

Manual de evaluación y manejo de bofedales



Proyecto financiado por el Fondo de Protección ambiental del Ministerio del Medio Ambiente



Este manual fue elaborado por el Proyecto Alto Andino, en el marco del "Proyecto de Protección y Educación Medioambiental AltoAndino - Conservación de la Biodiversidad", financiado por el Fondo de Protección Ambiental (FPA), del Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile.

Autores: Orlando Macari Rosales y Esteban Leiva Painequeo

Diseño y diagramación
Fernanda Letelier Wilson.

Santiago, Chile
Noviembre, 2013

Editorial	4
Introducción	5
Propuesta de manejo de pastoreo de Bofedales	6
Cartografía de zonas del bofedal con déficit de agua en Reserva Nacional Las Vicuñas	23
Propuesta evaluación de estado de bofedales y de sistemas de riego	24
Discusión	43
Bibliografía	44
Glosario	46
Anexos	48



AltoAndino es un proyecto multidisciplinario dedicado al desarrollo agropecuario, conservación de la naturaleza y la preservación cultural de la etnia aymara. Su trabajo se realiza con las comunidades indígenas del altiplano de la Región de Arica y Parinacota a través de la transferencia mutua de saberes y conocimientos, la asistencia de ganado y talleres participativos. Recientemente conformados como Organización de Base Comunitaria, AltoAndino se integra por profesionales y estudiantes de la Universidad de Chile de las áreas agropecuarias como la medicina veterinaria, agronomía y los recursos naturales, y también desde las ciencias sociales; las comunicaciones, antropología y geografía.

Su objetivo principal es contribuir en la mejora de la calidad de vida de las comunidades aymaras andinas, respetando su cultura, cosmovisión, tradiciones, creencias y el medio ambiente en el que se desenvuelven. Con este norte AltoAndino ha llevado adelante el Proyecto "Protección y educación Medioambiental Altoandino - Conservación de la Biodiversidad", financiado por el Fondo de Protección Ambiental (FPA) del Ministerio del Medio Ambiente, durante este año 2013.

El manual que se presenta a continuación tiene como objetivo llevar a sus manos información y maneras de proceder frente a temas que consideramos muy importantes en el contexto actual de la zona. La intención es difundir saberes y conocimientos que suelen estar solo dentro del área académica y, de esta manera, ponerlos a la disposición de las personas a quienes les puedan ser de mayor utilidad.

Quisiéramos expresar nuestro agradecimiento a Conaf área Putre, especialmente a su guardería de Guallatire por la colaboración permanente de sus guarda parques, al retén de Carabineros de Guallatire por su ayuda en la toma de muestras y la hospitalidad y transporte que nos brindan, a la Junta de Vecinos de Guallatire por ofrecernos alojamiento en su sede y facilitarla para actividades y talleres, a la I. Municipalidad de Putre por colaborarnos con el combustible, al INCAS de la Universidad de Chile por alojarnos en Putre, al ejecutivo de INDAP Cristian Olivares por ayudarnos en la coordinación y muy especialmente a cada persona de la comunidad de Guallatire por darnos la oportunidad de compartir saberes y de realizar así este hermoso trabajo.



Esta publicación incluye una propuesta de manejo de bofedales, tanto en el pastoreo como en el riego, basada en el diagnóstico conjunto de las zonas con déficit hídrico (más secas) que reconoció la misma comunidad de Guallatire. Consiste en un manual de pasos prácticos que les permitirá hacer su propia evaluación de los bofedales y en base a ello aplicar técnicas de manejo. Este es el aporte que AltoAndino espera entregar a la comunidad andina que los acoge con tanto aprecio. Destacando la importancia del diálogo o puesta en común de saberes de diferentes orígenes -ya sea conocimiento académico o de transmisión cultural ancestral-, este manual busca, además, dar cuenta de las plantas que se utilizan actualmente -específicamente en Guallatire y las zonas aledañas-, para usos medicinales o técnicos, socializando y entregando una síntesis de información atinente a las necesidades de las personas a quienes va dirigido.

También presenta un listado de las principales especies animales de la zona, donde se reconocen sus características y la relación que tienen con el entorno y la comunidad.

Este manual está dirigido a los productores ganaderos, con el fin de servir de guía práctica para un mejor manejo de bofedales, de recursos hídricos y de suelos. El espíritu de este trabajo es que sea un instrumento para la autogestión, es decir, que a cualquiera que lo utilice le sirva de ayuda para facilitar y optimizar su trabajo, logrando una intervención lo menos nociva posible y promoviendo el desarrollo sustentable en la región.

¿Qué son los bofedales?

Los bofedales son ecosistemas que se encuentran en la zona del altiplano, por sobre los 3500 m.s.n.m, como todo ecosistema está compuesto por elementos vivos y no vivos. Se caracterizan por haberse desarrollado en zonas bajas de suelos volcánicos, donde reciben agua constantemente.

Importancia de los bofedales

Como primer paso es necesario poder reconocer la importancia de la existencia de estos ecosistemas, que se pueden dividir en tres aspectos para los habitantes de Guallatire y sus alrededores:

Ambiental

Son zonas que dan refugio y fuente de alimento para diversos animales, además de proporcionar buenas condiciones para etapas de reproducción de aves migratorias. Son ecosistemas que se han formado y se mantienen bajo condiciones únicas en el mundo, por lo cual han sido considerados reserva de la biósfera.



Socio-cultural

La cultura aymara ha formado parte de estos ecosistemas durante siglos, desarrollando diversas actividades que sustentan su supervivencia estableciendo relaciones profundas con el entorno. Adquiriendo así conocimientos valiosos respecto a la producción de lana, confección de artesanías y producción de carne de llamas y alpacas, el cual se ha transmitido de generación en generación.



Económico

Los bofedales son el sustento de la ganadería andina, actividad económica que forma parte de la identidad del pueblo aymara, permite generar intercambios y comercialización siendo una fuente importante de ingresos para cada comunidad.



Para poder definir el conjunto de actividades que permitan manejar el bofedal, considerando los tres aspectos anteriores, es necesario conocer en qué condiciones se encuentran estos sistemas con el objetivo de tomar decisiones adecuadas que ayuden a resolver los problemas que se presenten. Para esto se recomienda realizar una evaluación del bofedal.

Evaluar la condición del bofedal mediante las etapas que se presentan a continuación busca incentivar que los productores y su grupo familiar perfeccionen su visión crítica respecto al espacio en que se encuentran, de manera que puedan identificar y ordenar posibles problemas relacionados con el manejo de bofedales dentro de su sistema pastoril, y a partir de estos proponer soluciones utilizando como herramientas los conocimientos que han heredado generación tras generación y además complementarlo con algunas alternativas provenientes del área científica convencional.

Es importante que en las siguientes actividades participen de manera conjunta el o los productores y su núcleo de personas más cercano, es decir, madre, padre, hijas, hijos, tías, tíos, nietos, abuelos etc. De esta manera será posible integrar participantes de diferentes generaciones que aporten una mayor diversidad de opiniones generando una instancia en que las personas que tengan mayor experiencia puedan transmitir su conocimiento permitiendo que las costumbres no sean olvidadas, como también adoptar otras nuevas en el caso que sea necesario.

Materiales

- Hojas o cuaderno para anotar
- Lápiz

Etapas

1.Reconocimiento de problemas

Al momento de trasladar al ganado a los lugares de pastoreo, ya sean bofedales, pajonales o tolares, se recomienda observar el entorno detalladamente y anotar los posibles problemas en estas tres zonas. Se debe usar una hoja para cada problema y se recomienda anotarlo en la parte de arriba del papel, como si fuera un título.

Ejemplo1

Problema: "Hay sectores de bofedal que se han secado"

"Hay sectores de bofedal que se han secado"

Razones:

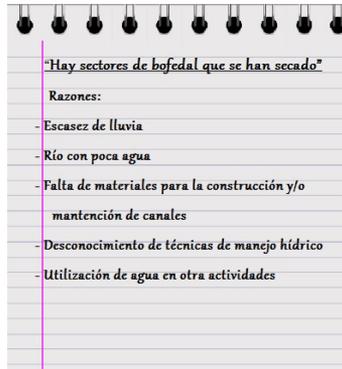
- Escasez de lluvia
- Río con poca agua
- Falta de materiales para la construcción y/o mantención de canales
- Desconocimiento de técnicas de manejo hídrico
- Utilización de agua en otra actividades

2. Identificar las razones más importante de los problemas reconocidos

En cada hoja donde se anotó el problema observado se deben ir anotando un listado de razones las cuales posiblemente hayan provocado el problema.

Ejemplo2

Problema: "Hay sectores de bofedal que se han secado"



3. Clasificación de las razones del problema

Las razones de cada problema se deben clasificar según las importancias mencionadas con anterioridad, asignándole a cada razón una letra según corresponda. Esto permitirá identificar a los actores relacionados con cada aspecto, es decir:

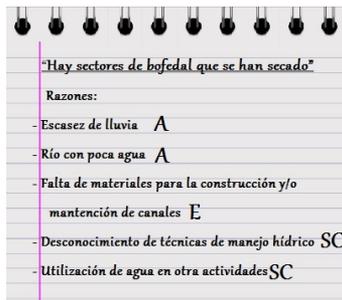
Importancia

- **Ambiental (A):** En el caso de que la razón sea algún aspecto del medio natural
Institución: Corporación Nacional Forestal (CONAF)
- **Socio-cultural (SC):** En el caso que la razón sea por algún aspecto relacionado con personas que sean de la zona o de otros lugares. No necesariamente deben ser solo personas, también se deben considerar grupos de personas, asociaciones productivas, etc.
Institución: Municipalidad de Putre.

- **Económico (E):** En el caso de que el problema sea la escasez de recursos de dinero que impida la aplicación de algún tipo de manejo o actividad.
Instituciones: -Instituto de desarrollo
-Programa de desarrollo local
PRODESAL.

Ejemplo 3

Problema: "Hay sectores de bofedal que se han secado"



La idea es que es asignarle los símbolos a cada razón según corresponda.

4. Identificar razones ligadas entre sí.

En esta etapa se debe ligar una razón con otra en el caso de que estén relacionadas.

Ejemplo 4:

La Falta de agua (A) puede estar relacionada con la práctica de otras actividades, como la minería minera

(SC), que necesita de agua para su funcionamiento, debido a que está siendo ocupada en sus labores de extracción, transporte u otra actividad.

Una vez terminada la fase anterior es posible proponer construir estrategias de solución para cada problema.

Estrategias de solución

5. Construcción de objetivos

A partir de los problemas identificados, estos se deben plantear como objetivos.

Ejemplo 5

Problema: "Existen zonas donde pastoreaban animales que se han secado"

Objetivo: "Restaurar las zonas que presentan sequía en el bofedal"

Diagrama de un cuaderno con el objetivo escrito en una de las páginas:

"Restaurar las zonas que presentan sequía en el bofedal"

6. Definir actividades que permitan alcanzar los objetivos propuestos

En esta etapa se debe utilizar el listado de razones para poder definir las actividades que permitirán lograr el objetivo planteado. Es importante saber que no todas las razones se podrán transformar en actividades, considerando que algunas razones son relacionadas con el medio ambiente y no dependen directamente del hombre..

Ejemplo 6

Diagrama de un cuaderno con el objetivo y una lista de actividades escritas en una de las páginas:

"Restaurar las zonas que presentan sequía en el bofedal"

Actividades:

- Realizar construcción de canales de riego
- Realizar limpieza de canales
- Conseguir herramientas para construir y/o limpiar canales
- Reunirse con los demás productores para compartir conocimientos olvidados
- Establecer dialogo con otros actores como la minera Quiborax, para plantear el problema de falta de agua

7. Elección de objetivos según prioridad

En esta etapa se deben poner sobre la mesa todos los problemas con sus respectivos objetivos. Luego se deben elegir los que tengan mayor urgencia de ser cumplidos, para esto se recomienda utilizar notas del 1 al 5, asignando el 5 a los que sean de mayor urgencia y el 1 a los de menor urgencia, se pueden utilizar el 2, 3 y 4 para los intermedios.

Ejemplo 7

Restaurar las zonas que presentan sequía en el bofedal nota 5

"Restaurar las zonas que presentan sequía en el bofedal"

Nota 5

Actividades:

- Realizar construcción de canales de riego
- Realizar limpieza de canales
- Conseguir herramientas para construir y/o limpiar canales
- Reunirse con los demás productores para compartir conocimientos olvidados
- Establecer dialogo con otros actores como la minera Quiborax, para plantear el problema de falta de agua

8. Planificación

Una vez obtenido el listado de objetivos con sus respectivas prioridades, es recomendable reunirse con otros productores y compartir el trabajo realizado con el fin de poder llevar a cabo las labores en conjunto para facilitar el trabajo o solicitar apoyo si se requiere.

A continuación se entrega información que intenta facilitar la realización de la evaluación de bofedales, además de plantear algunas soluciones a los problemas más habituales.



Los rebaños de llamas y las alpacas poseen diferentes fuentes de alimento, dentro de estas encontramos los pajonales, tolares, zonas mezcladas entre pajonal y tolar y los bofedales. En los pajonales y tolares se encuentran plantas que crecen usando el agua que proviene

principalmente de las lluvias. En cambio los bofedales son lugares donde las plantas crecen usando más fuentes de agua como lo son las lluvias, aguas subterráneas y cauces de río. A continuación se muestran las fuentes de alimento:

Pajonal

Los pajonales corresponden a zonas en donde principalmente se observan plantas como Vichu (*Festuca* sp.) Estas plantas cubren solo partes del suelo, dejando zonas descubiertas.



Tolar

En estas zonas las especies que predominan corresponden a umat'ola, suput'ola, ñakat'ola y chachacoma. Son plantas arbustivas que tampoco logran cubrir todo el suelo.





Pajonal - Tolar

Estas zonas corresponden a una mezcla entre los lugares anteriores, donde se encuentran las especies de plantas conviviendo juntas.



Bofedal

Este lugar posee especies de plantas que son importantes para la alimentación tanto de la llama como de la alpaca aportando alimento de mayor calidad que las otras zonas.

Es importante saber que estas fuentes de alimento se complementan entre sí. Si bien la calidad del alimento es mejor en el bofedal, los otros sistemas aportan nutrientes en épocas de sequía que son útiles para el ganado, por lo que se deben mantener en buen estado.

Considerando que los bofedales poseen diversas especies de plantas de buena calidad para el ganado es necesario observarlos constantemente

para saber en qué condiciones se encuentran, para esto se deben reconocer especies de plantas que sean deseables para el ganado, y también es necesario conocer las que son menos deseables. Sin embargo las plantas menos deseables son importantes ya que cumplen una función dentro del bofedal como conjunto de seres vivos, por lo que es recomendable no arrancarlas ni eliminarlas del lugar, sino que mantener la variedad de plantas que componen la pradera.

Deyeuxia chrysantha J. Presl



Pako hembra

Distichia muscoides Nees & Meyen



Hypochaeris echegarayi Hieron.



Lachemilla pinnata (Ruiz & Pav.) Rothm.



Hypochaeris taraxacoides (Walp.)



Werneria pygmaea Hilles ex Hook. & Arn.
Benth. & Hook. F



C'ache

Deyeuxia curvula Wedd



C'ache

Festuca nardifolia Griseb.



Pako macho

Oxychloe andina Phil..



Considerando estas especies, se puede realizar observaciones en el campo para poder saber en qué condiciones se encuentra el bofedal. De esta manera se puede tener un registro año a año, para conocer los cambios que hay en la cantidad de cada una de las especies. Cuando hay pocas especies deseables para el ganado, el bofedal baja su calidad y cuando estas plantas aumentan el bofedal mejora su calidad.

Para poder mantener un bofedal en buenas condiciones existen diversas técnicas de pastoreo animal, sin embargo ninguna es una solución absoluta, por eso es importante que antes de llevar a cabo alguna técnica, se realice la evaluación de la zona para saber cuáles son los problemas. A continuación se explican algunas técnicas para mantener al bofedal con especies deseables y que estas no desaparezcan en el tiempo por el exceso de animales en él, ni tampoco lo hagan las menos deseables.

Para cualquier tipo de pastoreo es importante conocer etapas que son claves en el bofedal. Es por esto que la cantidad de animales (Carga Animal) en cada etapa clave se debe considerar para que la pradera se mantenga en buen estado.

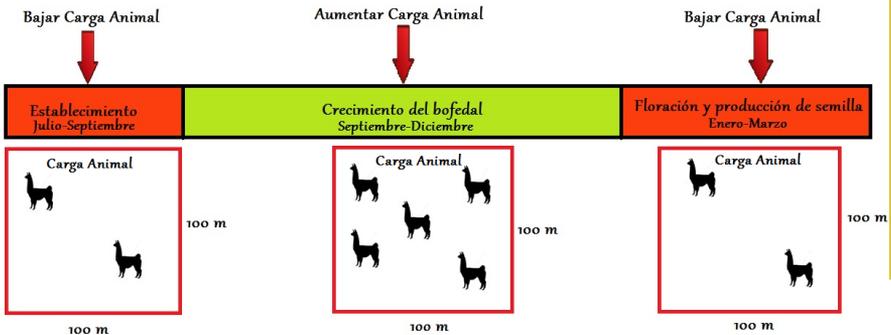


Figura N°1.
Tipos de carga animal en el bofedal.

Carga Animal:

Número de animales por hectárea. El número de animales por hectárea lo decide cada productor. La cantidad de animales DEBE CONSIDERAR LA CAPACIDAD RECUPERACIÓN DE LA PRADERA.

Tipos de Pastoreo

Pastoreo continuo

Los animales pastorean de manera libre ocupando toda la extensión del bofedal sin ser dividido.



Aspectos favorables:

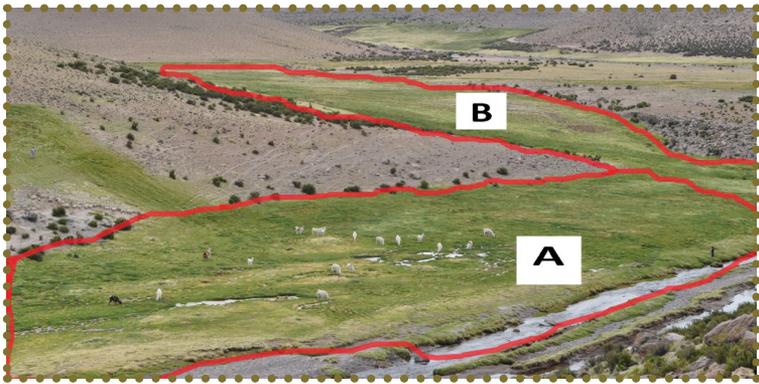
Se requiere una menor atención dado que los animales pastorean libremente
No se requiere gastar dinero en cercos para separar zonas

Aspectos desfavorables:

Puede generar zonas desiguales en el bofedal que pueden estar usada de manera excesiva y otras poco aprovechadas
La presencia de grupos de vicuña consumen zonas del bofedal que se encuentran descansando.

Pastoreo Alternado

Consiste en hacer pastorear a los animales en diferentes zonas del bofedal considerando solo la cantidad de alimento que presenta la pradera. Por lo que van cambiando a los animales para los lugares en donde existe alimento disponible.



En este caso, lo animales alternan su pastoreo entre la zona A y la zona B según la disponibilidad de alimento.

Figura N°2. Ejemplo de sectorización de bofedal para realizar pastoreo alternado.

Aspectos favorables:

Se puede racionalizar el alimento según el consumo animal
Permite hacer descansar al bofedal

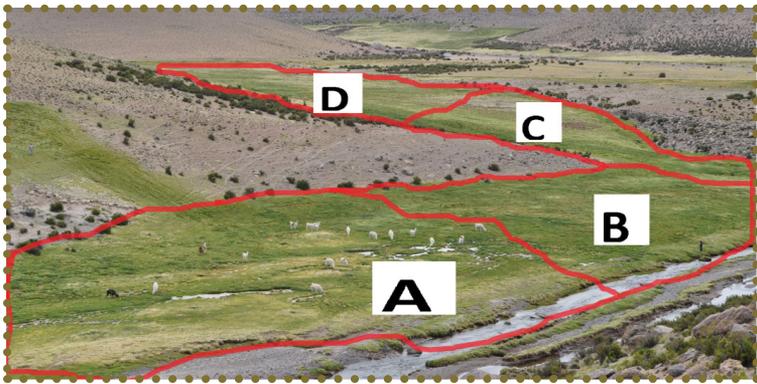
Aspectos desfavorables:

Se requiere de cercos para separar terrenos
Las plantas pueden pasar la época en que son atractivas para los animales y dejan de ser atractivas como alimento
La presencia de grupos de vicuña consumen zonas del bofedal que se encuentran descansando.

Pastoreo Rotativo

Consiste en dividir el bofedal en dos o más canchas, con el objetivo de hacer descansar algunas zonas de bofedal que han sido pastoreadas por un tiempo determinado. El tiempo de descanso depende de la cantidad de alimento disponible de acuerdo a una altura de pradera determinada y la capacidad del bofedal de regenerarse.

Figura N°3. Ejemplo de sectorización de bofedal para realizar pastoreo rotativo.



Aspectos favorables:

Permite repartir la cantidad de alimento disponible
Se generan más zonas con igual cantidad de alimento

Aspectos desfavorables:

Se requiere de gastar dinero en la instalación de cercos
Requiere mayor atención para cambiar los animales de sector o impedir que estos se muevan a zonas en donde no deben pastorear
La presencia de grupos de vicuña consumen zonas del bofedal que se encuentran descansando.

Pastoreo Rotativo Diferido

Este sistema de pastoreo busca proteger la pradera en dos momentos que son muy importantes para las plantas del bofedal, estos son:

Época de establecimiento (Rotar):

En esta época las plantas están recién brotando, por lo que no se deben ingresar animales a las zonas de bofedal que estén en esta etapa, por lo que se recomienda rotar a otro sector los animales.

En el caso que se requiera, se pueden hacer ingresar una baja cantidad de animales, los que más necesiten de alimento (crías o hembras flacos)

Una vez que los brotes más pequeños hayan crecido, se pueden volver a ingresar animales de forma normal.

Época de floración y producción de semilla (Diferir):

En esta época las plantas han producido flores que después se convertirán en frutos que contienen semillas. El objetivo es proteger las plantas en el momento de mayor cantidad de frutos, de manera que no sean consumidos por los animales. Así la semilla podrá caer al suelo y las plantas podrán resembrarse para la próxima temporada.

Para que esta regeneración sea efectiva se recomienda:

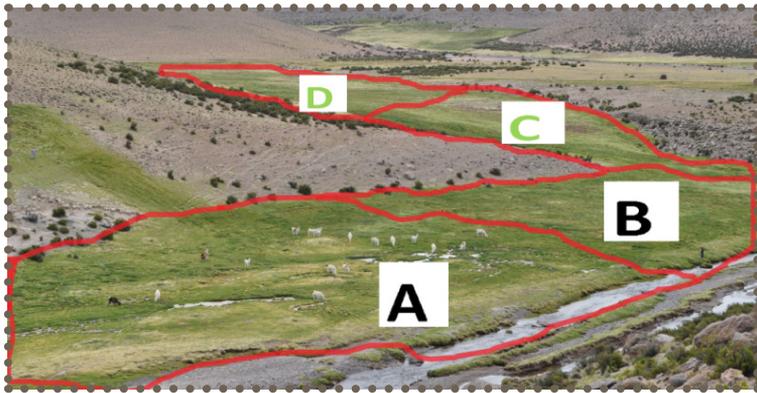


Figura N°4. Ejemplo de sectorización de bofedal 1.

Rotación:

Las zonas A y B del bofedal se utilizan rotándolas entre sí según la altura que tengan las plantas durante la temporada, lo cual refleja la disponibilidad de alimento.

Diferir:

Las zonas C y D no se ocupan durante el año para que puedan producir semillas y auto-resembrarse.

Se recomienda que una vez pasada una temporada los roles de cada una de las zonas de intercambio, haciendo descansar (diferir) los sitios A y B, y ocupar los sitios C y D rotándolos.

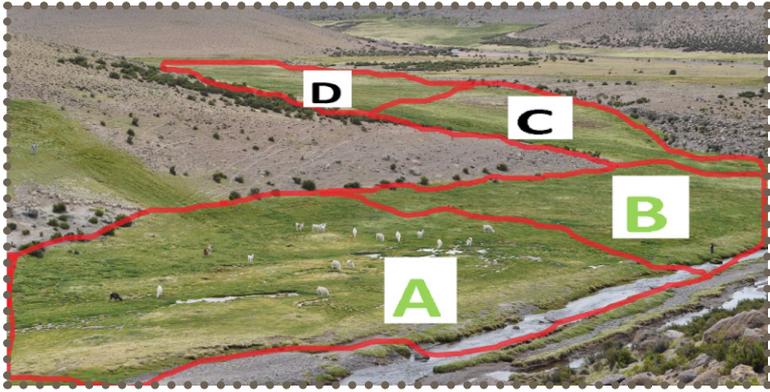


Figura N°5. Ejemplo de sectorización de bofedal 2.

Aspectos favorables:

- Permite repartir la cantidad de alimento disponible
- Se generan más zonas con igual cantidad de alimento
- Permite la recuperación del bofedal al auto-sembrarse
- Aumenta la cantidad de semillas
- Aumenta la diversidad de plantas en el bofedal

Aspectos desfavorables:

- Se requiere de gastar dinero en la instalación de cercos
- Requiere mayor atención para cambiar los animales de sector o impedir que estos se muevan a zonas en donde no deben pastorear
- La presencia de grupos de vicuña consumen zonas del bofedal que se encuentran descansando.

Mantenimiento del bofedal

Las plantas presentes en el bofedal son consumidas por animales, estos utilizan los nutrientes para crecer y desarrollarse, luego lo que no se ocupa es eliminado por las fecas. Es por esto

que es importante hacer retornar estos nutrientes al bofedal para que pueda crecer nuevamente, por lo que se recomienda depositar las fecas de los animales en zonas donde el bofedal se encuentra más débil.



Efecto del pastoreo sobre el suelo

La actividad ganadera en varios lugares de Chile y de Latinoamérica produce diferentes cambios en las propiedades del suelo, afectando el crecimiento de las plantas, lo cual hace que la calidad de alimento que los animales consumen disminuya considerablemente (Gaitán J., 2009). Una manera de cambiar las propiedades del suelo es a través del paso repetitivo de animales sobre el terreno, lo que trae como consecuencia que el suelo se compacte o se apriete, haciendo que la cantidad de aire disminuya dentro de los poros del suelo, afectando a las raíces de las plantas ya que queda muy poco oxígeno disponible. Además, genera que el entre menos agua al suelo haciendo que esta quede apozada o escurra si se encuentra en bajada provocando pérdida de suelo por erosión (Martin et al., 1998).

Para poder saber si el suelo de la pradera está siendo compactado por el paso de animales, se realizaron mediciones para obtener un indicador llamado **coeficiente de descanso**. Este coeficiente se calcula de la siguiente forma: se mide la resistencia del suelo a ser penetrado de manera vertical y horizontal usando un penetrómetro (Imagen). Una vez que se tienen estos resultados, se divide los valores de la resistencia horizontal por la vertical. En el suelo, cuando no se encuentra compactado, la resistencia a la penetración horizontal es menor que la vertical, por lo que al calcular el coeficiente de descanso siempre los resultados serán menores a 1. Sin embargo, cuando un suelo se encuentra compactado, las resistencias horizontales son mayores a las verticales, por lo tanto al calcular el coeficiente de descanso los resultados serán mayores a 1. (Bachamann, J. 2006).



Figura N°6.
Tipos de resistencia a la penetración.

$$\frac{\text{Resistencia a la penetración horizontal}}{\text{Resistencia a la penetración vertical}} = \text{Coeficiente de descanso}$$

Resistencia vertical: 20

$10 : 20 = 0,5$ es menor a 1

Resistencia Horizontal: 10

Condición de suelo sin exceso de compactación

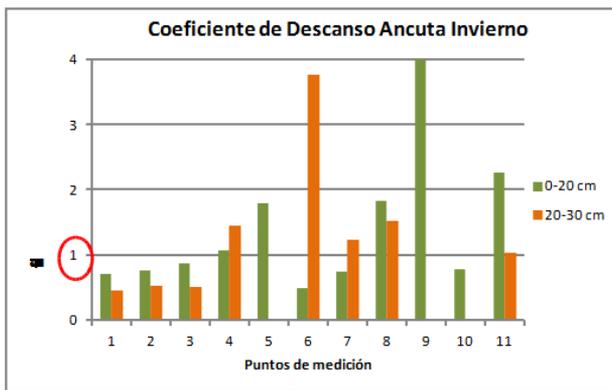
Resistencia vertical: 20

$25 : 20 = 1,25$ es mayor a 1

Resistencia Horizontal: 25

Condición de suelo de excesiva compactación

En un bofedal de Ancuta se realizaron mediciones de resistencia a la penetración en 11 puntos dada la forma del bofedal, durante la estación de invierno y verano, para calcular el coeficiente de descanso. Los resultados fueron los siguientes:



Las barras verdes representan las mediciones que se hicieron de 0 a 20 centímetros de profundidad y las naranjas de 20 a 30 centímetros de profundidad.

Según la gráfica, el suelo se encuentra compactado en los primeros 20 cm

en los puntos 4, 5, 8, 9 y 11. Entre los 20 y 30 cm el suelo se encuentra compactado en los puntos 4, 6, 7, 8 y 11. En los puntos 5, 9 y 10 no hubo mediciones debido a que a esta profundidad el suelo se encontraba congelado.

Coeficiente de Descanso Ancuta Verano

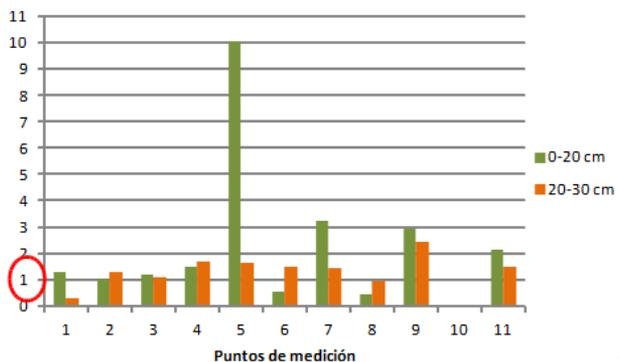


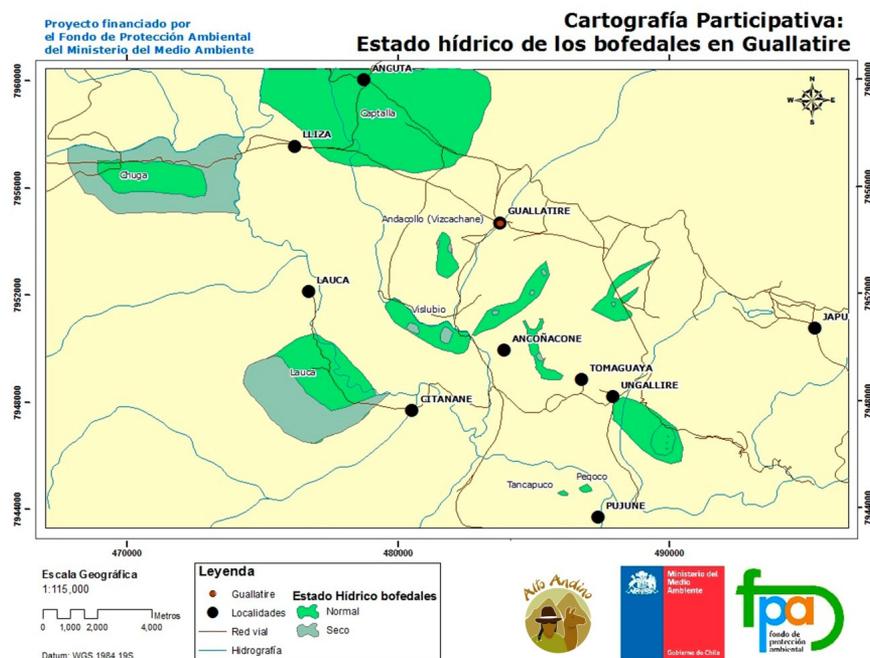
Gráfico N°2.
Datos de medición de coeficientes de descanso en bofedal cercano a poblado de Ancuta en período de Verano

En la cartografía (Figura N°1), se presentan las zonas con déficit hídrico del bofedal, identificadas por la población de Guallatire, en base a su percepción sobre las variaciones observadas a través del tiempo, de la disponibilidad de agua presentes en las zonas del bofedal que son ocupadas por cada habitante que participó en el taller.

Este ejercicio se realizó mediante la aplicación de un taller de cartografías participativas, realizado siguiendo la metodología propuesta por el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA, 2009).

Figura N°7

Resultados cartografía de zonas del bofedal con déficit de agua en Reserva Nacional Las Vicuñas (Región de Arica y Parinacota, Chile).



¿Cuáles son las fuentes de agua del bofedal?

Existen distintas formas en que el agua alimenta al bofedal, los cuales son los siguientes (Ahumada y Faúndez, 2009):

1. Suministro por aguas subterráneas: 2. Suministro por cursos de agua superficial:

En algunas zonas del altiplano, el suelo se llena de agua hasta salir a la superficie en forma de:

- Vertientes que forman lagunas de agua dulce, a veces junto a lagunas de agua salada.

- Afloramientos de agua de bajo caudal, es decir, que no se logra distinguir un lugar preciso por donde brota el agua, pudiendo ser en varios puntos y en baja cantidad.

- Suministro por ascenso agua a través de poros del suelo.- Esto se da cuando el nivel de la napa es muy cercano a la superficie del suelo, por efecto de las lluvias de verano. Este aporte depende mucho del clima, ya que el ascenso del agua a la superficie se va a generar cuando hayan condiciones de temperatura y humedad particulares.

El aporte de agua estará dado por los ríos que atraviesan las zonas. El aporte de agua de estos cursos puede ser por inundación o por infiltración lateral (agua que infiltra desde un canal/río hacia sus contados).

¿Cuáles son los tipos de bofedales?

Existen diferentes tipos de bofedales, y diversas clasificaciones. Los tipos de clasificaciones más importantes son las siguientes (Alzérreca et al, 2001):

1. Según Origen:

-Naturales: Creados naturalmente y alimentados de agua por humedad de los deshielos, vertientes y/o aguas subterráneas (napas)

-Artificiales: Creados por el hombre, donde se realizaron obras de riego y/o transplante de especies para poblar de plantas un sector que antes no era bofedal.



2. Según período de abastecimiento de agua:

-Bofedales con agua permanente (Hidromórficos o Údicos):

Bofedales que siempre tienen agua. Se encuentran en áreas con humedad permanente, donde las especies que más abundan (más de la mitad de las especies totales del bofedal) son el Paco hembra (*Distichia musticoides*), el Paco macho (*Oxychloe andina*) y la Sora (*Deyeuxia chrysantha* J. Presl.).

-Bofedales con agua no permanente (Mésicos o Ústicos):

bofedales que tienen agua solo temporalmente, por lo que durante un período del año están secos. Se encuentran rodeando generalmente a los bofedales con una fuente de agua permanente. Las especies que más abundan (más de la mitad de las especies totales del bofedal) son el Pasto Vega (*Carex* sp.) y la Chillagua (*Festuca dolichophylla* J. Prsi).

Es importante determinar el tipo de bofedal que se quiere evaluar, ya que los distintos tipos de bofedales mostrarán diferentes síntomas de que se están secando.

En algunos bofedales se puede observar sales en forma de polvillo blanco, esto ocurre porque el agua subterránea es capaz de arrastrar sales hacia la superficie en períodos donde las lluvias llenan de agua el suelo. A medida que el agua se evapora, cuando las lluvias se detienen y las temperaturas aumentan, las sales arrastradas por el agua quedan acumuladas en la superficie (Ahumada y Faúndez, 2009).

Mientras el agua cubra por más cantidad de tiempo el bofedal, o se encuentre el agua lo más cercana a la superficie del suelo, es menos probable que se evapore y deje las sales acumuladas.

Se puede determinar si un bofedal es salino o no dependiendo de la superficie de este ocupada por afloramientos de sales en el mes en que los bofedales tienen más agua, que corresponde al mes de Marzo. De esta forma:

- **No es un bofedal salino** si la superficie del bofedal ocupada por sales (manchas blancas) es menor a 5%
- **Es un bofedal salino** si la superficie del bofedal ocupada por sales (manchas blancas) es mayor a 5%

Los bofedales dependen mucho de la profundidad del depósito de agua subterránea y de las lluvias de verano, generando un equilibrio que permite que las plantas crezcan y formen al bofedal. Estas plantas son capaces de soportar períodos de sequías, durante este tiempo el equilibrio se pierde, pero solo por períodos de tiempo limitados (Ahumada y Faúndez, 2009).

Los bofedales dependen mucho de la profundidad del depósito de agua subterránea y de las lluvias de verano, generando un equilibrio que permite que las plantas crezcan y formen al bofedal. Estas plantas son capaces de soportar períodos de sequías, durante este tiempo el equilibrio se pierde, pero solo por períodos de tiempo limitados (Ahumada y Faúndez, 2009).

En la sección de Actividades Prácticas que aparece en la parte final del manual, en la Actividad N° 1 se explica cómo realizar este ejercicio.

3. ¿Cómo se evalúa la condición o salud de los Bofedales?

Los bofedales requieren de una fuente de agua permanente, por lo que cuando se modifica esta fuente de agua, se generan cambios que pueden terminar matando las especies vegetales que crecen en los bofedales, y en ocasiones al bofedal mismo (Ahumada y Faúndez, 2009).

Las formas en que se puede cambiar la alimentación de agua al bofedal son básicamente dos (Ahumada y Faúndez, 2009):

- **Interrupción o disminución de la cantidad de agua que corre por los cauces de agua que riegan directamente a los bofedales.**
- Aumento de la extracción de agua de las napas a través de la construcción de pozos. Las napas de agua alimentan subterráneamente

1. Disminución de la superficie ocupada por el Bofedal

Generalmente, en los bordes de los bofedales las especies mueren cuando su fuente de agua disminuye en forma importante, ya que se encuentran más alejados de las napas de agua y/o de los canales o ríos.

Es necesario mencionar que el bofedal presenta distintas zonas dentro de él, que, a grandes rasgos, corresponden a tres (Fiorio, 1996):

a) Zona húmeda interior:

En esta zona es la más húmeda e inundable, donde predominan especies vegetales acuáticas; esta condición de permanente humedad ayuda a que el suelo pierda nutrientes (Nitrógeno, entre otros), por lo que las especies que crecen en esta zona tiene poca calidad como forraje.

a los bofedales, por lo que cuando el nivel de la napa se hace más profundo, se hace más difícil a las plantas obtener agua por las raíces.

De esta forma, cuando un Bofedal, por falta de agua, pasa a convertirse en una Vega o un Pajonal, en el mejor de los casos, o simplemente las especies vegetales empiezan a morir, se puede decir que se ha degradado, lo que implica una pérdida de una fuente de alimentación muy nutritiva para los animales.

A partir de lo anteriormente explicado, la disminución en la alimentación o suministro de agua al Bofedal, y por lo tanto su posible degradación, se puede notar de dos formas (Ahumada y Faúndez, 2009):

b) Zona intermedia:

En esta zona, existe mayor consumo de forraje por los animales y más diversidad de especies vegetales, donde las especies que predominan son gramíneas y leguminosas.

c) Zona periférica:

En esta zona el suministro de agua es menor, donde las especies que predominan son Stipa (tipos de pajas o Wichus, como por ejemplo la Paja Sikuya) y especies de estepa.

No siempre se van a encontrar todas estas zonas en el bofedal, especialmente la denominada zona interior húmeda.



Cuando el bofedal se empieza a secar, las especies que existen en la periferia (bordes del bofedal) empiezan a morir, y son sustituidas por las que rodean al bofedal, que son las llamadas Pajas o Ichus. Paralelamente, esta **zona periférica** se desplaza hacia adentro, achicándose la **zona intermedia** del bofedal de la cual los animales se alimentan en mayor medida.

En el caso de los bofedales con un aporte permanente de agua todo el año (bofedales hidromórficos), del tipo

2.Cambio en el tipo o en la cantidad de las especies vegetales que crecen en el bofedal

Una manera de saber si el bofedal está recibiendo menos agua es observar que naturalmente se han reemplazado plantas hidrófitas (plantas que crecen en medios muy húmedos o inundados) por plantas halófitas (especies que crecen en áreas afectadas por sales). En los casos más extremos, se llega finalmente a una salinización del bofedal y a la ausencia de plantas (Ahumada y Faúndez, 2009).

Para comprobar que el bofedal recibe menos agua que antes, y que se está secando, idealmente hay que contar con un registro completo de las especies presentes en el bofedal, para poder comparar a futuro. De esta forma, hay que realizar las siguientes mediciones:

- **Número de especies:** cuantas especies distintas hay.
- **Composición de especies:** reconocer las diferencias entre estas, como por ejemplo si son plantas que crecen en zonas húmedas o en presencia de sales.

de los que poseen una zona húmeda interior, las especies que forman la zona periférica de estos corresponden a las más comunes de los bofedalesde especies no acuáticas, que son el Pasto Vega (*Carex marítima* Gunnerus) y una especie muy parecida a la Pupusa de agua, cuyo nombre científico es *Werneria pygmaea* (Ahumada y Faúndez, 2009). **Mientras se desplacen estas especies hacia el interior del bofedal, se puede decir que muy probablemente el bofedal se está secando.**

- **Proporción de las especies:** determinar en qué cantidad existe un tipo de planta respecto de total de especies en el bofedal
- **Cobertura:** cuanta cantidad de suelo cubren las plantas, comparándolo con la cantidad de suelo descubierto que hay en un cuadrado de 1m x 1m.

Puesto que resulta difícil realizar una medición de este tipo, que es lo ideal, existen formas más simples de identificar si existe menos agua en el bofedal.

En base a lo anterior, se puede realizar una clasificación más práctica de los bofedales, la cual tiene una relación más estrecha con los tipos de plantas que crecen en ellos. La clasificación es la siguiente (Troncoso, 1982):

Bodadales de plantas acuáticas óptimo:

Corresponden a bofedales que tienen abundancia de Sora (*Deyeuxia chrysanta*)



Bodadales de plantas acuáticas intensamente usados por ganado:

Tienen abundancia de **Paco macho** (*Oxychloe andina*) y de **Paco hembra** (*Distichia muscoides*)



Bodadales de plantas no acuáticas típicos:

Bofedales donde abundan el Pasto Vega (*Carex marítima*/*Gunnerus*) y de una especie muy parecida a la Pupusa de agua, cuyo nombre científico es *Werneria pygmaea*.



Praderas de especies no acuáticas salinas:

Praderas que rodean a los bofedales, generalmente en suelos con muchas sales, donde abundan las especies del género *Deyeuxia* (como por ejemplo el Pasto Vicuñero, la Sora y la Waylla, entre otros), donde el agua (nivel freático) está a más de un metro de profundidad. Esta pradera tiene suelo desnudo (sin nada, solo suelo) en más del 60% de su superficie, y se muestra húmeda en verano y seca en Invierno.



Actividad N°2

En esta actividad se explica cómo se puede calcular el porcentaje de plantas presentes en el bofedal para saber el estado del bofedal.

El reconocimiento de plantas debe hacerse en verano, después del período de lluvias, ya que en este tiempo las plantas están más activas, tienen flores, y son más fáciles de reconocer (Ahumada y Faúndez, 2009).

Reconocer qué tipo de bofedal se tiene es importante, ya que cualquier cambio el tipo de las especies vegetales puede ser prueba o síntoma de que el bofedal se esté secando.

El reconocimiento de las especies que abundan más en el bofedal permitirá determinar el tipo de bofedal sobre el cual se quiera hacer un manejo de riego. Una vez que se haya determinado el tipo de bofedal en el mes de marzo, se puede generar un registro de las plantas que existen en el bofedal todos los años, de forma de reconocer si hay cambios en el tiempo. Con esto, entonces, se puede verificar si el bofedal se está secando.

Importante

El tipo de registro que se puede hacer para observar las plantas que se encuentran en el bofedal, que se recomienda realizar todos los años para comparar los resultados, se explica en el ejemplo N°1 (Ejemplos en Anexos)

Las especies presentes en el bofedal son muy resistentes a la falta de agua, ya que entran en un estado en el que ahorran al máximo su energía, donde parecen estar secas y muertas (estado de latencia). De esta forma, las plantas pueden soportar largos períodos de sequía.

¿Cuáles son las causas de que el bofedal se esté secando, y cómo se pueden observar?

Una vez determinado si el bofedal se está secando, hay que determinar la causa, que como ya se explicó anteriormente puede ser la interrupción o disminución de los caudales de los ríos o canales, y el aumento de la extracción de agua de las napas subterráneas.

Esta medición se puede hacer mediante una determinación en terreno sencilla, en la **actividad N°3, en los anexos se encuentran los pasos a seguir para poder realizar el cálculo.**

Nos vamos a detener en las posibles causas del secado del bofedal.

- **Interrupción o disminución de los caudales:** para determinar si existe disminución del caudal en un río o canal, se puede realizar de dos formas: disminución del nivel del "espejo de agua" o superficie del agua (quedando una separación entre el agua y el inicio de la vegetación), y disminución del caudal del curso de agua.

Importante

Si se descubre que hay una disminución en el agua del canal o río, esto puede deberse a muchas razones, entre ellas que se haya desviado agua río arriba para regar otro bofedal. Por esta misma razón, si uno va a hacer un desvío de agua para regar un bofedal, hay que recordar que se le va a sacar agua al curso de agua que riega otras tierras río abajo, pudiéndose generar otros problemas no antes tomados en cuenta.

- **Aumento de la extracción de agua de las napas:** la napa corresponde al depósito de agua subterránea desde el cual las raíces de la plantas extraen agua para vivir. Esta tiene un nivel o profundidad, tal que si se hace un hoyo en el suelo, corresponde a la profundidad en la que el agua empieza a fluir y a acumularse en este. Esta profundidad de la napa

es el "nivel freático" o nivel de la napa, y puede cambiar: baja si pierde agua, y sube si se recarga de agua (lluvias).

Cuando se hace un pozo, lo que se busca es sacar agua de la napa, lo que tiene algunas consecuencias si este pozo se hace muy cerca del bofedal, como se puede ver en la figura a continuación:

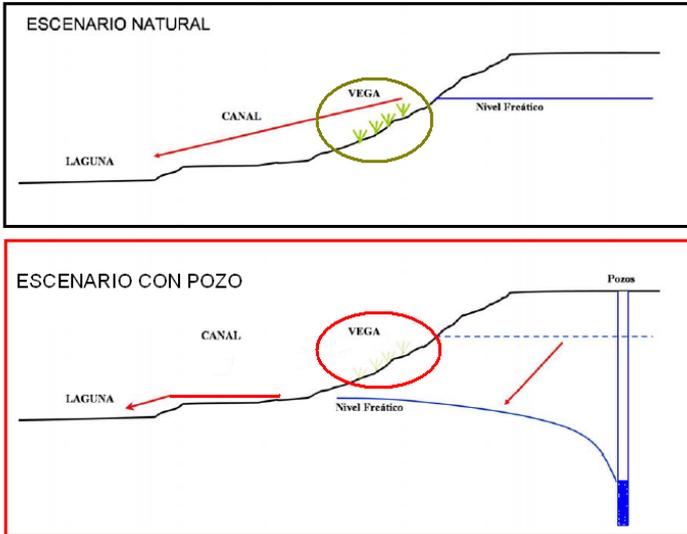


Figura N°8. Efecto de la construcción de un pozo en el nivel freático (Adaptado de SAG, 2006).

Cómo se puede observar en la figura N°2, en el escenario natural la Vega está verde ya que puede sacar agua de la napa, pero si se hace un pozo, cómo se ve en el escenario con pozo, el nivel de la napa baja y se hace más profundo, impidiendo que las plantas puedan extraer agua con sus raíces, lo que las puede llevar a la muerte.

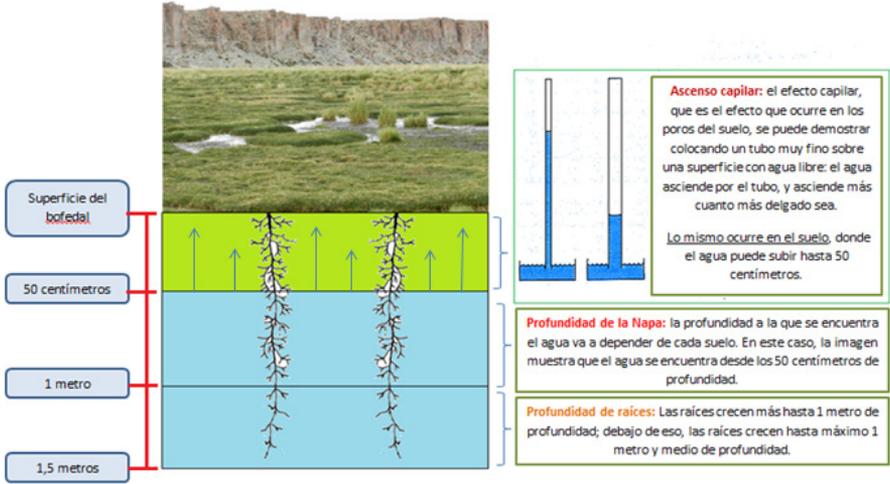
Para evitar esta situación, al hacer pozos, estos se deben excavar lejos de los bofedales, y cuidando de hacerlo a una profundidad que no genere un exceso de extracción de agua. Por supuesto, si se va a hacer más de un pozo, hay que evitar hacer pozos muy cercanos entre sí y cercanos al bofedal, evidentemente.n:

Importante

La profundidad a la que las plantas del bofedal extraen agua por sus raíces es máximo de 1 metro y medio, y la profundidad en la que hay más raíces es de 1 metro (SAG, 2006). Por otra parte, el agua puede subir por los poros del suelo, lo que se conoce como "ascenso capilar", y lo máximo que puede subir son 50 centímetros, es decir, medio metro (SAG, 2006). Por estas razones, si el nivel freático es más profundo que 1 metro de profundidad, pueden haber problemas con el riego del bofedal por las aguas subterráneas (Figura N°X)

Resulta importante medir a qué profundidad está el nivel freático antes de ver si el bofedal se seca, de manera de registrar en forma regular y por estación cual es la profundidad del nivel de la napa.

Figura N°9.
Profundidad de raíces en el bofedal, según nivel de la napa.



¿Cuáles son los sistemas de riego que podría usar en el bofedal?

Existen varias causas para explicar por qué los bofedales se secan, aparte de la falta de agua en canales o la extracción de agua de la napa. Estas causas son el mal riego y el abandono de riego.

- Contaminación del bofedal, en ocasiones contaminantes en el agua provenientes de la actividad minera, restos de basura como envases de alimentos, combustibles, pilas, bolsas, etc.

Cuando hay riego, y se hace mal, puede deberse a muchas razones, entre ellas (Olivares, 1988):

- Mala circulación del agua, común cuando el agua circula por la parte central o por los extremos, dejando muchas partes del bofedal sin regar;
- Salinización del bofedal por riego con agua que trae sales, las que se depositan en la plantas, pasan al suelo, y afectan el crecimiento de las plantas que no están acostumbradas a las sales (plantas acuáticas);

Por supuesto, y adicionalmente al riego, el mal pastoreo de animales por el exceso de estos en el bofedal, o por efecto de introducir animales con pezuñas que rompen los cojines y plantas del bofedal como los burros y ovejas, son otros tipos de malas prácticas que dañan al bofedal finalmente.

Respecto al abandono del riego, esto ocurre cuando en el pasado se hicieron canales y obras para conducir el agua que se dejaron de usar, secándose las zonas del bofedal que antes se regaban mediante canalización del agua.



Importante

A continuación se proponen formas de canalizar y distribuir el agua, así como los tipos de riego más utilizados en los bofedales.

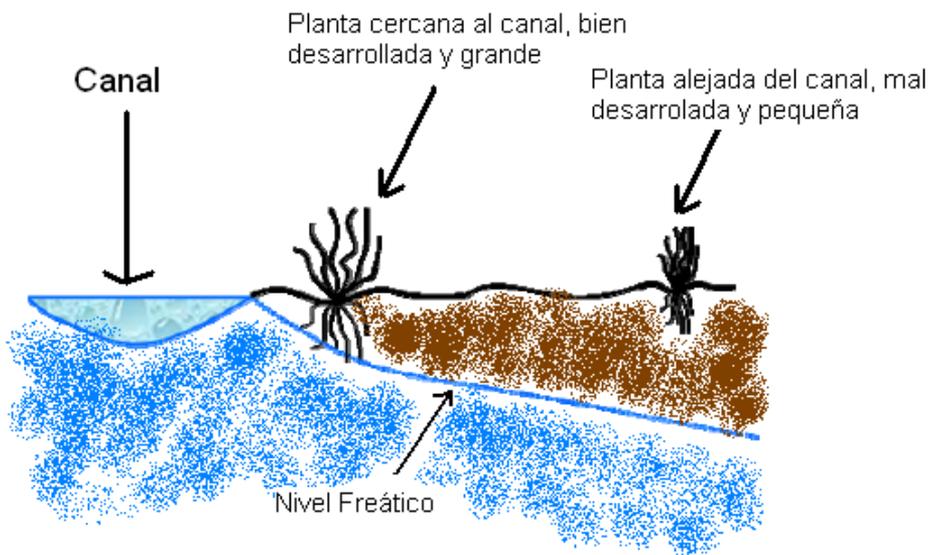
Las obras de riego necesitan mantenimiento permanente, de lo contrario dejan de cumplir su función, se echan a perder, y el bofedal se seca.

Riego por canales o surcos

El riego por canales se basa en transportar el agua de un curso de agua mayor, como por ejemplo un río, a zonas donde antes no había agua. **Este sistema se debería usar únicamente para transportar agua al sector que se quiere regar, ya que un canal por sí solo riega por infiltración lateral, es decir, el agua moja la tierra más próxima al canal, pero no llega muy lejos.**

En la siguiente figura (figura N°3), se puede apreciar un ejemplo donde se observa lo que ocurre debajo del suelo en la zona cercana a un canal, como un corte vertical del suelo:

Figura N°10. Corte vertical de un canal, y forma en que riega vegetación en sus costados.



Como se puede observar en la figura N°3, el canal solo alcanza a regar las plantas en su parte más cercana, quedando las plantas más lejanas menos regadas y por tanto menos desarrolladas, un bofedal más pequeño y falta de plantas nutritivas para los animales.

Por esta razón, el canal debe servir para transportar el agua de un lugar a otro, pero no únicamente para regar.

Una vez aclarado que el canal es efectivo para conducir el agua, hay que tener ciertas consideraciones para determinar dónde colocarlos, qué forma deben tener y la pendiente que deben tener para no dañar el terreno. Sabiendo que los canales son efectivos para conducir el agua, hay que tener ciertas consideraciones para determinar dónde colocarlos, qué forma deben tener y la pendiente que deben tener para no dañar el terreno.

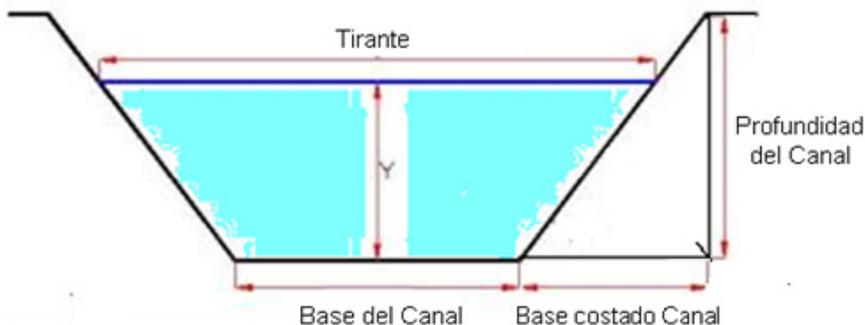
Un canal, mientras más liso es, permite que el agua fluya sin grandes alteraciones. **El beneficio de que el canal sea liso, lo que se logra**

recubriéndolo internamente con cemento o la madera, es evitar que el agua socave y desgaste las paredes del canal, erosionando y degradando el suelo que está en el fondo y lados de los canales.

Sin embargo, esta opción es muy costosa, y puede ser sustituida por otras formas en el diseño del canal, que permiten que el agua no socave rápidamente el suelo y este termine depositándose en el bofedal, las cuales son las siguientes:

- **Forma de la sección del canal:** la "sección del canal" corresponde a la forma que tienen el fondo y los lados del canal. Para hacerse una idea, se puede imaginar una compuerta que cierre el canal, como una puerta. La "sección", entonces, es la forma que tendría que tener esa "puerta" para cerrar el canal. En la siguiente figura se puede ver la forma más efectiva de la sección del canal para que el agua no degrade y socave el suelo del fondo y lados del canal:

Figura N°11
Corte vertical de un canal con forma Trapezoidal.



En la figura N°4 el canal se muestra en forma vertical. La forma del canal es **Trapezoidal**, donde los lados del canal tienen una inclinación, a la cual se le llama **talud**.

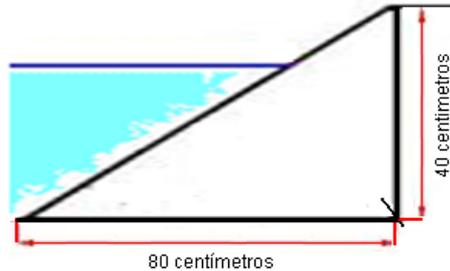
Lo importante del talud es que mientras más inclinado es, permite que el agua desgaste menos el canal y no

termine por socavar los lados de este. De esta forma, la base del costado del canal tiene que medir mínimo dos veces la profundidad del canal, lo que permitirá que las paredes de los lados del canal no se desarmen fácilmente y se enturbie el agua. De esta forma, la relación entre las medidas de los lados es la siguiente:

$$\text{Profundidad del Canal (metros)} = 2 \times \text{Base costado Canal (m)}$$

Figura N°12.
Ejemplo de medidas del Talud de un canal Trapezoidal.

Por ejemplo si la profundidad del canal es de 40 centímetros, la base del costado del canal tiene que medir 80 centímetros, como se observa en el ejemplo de la siguiente figura:



La forma Trapezoidal del canal no es la única forma que puede tener un canal, pero su gran ventaja es que permite que el agua fluya por una sección de canal pensada para que el canal requiera poca mantención, comparada con otros tipos de formas de canales.

Las dimensiones del canal, es decir, cuanto debe medir la base del canal, y los lados, dependerá de la cantidad de

agua que se quiera conducir, es decir, del Caudal.

Como vimos anteriormente, el cálculo del caudal de agua que conduce un canal es simple de realizar, y el primer paso que hay que realizar es medir la sección de canal. En el caso de canal Trapezoidal, y basándonos en la figura N°4, para medir la sección del canal se realiza el siguiente cálculo:

$$\text{Sección del Canal (metros}^2\text{)} = \left(\frac{\text{Tirante (metros)} + \text{Base del Canal (metros)}}{2} \right) \times Y \text{ (metros)}$$

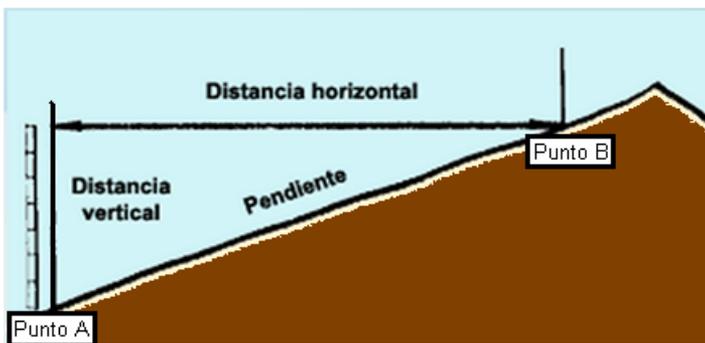
Lo anterior se puede explicar mediante ejemplo N°2, que se puede revisar en los anexos del manual.

La sección del canal corresponde a un área o superficie, razón por la que el resultado da en metros cuadrados, que se escribe como metros² o (m²). Una vez obtenido este dato, se pueden realizar los pasos 2, 3 y 4 del método explicado anteriormente para medir el Caudal de un canal.

Este ejemplo busca explicar que se puede calcular la cantidad de agua que corre por un canal, es decir el Caudal, lo que puede ser una muy buena herramienta para evaluar canales para conducir agua, y conocer con seguridad cuanta agua son capaces de llevar.

- **Pendiente del canal:** la pendiente del canal corresponde a la medida en que el canal baja o sube de altura a lo largo del terreno. Esta medida se puede medir en metros, en grados, pero es más útil medirlo en porcentaje, como detallaremos más adelante. En términos simples, el concepto de pendiente se explica a través de la siguiente figura:

Figura N°13
Forma de la pendiente
(Adaptado de FAO, 2013).



A modo de ejemplo, si un canal está en una llanura plana, su pendiente es cero; por otro lado, si un canal baja por un cerro o lomaje, su pendiente es mayor, pudiendo bajar, por ejemplo, 10 metros a lo largo de una ladera que mide horizontalmente 100 metros de largo, lo que corresponde a una pendiente de 10 %.

Para medir la **pendiente**, hay que conocer entonces la distancia horizontal, y si es posible la vertical, como se observa en la figura N°7, de forma de poder calcular este valor.

evitar que el agua fluya muy rápido por este.

Los canales para fines de riego de bofedales, usualmente son excavados en la tierra en el altiplano, y no son revestidos. Por esta razón, a mayor pendiente, el agua corre más rápido y en forma más torrenciosa, arrastrando y socavando el fondo y los lados de los canales, con lo que se deforman, y todo ese suelo arrastrado termina finalmente en los bofedales, enterrándolos.

Importante

En el ejemplo N°3, en los anexos al final de este manual, se observa el procedimiento para medir la pendiente de un canal.

La utilidad de efectuar estas mediciones, es determinar la pendiente ideal del canal para

La pendiente recomendada para un canal es de 0,2%, es decir, 20 centímetros de distancia vertical por cada 100 metros de distancia horizontal. Ya con un 1% de pendiente existe riesgo de desgaste en el canal.

Otro criterio para evaluar si un canal es capaz de degradar el suelo de su fondo y costados, es la velocidad a la que fluye el agua, la que idealmente no debería ser mayor a 2 metros por segundo.

La naturaleza de la vegetación en forma de cojines en los bofedales genera una protección al suelo, permitiendo muchas veces que existan canales donde el agua fluye muy rápidamente y a una pendiente mayor a 2%. Sin embargo, estas usualmente son situaciones que se han dado en forma natural, y por lo tanto no se puede esperar que ocurra lo mismo con un canal que se realice o haya realizado

en forma artificial para el riego, ya que esa operación significa destruir la superficie del suelo, y dejar a este último completamente desprotegido al paso del agua, más aún si no se respetan las medidas que se han propuesto en el presente manual.

Cuando la inclinación del terreno es muy alta, y no se puede hacer un canal con una pendiente menor del 1 %, existe la opción de hacer un canal por secciones, es decir, que un canal se haga con una pendiente de 0,2%, y hacer saltillos, para que el agua caiga en otro canal con una buena pendiente, como se observa en la siguiente figura:

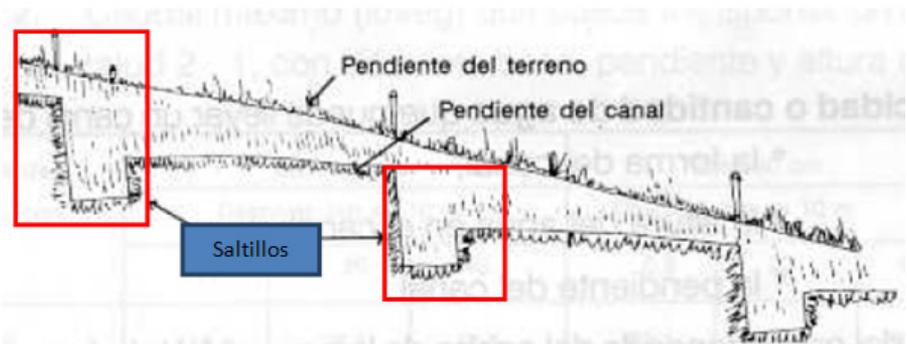


Figura N°14. Esquema de forma de saltillos en canales para conservar pendiente menor al 1 % (Adaptado de Varas y Sandoval, 1991)

Los saltillos pueden hacerse tanto para disminuir la pendiente como para reducir la velocidad del agua. En la práctica, la velocidad del agua es consecuencia de la pendiente del canal.

En la siguiente figura se ven algunas formas de construir los saltillos:

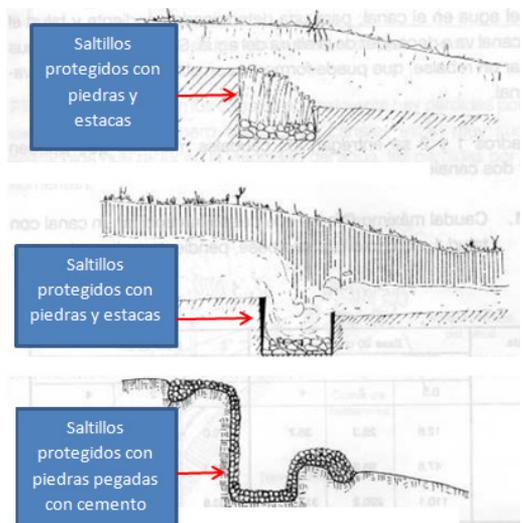


Figura N°15
Formas de los saltillos
(Adaptado de Varas y Sandoval, 1991)

¿Cómo se puede distribuir el agua en los canales?

La red de distribución del agua, es decir, la forma en que los canales son colocados en terreno, debe permitir regar todo el bofedal por igual para que el riego sea lo más uniforme posible, y no queden zonas secas.

Para este fin, hay que siempre tener en cuenta la forma del terreno. Por esta razón, es necesario conocer la **pendiente** del terreno donde se

encuentra el bofedal, y la forma de este.

Si el bofedal se encuentra en una hondonada, o en una quebrada, difícilmente el bofedal se va a regar completo y por igual si se hace un canal central únicamente. Por esta razón, se propone el siguiente diseño de la red de canales para el riego del bofedal (imagen N°1):



Como se observa en la Imagen N°1, el diseño se la red de canales, para el caso particular de un bofedal entre lomas o cerros, se basa en los dos canales que bordean el bofedal, o la parte de interés que se desee regar, y hacer salidas a estos canales que distribuyan el agua en varios puntos a lo largo de estos 2 canales.

Este diseño puede ser aplicado a bofedales en zonas más planas, ya que la idea base es la misma para todos los casos: colocar un canal en la parte más alta del terreno (para lo que hay que medir la pendiente antes), y dejar que el agua fluya desde este canal de cabecera hacia el bofedal a partir de canales secundarios, construyéndolos respetando las pendientes del terreno.

A partir de estos canales principales, que bordean al bofedal, el riego puede efectuarse en distintas formas: riego por surcos, riego por tendido, riego por bordes, riego por surcos en contorno y riego por regueras en contorno (Varas y Sandoval, 1991).

En el presente trabajo evaluaremos algunos de los sistemas de riego nombrados anteriormente. Desestimaremos el uso de surcos de riego, ya que no corresponde su utilización en el bofedal, debido a que implicaría hacer surcos cada 20 o 30 centímetros, práctica habitual en la agricultura, pero impracticable en el bofedal, dado que el bofedal se parece más a un sistema de pradera que a uno de cultivo tradicional, como son los que se observan en el valle de Yuta.

El riego por tendido es un sistema en que básicamente se deja correr libremente el agua desde los canales principales, inundando desordenadamente el bofedal. Este sistema tiene la gran desventaja de que no asegura que todo el bofedal se riegue, ya que con el paso del tiempo el agua tiende a generar canales pequeños en el bofedal. Esto último es lo que normalmente ocurre en los bofedales, pero la problemática de no controlar el flujo del agua es importante.

Otro sistema de riego corresponde al **riego por bordes**. Este sistema, en lugar de surcos, utiliza bordes. La forma de un sistema de riego por bordes se puede observar en la siguiente figura:

Riego por bordes, se basa en hacer especies de montículos largos para retener el agua, de no más de 20 centímetros de altura

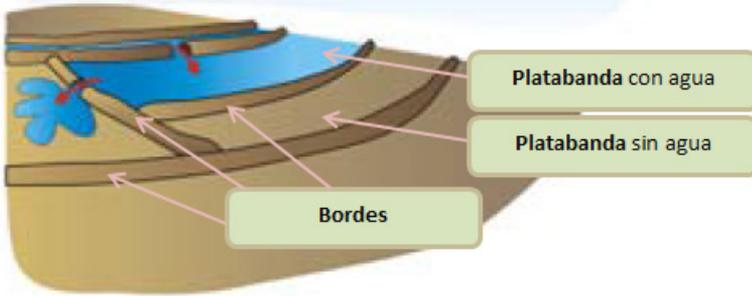


Figura N°17

Diagrama de funcionamiento un sistema de riego por bordes (Adaptado de Vergara et al, 2009).

Este sistema de riego se basa en mantener el agua sobre el suelo por un largo período, pero no retenerla, por lo que necesita que al agua tenga una salida, que puede ser un canal central. Para este fin, la pendiente del terreno tiene que ser muy baja, de máximo un 1,5 %.

El sistema se basa en separar el terreno en platabandas, las que se separan entre sí por bordes, que son murallas o contenciones bajas de tierra, de no más de 20 centímetros de altura. Las platabandas tienen que tener muy poco desnivel, y poca

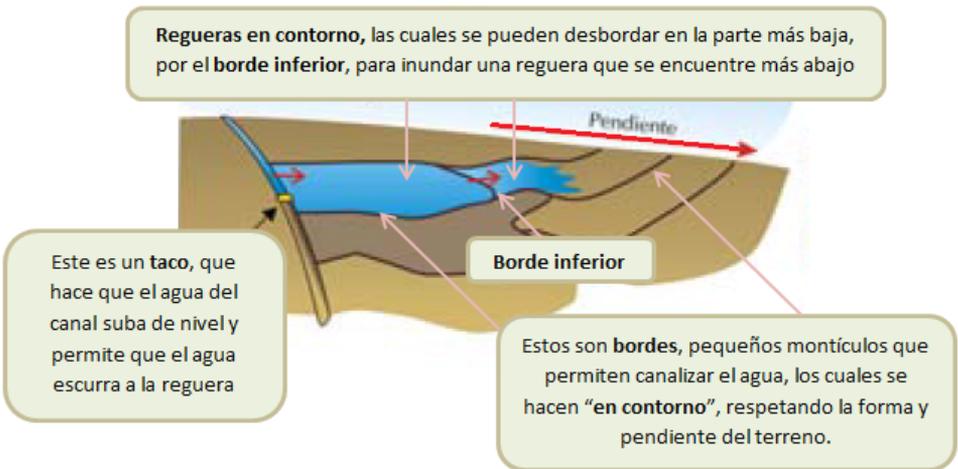
diferencia entre ellas, es decir, las platabandas vecinas tienen que tener máximo 10 centímetros de diferencia de altura entre ellas (Vergara et al, 2009).

La ventaja de este sistema es que permite que el agua permanezca más tiempo sobre el bofedal, y lo cubra más uniformemente, asegurando un riego más efectivo y eficiente. Las desventajas es que requiere de pendientes muy bajas para ser aplicado, y también necesita de grandes caudales para el riego (Vergara et al, 2009).

El **riego por surcos en contorno** corresponde a aquel en el que el agua se canaliza, desde los canales principales, por especies de surcos que siguen la forma del terreno, pero no en forma recta, sino que siguiendo la forma curva del paisaje, en este caso del bofedal. Este sistema es básicamente lo mismo que un sistema de riego por surcos, con la excepción de que los surcos en contorno no son rectos, sino que tienen la forma del terreno, con el único fin de respetar la pendiente natural del terreno, y gracias a eso el riego por surcos en contorno erosiona menos el suelo.

Otro sistema de riego, parecido al anterior por respetar la forma del terreno, es el que utiliza **regueras**, que se pueden construir respetando la forma del terreno. A este sistema se le puede denominar **riego por regueras en contorno** (Vergara et al, 2009), y su diseño se puede observar en la siguiente figura:

Figura N°18
Riego por regueras en contorno (Adaptado de Vergara et al, 2009)



Este sistema tiene la ventaja de poder ser aplicado en terrenos de alta pendiente (2 a 10 %), ya que los bordes de las regueras, como se observa en la figura N°14, se realizan respetando la forma del terreno y la pendiente de este. Estos bordes pueden ser permanentes o temporales; si son permanentes, se pueden reforzar los bordes inferiores

con piedras para permitir que se desborden y el agua pase a otra reguera. Por otra parte, a diferencia de los bordes, las regueras pueden ser más pequeñas, ya que al respetar la pendiente del terreno, no siempre pueden ser grandes (hacerlas más cortas, de máximo 10 metros en terrenos con pendientes mayores a 3%).

Importante

- Una vez vistas las distintas opciones de riego, la decisión de elegir un sistema u otro dependerá de las características del terreno (forma y pendiente), de la cantidad de agua con que se pueda contar (caudal), de la mano de obra y de las herramientas disponibles para establecer alguno de estos sistemas.

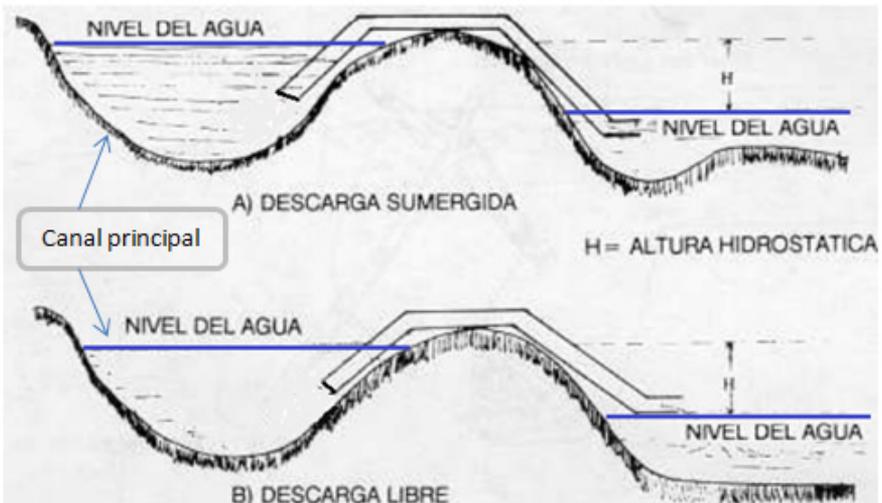
Las desventajas de este sistema es que requiere de mucha mano de obra para mantener los bordes, ya que si no se mantienen, estos se desgastan, se desarmen, y dejan de cumplir su función, convirtiéndose en un sistema de riego por tendido.

Las salidas de agua desde los canales principales, o canales secundarios (salidas secundarias de agua), tienen que ser realizados según el sistema de riego a implementar. De esta forma, existen diferentes formas de sacar el agua del canal principal, entre las que se recomienda el uso de sifones.

Los sifones son tubos que se curvan de diferentes formas y permiten sacar agua de los canales principales para aplicarla al suelo. Se pueden construir en diferentes materiales, siendo el más económico el PVC. Los diámetros más usados de tubos son 1,5" (pulgadas) y 2" (pulgadas) (Varas y Sandoval, 1991).

El caudal que entreguen los sifones depende del diámetro y de la altura del agua en el canal.

Figura N°19.
Formas de establecimiento de sifones
(Adaptado de Varas y Sandoval, 1991).



Importante

- La ventaja de usar sifones es no tener que romper el canal para sacar agua.
- Por otra parte, los sifones permiten regular el caudal que se extrae del canal, de manera que éste último no entregue más agua ni menos agua a los distintos sifones que salen de él.

Como se observa en la figura N°15, el sifón simplemente extrae agua del canal principal para descargarlo fuera de él. Lo importante es que, como se muestra en la figura N°15, exista una altura hidrostática, es decir, que la salida de agua del sifón se encuentre por debajo del nivel del agua del canal principal.

Los caudales que salgan de los sifones dependerán del diámetro de la tubería, como se observa en el siguiente cuadro (cuadro N°4):

Cuadro N°1.

Caudal mínimo y máximo (litros/segundo) que entregan los sifones según su diámetro (Adaptado de Varas y Sandoval, 1991).

Diámetro del sifón, pulgadas	Caudal (lt/s)	
	Mínimo	Máximo
1,0	0,4	0,8
2,0	1,7	2,7
2,5	2,7	4,3

Nota: Caudal mínimo con 10 cm de altura de agua en el canal.
Caudal máximo con 25 cm de altura de agua en el canal.

Para que el agua que se extrae del canal no erosione el suelo al correr por una pendiente muy empinada, se ha hecho una relación entre la pendiente y el caudal máximo que se puede aplicar

para que no erosione, denominado **Caudal no erosivo**. En el siguiente cuadro se hace una relación entre la pendiente, y los máximos caudales no erosivos.

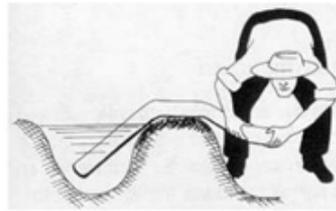
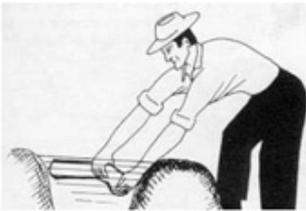
Cuadro N°2

Caudales máximos no erosivos según pendiente del terreno (Adaptado de Subiabre y Villavicencio, 2010).

Pendiente (%)	Caudal máximo no erosivo (litros/segundo)
0,25	2,5
0,5	1,25
0,75	0,83
1	0,63
1,5	0,41
2	0,23
3	0,21
5	0,12

La instalación de los sifones requiere de ciertos cuidados, como se puede observar en la siguiente figura:

A. Sumergir el sifón bajo el agua eliminando completamente el aire del sifón y tapar la salida con la mano.



B. Sacar el sifón sin que la entrada del sifón salga del agua.

C. Coloque la salida del sifón frente al surco, y destape el sifón bajo el nivel del agua del canal.

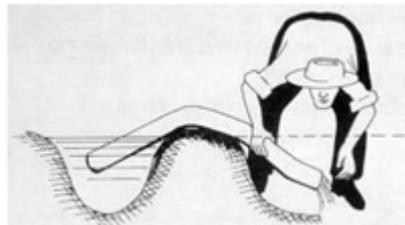


Figura N°20

Instalación de sifones (Varas y Sandoval, 1991).



Dentro de los problemas importantes que identifica la comunidad de Guallatire relacionado con el manejo de bofedales es la convivencia que existe entre especies salvajes y especies domésticas, como la vicuña, el puma y los rebaños de llamas y alpacas. Por una parte, los grupos de vicuñas se alimentan de zonas de bofedal que se encuentran en descanso por el uso de un sistema de pastoreo alternado o rotativo y la transmisión de enfermedades. Por otro lado, el puma se presenta como una amenaza para el rebaño por los ataques que se registran en distintas épocas del año.

Según lo mencionado anteriormente, se identifica una falta de trabajo en conjunto entre las instituciones que están encargadas del área productiva de la zona, INDAP y PRODESAL, y el área de la conservación CONAF.

Es por esto que se propone como solución que se evalúen estos problemas de manera conjunta entre las instituciones respectivas,

considerando como base del trabajo las experiencias de los ganaderos de la zona, además de hacerlos partícipes de las sesiones donde se tome decisiones.

Finalmente, para llevar a cabo la resolución de problemas se sugiere contar con un equipo interdisciplinario de profesionales capacitados para poder generar instancias de asociación entre las comunidades donde se considere su situación educacional, sus diferencias culturales, etarias y sus relaciones internas, de modo de facilitar el trabajo en conjunto.

En la zona de la XV Región de Arica y Parinacota, como en otras regiones país se repiten este tipo de situaciones en donde hay actividades que se contraponen, como lo son la conservación de la naturaleza y la biodiversidad, y el desarrollo agropecuario de la zona. Por lo que sería un beneficio importante para la región tomar la iniciativa a nivel nacional al intentar resolver este tipo de problemas.

Ahumana, M., Faúndez, L. 2009. Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales estacionales hídricos terrestres de la ecorregión altiplánica (SVAHT). Ministerio de Agricultura de Chile, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Santiago. 118 p.

Alzérreca, H., Prieto, G., Laura, J., Luna, D., Laguna, S. 2001. Características y distribución de los bofedales en el ámbito Boliviano. Informe de Consultoría. Asociación Integral de Ganaderos en Camélidos de los Andes Altos (AIGACAA), Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT), Gerencia del Proyecto de Biodiversidad. La Paz, Bolivia. 177p.

Bachmann, J., K. Contreras, K.H. Hartge, MacDonal , R. 2006. Comparison of soil strength data obtained in situ with penetrometer and with vane shear test. Institute of soil Science, Herrenhausser Str. 2, 30419 Hannover, Germany. Universidad Austral de Chile , Casilla 567, Valdivia, Chile.

Buttolph, L. 1998. Rangeland Dynamics and Pastoral Development in the High Andes: The Camelids Herders of Cosapa, Bolivia. Tesis para Doctor en Fisiología, Utah State University. Logan, Utah. 286 p.

Centro de Ecología Aplicada (CEA). 2007. Guía de humedales: conceptos y criterios para su evaluación ambiental. DEPROREN, SAG, Ministerio de Agricultura de Chile. Chile. 80 p.

FAO. 2013. Medición de diferencias de altura. Parte 1. En línea. Disponible en: ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6707s/x6707s05.htm. Revisado el: 11 de Junio de 2013.

FONDO INTERNACIONAL PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA (FIDA). 2009. Buenas prácticas en cartografías participativas. Editorial FIDA.

Fiorio, D. 1996. Manejo de Agua y Conservación de Bofedales. En: Seminario Talle Manejo Sostenible de Praderas Nativas Andinas. Programa de Autodesarrollo Campesino-Fase Consolidación, Foro Boliviano para el Medio Ambiente y Desarrollo (PAC-C, FOBOMADE). Potosí, Bolivia: 131-138.

Gaitán, J.J., C. López & Bran, D. 2009. Efectos del pastoreo sobre el suelo y la vegetación en la Estepa Patagónica. Cienc. suelo vol.27 no.2. INTA, EEA Bariloche, Área de Investigación de Recursos Naturales. C.C. 277 - S.C. de Bariloche (8400) Río Negro – Argentina.

Martín B.; Zerpa, G.; Sosa, O.; Denoia, J. 1998. Efecto del tránsito animal sobre las propiedades físicas del suelo y sobre la velocidad de infiltración. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. V. Carlos Paz – pp11-13.

Matteucci, S., Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Washington, Estados Unidos. 168 p.

Olivares, A. 1988. Experiencias de Investigaciones en Pradera Nativa en un Ecosistema Frágil. En: Primera Reunión Nacional en Praderas Nativas de Bolivia. Programa de Autodesarrollo Campesino, Corporación Desarrollo de Oruro (PAC, CORDEOR). Oruro, Bolivia: 265-291.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2006. Conceptos y criterios para la evaluación ambiental de humedales. En línea. Disponible en: <http://www.ecomabi.cl/biblioteca/category/32-guias-y-manuales?download=234:61>. Visto el: 10 de Junio de 2013.

Subiabre, H., Villavicencio, P. 2010. Riego pos surcos. Informativo N°18. INIA Ururi. Arica. 2 p.

Troncoso, R. 1982. Evaluación de la capacidad de carga animal del Parque Nacional Lauca. Corporación Nacional Forestal, Región Tarapacá. Informe de Consultoría. Arica, Chile. 147p

Varas B., Sandoval, H. 1991. Manual de riego. Publicaciones. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)Quilamapu N° 28. Chillán, Chile. 51 p.

Vergara, J., Fuster, G., León, A., León, P. 2009.Manual técnico de manejo del riego en condiciones de sequía. Comisión nacional de Riego (CNR) y Universidad de Chile, Departamento de ciencia ambientales y recursos naturales. Chile. 69 p.



Altura hidrostática: Diferencia de altura entre el agua del canal principal, y el agua del canal secundario (ver figura N°19).

Ascenso capilar: Movimiento de agua por los poros del suelo de abajo hacia arriba, contra la gravedad.

Bofedal: Ecosistema presente a más de 3500 metros sobre el nivel del mar, desarrollado en suelos volcánicos, y que tienen un aporte de agua, en la mayoría de los casos, permanente.

Bofedales Hidromórficos o Údicos: Bofedales que siempre tienen agua. Se encuentran en áreas con humedad permanente.

Bofedales Mésicos o Ústicos: Bofedales que tienen agua solo temporalmente, por lo que durante un período del año están secos. Se encuentran rodeando generalmente a los bofedales hidromórficos.

Bordes: Montículos de tierra en forma de pequeñas murallas, no más altas de 20 centímetros de altura, utilizados en algunos tipos de riego.

Canales principales: Canales por donde únicamente se conduce el agua hasta el sector donde se desea regar.

Canales secundarios: Canales a partir de los cuales se distribuye el agua desde los canales principales para el riego.

Caudal: Medida de la cantidad de agua que lleva un curso de agua, y se expresa como un volumen de agua que pasa por un lugar por una unidad de tiempo (segundos, minutos, horas, etc).

Caudal máximo no erosivo: Caudal máximo que puede llevar un curso de agua en un canal sin revestimiento (canal de tierra) para que este no se erosione y se socave.

Canal trapezoidal: Canal con forma de una figura geométrica llamada trapecioide (ver figura N°11).

Drenaje de agua: Evacuación de agua de un suelo, que puede ser natural o artificial (drenes, muy semejantes a canales, que pueden ser superficiales o subterráneos).

Gramíneas: Tipos de plantas pertenecientes a la familia botánica de las Poaceas.

Infiltración lateral: Movimiento de agua por los poros del suelo en forma horizontal.

Leguminosas: Tipos de plantas pertenecientes a la familia botánica de las Fabaceas.

Materia orgánica: Restos de vegetación (raíces, hojas, tallos) que quedan en el suelo, que al descomponerse o ser reducida por microorganismos o lombrices, se transforman en parte del suelo (no se distingue de la "tierra").

Método del intercepto punto: Tipo de muestreo de plantas que es usado en la determinación de la estructura y composición de las especies vegetales de un sector definido, cuyo fundamento se basa en el registro de presencia-

ausencia de plantas sobre un punto en el suelo. Estos puntos son dispuestos regularmente (a distancias definidas) sobre una línea en el terreno.

Napa de agua: Depósito de agua subterránea.

Nivel: Referido al instrumento para medir la pendiente (ver figura N°23, en Anexos).

Nivel freático: Profundidad en el suelo a la que se encuentra el depósito de agua subterránea (napa de agua). Este nivel puede subir hasta la superficie y formar pozas, lagunas y hasta lagos.

Pendiente: Inclinação del terreno a lo largo de una distancia horizontal (ver figura N°13).

Plantas halófitas: Especies que crecen en áreas afectadas por sales.

Plantas herborizadas: Plantas recolectadas y guardadas entre hojas para aplastarlas, conservarlas y reconocerlas posteriormente.

Plantas hidromórficas: Plantas que se desarrollan en medios muy húmedos o inundados.

Platabandas: Superficies inundables, con una salida de agua, limitados por bordes (ver figura N°17).

Regueras: Superficies inundables, con una salida de agua o borde inferior, limitados por bordes, diferenciados de las platabandas en que son más pequeñas y en mayor pendiente (ver figura N°18).

Sales: Minerales del suelo, que cuando se disuelven en el agua (sales solubles), disminuyen la acidez del suelo y los hacen más salinos, lo que afecta a las especies en los bofedales que no toleran exceso de sales solubles.

Saltillos en los canales: Estructuras que se hacen en los cursos de agua, generalmente excavaciones, que se encuentran entre las partes de un canal en un terreno con mucha pendiente (ver figura N°15).

Sección del canal: Forma que tienen el fondo y los lados del canal. Se puede imaginar una compuerta que cierre un canal, como una puerta. La "sección", entonces, es la forma que tendría que tener esa "puerta" para cerrar el canal.

Sifones: Tubos a partir de los cuales se distribuye el agua en forma controlada desde los canales principales (ver figura N°19)

Talud: Relación entre las medidas de la profundidad del canal y la base del costado del canal (ver figura N°12).

Transecta: Línea que se dibuja en terreno mediante una huincha o estacas dispuestas a distancias iguales, de preferencia (ver método del intercepto punto).

Vega: Zonas donde la napa freática (profundidad del agua subterránea) está muy cerca de la superficie del suelo, y en ocasiones por sobre esta, generando lagunas, donde la acumulación de plantas muertas (materia orgánica) es media o baja, a diferencia de los Bofedales, que tienen una alta acumulación de materia orgánica.

Actividad N°1
Determinación de Bofedal salino o no salino

Materiales:

- **Lápiz**
- **Papel**
- **Calculadora**

Instrucciones:

1. Diríjase al bofedal, a la zona en donde pastorean los animales.
2. escoja un punto de inicio para poder caminar en línea recta
3. Mire a la distancia y escoja un punto de término en donde debe finalizar su caminata.
4. Cuente los pasos que da al caminar por el bofedal que no tiene sales en la superficie y anótelos.
5. Cuente los pasos que da cuando camina por zonas en donde hay sales y anótelos.
6. Al finalizar su caminata tendrá una cantidad de pasos que se dio en zonas sin sales y pasos en zonas con sales
7. Sume todos los pasos, es decir: PASOS SIN SAL + PASOS CON SAL = PASOS TOTALES.
8. Luego

¿Bofedal salino o no salino?	
Número de pasos sin= 230	
Número de pasos con sales= 52	
Nro de pasos con sal Nro de pasos sin sales = PASOS TOTALES	
$52 : 230 = 0,2206$	
$0,2206 \times 100 = 22,06\%$	
22,06% es mayor a 5%, por lo tanto el bofedal es salino	

$$\text{Porcentaje de cubrimiento de sales} = \frac{\text{PASOS CON SAL}}{\text{PASOS TOTALES}} \times 100$$

- Si el porcentaje de cubrimiento de sales es mayor a un 5% el bofedal es salino.
- Si el porcentaje de cubrimiento de sales es menor a un 5% el bofedal es no salino.

Actividad N°2

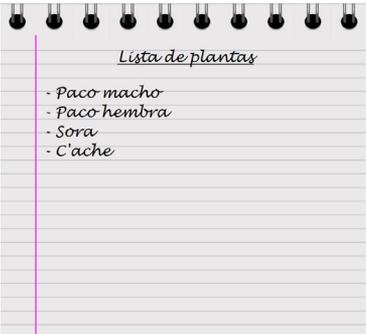
Composición florística del bofedal

Materiales

- Lápiz
- Papel o cuaderno
- Cuerda de 4 m
- Calculadora

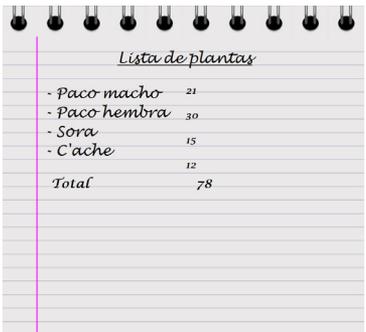
Instrucciones

1. Ubicarse en un punto inicio en el bofedal donde pastorean los animales. Fijar a la distancia un punto final o de llegada y trazar una línea recta imaginaria
2. Usando la cuerda se debe construir un cuadrado de 1m x 1m. Por esta razón el largo debe ser de 4 m.
3. Una vez que se tiene el cuadrado formado se debe observar dentro del cuadrado el tipo de plantas que hay presente. Con el lápiz y el papel se debe anotar las plantas que se observan.
4. Una vez que se tiene el listado de especies se debe contar cuantas plantas de cada una que se anoto se observan dentro del cuadrado, así se tendrá una cantidad específica por cada planta y además se debe anotar el total de todas las que se encontró.
5. continuación se debe hacer un cálculo usando la calculadora que se explica en la siguiente imagen.



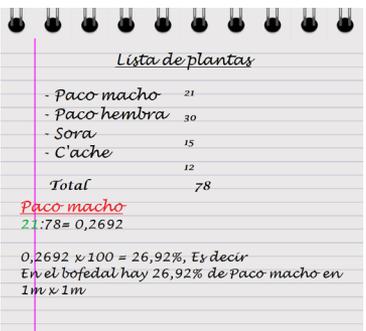
Lista de plantas

- Paco macho	
- Paco hembra	
- Sora	
- C'ache	



Lista de plantas

- Paco macho	21
- Paco hembra	30
- Sora	15
- C'ache	12
Total	78



Lista de plantas

- Paco macho	21
- Paco hembra	30
- Sora	15
- C'ache	12
Total	78

Paco macho
 $21:78 = 0,2692$

$0,2692 \times 100 = 26,92\%$, Es decir
En el bofedal hay 26,92% de Paco macho en
1m x 1m

De esta manera es posible saber cuanta cantidad de cada planta hay en el bofedal, en porcentaje, lo cual ayuda a calificar la condición del bofedal considerando lo que se ha mencionado.

Actividad N°3:
Determinación del caudal de canales y/o ríos

Materiales:

- **Lápiz**
- **Papel**
- **Calculadora (si es posible)**
- **Hincha de medir**
- **Dos varas que se puedan enterrar en el río, de manera que sobresalgan de la superficie y se puedan ver fácilmente.**

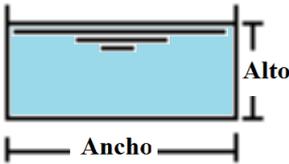


Figura N°21. Sección de canal rectangular (con forma de rectángulo)

Instrucciones:

Medir ancho y profundidad del curso de agua en metros (en un punto fijo del canal o río, para que una próxima medición se puedan comparar valores), que corresponde a la sección del canal (cómo se explicará más adelante), y multiplicarlos, con lo que obtenemos el valor del área (o sección) por donde pasa el agua. El valor no es exacto, ya que la forma de un canal o río es muy variable, pero permite sacar un valor que sólo es de utilidad para hacer la comparación de caudales entre distintos momentos del año, y no para fines de medir con exactitud caudales.

$$\text{Sección canal} = \text{Alto (metros)} \times \text{Ancho (metros)}$$

1. Poner dos varillas en el río separadas por 10 metros entre sí. Tirar un pedazo de rama al agua que flote y medir el tiempo (en segundos) que se demora la rama de ir de una varilla a la otra, por efecto de la corriente del río. Luego, calcular la velocidad de la rama, y por tanto del agua en el río, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Velocidad} = \frac{10 \text{ (metros)}}{\text{Tiempo es que rama se demora entre varillas (segundos)}}$$

Dividir el resultado de la "Sección del canal" por la "velocidad del agua", dando un resultado en metros cúbicos de agua por segundo (m³/segundo), lo que corresponde al Caudal. El cálculo se puede ver a continuación:

$$\text{Caudal (m}^3\text{/segundo)} = \frac{\text{Sección canal} \times \text{Velocidad agual}}$$

Para obtener el resultado en Litros por segundo (medida del caudal), se tiene que multiplicar el resultado de Caudal (m³/segundo) por 1000, para que el Caudal quede en (litros/segundo), como se ve en la siguiente fórmula:

Se debe considerar un tramo recto del canal o río, para hacer las mediciones. Las mediciones de caudal deben compararse entre períodos del año iguales, por ejemplo caudales medidos en verano (Enero) y caudales medidos en invierno (Julio).

$$\text{Caudal (litros/segundo)} = \text{Caudal (m}^3\text{/segundo)} \times 1000$$

Ejemplo N°1

En un bofedal al Sur del poblado de Ancuta, ubicado dentro de la Reserva Nacional Las Vicuñas, Región de Arica y Parinacota, el cual no presentaba un curso de agua, ni aposamientos en la superficie. En estas condiciones se realizó un muestreo de especies vegetales utilizando la técnica del intercepto punto, para poder clasificar este bofedal.

El método del intercepto punto es una manera de contar plantas en un sector, en este caso en los bofedales a evaluar, registrando la presencia o ausencia de plantas sobre un punto en el suelo (Matteucci y Colma, 1982). Estos puntos son colocados a distancias fijas sobre una transecta, que es una línea recta sobre la superficie del suelo marcada por una huincha de medir.

En el estudio realizado en terreno, se realizó una transecta de 50 metros de largo, la cual atravesó el bofedal de Ancuta en dirección Este-Oeste, con el fin de realizar un registro de las plantas existentes cada 1 metro (guiándose por la huincha de medir), donde se registró la especie vegetal en cada punto. En total, se hicieron 51 puntos de muestreo, y el registro de las especies determinadas es el siguiente:

Cuadro N°3. Registro especies vegetales observadas en transecto realizado en bofedal cercano al poblado de Ancuta, ubicado dentro de la Reserva Nacional, Región de Arica y Parinacota.

Distancia del transecto	N° Punto	Planta observada	Distancia del transecto	N° Punto	Planta observada
0	1	Indeterminado 1*	26	27	Deyeuxia sp.
1	2	Deyeuxia sp.	27	28	Deyeuxia sp.
2	3	Deyeuxia sp.	28	29	Indeterminado 2*
3	4	Deyeuxia sp.	29	30	Sin vegetación
4	5	Indeterminado 2*	30	31	Indeterminado 2*
5	6	Deyeuxia sp.	31	32	Indeterminado 2*
6	7	Lyllium humilla	32	33	Deyeuxia sp.
7	8	Deyeuxia sp.	33	34	Deyeuxia sp.
8	9	Indeterminado 2*	34	35	Deyeuxia sp.
9	10	Deyeuxia sp.	35	36	Deyeuxia sp.
10	11	Indeterminado 2*	36	37	Indeterminado 2*
11	12	Deyeuxia sp.	37	38	Deyeuxia sp.
12	13	Indeterminado 2*	38	39	Indeterminado 2*
13	14	Indeterminado 2*	39	40	Deyeuxia sp.
14	15	Indeterminado 2*	40	41	Indeterminado 2*
15	16	Deyeuxia sp.	41	42	Indeterminado 2*
16	17	Deyeuxia sp.	42	43	Indeterminado 2*
17	18	Indeterminado 2*	43	44	Deyeuxia sp.
18	19	Werneria pygmaea	44	45	Inundado
19	20	Werneria pygmaea	45	46	Lobelia oligophylla
20	21	Deyeuxia sp.	46	47	Indeterminado 2*
21	22	Indeterminado 2*	47	48	Deyeuxia sp.
22	23	Sin vegetación	48	49	Deyeuxia sp.
23	24	Indeterminado 2*	49	50	Indeterminado 2*
24	25	Indeterminado 2*	50	51	Indeterminado 2*
25	26	Indeterminado 2*			

Cuadro N°4. Porcentaje de cobertura de las especies recolectadas en el transecto realizado en el bofedal cercano al poblado de Ancuta, ubicado dentro de la Reserva Nacional Las Vicuñas, Región de Arica y Parinacota.

Especie/observación	Número de observaciones	Porcentaje del total
Deyeuxia sp.	21	41,18
Werneria pymaea	2	3,92
Lylium humile	1	1,96
Lobelia oligophyla	1	1,96
Especie Indeterminada 1*	1	1,96
Especie Indeterminada 2*	22	43,14
Sin vegetación	2	3,92
Inundado	1	1,96

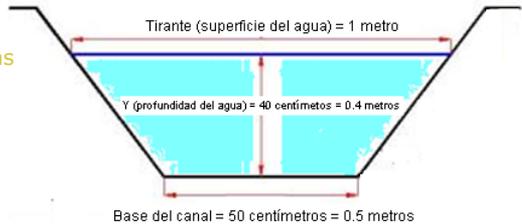
De las especies observadas, las que más se repitieron en más de la mitad de los puntos, son una especie que es similar al Pasto vicuñero o C’ache (Deyeuxia breviaristata), y la otra corresponde a una especie indeterminada, muy parecida a la Pupusa de agua, cuyo nombre científico es Werneria pygmaea.

A partir de esta información, se puede decir se trata de un bofedal de agua no permanente (bofedal Mésico), ya que abunda la especie Werneria pygmaea.

El bofedal estudiado es muy verde y sano durante verano, pero que en invierno cambia su verdor por una tonalidad más café (en base a observaciones hechas en terreno en la época de invierno), por lo que se deduce que no existe un suministro de agua permanente que riegue todo el año al bofedal, por lo que se trata de un bofedal de plantas con agua no permanente (Bofedal Mésico).

Ejemplo N°2

Figura N°22. Ejemplo de medidas de Canal Trapezoidal.



El cálculo sería el siguiente:

$$\text{Sección del Canal (metros}^2\text{)} = \left(\frac{1 \text{ metro} + 0.5 \text{ metros}}{2} \right) \times 0.4 \text{ metros}$$

$$\text{Sección del canal} = 0.75 \text{ metros} \times 0.4 \text{ metros}$$

$$\text{Sección de canal} = 0,3 \text{ (metros}^2\text{)}$$

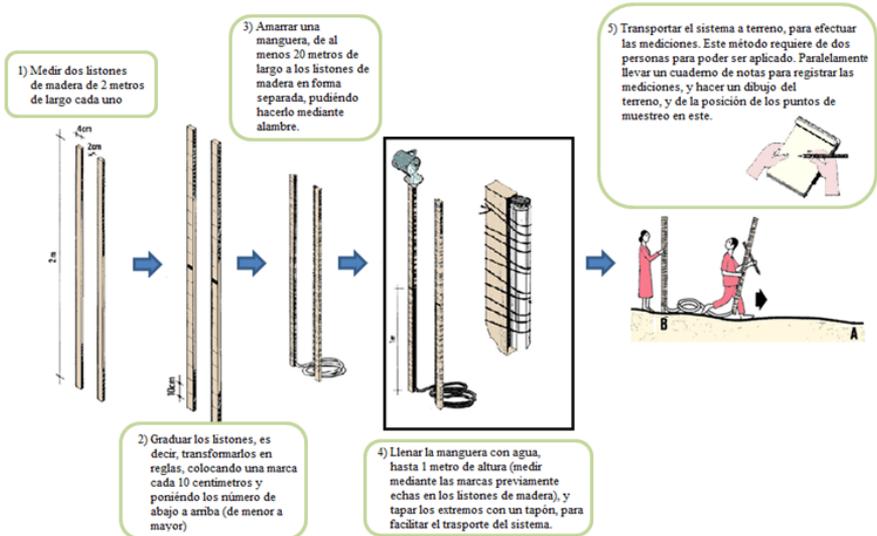
Ejemplo N°3

Para medir la pendiente se propone el siguiente método, que requiere de dos personas, una huincha de mínimo 10 metros de largo, dos reglas, y una manguera transparente de al menos 20 metros de largo:

1. Con todos los materiales señalados anteriormente, ir al sector donde se desea medir la pendiente del canal. Se puede repetir esta medición en varias partes a lo largo del canal, de manera de ver cuál es la pendiente bajo distintas condiciones del relieve o forma del paisaje.
2. Medir 10 metros en la distancia horizontal cuidando de que la huincha esté horizontal. Para asegurar que la huincha está completamente horizontal, usar la manguera transparente previamente llenada de agua.

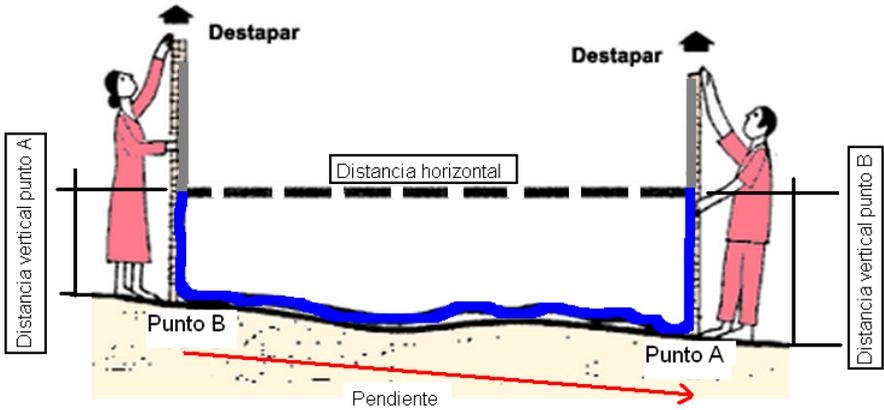
Esta manguera puede ir pegada, con alambre bien asegurado por ejemplo, a dos listones de madera, separados entre sí, de preferencia de 2 metros de largo cada uno, de forma que la manguera pueda moverse libremente, de un largo de al menos 20 metros entre los listones. Luego, llenar la manguera de agua, y sellar los orificios de los dos extremos, para poder transportar la manguera sin que caiga el agua. En la siguiente figura se ve el procedimiento para construir el nivel con la manguera con agua:

Figura N°23. Procedimiento para construcción de nivel con manguera con agua (Adaptado de FAO, 2013).



En la manguera, al llenarse de agua, presentará el mismo nivel de agua en sus dos extremos, como se observa en la siguiente figura:

Figura N°24. Esquema uso de manguera con agua para nivelar (Adaptado de FAO, 2013).



Como se observa en la figura N°9, el agua en la manguera, al usarse esta técnica en terreno, se comporta de tal forma que si uno mide el nivel del agua del Punto A al Punto B, esa distancia es horizontal, independiente de la forma del paisaje.

De esta forma, hay que colocar la manguera con agua, estando destapada en los dos extremos, y medir 10 metros entre los puntos A y B, como se observa en el ejemplo de la figura N°8.

- c. Medir la altura del agua desde el suelo, o distancia vertical, en el punto A y en el punto B, como aparece en la figura N°9. Luego, restar la medición de altura (en centímetros o metros) del

punto B (que representa el punto que se encuentra más arriba en la pendiente) a la medición del punto A, como se observa en la siguiente fórmula:

$$\text{Distancia vertical (metros)} = \text{Distancia vertical punto A (metros)} - \text{Distancia vertical punto B (metros)}$$

- d. Una vez determinada la distancia vertical, y sabiendo que la distancia horizontal es igual a 10 metros, se realiza el siguiente cálculo para determinar la pendiente del terreno, en porcentaje (%):

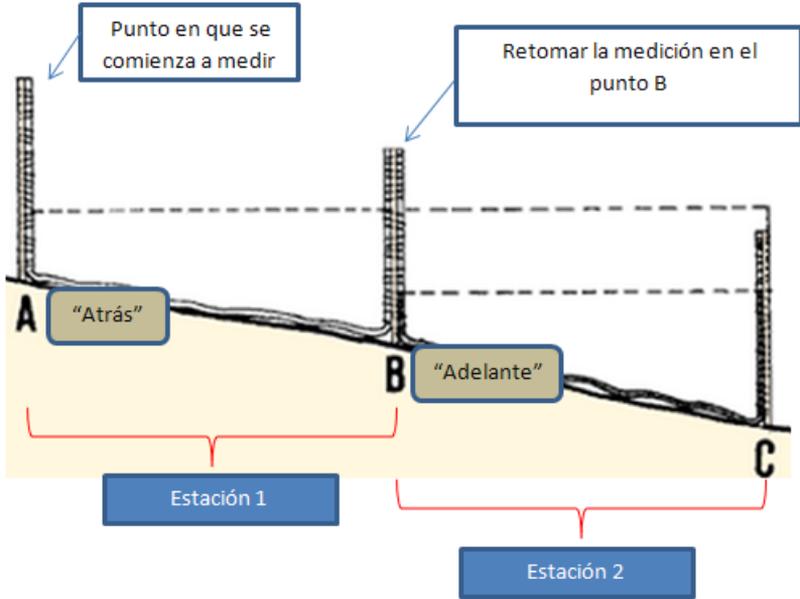
$$\text{Pendiente (\%)} = \left(\frac{\text{Distancia vertical (metros)}}{\text{Distancia horizontal (metros)}} \right) \times 100$$

Cuadro N°5. Cuadro de anotaciones para mediciones en terreno, con datos de ejemplo.

- e. Anotar las mediciones realizadas en una libreta de anotaciones para que se logren hacer los cálculos precisos para medir diferencias de nivel. El cuadro de anotaciones es el siguiente

Estación	Atrás	Adelante	Diferencia de nivel
1	100 cm	96 cm	100-96= 4 cm
2	100 cm	89 cm	100-89= 11 cm
3	100 cm	92 cm	100-92= 8 cm
Total			23 cm

La estación corresponde a la medición realizada, como se observa en la siguiente figura:



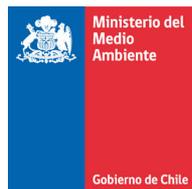
- f. Seguir avanzando a lo largo de la línea recta repitiendo las operaciones anteriores. Cuando se termina la medición de un sector, el observador de atrás ocupa el lugar que el observador de adelante tiene que marcar mediante una estaca.

Figura N°25. Estación de muestreo en terreno (Adaptado de FAO, 2013).

Preguntas e inquietudes

Esta sección del manual está dedicada para que cada productor pueda anotar las preguntas que puedan tener respecto al manual y también en casos reales que se presenten durante el año. La idea es que cada uno anote lo que estime importante de consultar para que cuando se realice las futuras visitas del proyecto Alto Andino podamos discutirlos en grupo y poder buscar las mejores soluciones en conjunto.

Es importante que puedan usar esta sección ya que son los productores los que poseen mayor experiencia en este rubro por lo que esta es una instancia de aprendizaje mutua.



www.fpa.mma.gob.cl