación de terreno.

PUNTO	UTM Norte	UTM Este	Formación Vegetal	Especies Dominantes	Clase Vegetación	Tipología Vegetación
1	7998891	480130	ZD	----	Suelo desnudo	Suelo desnudo
2	7998808	480009	ZD	----	Suelo desnudo	Suelo desnudo
3	7998810	480039	H ₄ H ₂	du / pf	Pajonal hídrico	Pajonal hídrico de Deyeuxia curvula
4	7998673	480159	H ₃ H ₁	du / pf	Vega	Vega de Deyeuxia curvula
5	7998600	480200	H ₂ H ₆	du / oa	Bofedal	Bofedal de Oxychloe andina
6	7998438	480225	H ₅ H ₄	du dc / oa	Vega - bofedal	Vega de Deyeuxia curvula con bofedal de Oxychloe andina
7	7999590	480871	H ₇	oa	Bofedal	Bofedal de Oxychloe andina
8	8002499	479648	H ₅	oa dm	Bofedal	Bofedal de Oxychloe andina
9	8002823	478138	H ₄	oa	Bofedal	Bofedal de Oxychloe andina
10	8002773	479390	H ₄ H ₃	db / cm	Pajonal hídrico - vega	Pajonal hídrico de Deyeuxia brevifolia con vega de Carex maritima
11	8003124	480465	H ₃ H ₅ H ₃	du cm / fn / oa	Vega - pajonal hídrico - bofedal	Vega de Deyeuxia curvula - Carex maritima con Pajonal hídrico de Festuca nardifolia y bofedal de Oxychloe andina
12	8004152	478914	H ₃ H ₃ H ₃	fn / du cm / oa	Vega - pajonal hídrico - bofedal	Vega de Deyeuxia curvula - Carex maritima con Pajonal hídrico de Festuca nardifolia y bofedal de Oxychloe andina
13	8005696	478420	H ₄	du pf	Vega	Vega de Deyeuxia curvula con Puccinellia frigida
14	8005764	478502	H ₃ H ₄	du pa / za	Bofedal - vega	Bofedal de Zameioscirpus atacamensis con vega de Deyeuxia curvula y Phylloscirpus acaulis
15	8005628	478551	H ₄	du	Vega	Vega de Deyeuxia curvula
16	8007438	477254	H ₆	oa	Bofedal	Bofedal de Oxychloe andina
17	8008328	477276	H ₄ H ₂	du / oa	Vega	Vega de Deyeuxia curvula
18	8007893	475720	H ₄ H ₂ H ₂	db / wp cm / oa	Pajonal hídrico - vega - bofedal	Pajonal hídrico de Deyeuxia brevifolia con vega de Werneria pygmaea y Carex maritima y bofedal de Oxychloe andina
19	8007984	475823	H ₅	du	Vega	Vega de Deyeuxia curvula
20	8008524	474130	H ₂ H ₄	du / pa pb	Vega	Vega de Phylloscirpus acaulis - Plantago barbata
21	8009350	474125	H ₄ H ₄	du / pa pb cm oa	Vega	Vega de Deyeuxia curvula con Phylloscirpus acaulis, Carex maritima y Plantago barbata
22	8011452	470581	H ₄	du	Vega	Vega de Deyeuxia curvula
23	8002937	479292	H ₃	fo	Pajonal	Pajonal de Festuca orthophylla

Anexo 3. Códigos y nombres de las especies dominantes de las formaciones de vegetación del humedal de Caquena.

Código Cartográfico	Especie
cm	<i>Carex misera</i>
db	<i>Deyeuxia breviaristata</i>
dc	<i>Deyeuxia chrysantha</i>
dm	<i>Distichia muscoides</i>
du	<i>Deyauxia curvula</i>
fn	<i>Festuca nardifolia</i>
fo	<i>Festuca orthophylla</i>
oa	<i>Oxychloe andina</i>
pa	<i>Phylloscirus acaulis</i>
pb	<i>Plantago barbata</i>
pf	<i>Puccinellia frigida</i>
wp	<i>Werneria pygmaea</i>
za	<i>Zameioscirus atacamensis</i>

Anexo 4. Listado taxonómico del Humedal de Caquena.

División	Origen	Forma de Vida *
Clase		
Familia		
Especie		
POLYPODIOPHYTA		
POLYPODIOPSIDA		
AZOLLACEAE		
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	Autóctona	hf
MAGNOLIOPHYTA		
LILIOPSIDA		
CYPERACEAE		
<i>Carex maritima</i> Gunnerus	Autóctona	Gr
<i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i> S. González & Guagl.	Autóctona	Gr
<i>Eleocharis tucumanensis</i> Barros	Autóctona	Gr
<i>Phylloscirpus acaulis</i> (Phil.) Goetgh. & D.A. Simpson	Autóctona	Gr
<i>Phylloscirpus deserticola</i> (Phil.) Dhooge & Goetgh.	Autóctona	Gr
<i>Zameioscirpus atacamensis</i> (Phil.) Dhooge & Goetgh	Autóctona	Cp
<i>Zameioscirpus muticus</i> Dhooge & Goetgh.	Autóctona	Gr
JUNCACEAE		
<i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyen	Autóctona	Kc
<i>Oxychloe andina</i> Phil.	Autóctona	Kc
LEMNACEAE		
<i>Lemna gibba</i> L.	Autóctona	hf
<i>Lemna minuta</i> Kunth	Autóctona	hf
ORCHIDACEAE		
<i>Aa nervosa</i> (Kraenzl.) Schltr.	Autóctona	naF
POACEAE		
<i>Deyeuxia brevistarata</i> Wedd.	Autóctona	H
<i>Deyeuxia brevifolia</i> J. Presl	Autóctona	H
<i>Deyeuxia chrysantha</i> J. Presl	Autóctona	H
<i>Deyeuxia curvula</i> Wedd.	Autóctona	H
<i>Deyeuxia eminens</i> J. Presl	Autóctona	H
<i>Deyeuxia spicigera</i> J. Presl ssp. <i>spicigera</i>	Autóctona	H
<i>Festuca nardifolia</i> Griseb	Autóctona	H
<i>Festuca orthophylla</i> Pilger	Autóctona	H
<i>Puccinellia frigida</i> (Phil.) I. M. Johnst.	Autóctona	H
POTAMOGETONACEAE		
<i>Potamogeton strictus</i> Phil.	Autóctona	hs
MAGNOLIOPSIDA		
APIACEAE		
<i>Lilaeopsis macloviana</i> (Gand.) A.W. Hill	Autóctona	K
ASTERACEAE		

División

Clase

Familia

Especie

Origen

Forma de Vida *

<i>Baccharis acaulis</i> (Wedd. ex R. E. Fries) Cabr.	Autóctona	Gr
<i>Cuatrecasasiella argentina</i> (Cabrera) H. Rob.	Autóctona	----
<i>Diplostephium</i> sp.	Autóctona	----
<i>Hypochaeris</i> sp.	Autóctona	H
<i>Hypochaeris taraxacoides</i> (Walp.) Bentham & Hooker	Autóctona	H
<i>Senecio algens</i> Wedd.	Autóctona	Khpr
<i>Senecio humillimus</i> Sch. Bip.	Autóctona	Khpr
<i>Senecio spinosus</i> DC.	Autóctona	C
<i>Werneria denticulata</i> Blake	Autóctona	Gr
<i>Werneria pinnatifida</i> Remy	Autóctona	Gr
<i>Werneria pygmaea</i> Gill. ex H. & A.	Autóctona	Gr
<i>Werneria spathulata</i> Wedd.	Autóctona	Gr
<i>Werneria weddellii</i> Phil.	Autóctona	C
BRASSICACEAE		
<i>Eudema friesii</i> O.E. Schulz	Autóctona	Gr
CAMPANULACEAE		
<i>Lobelia oligophylla</i> (Wedd.) Lammers	Autóctona	Gr
CARYOPHYLLACEAE		
<i>Arenaria rivularis</i> Phil.	Autóctona	Khpr
GENTIANACEAE		
<i>Gentiana prostrata</i> Haenke	Autóctona	T
HALORAGACEAE		
<i>Myriophyllum quitense</i> H.B.K.	Autóctona	hs
MALVACEAE		
<i>Nototriche</i> sp.	Autóctona	H
PLANTAGINACEAE		
<i>Plantago barbata</i> G. Forster	Autóctona	Kc
PORTULACACEAE		
<i>Calandrinia compacta</i> Barn.	Autóctona	H
RANUNCULACEAE		
<i>Ranunculus cymbalaria</i> Pursh f. <i>exilis</i> (Phil.) Lourteig	Autóctona	Khpr
<i>Ranunculus uniflorus</i> Phil. ex Reiche f. <i>uniflorus</i>	Autóctona	Khpr
ROSACEAE		
<i>Lachemilla diplophylla</i> (Diels) Rothm.	Autóctona	Khpr
<i>Lachemilla</i> sp.	Autóctona	----

Nota: * Formas de Vida C = Caméfita; Cp = Pulvinada o en cojín; Gr = Rizomatosa; H = Hemicriptófita; hf = Flotante; hs = Sumergida; K = Herbácea caulescente (caméfita herbácea); Kc = Caméfita herbácea en cojín hidrico; Khpr = Hierba perenne rastrera; naF = Nanofanerófita:(0,5 - 2 m); T = Terófita anual

Anexo 5. Fotografías del Estudio.

Pto 1 Suelo desnudo orgánico



Pto 2 Suelos desnudo mineral



Pto 4 Vega de Deyeuxia curvula



Pto 5 Bofedal de Oxychloe andina



Pto 6 Vega de Deyeuxia curvula con bofedal de Oxychloe andina



Pto 7 Bofedal de Oxychloe andina



Pto 8 Bofedal de *Oxychloe andina*



Pto 9 Bofedal de *Oxychloe andina*



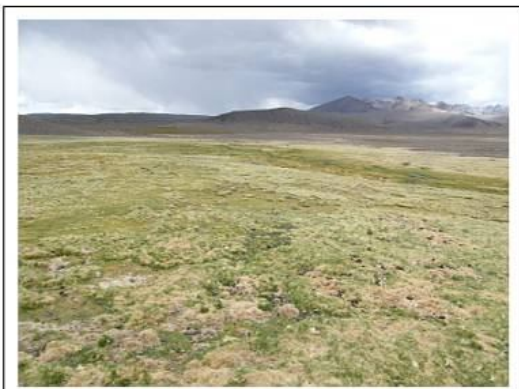
Pto 10 Pajonal hídrico de *Deyeuxia brevifolia* con vega de *Carex maritima*



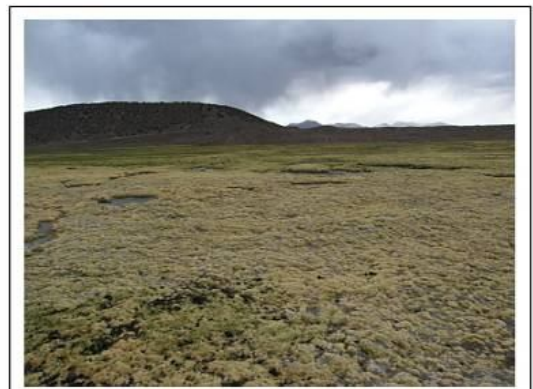
Pto 12 Vega de *Deyeuxia curvula* - *Carex maritima* con Pajonal hídrico de *Festuca nardifolia* y bofedal de *Oxychloe andina*



Pto 13 Vega de *Deyeuxia curvula* con *Puccinellia frigida*



Pto 15 Vega de *Deyeuxia curvula*



Pto 16 Bofedal de *Oxychloe andina*



Pto 17 Vega de *Deyeuxia curvula*



Pto 18 Pajonal hídrico de *Deyeuxia brevifolia* con vega de *Werneria pygmaea* y *Carex maritima* y bofedal de *Oxychloe andina*



Pto 19 Vega de *Deyeuxia curvula*



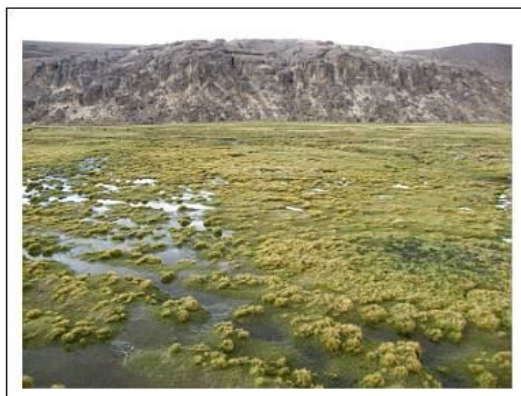
Pto 20 Vega de *Phylloscirpus acaulis* - *Plantago barbata*



Pto 21 Vega de *Deyeuxia curvula* con *Phylloscirpus acaulis*, *Carex maritima* y *Plantago barbata*



Pto 22 Vega de Deyeuxia curvula



Anexo 6. Carta de vegetación (C.O.T.) del Humedal de Caquena.

Anexo 7. Carta de aptitud ganadera del Humedal de Caquena.

Anexo 8. Carta de valoración ambiental del Humedal de Caquena.



Informe Final

“Caracterización Vegetacional y de Condición Ganadera de Bofedal de Caquena, Región de Arica y Parinacota”
