



REPUBLICA DE CHILE
GOBIERNO REGIONAL DE AYSÉN



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INIA - TAMEL AIKE



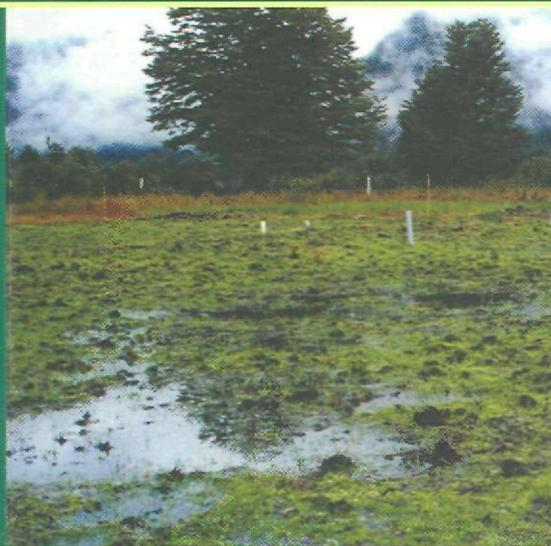
GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN DE OBRAS HIDRAULICAS

Boletín N° 118

ISSN 0717-4820

DRENAJE Y MANEJO AGRONÓMICO DE PRADERAS EN MALLINES DE LA ZONA HÚMEDA (REGIÓN DE AYSÉN)

CARDENIO CONTRERAS M.



Ministerio de Agricultura
Instituto de Investigaciones Agropecuarias
Centro Regional de Investigación INIA Tamel Aike
Coyhaique, Chile, 2004



REPUBLICA DE CHILE
GOBIERNO REGIONAL DE AYSÉN



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INIA - TAMEL AIKE



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN DE OBRAS HIDRAULICAS

Boletín INIA N° 118

ISSN 0717-4820

DRENAJE Y MANEJO AGRONÓMICO DE PRADERAS EN MALLINES DE LA ZONA HÚMEDA (REGIÓN DE AYSÉN)

Cardenio Contreras M.

Indice

Introducción	5
Capitulo 1	9
Antecedentes generales sobre suelos con problemas de drenaje en la Región de Aysén.	
Capitulo 2	17
Técnicas de drenaje aplicables en la Región de Aysén	
Capitulo 3	27
Corrección y manejo de la fertilidad en suelo con obras de drenaje	
Capitulo 4	35
Establecimiento de praderas en suelos con limitaciones de drenaje	
Capitulo 5	51
Manejo Invernal de la pradera y el rebaño	
Capitulo 6	59
Pérdidas de nutrientes en suelos drenados	
Capitulo 7	67
Conclusiones	
Literatura citada	71

Introducción

El drenaje de los suelos en climas húmedos es una de las medidas de mejoramiento físico más antiguas. Existe gran cantidad de información disponible sobre esta técnica de habilitación. Esta práctica altera considerablemente el medio ambiente y modifica las propiedades físicas, biológicas, químicas, la economía y movimiento del agua en el suelo, además de modificar la flora y fauna.

Al coparse la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, se genera saturación, apozamiento y escurrimiento superficial. En estas condiciones, el agua ocupa casi todo el espacio poroso del suelo, lo que produce una asfixia y reducción del sistema radicular de las plantas. Por esto, es necesario que se adopten una serie de medidas para que la pradera pueda expresar su potencial y los animales puedan aprovechar el forraje producido.

En un suelo mal drenado, que ha permanecido anegado por muchos años se han desarrollado características físicas, químicas y biológicas que dificultan su incorporación a un sistema de producción. Estas características se resumen en:

Características físicas: destaca el microrelieve del suelo muy disparejo debido al tránsito de animales y maquinarias, que además, provoca compactación de los horizontes. Por el exceso de agua, son suelos más fríos, y dependiendo del lugar, tienen abundantes troncos. Es característica la presencia de palizada muerta tanto en superficie como en profundidad (Cruces *et al*, 1999).

Características químicas: Se trata de suelos fuertemente ácidos, normalmente con pH de 5,0 a 5,5 y pobres en nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre, magnesio y boro. Esta baja fertilidad, unida al exceso de agua, produce un desplazamiento de las especies forrajeras de mayor valor, dejando una composición botánica pobre y de escaso valor forrajero.

Características biológicas: estos suelos se caracterizan por sus bajos niveles de microorganismos, (por ejemplo bacterias nitrificantes) y lombrices. Esto conduce a fuertes acumulaciones de materia orgánica en las capas más superficiales de la pradera.

La composición botánica de estos sectores es muy pobre. Algunas plantas que pueden desarrollarse en suelos sin oxígeno, soportan mejor las condiciones de anegamiento, por lo que se establecen y colonizan el terreno. En la parte central de un mallín se puede encontrar ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uviferum*) asociado a pomponales (*Sphagnum fuscum* y *S. magellanicum* (musgo)) acompañada de subarbustos como chaura (*Gaultheria pumila*) y murtilla (*Empetrum rubrum*). En la medida que el bosque se ha ido explotando con sucesivas quemadas y roces, se ha producido un reemplazo de éste por juncos y junquillos (*juncáceas*) y cortaderas (*ciperáceas*) y renovales de escaso valor económico (Cruces *et al*, 1999).

No es posible el establecimiento de una pradera de alta producción en suelos que tienen las limitaciones mencionadas anteriormente sin solucionar previamente los problemas de drenaje. Sembrar o regenerar con éxito en esas condiciones es imposible y la pradera establecida revierte hasta lograr un equilibrio con la oferta del suelo. En estos suelos la composición botánica predominante es chéptica (*Agrostis spp.*), pasto miel (*Holcus lanatus*) y malezas de hoja ancha..

Junto a las labores de drenaje para el establecimiento de una pradera permanente se debe emparejar el terreno, mejorar la fertilidad del suelo y neutralizar la toxicidad del aluminio.

En la Región de Aysén, la producción agropecuaria es un componente importante en su economía. La evaluación e introducción de alternativas tecnológicas destinadas a mejorar los índices de eficiencia productiva, son indispensables para mantener su competitividad. Esta situación se cumple en los suelos con problemas de drenaje, entre los que destacan los mallines de la Zona Húmeda que abarcan una superficie considerable de la región, y presentan en la actualidad una muy baja producción, la que varía entre 140 a 1.600 kg MS/ha (Cruces *et al*, 1999)

Esta publicación, se divide en tres partes: la primera presenta una descripción y cuantificación de los problemas de drenaje en la XI Región y una caracterización de los mallines; la segunda parte da cuenta de las técnicas de drenaje aplicables en la región de Aysén; y finalmente en la tercera parte se presentan las normas técnicas para el manejo de suelos con obras de drenaje, en los que se incluyen temas tales como: alternativas de praderas, manejo de la fertilidad y pastoreo.

Capítulo 1

Antecedentes generales sobre suelos
con problemas de drenaje en la
Región de Aysén

Antecedentes generales sobre suelos con problemas de drenaje en la Región de Aysén

Drenaje

El término drenaje tiene dos acepciones, por un lado, es el movimiento del agua en dirección al agua freática y por otro es la acción de bajar artificialmente la cota del nivel de dicha agua freática, para mejorar las condiciones para el desarrollo vegetal. El objetivo de las medidas de drenaje consiste en incrementar el espacio de aire en el suelo.

El drenaje tiene por objeto facilitar la salida del agua, acortando los caminos hacia los cursos libres mediante canales o tuberías con poca resistencia al flujo. El drenaje es necesario planificarlo en términos hidrológicos para áreas grandes o hasta el límite de una cuenca. Esta es una de las razones de por qué los proyectos de prácticas de drenaje se realizan con asociaciones de usuarios (Eggelsmann, 1985, citado por Ellies, 2001).

La eliminación del agua puede ser de una napa freática permanente cercana a la superficie, que se observa en vegas, terrazas de río y mallines o una napa colgante como la que se observa en los ñadis. Todas estas medidas tienen por objetivo incrementar el aire en el suelo. En suelos más densos es más difícil eliminar el exceso de agua, y es necesario modificar previamente la estructura. Un cambio en la estructura altera el movimiento del agua en el suelo, debido a la interrelación entre el contenido de agua, secado y densidad aparente (Kuntze, 1965, citado por Ellies, 2001). La generación de la estructura se logra con la aradura profunda y la subsolación. El uso de drenes topos representa una situación intermedia entre cambios estructurales y la eliminación de agua con drenaje.

El secado del suelo siempre está acompañado con una contracción o incremento en la densidad aparente. Esto se acentúa en los suelos sin registros de secados previos. Un aumento relativamente mayor en la densidad aparente se ve en los suelos más orgánicos (ñadis), turbosos (mallines) o minerales formado con sedimentos muy frescos y arcillosos. Los meniscos de agua que se forman durante el secado cambian la distribución de las tensiones, que son causantes de la contracción, porque la densidad del material orgánico es similar al del agua (Kuntze et al., 1988 citado por Ellies, 2001). Estos suelos tienen un alto asentamiento o subsidencia inicial. En turberas o suelos orgánicos esta puede llegar a varios metros. El asentamiento continúa en el tiempo

con las labores culturales que favorecen la mineralización biológica de la materia orgánica, la redistribución de las tensiones y el aumento de la densidad aparente (Ilniki y Eggelsmann 1977, citado por Ellies, 2001).

Suelos con problemas de drenaje y Mallines en la Región de Aysén

Clasificación y distribución de suelos con problemas de drenaje

En un estudio, IREN-CORFO (1979), clasificó los suelos de la Región, y la dividió en dos áreas. La primera de ellas, denominada **área prioritaria**, sobre la cual el trabajo fue más profundo (3.560.444 ha) y la segunda, denominada **área litoral e insular**, (7.239.618), sobre la cual el trabajo fue más general. Aquí se determinó que, en general, los suelos con problemas de drenaje, cubren una superficie de 115.870 ha en el área prioritaria (Cuadro 1), de las cuales, 69.969 ha corresponden a los denominados "mallines", encontrándose la mayor concentración de éstos en el valle de Pto. Aysén. Adicionalmente en el área litoral e insular los suelos con problemas de drenaje abarcan una superficie de 203.227 ha (Cuadro 1), en la cual los mallines representan una superficie de 100.724 ha.

Según estos antecedentes, existirían en la Región 319.097 ha con problemas de drenaje, distribuidas prácticamente en todas las comunas según lo indica el Cuadro 2. Las mayores superficies se encuentran en D-5 San Rafael, seguidos de Aysén, Cisnes y Coyhaique, las que sumadas alcanzan a un 77% de los suelos con problemas de drenaje de la Región. Existen además, otras 113.278 ha de complejos de suelos, afectados también por problemas de drenaje, elevando la cifra a 422.375 ha en toda la región.

Cuadro 1. Superficie con problemas de drenaje por subclase de capacidad de uso en área prioritaria y en área litoral e insular.

Clase de capacidad de uso	Area Prioritaria	Area Litoral e insular		
	Sub-clase de capacidad de uso			
	w	w	sw	ew
IV	12.594	5.854		
V	85.757	99.620		
VI	17.519	26.106	52.063	
VII			607	18.977
Sub total		131.580	52.670	18.977
TOTAL	115.870		203.227	

Fuente: IREN-CORFO, 1979.

Cuadro 2. Superficie con problema de drenaje incluyendo complejos de suelos, por clases y subclases de capacidad de uso en área prioritaria y litoral e insular desglosadas por comunas de Región de Aysén.

Clase y subclase de capacidad de uso	Coyhaique	Aysén	Corcovado	Cisnes	Río Ibañez	D-5 San Rafael	Guadal	Tortel	Cochrane	O'Higgins	Chile Chico	Area Total (ha)
IVw	2.532	10.082	101	5.750								18.118
Vw	23.931	27.538	29.975	35.914	4.062	28.704	4.188	9.309	14.250	5.069	2.438	185.377
VIw	13.831	1.481	1.093	16.967	1.563	6.750		1.219	875			43.625
Vlew						52.083						52.083
VIIsw		607										607
VIIIew		18.977										18.977
Subtotal	40.204	58.665	31.117	58.532	5.625	87.517	4.188	10.527	15.125	5.069	2.438	319.097
IIIc+VIw					813		125		125		2.438	3.813
IVw+VIIs							2.312	8.602				10.914
VIe + Vw	625											625
VIw - Vw						6.000						6.000
VIsw - Vw						1.250						1.250
VIw - VIIs				2.213								2.213
VIIs - Vw						32.588	438	14.375	6.750		13.063	77.214
VIIs - VIw				1.250	10.000							1.250
Subtotal	625			3.463	10.813	39.838	2.875	22.977	6.875		15.813	103.278
TOTAL	40.919	58.665	31.117	61.995	16.438	127.354	7.063	33.504	22.000	5.069	18.251	422.375

Fuente: Adaptado de IREN-CORFO, 1979

Mallines

Dentro de los “suelos húmedos” de la Región de Aysén, los denominados mallines, ocupan una parte importante del área estudiada. No existe una definición exacta del término “mallin”, por cuanto se trata de un concepto amplio, usado por los agricultores para definir excesos de humedad que difieren de un área a otra. Pero en general corresponden a áreas deprimidas, pantanosas, con saturación permanente, y donde

existe una acumulación de material orgánico en descomposición, de profundidad variable pero siempre importante, situadas en general, en cajas de ríos y preferentemente hacia su desembocadura en el mar. Su utilidad es actualmente limitada.

En el estudio de IREN-CORFO (1979), por tratarse de áreas con problemas evidentes de drenaje y cuya potencialidad y/o posibilidad de habilitación parece no ser fácil, estos suelos se han definido en clase V, subclase “w” de Capacidad de Uso, a diferencia de un estudio posterior de ICC-COMIC (1993) que clasificó estos suelos como clase VII, subclase “w” de Capacidad de Uso. En el Cuadro 3 se presenta un recuento de los suelos clasificados como mallines por IREN-CORFO (1979) tanto en el área prioritaria como litoral e insular, distribuidos por comunas, alcanzando una superficie total de 170.693 ha en toda la Región. Se debe tener presente que todos mallín es clase V, subclase “w”, pero no todo suelo clase V, subclase “w” es mallín.

Cuadro 3. Distribución de los mallines por comunas de la XI Región, según área de estudio.

Clase y subclase de capacidad de uso	Coyhaique	Aysén	Corcovado	Cisnes	Río Ibañez	D-5 San Rafael	Guadal	Tortel	Cochrane	O'Higgins	Chile Chico	Area Total (ha)
Prioritaria	7.487	23.606			4.937	6.875	4.188	6.188	14.250		2.438	69.969
Litoral e insular		3.713	29.975	37.018		21.829		3.121		5.069		100.724
TOTAL	7.487	27.319	29.975	37.018	4.937	28.704	4188	9.309	14.250	5.069	2.438	170.693

Fuente: Adaptado de IREN-CORFO, 1979.

Las principales características que pueden definir un mallín son:

a) **Formación:** En cuencas de sedimentación lacustrina (ej: Laguna Cea); en terrazas aluviales y planicies carentes de drenaje natural (ej: El Balseo – Balmaceda), en las planicies costeras donde los ríos forman meandros debido a su poca gradiente (ej: Pto. Cisnes – Pto. Aysén); en las áreas de quiebre de pendientes fuertes de los cerros con las terrazas aluviales) (ej: Cisne Medio); y en las terrazas aluviales recientes, que

presentan escaso desnivel con relación al cauce de los ríos (ej: Murta). (ICC-COMIC, 1993).

b) **Humedad:** Todos los suelos denominados mallines tienen como característica común el presentar una saturación permanente, con escasa variación durante las estaciones del año.

c) **Vegetación:** En general todos los mallines de la Zona Intermedia y de la costa estaban cubiertos originalmente con bosque nativo hidromórfico y áreas más pantanosas con juncáceas. En la medida que el bosque ha sido explotado o destruido, ha sido reemplazado principalmente por juncáceas y renovales de escaso valor económico. (ICC-COMIC, 1993)

d) **Heterogeneidad estratigráfica:** La gran variedad de estratas y sus diferentes disposiciones dentro de la columna estratigráfica caracterizan a todos los mallines estudiados, independientes de su localización, formación y posición (ICC-COMIC, 1993)

La materia orgánica aparece como principal componente de las estratas, formando superficialmente un cojín de un espesor variable (entre 10 y 20 cm) sin humificación (humus bruto). En profundidad está mezclada con cenizas volcánicas meteorizadas y/o arenas, en estratas semi descompuestas (humus moder) y sin descomposición; y en forma de turba (ICC-COMIC, 1993).

Otras estratas significativas las constituyen arenas gleyzadas de diferente granulometría que se presentan con espesores y a profundidades variables. En algunos sectores aparecen estratas de piedras pómez de diferentes granulometría y espesor, originadas por erupciones volcánicas antiguas (ICC-COMIC, 1993). La mayor parte de los mallines presenta también estratas de cenizas volcánicas meteorizadas provenientes de los suelos que constituyen los entornos (trumaos) y que han sido depositados por agua, en las partes bajas. Llama la atención la escasa aparición de estratas arcillosas que originalmente se pensó podrían ser una de las causantes de las condiciones de mal drenaje. (ICC-COMIC, 1993).

Esta heterogeneidad y escaso desarrollo de los materiales constituyen los aspectos más relevantes de estos suelos y hace imposible su clasificación taxonómica. Por este motivo son considerados como misceláneos de suelos. (ICC-COMIC, 1993).

Factibilidad de drenaje en la XI Región

ICC-COMIC (1993), estableció proyectos de drenaje en la Región, sobre la base de una superficie total de 4.865.000 ha de las cuales fueron seleccionadas 2.330.000 ha y en donde fueron prospectados suelos de mal drenaje en áreas significativas, mayores a 500 ha. Bajo este esquema de trabajo fueron identificadas 83.754 ha, de las cuales

67.107 ha corresponde a mallines.

Las clases de drenaje de estos suelos, se presentan en el Cuadro 4, donde se puede apreciar que la mayoría de ellos tiene un drenaje interno muy pobre. Ello significa que la velocidad con que se mueve el agua dentro del suelo es muy lenta, lo que implica que las obras de drenaje de estos suelos no sean tan fáciles (ICC-COMIC, 1993).

Cuadro 4. Clases de drenaje de suelos incluidos en el área de estudio.

Clases de Drenaje					
1 (muy pobre)	2 (pobre)	3 (imperfecto)	4 (moderado)	5 (bueno)	S/C (1)
56.063	10.533	3.760	4.249	384	8.765

(1) S/C corresponde a suelos de clase VII de capacidad de uso.

Fuente: ICC-COMIC, 1993.

Del estudio, se desprende que unas 67.208 ha requerirían proyectos de drenaje, (Cuadro 5), correspondiendo principalmente a los denominados mallines a los cuales se le debería sumar otras 7.132 ha, también del tipo mallines que actualmente se encuentran habilitados o semi-habilitados.

Cuadro 5. Distribución de superficies según estado o necesidades de proyectos de drenaje.

Caracterización de la superficie	Mallines (ha)	Series de suelos (ha)	Misceláneos, Pantanos y Aluviales (ha)	Totales (ha)
Habilitados o semihabilitados actualmente	7.132	No significativo		7.132
Requerirían proyectos de drenaje	59.975 (mínimo)	7.233		67.208
No requerirían proyectos de drenaje		4.432		4.432
No justificarían proyectos de drenaje			4.982	4.982
Superficie Total	67.107	11.665	4.982	83.754

Fuente: ICC-COMIC, 1993.

Capítulo 2

Técnicas de drenaje aplicables en la Región de Aysén

Técnicas de drenaje aplicables en la región de Aysén.

Drenaje superficial.

Por drenaje superficial se entiende la remoción de los excesos de agua acumulados sobre la superficie del terreno, a causa de lluvias muy intensas y frecuentes, topografía muy plana e irregular y suelos poco permeables (Rojas, 1984).

La necesidad del drenaje superficial se justifica en zonas donde los factores climáticos, las condiciones hidrológicas, las características de los suelos, la topografía y la utilización de la tierra, dan lugar a que el agua permanezca inundando la superficie del suelo, durante un tiempo superior al que los cultivos pueden soportar sin manifestar serios efectos sobre los rendimientos y/o sobrevivencia (Salgado y Ortega, 2001).

Los tipos más característicos de problemas de drenaje superficial del sur de Chile, y en particular en la XI Región, son los conocidos comúnmente como "mallines", "ñadis", "hualves" y "vegas".

En la Figura 1 se presenta un modelo hidrológico del drenaje superficial.



Figura 1. Modelo hidrológico simplificado del drenaje superficial. (Tomado de Salgado y Ortega, 2001).

En este modelo se considera un área independiente sin aportes externos y en tal caso las “entradas” se reducen sólo a la precipitación sobre el área, la cual es afectada por el sistema suelo-cobertura que regula las “salidas” que son la evapotranspiración, infiltración y escorrentía.

Conociendo el comportamiento de la precipitación, la variación de la evaporación e infiltración y el efecto regulador del sistema suelo-cobertura, puede determinarse la escorrentía, la cual constituye la información básica para el cálculo de la red de drenaje.

Componentes de un sistema de drenaje subsuperficial.

Un sistema de drenes subsuperficiales tiene como objetivo fundamental el control de la profundidad de la napa freática, de forma tal que el balance de aguas y sales dentro de la zona radicular sea el óptimo para los requerimientos del cultivo en una condición de suelos y clima específico (Salgado y Ortega, 2001).

Para lograr este objetivo, un sistema de drenes subsuperficiales consta fundamentalmente de tres tipos de drenes: laterales, colectores y dren principal. Los drenes laterales generalmente se disponen paralelos unos a otros y tienen como misión principal el control de la profundidad de la napa. Los drenes colectores, aunque eventualmente también drenan el terreno adyacente, su misión fundamental es transportar el agua extraída por los laterales hasta el dren principal donde se produce la descarga del sistema. El dren principal, que puede ser artificial o natural (río, estero, otro), es el que en definitiva recoge los excedentes provenientes de varios sistemas.

La relación entre laterales y colectores puede ser simple o compuesta. Se entiende por una red simple cuando laterales de tubo descargan en colectores zanja. Se entiende por una red compuesta cuando laterales de tubo o zanja descargan en colectores de tubo o zanja, respectivamente. La primera forma de diseño (tubo-zanja) es utilizada frecuentemente por las ventajas que tiene para el mantenimiento de la red.

Componentes del sistema de drenaje superficial.

Un sistema de drenaje superficial tiene dos componentes: el primero es la red colectora y el segundo consiste en diversas prácticas de acondicionamiento superficial del terreno, con tal de facilitar el flujo del exceso de agua hacia los colectores (Salgado y Ortega, 2001).

El primer componente, la red colectora, consistente en zanjas y tuberías, ha sido el más estudiado hasta ahora y en la actualidad existen métodos suficientemente aceptables para realizar el diseño, cálculo y cubicación respectiva.

El segundo componente es más complicado puesto que depende del microrelieve del terreno y hasta ahora no existe un método suficientemente probado para permitir un diseño racional. En algunos casos, este último aspecto se resuelve utilizando métodos de acondicionamiento superficial, que modifican la topografía y el microrelieve del terreno, a fin de proporcionar pendientes que permitan una rápida evacuación de las aguas. Para este mismo fin, también pueden utilizarse los drenes topo, que cumplen el objetivo de recolectar y conducir el agua de saturación hacia los colectores.

Tipos de problemas y técnicas de drenaje: Caso del Sur de Chile.

En la zona sur de Chile, los problemas de drenaje superficial se deben fundamentalmente a limitaciones de suelo, topografía y/o la existencia de un período invernal de lluvias frecuentes y de gran magnitud (Salgado y Ortega, 2001).

Los problemas de drenaje detectados más importantes corresponden a los suelos mallines (En general áreas deprimidas, pantanosas, con saturación permanente, y donde existe una acumulación de material orgánico en descomposición), los suelos ñadis (suelos trumaos planos, delgados y con estrata impermeable continua), problemas de acumulación de agua en depresiones localizadas o sectores “hualves” e inundación de terrazas fluviales o “vegas” con problemas de napa freática alta.

Este boletín técnico, se referirá a aquellas obras definidas para cada tipo de problema:

Sectores Mallines	Dren interceptor Sistema Zanja
Sectores “Hualves”	Zanjas, drenes en V o drenes de tubería enterrada en combinación con algunas estructuras.
Sectores “Vegas”	Dren interceptor Sistema zanja-dren topo Diques o muros de contención de inundaciones
Napa Freática	Zanjas Tuberías de drenaje

Drenes interceptores

Este tipo de drenes tienen como misión interceptar el flujo superficial y/o subsuperficial de agua que se mueve en una determinada dirección y desviarlo de la misma. Se emplean para aminorar o anular la recarga al área problema proveniente de aportes

laterales, es decir, para independizar el problema de la zona baja de la fuente que está en la zona alta, haciéndolo dependiente sólo de su propia recarga (Salgado y Ortega, 2001).

En ocasiones, un dren interceptor resuelve íntegramente el problema de un área cuando la totalidad o una elevada proporción del flujo es colectado y desviado. En tal caso, ésta constituye la única obra de drenaje a realizar en el sistema (Salgado y Ortega, 2001).

El punto próximo al cambio de la pendiente resulta el más adecuado para la instalación de un dren interceptor. Este debe correr siguiendo la curva de nivel, aunque con algún desvío, a fin de mantener a lo largo del mismo el desnivel mínimo que asegure el normal escurrimiento del agua (Salgado y Ortega, 2001).

Otra condición importante es la proximidad de la estrata impermeable. En efecto, un dren que se profundiza hasta esa estrata, prácticamente intercepta todo el caudal. Si el caudal de agua interceptado es considerable, puede percolar a través del talud, en sentido pendiente abajo, generando una situación que obliga a la construcción de un segundo interceptor. Si la barrera se encuentra a más de 5 m se hace difícil, constructiva y económicamente, lograr efectividad, debiendo recurrirse a la instalación de dos o más zanjas a determinada distancia una de la otra, y siempre que aún se mantengan las condiciones favorables de topografía y suelo (Salgado y Ortega, 2001).

En la Figura 2, se presenta un esquema que muestra el efecto del dren interceptor en la disminución del nivel freático.

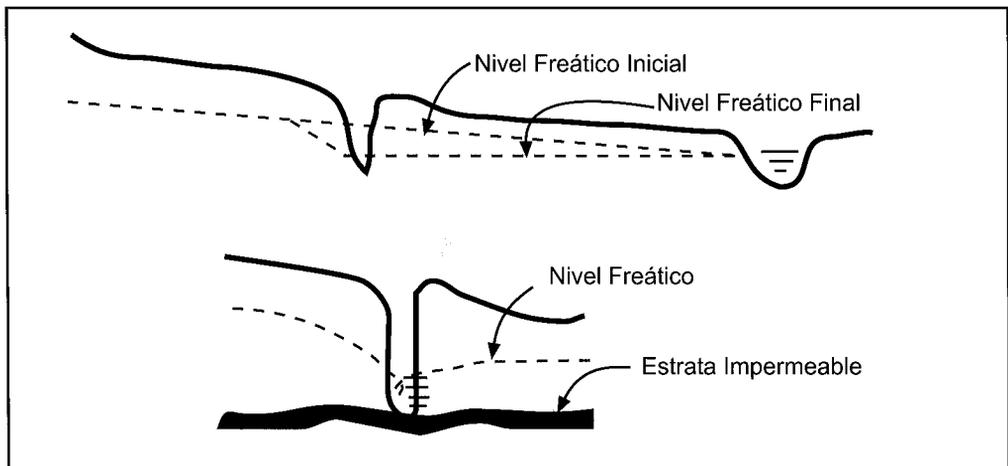


Figura 2. Disminución del nivel freático debido a la acción de un dren de intercepción (tomado de Salgado y Ortega, 2001).

Zanjas colectoras

Las zanjas corresponden a colectores trazadas en el terreno conformando una red de drenaje (Salgado y Ortega, 2001). Para el diseño y construcción de esta red de zanjas es importante considerar lo siguiente:

- < Trazado de la red de zanjas colectoras.
- < Dimensionamiento de la zanja.
- < Construcción de zanjas.

Trazado de la red de zanjas colectoras:

Consiste en el diseño y determinación de la dirección del flujo de la red de colectores. Para este propósito es recomendable contar con material cartográfico (mapas, planos, croquis, otros); siendo lo óptimo un levantamiento topográfico del terreno a drenar. Para realizar este trazado (Salgado y Ortega, 2001), deben considerarse los siguientes aspectos:

⊙ Topografía:

Las zanjas deben ubicarse en sentido de la pendiente del terreno, en la medida que el apotreramiento, la forma de los potreros y el trazado seleccionado lo permita (Salgado y Ortega, 2001).

⊙ Apotreramiento y deslindes:

Dentro de lo posible, las zanjas deben quedar ubicadas contiguas a los cercos principales (Salgado y Ortega, 2001).

⊙ Secciones de facilidad constructiva:

Las dimensiones resultantes deben ser de un tamaño tal, que permita optimizar el rendimiento de la construcción, ya sea manual o mecanizado. En general la sección trapezoidal es la más utilizada (Figura 3) (Salgado y Ortega, 2001).

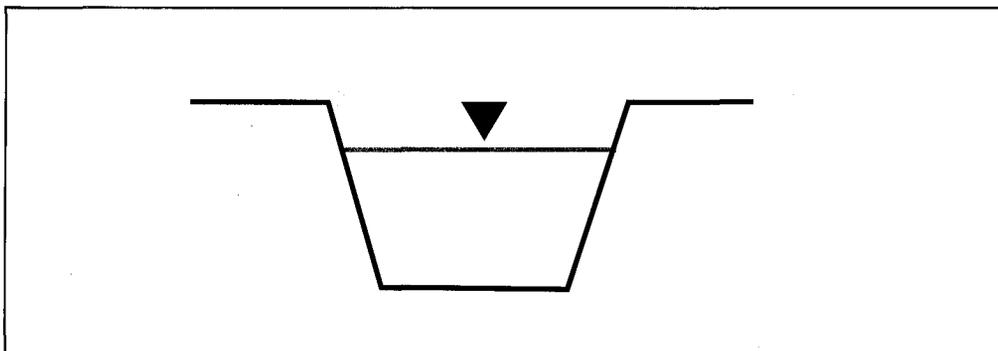


Figura 3. Esquema de una zanja colectora de sección trapezoidal.

- ⊙ **Evitar erosión:** Evitar conducir caudales muy altos o en pendientes excesivas, que produzcan velocidades erosivas
- ⊙ **Punto de descarga:** Deben ser de fácil acceso, y en lo posible, distribuir el caudal en varios puntos de descarga.

Drenes de tubería

Como se indica en la Figura 4, estos drenes consisten en una tubería de drenaje enterrada en una zanja y revestida por un material filtrante.

En remplazo de la combinación tubería-envolvente, se usar puede piedra (bolones o grava), ladrillos (liso o perforado) o materiales de origen vegetal (troncos, coligües, otros). Estas alternativas no tienen un comportamiento tan eficiente como la tubería de drenaje y envolvente, pero permite reducir considerablemente los costos (Salgado y Ortega, 2001).

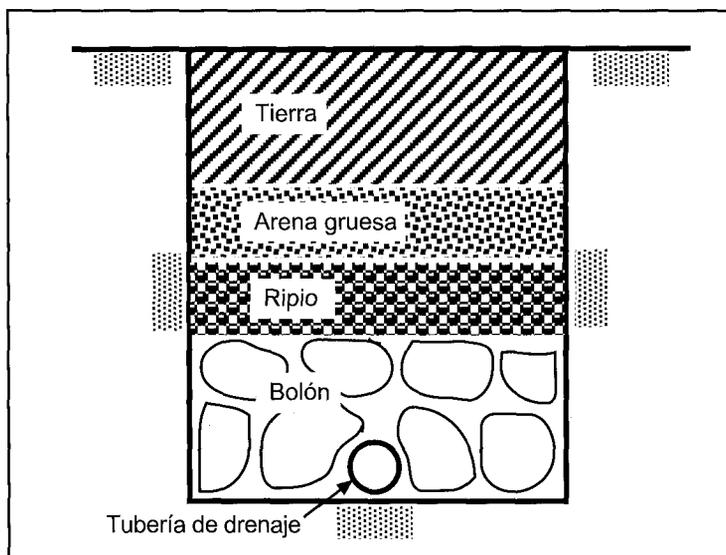


Figura 4. Sección transversal de dren de tubería con envolvente de áridos tomado de (Salgado y Ortega, 2001).

Las principales ventajas de los drenes de tubería, son que no rompen la continuidad de los potreros y sus bajos requerimientos de mantención, haciéndose los más recomendables. Sin embargo, la principal desventaja es su alto costo (Salgado y Ortega, 2001).

Drenes en “V”

Los drenes en “V”, son zanjas caracterizadas por poseer taludes amplios, que fluctúan entre $8\hat{E}:1$ y $10\hat{E}:1$, permitiendo el libre tránsito de maquinaria y ganado. Es una solución adecuada en sectores que presentan topografía ondulada, ya que permiten mantener la continuidad de los potreros y adecuarse a la topografía natural. Además, para disminuir al mínimo el movimiento de tierra es importante que la altura de corte sea la menor posible (Salgado y Ortega, 2001). En la Figura 5, se presenta una sección transversal de un dren en V.

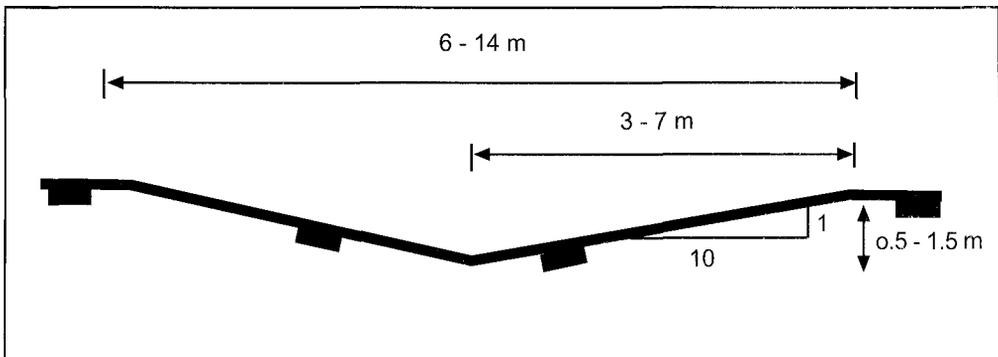


Figura 5. Sección transversal de dren en V (tomado Salgado y Ortega, 2001).

La mayor ventaja de la construcción de drenes en “V” es que, debido a la amplitud de sus taludes, prácticamente quedan integrados a la topografía natural del terreno, permitiendo el libre tránsito de ganado y maquinaria sobre ellos, y por lo tanto, no rompen la continuidad de los potreros.

Una vez que los taludes de los drenes en “V” han sido cubiertos por vegetación, natural o artificial, ésta debe conservarse en forma permanente, para asegurar su mantención y vida útil, por lo cual, no deben ser cultivados.

Para el cálculo de las dimensiones de estos drenes, se aplica la misma metodología que para cualquier zanja, utilizando la Fórmula de Manning.

Drenes topo

Como se indica en la Figura 6, los drenes topo son galerías subterráneas de aproximadamente 7,5 cm de diámetro, construidas en el interior del suelo, rodeadas de fisuras periféricas (Salgado y Ortega, 2001).

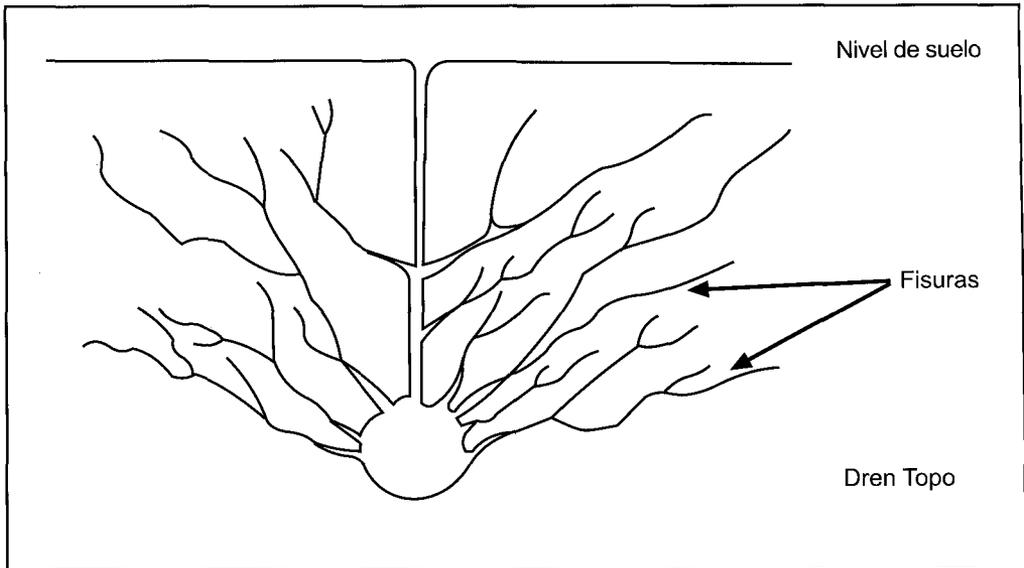


Figura 6. Corte transversal de un dren topo (Salgado y Ortega, 2001).

Las fisuras periféricas que rodean la galería recolectan los excedentes hídricos acumulados en la zona radicular, y por lo tanto, estas fisuras son la clave del éxito del funcionamiento de dichos drenes.

El propósito de los drenes no es controlar el nivel freático, sino remover excesos de agua de la superficie o de la parte superior del suelo. Por lo tanto, los drenes topo pueden ser considerados como un sistema intermedio entre un sistema de drenaje superficial y uno subsuperficial.

Estos drenes descargan en la zanja colectora debido a la gravedad, y por lo tanto, deben tener pendiente positiva en dirección a la zanja. Además, para su construcción y prolongación de su vida útil, se requiere un contenido mínimo de arcilla de 20% en la zona de la galería.

Capítulo 3

Corrección y manejo de la fertilidad en suelo con obras de drenaje

Corrección y manejo de la fertilidad en suelo con obras de drenaje

Para la corrección de los problemas de fertilidad es fundamental contar con un análisis de suelo, para fijar una estrategia de corrección y mantención de ésta. La muestra de suelo se debe tomar con suficiente anticipación, (unos cuatro meses), sobre todo si se necesita encalar.

Corrección de los niveles de fósforo

El fósforo es uno de los principales nutrientes que limitan la producción en los suelos de la zona sur del país, especialmente en los suelos derivados de cenizas volcánicas (Pinochet, 1996 y 1999). Ello incluye a los suelos de mallín, donde además, existe un alto contenido de aluminio, que fija el fósforo y limita su utilización.

Para establecer una estrategia de corrección de este elemento, se han creado tablas que presentan las recomendaciones de corrección de fósforo para diferentes niveles iniciales, y con parcialización hasta tres años. El Cuadro 6, tiene las dosis de P_2O_5 para aplicaciones en cobertera, que se utilizarán para praderas establecidas previamente. La dosis de corrección se obtiene de acuerdo al nivel inicial del P en el análisis de suelos. En el caso de un resultado analítico entregado con decimales, se puede realizar un procedimiento de interpolación. Posteriormente se va a la tabla de corrección de fósforo para alcanzar 15 ppm y se trabaja con la profundidad según corresponda (10 cm para fertilización de pradera). Se utilizará la dosis recomendada que corresponda según el número de años en que se realice la corrección (parcialización).

Es importante tener presente que la estrategia de corrección supone un tiempo para realizar los cambios, el cual se fija en función de varios factores, entre los que destacan los de carácter económico para realizar las inversiones, las necesidades del negocio, pues la corrección puede ser tan a corto plazo, como una temporada, o largo plazo, como diez años. Por ejemplo, para un cultivo de papas la corrección puede ser tan rápida como una temporada, en cambio un ganadero que aumenta su demanda de forraje en función del desarrollo de masa del predio (sin créditos u otras fuentes de financiamiento), puede establecer una estrategia de 10 años para corregir el problema, de tal forma de ir ajustando la disponibilidad de forraje a la creciente demanda, hasta llegar a acercarse al potencial productivo de su pradera.

Cuadro 6.Tabla de recomendaciones de fósforo de corrección para aplicaciones en cobertera (praderas) en la Zona Húmeda, según análisis de suelos a 10 cm de profundidad.

P inicial (ppm)*	P-Olsen inicial según análisis de suelo a 10 cms. de profundidad													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
CP (Kg P/ppm)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
P ₂ O ₅ Kg/ha (1 año)	580	538	497	455	414	373	331	290	248	207	166	124	83	41
P ₂ O ₅ Kg/ha (2 años)	309	287	265	243	221	199	177	155	132	110	88			
P ₂ O ₅ Kg/ha (3 años)	216	200	185	170	154	139	123	108	92	77				

* ppm resultado de análisis de suelo; ** Periodo (años) de aplicación de fertilización de corrección

Luego de obtener la dosis de corrección se debe agregar la “dosis de mantención”

Dosis de mantención de fósforo

La “dosis de mantención”, es la cantidad de nutrientes que requiere el cultivo o pradera para que esta siga produciendo en el tiempo en forma constante, sin que ello signifique una disminución de los niveles de fertilidad en el suelo. Esta dosis se estima de acuerdo al nivel de extracción realizada, asociada a la producción total y su forma de utilización (que contempla el reciclaje). En el fondo, se trata de estimar cuanto nutriente sale del potrero y que no volverá en forma natural y por lo tanto debe ser devuelto artificialmente (ya sea con fertilizantes orgánicos o sintéticos), para que no se pierda la fertilidad del suelo.

Para facilitar el cálculo o estimación de las dosis de mantención de praderas permanentes se han diseñado una propuesta, la cual se presentan en el Cuadro 7, esta considera: una pradera ideal (70% de gramíneas y 30% de leguminosas); el uso ó utilización de la pradera (conservación-pastoreo o solo pastoreo); los rendimientos esperados; en el caso de conservación considera una estimación del rezago que va a conservación; en el caso de pastoreo, considera la eficiencia de pastoreo; finalmente, considera los requerimientos internos promedios tanto de gramíneas como leguminosas para los distintos nutrientes. Las dosis presentadas corresponden a suelos donde se ha alcanzado el nivel de 15 ppm de fósforo Olsen y del resto de los nutrientes, ya que se considera que se aplicará conjuntamente con un programa de corrección de la fertilidad en caso de ser necesario.

Es importante tener presente que esta es sólo una aproximación que debe ser tomada como orientación, que considera dos situaciones extremas y por lo tanto no necesariamente representa a todos los agricultores, o más específico, a todos los potreros dentro de un mismo predio.

Cuadro 7. Propuesta de dosis de mantenimiento (N-P-K-S) de pradera mixta, con uso en conservación-pastoreo y sólo pastoreo, en función de la producción, (considera corregida las deficiencias del suelo).

Producción ton MS/ha	Conservación - Pastoreo					Sólo Pastoreo			
	Rezago a conservación %	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
		Unidades/ha							
1							1	5	
2						10	2	10	
3	75	25	20	30	13	13	3	15	
4	75	35	25	40	15	15	4	19	5
5	75	40	29	50	18	18	5	24	8
6	70	45	33	58	20	20	6	29	10
7	70	50	36	68	23	23	8	34	13
8	70	55	40	78	25	25	9	39	15
9	65	60	42	85	28	28	10	44	18
10	65	65	45	94	30	30	11	49	20
11	65	70	48	103	33	33	13	54	23
12	60	75	51	109	35	35	14	58	25
13	60	80	53	118	38	38	16	63	28
14	60	85	56	127	40	40	17	68	30

Eficiencia Utilización en Pastoreo
Ef. Utilización en Conservación
Factor de Extracción

70%
85%
50%

Requerimiento interno K
Comp. botánica Gramínea
Comp. bot. Leguminosa

1.16
70%
30%

Dosis de enmiendas calcáreas utilizando análisis de suelo

Para estimar la dosis de carbonato de calcio necesaria para bajar la saturación de aluminio a 5%, se utilizará la tabla del Cuadro 8 para praderas. Este cuadro contiene las dosis de CaCO₃ para aplicaciones en praderas establecidas o en cobertera (pensando en modificar la profundidad de 0-10 cm), para diferentes niveles iniciales de saturación de aluminio desde 50% hasta 5%, para el grupo de suelos de la Zona Húmeda de la XI Región.

Otra modalidad es la aplicación del criterio del pH (Cuadro 9). Se utiliza solamente cuando la saturación de aluminio es menor o igual a 5% y el pH menor que 5,8. El cuadro presenta la dosis de CaCO₃, para alcanzar un pH de 5,8 de acuerdo al tipo de suelo y según la profundidad de 10 cm para aplicaciones en cobertera, para los suelos de la XI Región (Zona Húmeda, Zona de Transición a Húmeda y Zona Intermedia).

Cuando se divide la dosis de carbonato de calcio, se debe aplicar una mayor dosis el primer año. En aplicaciones a 2 años, como criterio se puede usar el 60% de la dosis el 1er año

y el 40% el segundo año. En aplicaciones a tres años, usar el 40% el primer año, el 30% el segundo año y el 30% restante al tercer año.

La dosis de CaCO_3 no debe exceder los 3.500 kg/ha/año en cobertera y 4.700 kg/ha/año incorporado, para evitar desbalances de bases en el suelo.

Cuadro 8. Dosis de carbonato de calcio (CaCO_3) para disminuir la Saturación de Aluminio en la estrata 0-10 cm (Zona Húmeda XI Región).

Saturación Al (%) inicial *	Dosis en ton/ha de CaCO_3		
	1 año	2 año*	3 año*
50		4,49	4,62
45		4,29	4,41
40		4,06	4,17
35		3,80	3,91
30	3,36	3,53	3,63
25	3,02	3,17	3,26
20	2,60	2,73	2,81
15	2,06	2,18	2,25
10	1,30	1,38	
6	0,34		

N° años Plan

Sat. Al Inicial

Dosis
recomendada

* Según análisis de suelos

Cuadro 9. Tabla para corrección de pH (ton/ha de CaCO_3) para llegar a pH 5,8 según tipo de suelo para 10 cm de profundidad.

Ph Inicial	Zona Húmeda	Transición a Húmeda	Zona Intermedia
4.8	6,33	4,07	3,00
4.9	5,70	3,66	2,70
5.0	5,07	3,26	2,40
5.1	4,43	2,85	2,10
5.2	3,80	2,44	1,80
5.3	3,17	2,04	1,50
5.4	2,53	1,63	1,20
5.5	1,90	1,22	0,90
5.6	1,27	0,81	0,60
5.7	0,63	0,41	0,30
5.8	0	0	0

Cuando existe preparación de suelos, el encalado se efectúa con las primeras labores de preparación de suelo, ya que para que la cal reaccione con el suelo se necesitan al menos 90 días, periodo que se denomina de "incubación". La cal se incorpora en el perfil del suelo con los rastrajes y de ser necesarias futuras aplicaciones, estas se realizan en cobertera unos 90 días antes del inicio del crecimiento de la pradera (aplicación entre mayo y junio). En el caso de que no exista preparación de suelos, todas las aplicaciones se realizan en cobertera y la época de aplicación será al menos 90 días antes del inicio del crecimiento de la pradera.

Proposición de estrategia de corrección de Potasio

El potasio es un elemento normalmente deficitario en suelos de mallines y es necesario considerarlo en la mezcla en dosis de 70 – 140 unidades de óxido de potasio (K₂O), dependiendo del análisis de suelo. La época de aplicación es en primavera.

Como estrategia de corrección se puede plantear la alternativa de ir aplicando dosis basados en los análisis de suelos y en la exportación de nutrientes (Cuadro 7) de acuerdo al siguiente criterios (Cuadro 10).

Cuadro 10. Proposición de un criterio (%) de fertilización potásica en función de su nivel de presencia en el suelo y de la exportación dicho nutriente.

Nivel de fertilidad		Porcentaje de aplicación respecto de la exportación
ppm-K _{intercambio}	Denominación	
< 50	muy bajo	175
50 – 100	bajo	150
100 – 150	moderadamente bajo	120
150 – 200	moderado	100
200 – 250	medio	83
250 – 300	alto	65
> 300	excesivo	50

La exportación de nutrientes, se refiere a los nutrientes que salen del potrero y no vuelven a él, ya sea por forraje conservado que no se distribuye en el mismo potrero, o por que los animales defecan una parte fuera del potrero.

Proposición de estrategia de corrección de Azufre

El azufre es deficitario prácticamente en todos los suelos de la región, se recomiendan aplicaciones de 50 a 60 kg/ha, cuando se están comenzando a recuperar la fertilidad del suelo. Luego se utilizan las dosis que aparecen en el Cuadro 7, cuando se trate de una pradera manejada con pastoreo y conservación de forraje ó de una pradera destinada solo a pastoreo, obviamente considerando el nivel productivo de la pradera.

Manejo de otros elementos

Como guía promedio se recomienda aplicar óxido de magnesio (MgO), en dosis de 10-20 unidades/ha.

El uso de microelementos puede ser importante a partir del segundo o tercer año cuando se hayan establecido especies de mayores requerimientos, según los antecedentes recogidos de los análisis de laboratorio, el principal microelemento que se podría encontrar deficitario es el boro (B), para lo cual se recomiendan dosis de 0,5 a 1 kg/ha de boro, el que se puede aplicar como Bórax (ó ácido bórico en 5 a 10 kg/ha) o en su defecto boronatro de calcita (en dosis de 5 a 10 kg/ha).

Capítulo 4

Establecimiento de praderas en
suelos con limitaciones de drenaje

Establecimiento de praderas en suelos con limitaciones de drenaje

En cuanto a establecimiento de praderas, desde el punto de vista técnico - práctico, el tipo de solución y el plazo en que se implementan éstas, depende del estado en que se encuentre el terreno, definiéndose dos grandes tipos de situaciones para establecer una pradera en suelos con limitaciones de drenaje.

- Terrenos que necesitan labores de suelo y rotación de cultivos.
- Terrenos que permiten obtener una pradera permanente sin cultivar, sólo mediante manejo.

Terrenos drenados que necesitan labores de suelos y rotaciones

En suelos recién habilitados en que se han construido obras para evacuar el agua de exceso, y en que la limpia, destronque y el paso de la maquinaria utilizada dejan destrozado el potrero, limitando la adecuada realización de las futuras actividades de manejo se requieren labores de suelo y rotaciones de cultivos.

Es importante tener presente que por las condiciones edafoclimáticas de la Zona Húmeda, en los mallines, se dificultan las labores de suelos, por lo que se recomienda realizar el establecimiento de la pradera definitiva inmediatamente. Esto será posible en la medida que se realice el programa de corrección de fertilidad y se logre una buena preparación del suelo. Las experiencias realizadas a la fecha, demuestran que es posible lograr una excelente pradera, cuando se realizan las prácticas adecuadas (Contreras, 2003).

Preparación de suelo

La preparación de la cama de semillas para una siembra de praderas debe ser muy mullida, firme y libre de terrones, con el fin de permitir un íntimo contacto entre el suelo y las semillas forrajeras, evitando la posibilidad de que semillas queden ubicadas en espacios de aire en el suelo. Esto se logra pasando un rodillo antes de la siembra, de tal forma que al caminar por el potrero, el zapato no se entierre más allá de la suela. (Teuber, 1999)

Una buena cama de semillas, además debe contemplar la reparación de imperfecciones en el microrelieve del potrero, esta labor es sencilla, pudiendo usar un cuartón de madera (alrededor de 8" x 8") lo suficientemente pesado y largo aplicado casi perpendicularmente a la línea de avance de la tracción (tractor o animal) (Teuber, 1999). Otra alternativa, es un implemento denominado "marco nivelador" (Figura 7), que se utiliza después del último rastraje. El emparejamiento del suelo es una labor muy beneficiosa, ya que elimina los montículos y pequeños bajos, que dificultan la siembra y posteriormente la cosecha de forraje para ensilaje o heno (Dumont, 1997).

El marco nivelador, por ser rígido, corta los montones y el exceso de tierra que va acumulando, lo deposita en los sectores bajos del micro relieve. Para que la labor sea bien realizada, todas las vigas deben tocar el suelo, es decir, no se deben construir con sobre-posición en las esquinas, si no con un sistema de ensamble para que ningún palo quede sobre el nivel (Dumont, 1997).

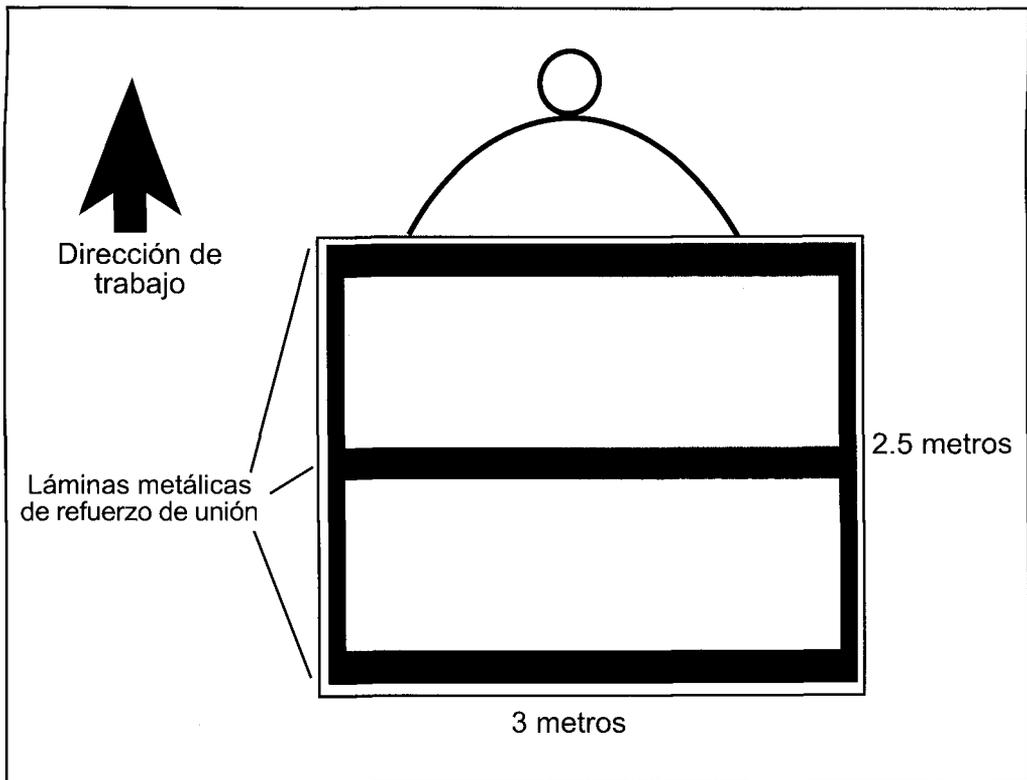


Figura 7. Marco nivelador para emparejar suelos

Siembra de un cultivo anual para iniciar la rotación.

Para las condiciones de mallín, son pocos los cultivos que pueden ser utilizados para iniciar esta rotación. Dentro de las alternativas posibles, cuando se ha logrado un adecuado drenaje, se encuentra el cultivo avena-ballica anual establecido en primavera, ya que es un cultivo rústico, agresivo, de fácil manejo y que tiene buena productividad de forraje para pastoreo y corte para ensilaje.

Epoca de siembra: La oportunidad de siembra depende directamente de la oportunidad en que finaliza la preparación de la cama de semillas. Como referencia, se recomienda sembrar desde septiembre (sector de Zona transicional a Húmeda) a Noviembre (sector de la Zona Húmeda).

Dosis de semilla:	Avena	150	kg/ha
	Ballica Tama	20	kg/ha

Sistema de siembra: Existen dos métodos o sistemas de siembra: “al voleo” y en líneas (o hileras) separadas a 18 a 20 cm de distancia según se use una máquina regeneradora o cerealera respectivamente (Teuber, 2001). La siembra al voleo permite una distribución al azar de las semillas en el suelo. Si el nivel de fertilidad del suelo es alto la siembra al voleo es excelente alternativa ya que la opción de similar competencia entre las especies gramíneas y leguminosas. Para una óptima siembra al voleo, la máquina sembradora Brillion (consistente en dos cuerpos corrugados) es ideal, debido a que distribuye la semilla de manera uniforme en la superficie del suelo y en profundidad (Teuber, 2001).

Otra alternativa posible, es la sembradora portátil tipo “ciclón” de muy bajo costo y de gran utilidad para distribuir las pequeñas semillas de leguminosas forrajeras. Esta siembra también exige un suelo fértil y el tapado de las semillas con una rastra de sacos, de ramas y/o cadenas, para lograr una localización de las semillas no mayor a 2 cm de profundidad, de lo contrario se deteriora la población de gramíneas (Teuber, 2001).

La siembra en líneas es el método más común en el sur de Chile, ya que se realiza con la máquina cerealera con o sin cajón anexo para semillas forrajeras. También se utilizan las máquinas regeneradoras de discos, la de zapatas vibradoras o la regeneradora con pequeños cuchillos rotativos (Teuber, 2001). Los sistemas de colocación de semilla en el suelo deben estar sueltos para lo que se recomienda disminuir la tensión de los resortes para hacer una siembra superficial (Dumont, 1997).

Fertilización: Esta depende del análisis del suelo, es fundamental el considerar una estrategia de corrección de fertilidad, junto con lo cual se recomienda como dosis de producción las siguientes dosis (Cuadro 11):

Cuadro 11. Dosis de fertilización general recomendada a la siembra de un cultivo para iniciar rotación.

Nutriente	Unidades por ha
Nitrógeno (N)*	40 + 40 + 40
Fósforo (P ₂ O ₅)	70
Potasio (K ₂ O)	70 a 140
Azufre (S)	50 a 60

* Nitrógeno dividido en tres parcialidades: siembra, emergencia y macolla.

Manejo del cultivo: Las mezclas forrajeras avena-ballica, se pueden utilizar en pastoreo o cortes. Si se usa para ensilajes, es necesario el premarchitamiento o la adición de aditivos debido a la dificultad que presenta la avena para ser ensilada cuando tiene alto predominio de hojas (Dumont, 1997).

Después de las primeras utilizaciones (ya sea en corte o pastoreo), la avena empieza a desaparecer quedando principalmente la ballica. Al llegar el otoño, en base a la densidad de las especies, se decide mantener la pradera durante el invierno con uso en pastoreo. En este caso, el potrero se somete a un sacrificio, para iniciar a principios de primavera, nuevas labores y continuar la rotación. Si el terreno aún no está en buenas condiciones, es necesario repetir una segunda o tercera temporada de cultivo (En estos casos conviene la siembra de ballicas rápidas solas sin avena), hasta llegar a la condición considerada adecuada para la pradera permanente (Dumont, 1997 y Teuber, 2001), es decir:

- Suelo drenado
- Terreno parejo
- Malezas controladas
- Acidez baja. pH del orden de 5,8 – 6,0 (o saturación de aluminio menor a 5%).
- Nivel mínimo de 15 ppm de fósforo (Olsen) y 150 ppm de potasio.

De esta manera, la pradera mixta permanente que se sembrará, tendrá realmente una larga vida, asumiendo que se hará un manejo de mantención adecuado.

Siembra de pradera mixta permanente.

La siembra de la pradera se realiza sólo una vez corregidos los problemas antes mencionados. Sin embargo, como ya se mencionó al principio de este punto, si se

realizan adecuadamente todas las labores, es posible realizar el establecimiento inmediatamente.

Época. Dependiendo de la rotación de cultivos que se haya realizado, las épocas factibles para siembra de la pradera definitiva son otoño y primavera. Sin embargo, aparentemente las siembras de otoño presentan mayor problema de que las de primavera, debido a que durante el invierno, cuando las especies sembradas están en etapa de establecimiento se produce anegamiento que provoca muerte de plántulas por anaerobiosis (Teuber, 1996).

ⓀSiembra de praderas en otoño. Se recomienda hacerla temprano, con suelo húmedo y tibio para que las semillas germinen rápido y las plántulas aprovechen las buenas temperaturas de la época y sea factible utilizar en pastoreo con el suelo firme, por otro lado hay menor competencia de malezas (Dumont, 1997 y Teuber, 2001). Si se atrasa la siembra, el establecimiento es lento por lo que el primer pastoreo se realiza con mayores posibilidades de lluvia, cuando el suelo está aún suelto y el pisoteo provoca gran destrucción de plantas, raíces y compactación del suelo, incluso con animales livianos (Dumont, 1997 y Ellies, 1999).

En el caso de los mallines en la Zona Húmeda, por sus condiciones, se necesita del corto verano para poder laborar el suelo en condiciones adecuadas, dadas principalmente por el contenido de humedad del suelo. Quedando de esta forma en condiciones para un buen establecimiento muy temprano en otoño.

ⓀSiembra de praderas en primavera. Una gran limitante de esta época de siembra es la preparación de suelos. Un mallín, se demorará más en permitir el acceso con maquinaria debido a que conserva la humedad por más tiempo. Por esta razón las labores de drenaje previas son de vital importancia, para tener lista la cama de semillas lo antes posible. Se recomienda dejar el suelo en rezago por un mes aproximadamente, sin sembrar para que germinen las malezas superficiales. Una vez germinadas, se puede realizar un rastraje superficial (rastra de espina, cuncuna ó vibrocultivador) o se puede aplicar herbicida en baja dosis, ya que las malezas están pequeñas, así se siembra en un terreno libre de malezas, tibio y húmedo. No obstante, hay ocasiones en que no se puede realizar de esta forma, ya que por atraso de la preparación de suelos, obliga la siembra inmediata (Dumont, 1997).

Semillas. Debido a la alta capacidad de retener agua de estos suelos y la alta pluviometría de la zona, se mantiene un exceso de humedad en forma permanente, lo que restringe el número de especies forrajeras posibles de introducir en estos suelos. En el Cuadro 12 se presentan las especies posibles de recomendar, de ellas la ballica es la menos adaptadas, y su introducción dependerá de las condiciones de drenaje del terreno. Para la siembra de una pradera permanente se recomienda 3 – 6 kg de trébol blanco, 8 –10 kg de lotera o alfalfa chilota y 5 – 8 kg de pasto dulce (López, 1996; Balocchi y

López, 2001). Es conveniente utilizar especies con distintos hábitos de crecimiento aéreo y subterráneo. Para prolongar una buena cobertura inicial, se recomienda el siguiente procedimiento de siembra:

- a) Colocar todas las semillas en el cajón forrajero.
- b) Regular la máquina la mitad de la dosis y sembrar primero en un sentido y luego perpendicular a él, formando una trama de cuadrados.
- c) Sembrar con los tubos que conducen tanto el fertilizante como las semillas afuera de los discos para permitir así una hilera más ancha. Los tubos pueden ser fijados a una vara para evitar el exceso de balanceo.

Con este sistema se consigue una excelente densidad inicial y un mejor control de las malezas (Dumont, 1997).

Es importante mencionar que bajo las condiciones regionales, con escasa disponibilidad de maquinaria, el establecimiento también puede ser realizado al voleo (como se indicó en puntos anteriores), en tal caso se deben considerar las dosis mayores de semilla antes indicadas, buscando siempre la máxima homogeneidad en la distribución.

Fertilización. Esta dependerá de los análisis de suelo, y del programa de corrección de fertilidad, junto a las demandas del cultivo a establecer. Por lo general, se recomienda como dosis de producción las presentadas en el Cuadro 13.

Cuadro 12. Principales gramíneas y leguminosas forrajeras recomendables para suelos con problemas de humedad

Nombre científico	Nombre común	Persistencia	Zona de adaptación	Asociación adecuada	Epoca de siembra	Dosis de siembra	Uso	Manejo	Limitaciones
<i>Lolium perenne</i>	Ballica inglesa. Ballica perenne	Perenne	CL: Centrosur con riego y llano central mediterráneo húmedo. SU: Franco a trébol rosado, ligeramente eventualmente arcillosos y lotera. húmedos pH: Levemente Ácido	OG: B. anual, rotación corta y festuca L: trébol blanco, trébol rosado, eventualmente lotera.	Pref. otoño	S: - A: T. blanco 15-25 kg/ha. Lotera 5 kg/ha MC: 10-15 kg/ha	P y C (He, En)	Residuo de 5 – 7 cm. Utilización antes espigadura	Altas temperaturas y sequías prolongadas
<i>Festuca arundinacea</i>	Festuca	Perenne	CL: mediterráneo árido y subhúmedo con riego. Mediterráneo húmedo y zonas frías. SU: Arenosos a arcillosos, drenaje pobre, ácido a alcalino	OG: Ballica, Póvillo. L: Trébol blanco, Trébol rosado, eventualmente alfalfa, Trébol subterráneo y trébol frutilla	Otoño. Eventualmente primavera	S: 15-30 kg/ha A: T. blanco 8-10 kg/ha T. rosado 12 kg/ha Alfalfa 10 kg/ha MC: 5-10 kg/ha	P y C (He, En)	Utilización frecuente para no afectar palatabilidad y valor neutro	Baja palatabilidad y lento establecimiento
<i>Holcus lanatus</i>	Pasto dulce Pasto miel	Perenne	CL: Mediterráneo húmedo SU: Húmedos a mal drenaje, ácidos	OG: Ballica (eventualmente) L: Trébol blanco y Lotera	Otoño. Eventualmente primavera	S: - MC: 5-8 kg/ha	P y C (He, En)	Utilización frecuente para no afectar palatabilidad	Baja palatabilidad

Continuación Cuadro 12.

Nombre científico	Nombre común	Persistencia	Zona de adaptación	Asociación adecuada	Epoca de siembra	Dosis de siembra	Uso	Manejo	Limitaciones
<i>Trifolium pratense</i>	Trébol rosado	2-3 años	CL: Templado con riego y mediterráneo húmedo SU: Francos, profundidad media, fértiles	OL: T. blanco, T. Ladino G: Ballica rotación corta, ballica perenne (sin altas temperaturas), pasto ovillo, festuca CE: preferentemente trigo	Pref. otoño	S: 10-20 kg/ha A: Ballica rotación corta 10-15 kg/ha MC: 38 kg/ha CE: 20 kg/ha	C (He, En) P	Uso: C y P altura máxima antes de floración. Pastoreo con cerco eléctrico	SU: ácidos, secias meteorizante.
<i>Trifolium repens</i>	Trébol blanco	Perenne	CL: Centrosur con riego, de transición y mediterráneo húmedo SU: Franco, francoarcillosos, pH: neutro a ligeramente ácido. Festuca y Pasto ovillo.	OL: Trébol rosado. G: Ballica perenne y rotación corta (sin altas temperaturas). Festuca y Pasto ovillo.	Otoño y temprano en primavera	S: - A: MC 36 kg/ha	Py eventualment C (He, En)	Pastoreo rotativo, arenosos. altura Sequia prolongada, Meteorizante	SU: Salinos
<i>Lotus sp.</i> (<i>L. corniculatus</i> , <i>L. tenuis</i> y <i>L. pedunculatus</i>)	Lotera, alfalfa chilotal	Perenne	CL: Llano central con riego y zona mediterránea húmeda, Secano costa y eventualmente seco interior y precordillera SU: Delgado arcilloso, mal drenaje, ácidos y salinos.	OL: Trébol blanco (eventualment costa y e). G: Festuca, Falaris, Ballica perenne	Otoño Eventualment e primavera (zona mediterránea húmeda).	PyC (He, En)	P y C rezago (7-10 cm) Utilización suave primavera templada	Difícil y lento establecimiento	

Clave: A: Asociada; C: Corte; CE: Cereales; CL: Clima; En: Ensilaje; G: Gramíneas; He: Heno; MC: Mezclas complejas; OG: Otras gramíneas; OL: Otras leguminosas; P: Pastoreo; S: Sola; SO: Soiling; SU: Suelos Fuente: adaptado de López (1996) y Balocchi y López (2001)

Cuadro 13. Dosis de fertilización (general) de producción recomendada a la siembra de pradera mixta permanente.

Nutriente	Unidades por ha
Nitrógeno (N)*	40 + 40 + 40
Fósforo (P ₂ O ₅)	60 a 150
Potasio (K ₂ O)	100 a 120
Azufre (S)	40 a 65
Magnesio (MgO)	30 a 60
Boro (B)	0,5 a 1

* Nitrógeno dividido en tres parcialidades: siembra, emergencia y macolla, ó siembra y posterior a cada pastoreo.

Fertilización nitrogenada. En un suelo mallín o ñadi con un buen sistema de drenaje, es necesario considerar con mucha atención la pérdida de nutrientes por percolación. Se ha comprobado que el nitrógeno se pierde con más facilidad en condiciones de suelo drenados (Scholefield et al 1991).

Debido a esto, la estrategia general es realizar una mayor frecuencia de aplicación con dosis más pequeñas y en la primavera.

Al momento de la siembra se debe considerar una dosis de 20-30 unidades de N para asegurara una provisión inicial de nitrógeno mientras el trébol no está en fase de fijación biológica de este elemento. Dosis mayores pueden provocar menor desarrollo de raíces en trébol blanco (Dumont, 1997 y Rodríguez et al, 2001).

Durante el otoño la respuesta a este fertilizante es de menor eficiencia, es decir, se obtiene menor producción de forraje por unidad de nitrógeno aplicada, comparada con el uso del nitrógeno en primavera, por lo que en general se recomienda evitar la fertilización nitrogenada en otoño. Sin embargo, en casos de requerimientos obligados de forraje se recomienda el uso de dosis bajas (20-25 unidades de N/ha) aplicadas a inicio de otoño (Dumont, 1997).

La fuente de nitrógeno es muy importante considerarla, debido a que estos son suelos ácido, y muchas fuentes son acidificantes, especialmente las más baratas. Por eso se presenta en el Cuadro 14, las distintas alternativas de fuentes de nitrogenadas y la reacción de los fertilizantes comúnmente utilizados en Chile.

Cuadro 14. Efecto acidificante o basificante (encalante) de productos fertilizantes nitrogenados y otros.

Producto	Composición	CaCO ₃ equivalente en exceso ó déficit			
		kgCaCO ₃ / kg N	Reacción	kgCaCO ₃ / kg N	Reacción
Salitre Na (SQMC)	16% N	1,80	(Encalante)	28,80	(Encalante)
Nitrato de potasio	13% N – 43 K ₂ O – 4% MgO	2,00	(Encalante)	26,00	(Encalante)
Nitrocal (Cargill)	15,5% N	1,57	(Encalante)	24,30	(Encalante)
Supernitro Mg (SQMC)	25%N – 4% MgO	0,17	(Encalante)	4,20	(Encalante)
Nitroplus (Cargill)	22% N – 7,5% MgO – 12% CaO	0,00	(Neutro)	0,00	(Neutro)
Supernitro (SQMC)	25% N	0,14	(Déficit)	3,50	(Déficit)
Notromag (Cargill)	27% N – 5% MgO – 7% CaO	0,87	(Déficit)	23,60	(Déficit)
Urea	46% N	1,80	(Déficit)	82,80	(Déficit)
Sulfato de amonio	20,5% N	5,35	(Déficit)	110,00	(Déficit)
Fosfato monoamonico	11% N – 52% P ₂ O ₅	5,00	(Déficit)	55,00	(Déficit)
Muriato de potasio	60% K ₂ O – 47% Cl	0,00	(Neutro)	0,00	(Neutro)
Sulfato de potasio	46% N	0,00	(Neutro)	0,00	(Neutro)
Sulfato de potasio y magnesio	22% K ₂ O – 22% S – 18% MgO	0,00	(Neutro)	0,00	(Neutro)
Superfosfato normal	22% P ₂ O ₅ – 12% S – 20% CaO	0,00	(Neutro)	0,00	(Neutro)
Superfosfato triple	46% P ₂ O ₅ – 1% S – 20%CaO	0,00	(Neutro)	0,00	(Neutro)

Fuente: Adaptado de Suarez (1996) y Tisdale et al (1985)

Del Cuadro 14 se desprende por ejemplo, que al utilizar la urea, que es uno de los fertilizantes nitrogenados más comunes en Aysén, se produce una acidificación, la cual para ser contrrestada necesita de 82,8 kg de carbonato de calcio por cada 100 kg de urea utilizada. Otra alternativa es usar fertilizantes de reacción neutra como Nitroplus. Idealmente en suelos ácidos se deben utilizar fertilizantes de reacción encalante como Supernitro Mg, Nitrocal o Salitre en cualquiera de sus formas

Otros elementos. Micro elementos tales como: cobre, hierro, molibdeno, manganeso, boro, zinc. La aplicación de estos nutrientes se decide tomando como base el resultado de los análisis de suelos y foliares que se realicen para monitorear la fertilidad del suelo (Dumont, 1997 y Rodríguez et al, 2001).

Manejo posterior a la siembra. Este tipo de praderas permanentes durante el primer año debe ser utilizada solo con animales livianos y cuando el suelo esté lo suficientemente firme para evitar daños en la pradera. Los primeros pastoreos se deben realizar cuando la ballica tenga 10-12 cm de altura y el trébol al menos 2-3 hojas trifoliadas (Dumont, 1997). Se debe tener presente que se debe sacar los animales del potrero si las nuevas plantas son arrancadas (Teuber, 1999).

Durante la primera temporada, no se recomienda rezago para conservación de forraje ya que estimula la dominancia apical (menos macollos por planta), y menos luz en la base de los tallos, factor que inhibe a los puntos de crecimiento. Todo esto da como resultado una pradera más abierta, de baja densidad y con muchos espacios abiertos (Dumont, 1997). La utilización de animales debe realizarse con alta presión de pastoreo para evitar la selección del forraje, manejo que se debe aplicar al menos durante el primer año (Teuber, 1999).

Obtención de una pradera permanente sin cultivo.

Esta segunda alternativa según Dumont (1997) se utiliza cuando:

- La condición del terreno impide el movimiento y laboreo del suelo ya que hay demasiados troncos enterrados, árboles caídos, exceso de junquillos, anegamiento excesivo por mala habilitación.
- Terrenos limpios, parejos y con cierta base forrajera, pero con ciertos problemas de fertilidad, acidez y falta de oxígeno principalmente
- No se cuenta con los recursos de maquinaria (propia o arrendada), para limpiar o financiar los cultivos.

Procedimiento

Antes de realizar cualquier labor de manejo de praderas, se asume que los drenes principales se construyeron anteriormente por lo que el suelo permite realizar labores de limpieza manual y en cierta medida el uso de maquinarias.

Habilitaciones. Se recomienda iniciar las labores de corte de limpieza, manual y/o mecánico durante el periodo de primavera-verano, cuando el suelo está firme y los trabajos se realizan en forma más eficiente. Una situación muy común, es la gran presencia de malezas arbustivas, junquillos y troncos enterrados. En estos casos, conviene realizar la construcción de los fosos matrices durante el otoño-invierno y posteriormente la limpieza manual y mecánica de las malezas arbustivas. El uso del implemento rotativo llamado comúnmente “rana” ha demostrado su utilidad en estos casos. Los restos de material cuando es excesivo, se juntan en montones a orilla de monte o en “bajos” del terreno.

Como resultado de la limpieza y foseadura, el suelo queda con una cubierta vegetal muy heterogénea, con muchos tallos leñosos, junquillos cortos (*Juncus* spp.), pocas especies forrajeras, algunos tipos de festucas (*Festuca* spp.), pasto miel (*Holcus lanatus*), chéptica (*Agrostis* spp.) y gran cantidad de malezas de hoja ancha.

Pastoreo. El pastoreo con cargas altas en primavera-verano con animales adultos, que tienen experiencia en pastoreo, pueden controlar las malezas, aunque es necesario realizar cortes de limpieza posteriormente.

Este sistema pese a ser lento tiene la ventaja de ser muy económico, de poca inversión y no requiere necesariamente de maquinarias.

Fertilización. Se debe realizar según los resultados de una muestras de suelos, tomada en Julio-Agosto, para contar con la información a tiempo para iniciar un programa de corrección y mantención de la fertilidad del suelo, siguiendo las pautas presentadas en el capítulo dedicado a este tema. Las fertilizaciones el primer año se realizan al voleo o con máquina si las condiciones de firmeza del suelo lo permite.

Incorporación de semillas forrajeras. La alta producción por hectárea se logra cuando el suelo está completamente cubierto con plantas, con alta densidad de macollos, de modo que es difícil encontrar suelo desnudo. Así la intercepción de la luz tiende al 100%. Esto unido a una fertilidad adecuada del suelo y la siembra de forrajeras adecuadas asegura el éxito.

Si el primer año no se ha podido corregir los problemas, se recomienda postergar la introducción de las semillas para el segundo año.

Sistemas de incorporación. Hay variados sistemas para siembra. El más simple consiste en la aplicación al "voleo" a mano o un implemento de uso manual denominado "Ciclón" con el que se consigue una mejor distribución de las semillas. Se recomienda aplicar las semillas antes de un pastoreo para así permitir que los animales cuando entren al potrero incorporen las semillas con el pisoteo. El suelo debe estar húmedo pero firme, lo que se consigue a principios de otoño y en primavera.

La siembra al voleo exige aumentar las dosis de semilla a 35 kg en ballicas de rotación y en caso de ballicas perennes, 25 kg/ha. Por esta razón, y solo por las primeras temporadas, se podrían utilizar semillas provenientes de los semilleros propios o de la zona para después introducir variedades certificadas cuando la condición de suelo lo permita. Otro sistema de siembra es con maquinaria, en que se puede mezclar la semilla con el fertilizante.

Manejo del pastoreo en sectores con malezas arbustivas. Inicio de pastoreos. Los pastoreos se inician tan pronto el potrero está implementado con cercos y bebederos. Durante las primeras etapas, los animales son usados como limpiadores y controladores de los residuos vegetales.

Debido al bajo valor forrajero de la vegetación existente se deben utilizar animales

adultos de bajos requerimientos, vacas secas, caballos, vaquillas, ovejas, caprinos, son buenas alternativas.

Los animales son capaces de consumir los rebrotes arbustivos y de junquillos si se les obliga, además, con el pisoteo se destruyen los puntos de crecimiento de las malezas. Estos manejos unidos a la mayor cantidad de oxígeno en el suelo que desplaza a las malezas, a la fertilización y nuevas especies forrajeras incorporadas, permiten la obtención de una buena pradera en un plazo moderado de tiempo, vale decir entre uno y tres años.

Establecimiento de pradera en terrenos limpios y parejos.

Según Dumont (1997), cuando se ha drenado un suelo parejo, con una base forrajera deficiente pero susceptible de mejorar con manejo, es conveniente seguir el siguiente programa:

- a) Tomar muestras de suelo para análisis.
- b) Definir las especies de malezas de hoja ancha más importantes.
- c) Aplicar un herbicida para su control.
- d) Fertilizar según análisis del suelo.
- e) En la segunda temporada, se puede regenerar la pradera con la ayuda de un supresor momentáneo de las gramíneas resistentes sin eliminarlas. Para estos efectos, se aplica 300 cc/ha de un producto comercial basado en Glifosato (i.a.) antes de la regeneración y con la pradera bien pastoreada en épocas de gran crecimiento (septiembre-octubre), resulta de singular utilidad. Con esto se consigue anular el crecimiento, por unos días, de las especies gramíneas residentes (chépica, pasto miel), permitiendo que las plantitas regeneradas compitan ventajosamente y al mismo tiempo, puedan hacer una buena contribución en producción durante los primeros años.

La chéptica y otras gramíneas desaparecen en la medida de se fertiliza e incorporan otras especies por lo que no se deben constituir en una preocupación. Al contrario, durante las primeras etapas de la pradera, son un importante apoyo a la producción ya que responden bien a las fertilizaciones.

La incorporación de semillas se puede realizar en la temporada siempre que las condiciones de fertilidad del suelo lo permita. Normalmente esto requiere de mayores costos de fertilización, enmiendas y maquinaria. También en estos casos, se requiere de la aplicación de herbicidas para malezas de hoja ancha incorporado simultáneamente.

Capítulo 5

Manejo invernal de la pradera
y el rebaño

Manejo invernal de la pradera y el rebaño.

Pisoteo – compactación

El pisoteo por animales o el tránsito de maquinaria agrícola en condiciones de alta humedad, especialmente en suelos arcillosos, reducen el espacio poroso y compactan el suelo. Esto afecta el desarrollo de las raíces y la producción de forraje (Ellies, 1985).

Medidas preventivas

Para prevenir la compactación se recomienda disminuir las intensidades de pastoreo durante el invierno, y evitar el uso de maquinaria en esta época. Favorecer el pastoreo con animales livianos y hacer las rotaciones más rápidas, es decir, que los animales permanezcan menos tiempo en los potreros y obviamente, mantener a los animales en los sectores secos, dejando en descanso los sectores húmedos (Dumont, 1997 y Climo, 1985).

El tipo de animal tiene distintos efectos en la compactación. Por ejemplo, un vacuno adulto ejerce una presión estática mayor que una oveja (Ellies, 1999).

Realizar prácticas de manejo que mejoren la infiltración de los suelos, como lo es estimular la presencia de lombrices y/o estimular la presencia de trébol blanco, lo que mejora estas propiedades del suelo (Mytton, 1993).

Una alta población de plantas y macollos en la pradera contribuye a mejorar la resistencia físico-mecánica del suelo y evita así su deformación ya que la pradera con estas características provee una protección física del suelo, las raíces en el suelo aumentan la resistencia al corte y la capacidad de carga (Baver et al, 1973). Sin embargo, las especies forrajeras difieren en su resistencia al pisoteo y la sobrevivencia y por lo tanto, a la protección que dan al suelo. Por ejemplo, Edmond (1964) citado por Patto, (1978), encontró que el pisoteo provocado por las ovejas, redujo la producción de forraje de la ballica perenne en un 39 % comparado con 49 % para la *Poa annua*, 52 % para trébol blanco y 57 % para pasto ovillo.

Las praderas de chéptica y otros pastos naturalizados, mantienen una buena cubierta con alta intensidad de macollos y estolones lo que es una gran ventaja en este tipo

de praderas, sobre todo en sectores de lomajes. En este sentido, una pradera con especies de alta producción tiende a ser más abierta, dando menor protección al suelo debido a su menor densidad, al igual que las praderas nuevas (Dumont, 1997 y Climo, 1985).

Las praderas densas transpiran más y remueven agua de los 10 cm de suelo (Dumont, 1997). Se debe tener precaución en suelos con excesiva materia orgánica ya que hay mayor capacidad de retención de agua por lo tanto, menor resistencia a la compresión y al corte (Ellies, 1999).

Las estadias prolongadas del rebaño en un potrero son peligrosas ya que al comenzar el pastoreo el pasto alto protege más el suelo, sin embargo, en la medida que pasa el día, se va eliminando esta cubierta y aumenta el daño, más aún si los animales tienen que moverse para buscar agua, protección o suplementación. Por lo tanto, una vez terminado el pasto en la pradera los animales se deben retirar del potrero (Dumont, 1997 y Climo, 1985).

Al suplementar con heno o ensilaje en el potrero sin comederos, es importante que la distribución del suplemento sea ordenada, iniciándose desde algún sector del potrero (por ejemplo desde el fondo), de modo de formar un largo "comedero" natural. Al día siguiente se suplementa a lo largo y al lado del sitio anterior y así sucesivamente, lográndose una mejor distribución de fecas, orina y un menor daño a la pradera.

Las praderas de pastoreo tienden a ser más cerradas, es decir, cuentan con una mayor cobertura o densidad de plantas, dado por un estímulo de macollaje al tener menor dominancia apical y mayor cantidad de luz sobre los puntos de crecimiento, ofreciendo más protección al suelo (Dumont, 1997).

Dado que en las praderas rezagadas se inhibe el desarrollo de macollos, se recomienda no dejar el mismo potrero para rezago, sino que alternarlos entre pastoreo y cortes.

Medidas correctivas

Cuando ha ocurrido la compactación en suelos drenados por efecto de pisoteo, es importante devolver la buena estructura a través de labores de suelo superficial o con sub-soladores, ya sea de zapatas o rodones con clavos (Slitting). La utilización de cualquiera de estas técnicas, requiere necesariamente que exista una red de drenaje ya instalada antes de utilizar estos implementos para airear el suelo (Dumont, 1997 y Horne and Hooper, 1990).

El daño a la pradera por pisoteo puede recuperarse mediante la incorporación de semillas de forrajeras y fertilización.

En la región los mayores requerimientos de forraje se producen a fines de invierno - principios de primavera. Para esto, debería contarse con potreros preparados para recibir los animales a pastoreo directo al menos por unas horas. En estos casos donde el drenaje cumple una función preponderante ya que permite ingresar a los potreros y hacer uso del forraje el cual en un potrero no drenado, se debe esperar hasta que baje la napa de agua. En este sentido, Climo (1985), indica que en un potrero sin drenaje no se pudo pastorear durante 88 días. Sin embargo, el drenaje permitió acortar este periodo sólo a 10 días bajo las condiciones del estudio. Esto resulta de gran importancia ya que permite adelantar las actividades de fertilización, inicio de pastoreos y bajar los costos de producción (Dumont, 1997 y Climo, 1985).

Se debe mantener un sistema flexible de manejo del pastoreo de acuerdo a las condiciones climáticas. En tiempos de lluvia los animales deben ser sacados de los potreros y llevados a sectores secos, caminos, etc. y ser suplementados (Horne and Hooper, 1990).

Por otro lado, se debe disminuir la presión de pastoreo reduciendo las cargas instantáneas, es decir, el número de animales que simultáneamente pastorean en una cierta área. Otra alternativa es pastorear pocas horas, y luego sacar a los animales y llevarlos a otros potreros por el resto del día, en combinación con potreros de sacrificio, caminos, etc. También es útil el aumentar la rapidez de la rotación con permanencias más cortas en los potreros (Dumont, 1997 y Horne and Hopper, 1990).

Además, los manejos que tienden a "abrir" las praderas deben ser evitados, por ejemplo, plantas de hábito erecto fertilizadas con nitrógeno en dosis alta y usadas en sucesivos rezagos para conservación.

Construcción de patios de alimentación.

En predios de topografía plana y limitación de drenaje, se hace inminente contar con algún tipo de plataforma, patio simple, caminos firmes o galpones sin uso, etc. para suplementar y/o mantener animales durante los días en que las napas de agua están cerca de la superficie por lo tanto el potrero debe estar cerrado sin animales (Dumont, 1997 y Horne and Hooper, 1990).

Los silos deben quedar lo más cerca posible de estos patios para facilitar las labores en invierno y que no necesariamente deben estar cerca de la sala de ordeña. Bajo ciertas condiciones de predios largos con problemas de callejones que se utilizan durante el invierno, estos patios pueden construirse en lugares estratégicos en la mitad y/o al final del predio y con los silos cercanos.

En la construcción de un patio se debe considerar el manejo de los efluentes tanto de

los ensilajes como de los purines en invierno. En predios planos donde no es posible construir pozos purineros bajo el nivel del suelo, la alternativa es tratar de profundizar lo máximo posible y con el material obtenido, construir una muralla en altura. Con esto, el nivel de los purines quedará más alto que el patio por lo que obligadamente se recurre al uso del equipo purinero para bombear los efluentes al nivel superior del pozo (Dumont, 1997).

Manejo de pastoreo considerando las napas de agua y la lluvia.

Se considera que un buen indicador para el manejo del rebaño, lo constituye la observación frecuente de la profundidad de las napas de agua. El daño provocado al suelo y la pradera, está en directa relación a la precipitación y a la altura de la napa de agua en el perfil del suelo.

Por ejemplo, Horne and Hooper (1990), indican que en un suelo franco limoso pastoreado por vacas se causará un significativo daño a la pradera si la napa de agua está a 25-30 cm de profundidad o han caído 2-5 mm de lluvia siendo este problema mayor en suelos arcillosos.

Para decidir cuando sacar los animales del potrero, se usa la técnica del "medidor de napa" como el que se indica en la Figura 15.

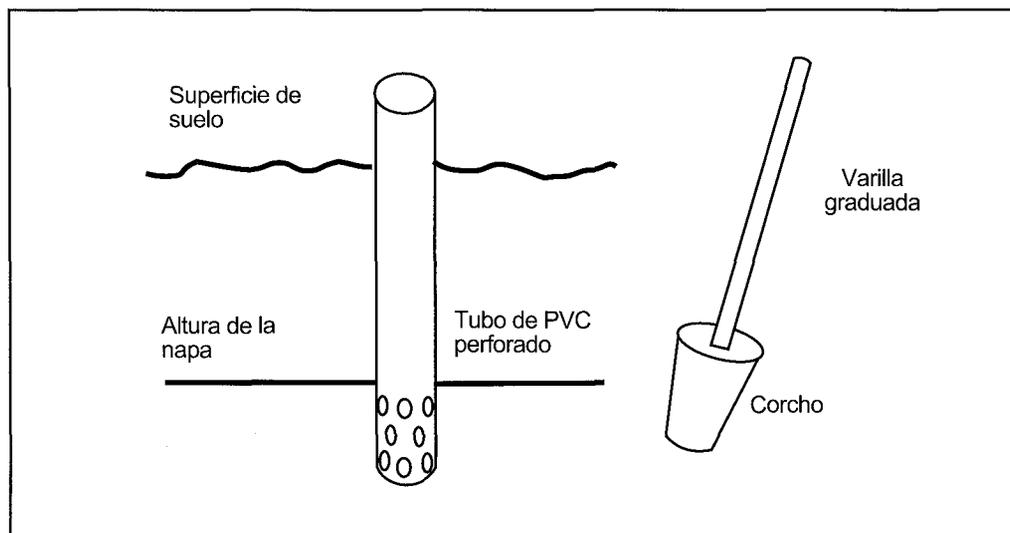


Figura 15. Tubo perforado y varilla para medir la altura de la napa de agua (Fuente: Horne and Hooper, 1990)

Por ejemplo si la napa está más abajo que 25 cm, los animales pueden seguir pastoreando. Si la napa empieza a subir, los animales son retirados del potrero.

Fertilizaciones muy tempranas a fines de invierno pueden estimular y acelerar el desarrollo de la pradera y obligar así, a pastorear potreros con problemas de napas altas. Por esta razón se recomienda realizar las fertilizaciones sólo cuando las napas van profundizando y las temperaturas van en aumento. Además, como se indicó anteriormente, en sectores drenados la fertilización debe realizarse cuando las probabilidades de lluvia van en disminución (Horne and Hooper, 1990). Estas fechas varían de acuerdo con las zonas pero en general la primera aplicación de fertilizante se recomienda a principios de septiembre en los Mallines en Aysén.

Subsidencia.

Se conoce que un efecto paralelo al drenaje al bajar las napas de agua, es la subsidencia del terreno en suelos con gran contenido de materia orgánica. Esto se produce por la oxidación de la materia orgánica. Para atenuar este efecto, se recomienda el manejo de las alturas en las napas, principalmente en épocas de mayor calor mediante el uso de compuertas (Dumont, 1997 y Ellies 2001).

Capítulo 6

Pérdidas de nutrientes en suelos
drenados

Pérdidas de nutrientes en suelos drenados.

En un suelo bien drenado, aumentan las posibilidades de pérdida de nutrientes por lixiviación.

Esto es de gran importancia en la zona donde la pluviometría es alta y la responsabilidad de evitar dicha lixiviación, recae en el manejo de fertilización, aplicación de purines y estiércoles.

La pérdida de nutrientes representa dos problemas:

- a) Ineficiencia de uso de estos nutrientes lo que aumenta los costos de producción.
- b) Contaminación de cursos de agua, lagos y océano.

Pérdidas de nitrógeno

El elemento más expuesto, es el nitrógeno, principalmente en su forma nítrica. El amonio, por ser un catión, está menos expuesto a perderse del perfil del suelo. Esta pérdida de nitrógeno por percolación y arrastre de nutrientes, ha llegado a ser tres veces superior en suelos drenados que en un suelo sin drenaje.

En Inglaterra se encontró que en el agua de drenaje de suelos fertilizados con nitrógeno en dosis de 200 kg/há/año, se perdían 58 kg por año en el potrero drenado comparado con 17 kg/há al año en el no drenado. En las parcelas que no se aplicó nitrógeno, las pérdidas fueron de 2 kg/ha/año para el sector no drenado y 5 kg/há/año en el drenado (Tyson y otros, 1993).

Pero no solamente pérdidas por percolación ocurren en los suelos drenados. Tyson y otros, (1993), también se refieren a las pérdidas de N que ocurren por desnitrificación. Ellos midieron en praderas permanentes no drenadas, pérdidas de nitrógeno por desnitrificación equivalentes al doble del fertilizante aplicado. Cuando no se aplicó nitrógeno, prácticamente no se detectaron pérdidas por desnitrificación. Esto significa que al entrar el invierno el nitrógeno sobrante en un suelo tiene la posibilidad de perderse por drenaje o perderse por desnitrificación.

La **desnitrificación** es la transformación de nitrato (principalmente) en nitrógeno

elemental (N_2) y óxidos de nitrógeno (N_2O , NO ó NO_2), esta es realizada por acción microbiana en condiciones de suelo saturado (condiciones reductoras). La magnitud de estas pérdidas es muy variable y depende de la cantidad de agua presente en el suelo (Finck, 1985).

Estas pérdidas las presentan claramente Scholefield y otros (1991), en la Figura 16.

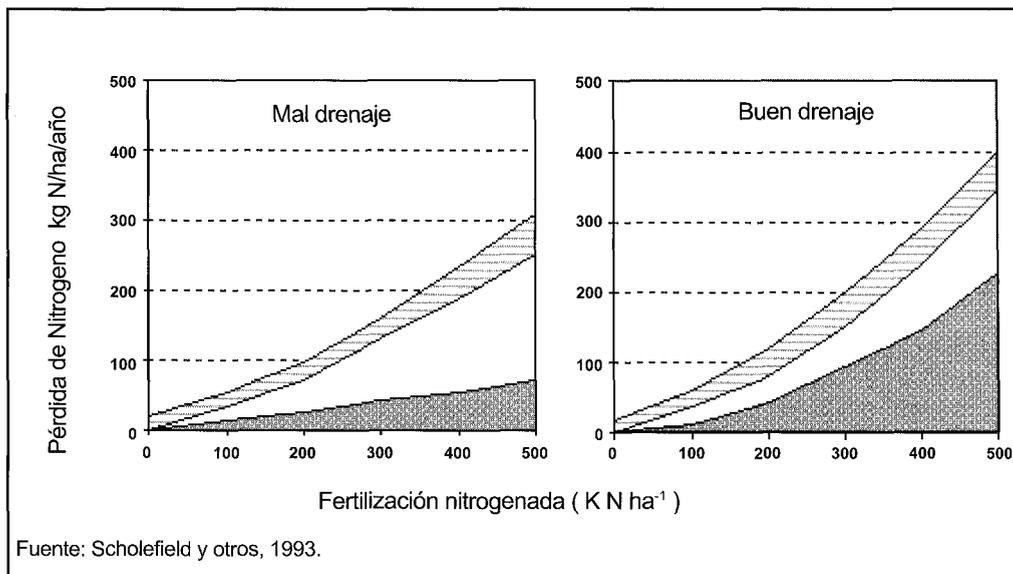


Figura 16. Relación entre la tasa de fertilización aplicada y el monto total de N perdido (volatilización amoniacal + Desnitrificación + lixiviación) influenciado por el grado de drenaje.

Como se observa en la Figura 16, las cantidades de nitrógeno aplicadas son mucho mayores a las normales utilizadas en nuestra zona.

Esto es más importante de considerar, en suelo con pendientes suaves o moderadas y que tienen problemas de drenajes como es el caso de Chiloé y Aysén. Para disminuir los problemas de pérdidas de nitrógeno se recomienda (Dumont, 1997):

- Realizar aplicaciones de nitrógeno más frecuentes y en dosis que no superen las 50-60 unidades/há/aplicación
- Aplicación durante la época de primavera.
- No aplicar en invierno.
- No aplicar a praderas recién pastoreadas. Es necesario esperar el rebrote antes de la aplicación.

Pérdidas de fósforo en aguas de drenaje

Cuando hay ausencia de oxígeno en el suelo, el fósforo está asociado a hierro (Fe) en la forma de $\text{Fe}(\text{PO}_4)$ fósforo ferroso que es soluble en agua. Así, la solución acuosa del suelo es más rica en fósforo el que puede perderse con el agua de drenaje. Este efecto se ha demostrado en otros países. Así como se demuestra en la Figura 17, después de cada lluvia aumenta la concentración del fósforo en el agua, indicando que se produce arrastre y pérdida de este elemento.

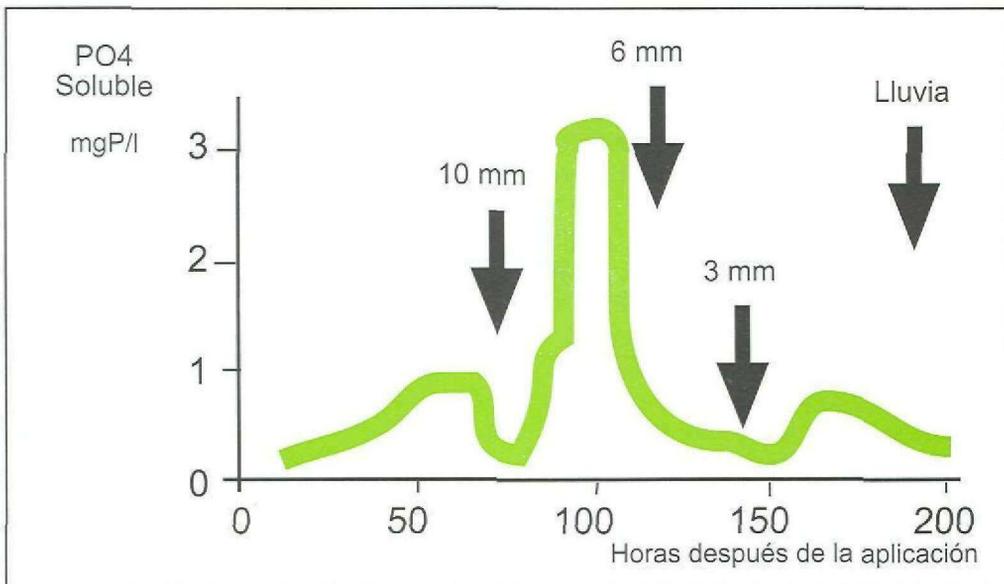


Figura 17. Efecto de la aplicación de purines y de la lluvia en el contenido de fósforo en el agua de drenaje (Fuente Gracey, 1986, citado por Dumont, 1997).

Otra evidencia proviene de Francia donde se encontró pérdidas de fósforo en aguas de drenaje (Cuadro 15) cuando se fertilizó con 29,6 kg/há de P (ISMA, sin año, citado por Dumont, 1997).

Cuadro 15. Pérdidas de fósforo en aguas de drenaje en algunos cultivos

Cultivo	No fertilizado Kg/há/año	Fertilizado Kg/há/año
Maíz	0.13	0.24
Avena y Alalfa	0.13	0.13
Praderas permanentes	0.01	0.12

Fuente: ISMA (Sin año, citado por Dumont, 1997).

También estas pérdidas se producen al erosionarse el suelo por arrastre de partículas conteniendo los minerales. En la Figura 18, se muestra este efecto por escurrimiento superficial en una pradera fertilizada en dos épocas del año en sectores de lomajes (Thorrold y otros, 1995).

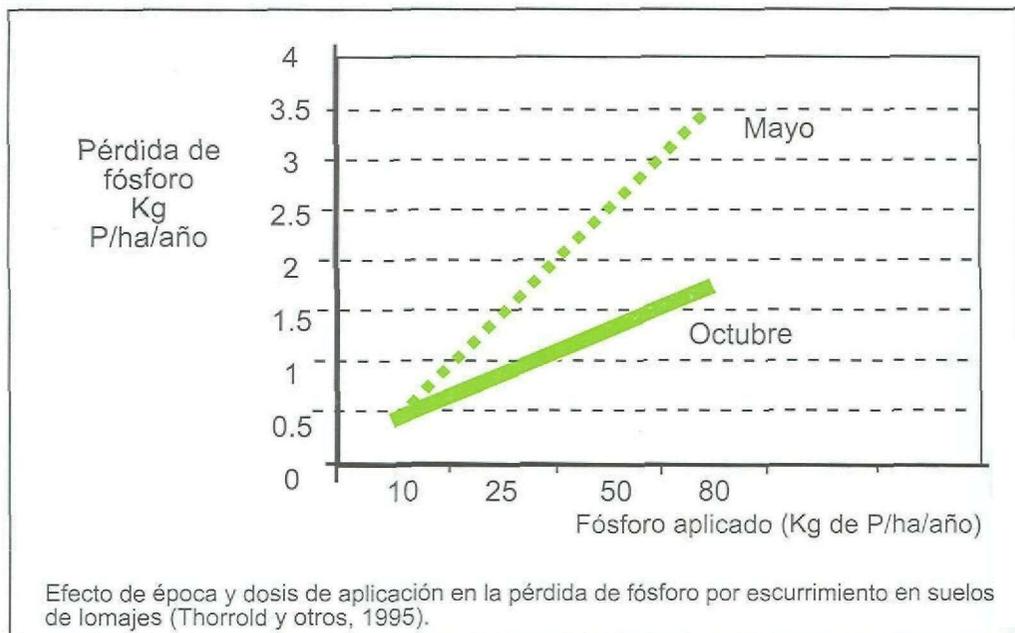


Figura 18. Pérdida de fósforo por escurrimiento superficial en dos épocas del año.

Sin embargo, en Aysén no existe información al respecto y aunque no se puede descartar la posibilidad de pérdidas, éstas serían más difíciles dadas las características de suelo volcánicos fijadores de fósforo. Para que se produzcan pérdidas, la capacidad de fijación debería estar saturada, por lo que a mayor contenido de fósforo en el suelo junto a fertilización más altas, aumentarían las probabilidades de pérdidas por drenaje.

Pérdidas de Potasio

El potasio es susceptible a ser perdido por percolación de aguas de drenaje. La cantidad puede ser calculada utilizando la pluviometría multiplicado por la concentración de potasio en el agua de drenaje. En Nueva Zelandia, Campkin (1985) obtuvo promedios para distintos tipos de suelo. Por ejemplo, en suelos arenosos y orgánicos, la concentración de potasio en las aguas de

drenaje encontrada fue de 4 ppm. En cambio en otros tipos de suelo, este valor fue de 2 ppm.

En la zona sur, no hay información al respecto y si se utilizaran los parámetros indicados anteriormente, las pérdidas serían de 30 kg de potasio/há/año.

Otros autores en Nueva Zelandia (Williams y otros 1990), han realizado cálculos en algunos predios, encontrándose pérdidas en aguas de drenaje que van entre 11 y 19 kg/há/año de potasio.

Estas pérdidas de potasio, están relacionadas también al uso de la cal. Se ha encontrado, que al aplicar cal, se estimula la pérdida de aquel potasio que ya estaba en el suelo. Sin embargo, el uso de cal en dosis bajas, reduce las pérdidas del potasio aplicado después del encalado (Black y Phillips 1985, citados por Dumont, 1997). Esto resulta muy interesante ya que los suelos ñadis y en general los con drenaje deficiente en nuestra zona, tienen alto grado de acidez.

Para reducir estas pérdidas, se recomienda aplicaciones divididas para evitar las altas concentraciones de potasio en plantas y así disminuir las pérdidas a través del animal. Un nivel adecuado de potasio para una pradera de ballica-trébol blanco, es de 2.0 a 2.5 % de potasio en la materia seca de la planta. Sin embargo en Aysén se ha encontrado valores de 3.0 a 4.0 %. Esto significa una excesiva oferta de potasio en el suelo provocando así, una absorción excesiva por parte de la planta, aumentando las pérdidas por reciclaje a través del animal.

Pérdidas de Azufre

Otro nutriente factible de percolarse es el azufre, debido a la facilidad de lixiviación del sulfato(SO_4^{2-}). En Nueva Zelandia se recomienda estimar la deficiencia de S en los suelos sobre la base de resultados de análisis del suelo (según CNA, 1998), muestreado a una profundidad de 0-75 mm, y un índice de lixiviación que estima la susceptibilidad de pérdida de sulfato por lixiviación (Sadzawka, 1999).

El índice de lixiviación de sulfato se determina usando tres parámetros (Cuadro 16)

- La retención de sulfato del suelo superficial, que está estrechamente relacionado y se determina con la retención de fosfato a la profundidad de 0 – 75 mm de suelo.
- La suma anual del agua lluvia y de riego.
- El movimiento del agua en el suelo.

Cuadro 16. Índices de lixiviación de sulfato usados en Nueva Zelanda. Adaptado de Jones (1986, citado por Sadzawka, 1999).

LLuvia + riego mm/año	Movimiento del agua en el suelo					
	Lento			Libre		
	Retención de fosfato %					
	Baja <60	Media 60-85	Alta >85	Baja <60	Media 60-85	Alta >85
<500	2	1	0	3	2	1
500-750	3	2	1	4	3	2
750-1.500	4	3	2	5	4	3
>1.500	5	4	3	6	5	4

Los índices de lixiviación de S se interpretan bajo las condiciones de Nueva Zelanda como se indica en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Interpretación de los índices de lixiviación de S en Nueva Zelanda. Adaptado de Jones (1986, citado por Sadzawka, 1999).

Índice de lixiviación de Sulfato	Lixiviación	
	Invierno	Verano
0, 1, 2	no hay	no hay
3	débil	no hay
4	severa	no hay
5	completa	débil
6	completa	severa

El índice de lixiviación de sulfato permite estimar las necesidades de análisis de suelos y la época de la toma de las muestras, especialmente cuando se ha fertilizado con S. En general, el muestreo debe hacerse después de 3 meses o más de la aplicación de S. En suelos con índices de 0 o 2, el muestreo puede hacerse una vez al año y en cualquier época del año. En los suelos con índices de 3 a 6, el muestreo en otoño permite estimar la disponibilidad de sulfato durante la temporada de cultivo, pero puede haber pérdidas importantes de S durante el invierno. En este caso, el análisis de suelo realizado a fines de invierno o principios de primavera proporcionará una mejor estimación del S disponible para la próxima temporada (Sadzawka, 1999).

Capítulo 7

Conclusiones

Conclusiones

En la Región de Aysén existen 422.375 ha afectadas por problemas de mal drenaje, de las cuales una superficie no despreciable (67.208 ha) podría ser intervenida, de tal forma de incorporarlas a la actividad agropecuaria, provocando importante impacto en la producción de la Región, especialmente en la Zona Húmeda.

Teniendo presente que existen distintos orígenes de los problemas de mal drenaje, se deben adecuar las soluciones a cada una de ellos, al momento de pensar en implementar una obra de drenaje.

Existen distintas alternativas para la implantación de una pradera, las que asociadas a adecuados manejos agronómicos tanto de fertilidad como de manejo del rebaño, asegurarán una producción de calidad permanente en el tiempo.

Se requieren fuertes inversiones de capital para habilitar un suelo con problemas de drenaje en gran parte de la región, por lo cual la recuperación del capital será en el mediano o largo plazo

Literatura citada

Bibliografía.

- BALOCCHI, O. Y LOPEZ, I.** 2001. Rol de las especies pratenses nativas y naturalizadas en las praderas permanentes del sur de Chile. Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA), XXVI Reunión Anual, Santiago, Chile. p 285 - 299.
- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H. Y GARDNER, W. R.** 1973. Física de suelos. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana. México 12, D. F. México. 523 p.
- CAMPKIN, R.** 1985. Model for calculating potassium requirements for grazed pastures. New Zealand Journal of Experimental Agriculture. Volumen 13 N° 1 p 27-38
- CLIMO, W. J.** 1985. Winter Management: Importance of Drainage. In: Dairyfarming Annual, Department of Animal Science, Massey University. p 77-83.
- CNA.** 1998. Azufre. Manual de técnicas y procedimientos para el análisis de suelos y tejidos vegetales. Comisión de Normalización y Acreditación, Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. 2 p.
- CONTRERAS, C.** 2003. Producción de praderas en mallines drenados. Coyhaique, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín N° 107, 58 p.
- CRUCES, P; CERDA, J y AHUMADA, M.** 1999. Guía para los pastizales de la ecorregión templada húmeda de Aysén. Proyecto FNDR-SAG XI Región de Aysén. Levantamiento para el ordenamiento de los ecosistemas de Aysén. Departamento de protección de los recursos naturales renovables, SAG. Coyhaique, Chile. 137 p.
- DUMONT L., JUAN C.** 1997. Agronomía en suelos con obras de drenaje. Estudio de investigación y validación de tecnología de drenaje en la IX, X y XI Regiones. Comisión Nacional de Riego – Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Osorno, Chile. 20 p
- ELLIES SCH., A.; GAYOSO A., J. Y VELASQUEZ U., M.** 1985 Efecto de pastoreo sobre la resistencia al corte en un suelo Dystrandept y Palehumult. Agrosur 13 (2).p 84-90.

- ELLIES, A.** 1999. Manejo físico del suelo. En Curso de Capacitación para Operadores del Programa de Recuperación de Suelos Degradados. Serie Remehue N° 71. p. 70-92.
- ELLIES, A.** 2001. Cambios de las propiedades físicas del suelo en condiciones de drenaje. En Boletín N° 17, Sociedad Chilena de la ciencia del suelo. p. 66-72.
- FINCK, A.** 1985. Fertilizantes y fertilización. Editorial Reverté S.A. Barcelona, España. 439 p.
- HORNE, D. J. AND HOPPER, M.** 1990. Some aspects of winter management of "wet" soil. In Dairyfarming Annual. Departament of Animal Science. Massey University. p 90-94.
- ICC – CONIC INGENIEROS CONSULTORES LTDA.** 1993. Investigación de zonas de mal drenaje XI Región. Departamento de estudios y planes. Dirección de riego. Ministerio de Obras Públicas, Santiago, Chile. Tomo I, 289 p.
- IREN - CORFO,** 1979. Perspectivas de desarrollo de los recursos de la región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo, Suelos y erosión. Santiago, Chile. Tomo I, 113 p.
- LOPEZ T, H.** 1996. Especies forrajeras mejoradas. In: I. Ruiz (Ed.). Praderas para Chile (2ª Ed.). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. p. 41 – 108
- MYTTON, L. R.; CRESSWELL, A. AND COLBOURN, P.** 1993. Improvement in soil structure with white clover. Grass and Forage Science, Vol48, p 84-90
- PATTO, P; CLEMENT C. AND FORBES, T.** 1978. Grassland poaching in England and Wales. The Grassland Research Institute. Agricultural Development and Advisory Service. U.K.
- PINOCHET, D.** 1999. Fósforo y necesidades de fertilización fosfatada. En Curso de Capacitación para Operadores del Programa de Recuperación de Suelos Degradados. Serie Remehue N° 71. p 57 - 69.
- PINICHET, D.** 1996. Producción Animal. Estrategias de fertilización fosforada en praderas. XI Curso de Actualización. Facultas de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia. CHILE. p 177-198.

- RODRIGUEZ, J.** 1993. La fertilización de los cultivos, un método racional. Central de publicaciones de la Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 291 p.
- RODRIGUEZ, J; PINOCHET, D. Y MATUS, F.** 2001. Fertilización de los cultivos. LOM Ediciones. Santiago, Chile. 117 p.
- ROJAS, R.** 1984. Drenaje Superficial en Tierras Agrícolas. Serie Riego y Drenaje. CIDIAT. Venezuela. 96 p.
- SADZAWKA, A.** 1999. Manual de azufre en suelos y plantas. En Curso de Capacitación para Operadores del Programa de Recuperación de Suelos Degradados. Serie Remehue N° 71. p. 116 – 130.
- SALGADO, L. Y ORTEGA, L.** 2001. Drenaje en suelos Agrícolas. Temuco Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 67 p.
- SCHOLEFIELD, D.; LOCKYER D.; WHITEHEAD, D. AND TYSON, K.** 1991. A model to predict transformations and losses of nitrogen in U. K. pastures grazed by beef cattle. Plant and Soil 132: 165-177.
- SUAREZ, D.** 1996. Producción Animal. Acidificación de suelos y usos de fertilizantes nitrogenados. XI Curso de Actualización. Facultades de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia. CHILE. p 145-176.
- TEUBER, N.** 1996. La pradera en los suelos ñadi de la X Región. En: I. Ruiz (Ed.). Praderas para Chile (2ª Ed.). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. p. 545-553.
- TEUBER, N.** 1999. Establecimiento y regeneración de praderas. En Curso de Capacitación para Operadores del Programa de Recuperación de Suelos Degradados. Serie Remehue N° 71. p. 149 – 166.
- TEUBER, N.** 2001. Establecimiento y regeneración de praderas permanentes. En: Curso de Capacitación para Operadores del Programa de Recuperación de Suelos Degradados. Indap, Décima Región. Serie Actas N° 2. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. p. 76 – 95.
- THORROLD, B.; CRUSH, J. AND COPPER, A.** 1995 Fertilisers and water quality –

can fertile land produce clear water? Proc. NZ Fert. man. Res. Assoc. Conference. New Zealand.

TISDALE, S. y NELSON, W. 1975. Soil fertility and fertilizers. Cuarta Edición. Macmillan publishers Company. New York. EE.UU. 754 p.

TYSON, K. C.; STONE, A. C. AND HAWKINS, J. M. B. 1993. The AFRC/ADAS drainage experiment at North Wyke, Devon (1982-93). Institute of Grassland and Environmental Research. p 1-32.

WILLIAMS, P. H.; GREGG, P. E. H. AND HEDLEY, M. J. 1990. Losses of Potassium from grazed dairy pastures. In: Proceedings of the New Zealand Grassland Association 52: 187-190