EFECTOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE AGUA SUBSUPERFICIAL EN LAS CONDICIONES HIDRICAS, EDAFICAS Y DE VEGETACION DE UN MALLIN DE LA PATAGONIA

Salomone Jorge, Nakamatsu Viviana, Berón Ricardo, Buono Gustavo y Schenkel Ricardo [1]

RESUMEN

Los mallines son zonas estratégicas, por lo cual se busca ampliar estas superficies con el manejo del agua mediante conducciones en curvas de nivel. Este trabajo evalúa la incidencia de la derivación de agua y riego subsuperficial sobre parámetros hídricos, edáficos y de vegetación del mallín. El manejo hidrológico propuesto influenció 50 metros en forma perpendicular al canal, elevando la napa freática, la humedad superficial y la producción vegetal. Sin embargo hay varios elementos que deben continuar evaluándose para evitar el deterioro de los recursos naturales por dicha práctica.

Palabras clave: mallín, manejo hidrológico, sustentabilidad.

ABSTRACT

Meadow is strategic areas, thus farmers look for extend these surfaces with the water management through contour conductions. This work evaluates the incidence of the water derivation and subsuperficial irrigation on hydric, edaphic and vegetational parameters of meadow. This hydrological management influenced 50 meters across the channel, increase water table, soil superficial humidity and the vegetation production. Nevertheless several elements must be evaluated to avoid damage of natural resource by this practice.

Key Words: meadow, hydrologic management, sustainability

INTRODUCCIÓN

Los mallines en la región patagónica son zonas estratégicas para el desarrollo productivo debido a que tienen una producción forrajera 20 a 30 veces superior a la meseta árida que la circunda. La superficie total estimada ocupada por mallines es de 1.5 % lo que representa para la región 1 millón de hectáreas. Al ser zonas de alta productividad y no estar separados de la meseta árida que los circunda estuvieron sujetos a una excesiva presión de pastoreo lo que originó la degradación de los mismos. El sobrepastoreo aumenta las pérdidas de agua en los mallines, tanto por evaporación debido a la reducción de la cobertura vegetal como por drenaje y escurrimiento debido a la aparición de cárcavas.

La productividad se ve restringida por un déficit de humedad edáfica durante el verano. Los productores buscaron ampliar estas superficies de alto valor forrajero con el manejo del agua. Esto ha llevado a sistematizaciones para riego mediante técnicas que procuran distribuir el agua por medio de conducciones en curvas de nivel. Para ello se utilizan las vertientes, arroyos temporarios u ojos de agua que se originan por las lluvias invernales. Se riegan terrenos con su vegetación natural, sin realizar grandes movimientos de tierra para emparejar. También esta practica se utiliza para revertir la degradación de suelos en aquellos mallines que han desarrollado cárcavas que ofician de drenaje del agua.

Esta práctica es compatible con la producción extensiva de la región ya que no requiere incorporación permanente de mano de obra ni grandes gastos de mantenimiento. Se eligen terrenos con pendientes entre el 2 y 10 % según las características del suelo. El

[1] ESTACION EXPERIMENTAL AGROPECUARIA INTA CHUBUT. Casilla de correo 88 (9100) Trelew – Chubut – Argentina. email: jsalomone@chubut.inta.gov.ar

agua comienza a correr en primavera y continua hasta el otoño y muchas veces continúa corriendo por el canal durante todo el año. El énfasis está puesto en prolongar por mayor tiempo la humedad del suelo y consecuentemente ampliar el período de utilización del pastizal. La aplicación de esta práctica, sin embargo, generó en muchos lugares la aparición de síntomas de degradación como manchas de sales, suelo descubierto, vegetación higrófila, etc.

En el mallín se diferencian tres zonas: la zona de contacto entre el mallín con la estepa donde predominan los coirones amargos, la zona de periferia del cauce donde predomina el coirón blanco y la zona del cauce donde predomina la vegetación higrófila. La zona de transición entre el mallín y la estepa es la que presenta invariablemente un estado de déficit hídrico con pocas variaciones en el contenido de agua del perfil entre enero y abril. Esta es la zona más apta para la practica de riego por canales. El sector próximo al cauce es el que se encuentra saturado en los primeros 40 cm del suelo la mayor parte del año y el riego en los sectores superiores favorecerá el descenso de la napa freática (Lanciotti 1999).

Los mallines se ven afectados fuertemente por las variaciones que se reflejan en el movimiento de la napa. Ésta puede aportar humedad a los horizontes superiores por ascenso capilar. En suelos con texturas finas puede ser de 2.5 a 3 m y flujos de hasta 1mm/día (Horne 1999). Napas altas propician la evaporación superficial arrastrando sales presentes en el perfil del suelo hacia la superficie perjudicando el crecimiento vegetal. La napa es un indicador del almacenaje del agua en el mallín y afecta directamente la productividad de las comunidades vegetales que sustenta (Lanciotti, 1999).

El pastizal tiene dos momentos claves de crecimiento: la primavera y el otoño, ambos condicionados por la humedad del suelo y la temperatura. El rebrote primaveral ocurre generalmente en los meses de noviembre y/o diciembre cuando aumenta la temperatura y comienza a descender la napa. El rebrote otoñal se produce en los meses de marzo abril con la recarga del agua y cuando el descenso en la temperatura aún no es pronunciado.

En términos generales la recarga del mallín se produce alrededor de abril en forma medianamente rápida, continúa un período de anegamiento que abarca de mayo a octubre seguido de una descarga o desecamiento paulatino que comienza en noviembre. De diciembre a marzo el contenido de humedad del suelo y napa freática descienden a sus mínimos valores. Para evitar los efectos del pisoteo y consecuente compactación es recomendable considerar estos períodos para decidir el ingreso del ganado en el mallín.

Los suelos de los mallines presentan particulares características de hidromorfismo lo que configura unidades geomorfológicas en delicado equilibrio edáfico vegetacional. Del uso que reciban depende su sostenibilidad. Si con el uso por parte de la hacienda es posible que los mallines sean ciertamente afectados en su productividad más aún lo es con prácticas que modifican todo el equilibrio hidrológico y edáfico. La experiencia ha demostrado que con prácticas de riego se puede aumentar la producción vegetal. Sin embargo, se desconoce como este aprovechamiento afecta el equilibrio hidrológico y edáfico a mediano y largo plazo. Los estudios previos al presente estuvieron orientados a conocer datos básicos del agua en el mallín como ser la oscilación de la napa freática, contenido de humedad edáfica y de las constantes hídricas para descifrar los parámetros que gobiernan el movimiento del agua en el suelo. Por ello es preciso analizar los efectos que tienen las prácticas de derivación de aguas en los aspectos hidrológicos, edáficos y de vegetación. Este trabajo aporta información suficiente para indicar tendencias a mediano plazo.

Se **hipotetiza** que la derivación de agua a cotas más elevadas del mallín aumentará la producción vegetal debido a un mayor período de crecimiento y a una mejora en la composición florística. El trabajo tiene por **finalidad** mejorar la aptitud productiva del mallín mediante el ordenamiento y aprovechamiento racional del recurso hídrico. El **objetivo** del

presente trabajo es evaluar la incidencia del riego subsuperficial a través de parámetros hídricos, edáficos y de vegetación de un mallín, analizando alternativas para mejorar su aptitud productiva.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en un sector de la margen norte del mallín El Tacho, en el Campo Experimental INTA de Río Mayo, Departamento Río Senguerr, Provincia del Chubut (Latitud Sur: 45º 51´. Longitud Oeste: 70º 16´. Altitud: 500 m.s.n.m.). El mallín recarga sus acuíferos a través de las precipitaciones otoño invernales y corresponde al área ecológica de Sierras y Mesetas Occidentales. El sitio experimental consta de diez hectáreas y forma parte de un cuadro que se encuentra bajo producción ovino bovino extensiva. En el Campo se toman registros diarios de temperatura máxima y mínima, viento y precipitaciones. Esta información es procesada en el Area de Agrometeorología de la E.E.A. Chubut.

Se realizó el relevamiento planialtimétrico del área mediante un nivel topográfico tomando lecturas de suelos y estacas que en gabinete fueron transformadas en cotas referidas a un plano visual arbitrario. Con ello se confeccionaron las cartas topográficas del área relevada con isolíneas a una equidistancia de 0.1 m.

En junio de 1997 se realizó un simple canal derivador primario para pequeños caudales, de 300 m de largo con una sección trapezoidal de 80 cm en su solera, 20 cm en la base de fondo y 40 cm de profundidad, cuya sección es de aproximadamente 0.2 m^2. Se utilizó como apero una zanjadora rotativa montada en el sistema de tres puntos del tractor, accionada por la toma de fuerza. El gradiente del canal es de 1.5 $^0/_{00}$. El canal cuenta con una fuente de provisión hídrica continua proveniente de un ojo de agua o menuco de pequeña dimensión (2 m de diámetro) que se sitúa en un lugar de relieve poco afectado por inundaciones inverno primaveral. El canal se halla ubicado en el sector periférico del mallín contra los faldeos del norte de la planicie mesetiforme, en una zona de vegetación dominada por el coirón blanco (Festuca pallescens). El canal se corta durante el invierno para proceder a su limpieza, por ello durante la época invernal el agua corre por su cauce natural. Menucos como el de la experiencia abundan en toda la región árida de la patagonia.

El ensayo consistió en evaluar descriptivamente micrositios de una muestra de diferentes sectores del mallín con y sin aportes de agua por infiltración. Se analizaron aforos periódicos del recurso agua, parámetros hídricos (humedad edáfica y nivel freático), edáficos (pH, conductividad eléctrica y sodio intercambiable) y de vegetación (composición botánica y productividad). El procesamiento de los datos obtenidos se realizó a través del programa Excel para las correlaciones y gráficos y del programa estadístico INFOSTAT para comparaciones mediante el análisis de la varianza y test de Tuckey.

1.- Medición de parámetros hidrológicos

A) **Cálculo de las constantes hídricas del suelo próximo al canal de riego**. En la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Comahue se determinó la retención de agua entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente, el contenido de materia orgánica y de carbono orgánico, a tres profundidades (0–0.3; 0.3–0.6 y 0.6–0.9 m).

B) **Registro de caudales de ingreso y egreso**: se registraron en los meses de noviembre y febrero de cada año los ingresos y egresos hídricos por método volumétrico mediante aforadores de caño de 2.5 y 2 pulgadas de diámetro a la entrada y salida del canal.

C) **Registro de humedad edáfica**: Estas determinaciones se realizaron en los meses de setiembre, noviembre, febrero, abril, mayo y julio de los años 1997, 1998, 1999, 2001 y 2002 a profundidad de raíces (0.25 m) mediante dos baterías de sensores de humedad. Una

batería de seis sensores (h1 a h6) se ubicó a 10 metros entre sí en forma perpendicular al canal de derivación, dos hacia la meseta árida y cuatro hacia el cauce del mallín, para establecer la influencia del canal. La otra batería (T1 a T5) se instaló en un sitio de igual posición en la pendiente pero no afectada por el canal de derivación. Las lecturas se efectuaron con sensores y medidor digital de humedad Watermark (Irrometer Co.).

D) **Registro de los niveles de acuíferos**: se utilizaron freatímetros, de caño PVC de 2 pulgadas de diámetro y de 1.8 metros de largo, dispuestos a manera de red para medir las fluctuaciones de la napa. Se tomaron registros en setiembre, noviembre, febrero, abril, mayo y junio de los años 1997, 1998, 1999, 2001 y 2002. Para el análisis de la información se caracterizaron los freatímetros de la siguiente forma:

T	freatímetros sin influencia del canal (F4, F8, F9, F10, F11, F12, F13, F14 y F15).
E	freatímetros con influencia del canal de derivación (F2, F3, F5, F6, F7).
M	freatímetro próximo al menuco u ojo de agua (F1).

E) **Análisis de aguas**: se tomaron muestras de agua del canal de derivación a la entrada y a la salida en los años 1997 y 2002. Asimismo se tomaron muestras de agua de la napa freática en los freatímetros en el año 2002. Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Análisis Agronómico de la E.E.A. Chubut del INTA.

2.- Medición de parámetros edáficos.

A las muestras se les realizó los análisis de pH, salinidad, sodicidad y permeabilidad al agua de riego. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de análisis agronómico de la Estación Experimental Agropecuaria Chubut del INTA.

A) **De las muestras próximas a cada freatímetro.** Se tomaron muestras de suelo a 0–0.1 m de profundidad en los meses de julio de 1997, 1999 y 2002. Las muestras se caracterizaron en forma similar a lo realizado con los freatímetros.

B) **De las muestras de suelo próximas a cada jaula de vegetación.** Las muestras se caracterizaron en forma similar a las jaulas de vegetación

3.- Medición de parámetros de vegetación.

Se instalaron 15 jaulas de clausura de 4 m^2 de superficie. En cada jaula se determinó la producción vegetal acumulada mediante cortes de 3 parcelas de 0.1 m^2 con tijera de mano a ras del suelo al finalizar el ciclo vegetativo. Se hicieron los cortes en el otoño de los años 1998, 1999, 2000 y 2002. Además se hizo un corte en noviembre de 1997. También se determinó la cobertura vegetal y composición florística mediante el método de puntos (un armazón de 10 puntos en 0.5 m). Se determinó la cobertura vegetal total y por especie, suelo desnudo, mantillo y anuales en noviembre de 1997, abril de 1999 y de 2002.

Las jaulas se distribuyeron de la siguiente forma: **a)** seis jaulas próximas a cada sensor de humedad ubicadas perpendicularmente al canal de derivación (Jaulas Nº 5, 6, 7, 8, 9 y 10) para determinar el área de influencia del canal, **b)** se dispusieron 4 jaulas próximas al canal (E: jaulas Nº 2, 3, 4 y 7) y 4 testigos (T: jaulas Nº 12, 13, 14 y 15) para determinar el efecto del canal, **c)** una jaula en el área que recibía el agua derivada (ME: jaula Nº 1) y otra en un menuco sin disturbar (MT: jaula Nº 11) para evaluar el efecto de la derivación de agua sobre la vegetación. En el Anexo 3 se presentan la ubicación de las jaulas mencionadas.

RESULTADOS

La temperatura media anual del Campo es de 8.4 ºC, la máxima y mínima absolutas de 35.0 y –23 ºC respectivamente. La precipitación media anual es de 154.4 mm., concentradas el 70 % en el otoño invierno. Las precipitaciones ocurridas en el período donde se evaluó el ensayo fueron las siguientes:

Período julio 97 – junio 98: 221 mm	Período julio 00 – junio 01: 168.5 mm
Período julio 98 – junio 99: 87.5 mm	Período julio 01 – junio 02: 286.5 mm
Período julio 99 – junio 00: 172 mm	

1.- DE LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS

A) Cálculo de constantes hídricas del suelo.

Los valores obtenidos son similares a los encontrados por Lanciotti 1999 en el área ecológica de Sierras y Mesetas Occidentales en la zona de vegetación de coirón blanco.

Produndidad (cm)	phi			Materia orgánica (% en peso)	Carbono orgánico (% en peso)
	0.3 bar	5 bar	15 bar		
0 – 30	37.8 %	19.4 %	21.5 %	5.03	2.92
30 – 60	25.7 %	14.6 %	14.4 %	1.93	1.12
60 – 90	19.1 %	11.6 %	11.4 %	1.24	0.72

Tabla 1: Valores de Tita (% en peso) para diferentes tensiones de retención, contenido de materia y carbono orgánico a tres profundidades.

B) Registro de caudales de ingreso y egreso:

Se presenta a continuación la tabla de ingreso y egreso de agua al canal de riego, y la infiltración calculada. Para el análisis de la información separamos la época húmeda (noviembre) y la época seca (febrero).

Caudalimetría (l/s)	Nov-97	Feb-98	Nov-98	Feb-99	Nov-99	Feb-00	Nov-01	Feb-02	Nov-02
INGRESO (Q. I.)	0.49	0.34	0.53	0.36	0.4	0.3	0.44	0.41	0.97
EGRESO (Q. E.)	0.35	0.09	0.12	0.13	0.2	0.04	0.15	0.24	0.73
INSUMO (QI – QE)	0.14	0.25	0.41	0.23	0.2	0.26	0.29	0.17	0.24
Infiltración mm/h	8.743	15.429	25.362	14.338	12.468	16.208	18.078	10.643	15.026

Tabla 2: Caudalimetría registrada a lo largo del ensayo.

El Q.I. promedio de agua al canal de derivación en noviembre es de 0.566 lt/s, Q.E. promedio de 0.31 lt/s. La infiltración es muy variable y en promedio es 15,935 mm/h. El Q.I. tuvo escasa relación con las precipitaciones (uno, dos y seis meses previos acumulados).

El Q.I. promedio al canal en febrero es de 0.35 lt/s, un 38 % menos que en noviembre. El Q.E. promedio en febrero es de 0.125 lt/s, una reducción promedio del 60 % en relación a noviembre (Tabla 2). El Q.I. en febrero se relacionó (R^2: 0.6876) con precipitaciones ocurridas en el mes anterior.

La infiltración en febrero es de 14,16 mm/h, menos variable que la ocurrida en los meses de noviembre (Tabla 2). La diferencia de infiltración entre ambos meses no fue significativa (del orden del 11 %, Gráfico 1).

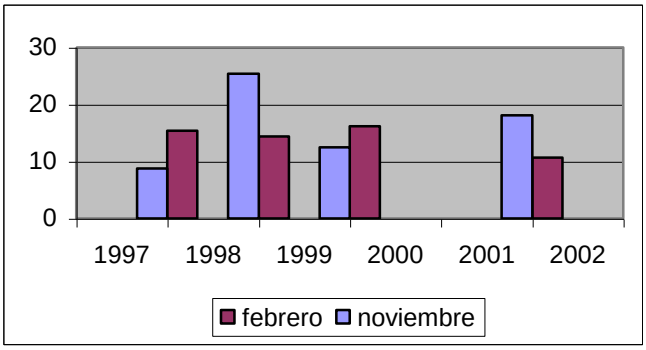

Gráfico 1: Infiltración (en mm/h) en los meses de noviembre y febrero.

C) Registros de humedad edáfica

El gráfico 2 presenta la distribución de los valores de humedad registrados. El índice humedimétrico 0 significa que el suelo esta totalmente seco y el 1 que el suelo esta saturado de agua. Del gráfico se desprende que h1 tiene similar comportamiento a los testigos (T1 a T5), por lo tanto la influencia del canal de riego se extiende desde 10 metros aguas arriba del canal (h2) hasta 40 metros hacia el cauce del mallín (h6).

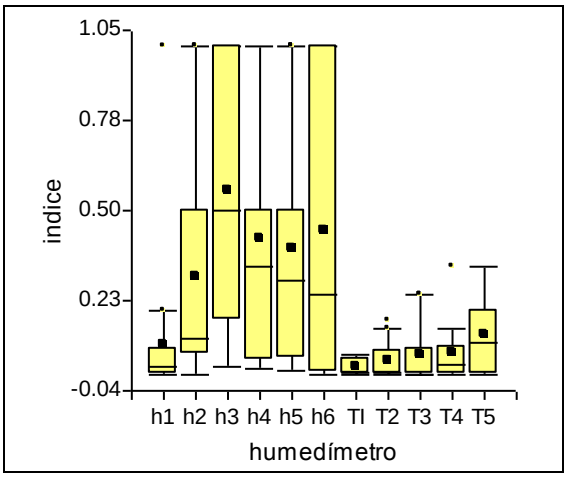

Gráfico 2: Distribución de los índices de humedad en cada humedímetro.

Luego del análisis anterior se agruparon las lecturas de los humedímetros en virtud de la influencia del canal de riego en: SC: aquellos no afectados por el canal de riego (h1, T1, T2, T3, T4 y T5) y CC: los afectados por el canal de riego (h2, h3, h4, h5 y h6).

Analizando el comportamiento de las categorías propuestas en virtud de los meses del año se aprecian diferencias en los meses de julio, noviembre y abril, mientras que en febrero no hay diferencias (Tabla 3). Por lo tanto en el mes más seco es limitada la influencia del canal de riego en el suelo superficial.

MESES	SC	CC	
JULIO	0.08	0.34	*
SETIEMBRE	0.16	0.47	
NOVIEMBRE	0.11	0.71	*
FEBRERO	0.01	0.11	
ABRIL	0.01	0.49	*
MAYO	0.17	0.53	

Tabla 3: Índices humedimétricos agrupados por mes. El asterisco (*) indica diferencia significativa ($p<0.01$) en la fila.

Al analizar el comportamiento de la humedad del suelo en virtud de los años se registran diferencias significativas a partir del segundo año (Tabla 4). Esas diferencias se mantienen a pesar de presentarse años húmedos.

Año (período julio – junio)	Precipitaciones anuales	SC	CC	
97/98	221 mm	0.29	0.38	
98/99	87,5 mm	0.06	0.36	*
99/00	172 mm	0.08	0.64	*
01-02	286,5 mm	0.06	0.24	*

Tabla 4: Índices humedimétricos agrupados por año. El asterisco (*) indica diferencia significativa (p<0.01) en la fila.

D) Registro de los niveles de acuíferos

La profundidad media de la napa freática fue similar en ensayo y menuco (52,4 y 42,9 cm respectivamente), diferenciándose de la napa del área testigo, que presentó mayor profundidad (180 cm en promedio).

Agrupando las mediciones por mes se encontró que siempre hubo diferencias entre testigo y ensayo, excepto en el más húmedo (julio) y en el más seco (febrero) (Gráfico 3). También se observa que sólo en febrero hubo diferencias entre menuco y ensayo. Por influencia del canal de derivación la napa freática se eleva entre 30 y 50 cm en el comienzo de la estación de crecimiento (noviembre) y en el otoño temprano (abril). Este ascenso de la napa tiene una variación estacional que se asemeja a la de la zona testigo. Esta información es coincidente con la obtenida al analizar los datos de humedimetría.

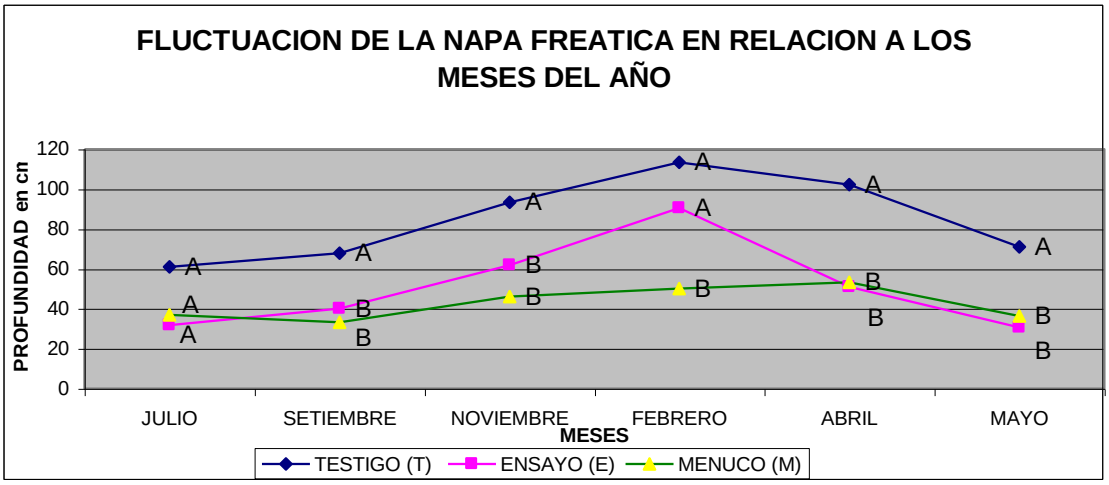

Gráfico 3: Profundidad de la napa freática (en cm) en los diferentes meses (promedio de cinco años). Letras diferentes en el mismo mes indican diferencias significativas (p<0.01)

La profundidad de la napa freática tuvo diferencias entre ensayo y testigo, excepto en el año muy húmedo (Tabla 5). Esto difiere a lo obtenido en humedimetría, ya que ésta no presentó diferencias en la temporada 97/98, mientas que si difirió freatimetría.

Año	TESTIGO		ENSAYO		MENUCO	
1997/98	82.29	A	47.6	B	35.0	B
1998/99	85.69	A	53.5	B	36.5	B
1999/00	90.96	A	53.9	B	58.0	B
2001/02	77.06	A	56.9	A	41.3	A

Tabla 5: Profundidad de la napa freática (promedio anual, en cm). Letras diferentes en la fila indican diferencias significativas ($p<0.01$)

E) Análisis de aguas

Todas las muestras fueron moderadamente alcalinas, sin problemas de salinidad y aguas bajas en sodio.

DE LOS PARÁMETROS EDÁFICOS

A) De las muestras próximas a cada freatímetro.

El pH del suelo en las áreas testigo y ensayo es fuertemente alcalino, mientas que en el menuco es moderadamente alcalino. Se aprecia que el pH se elevó ligeramente en los testigos mientras que se mantuvo estable en la zona del ensayo y los menucos (Tabla 6).

	Año	TESTIGO 1 (T1)	TESTIGO 2 (T2)	ENSAYO (E)	MENUCO (M)
pH	1997	9.1	8.6	9.4	8.0
	1999	9.8	8.2	9.2	7.5
	2002	9.7	9.1	9.5	8.4
Salinidad	1997	2.45	2.85	5.13	1.6
	1999	6.11	4.02	6.05	1.8
	2002	2.77	2.58	3.83	1.7
Sodicidad	1997	15.21	15.70	30.13	4.45
	1999	40.4	20.10	36.70	4.18
	2002	25.8	14.85	28.36	1.05

Tabla 6: Evolución de los parámetros del suelo (pH, salinidad y sodicidad) próximo a los freatímetros.

Con respecto a la salinidad los valores se presentaron en el rango de sin problemas a ligeros problemas. La salinidad se incrementó durante el año 1999 para todos los tratamientos volviendo a sus valores iniciales en el año 2002 (tabla 6). Los valores de sodicidad mostraron un comportamiento similar, excepto para los suelos ubicados por encima del canal de riego (tabla 6). En éstos la sodicidad igualó al área del ensayo, con valores en el rango de fuertes problemas en el año 2002 (gráfico 4).

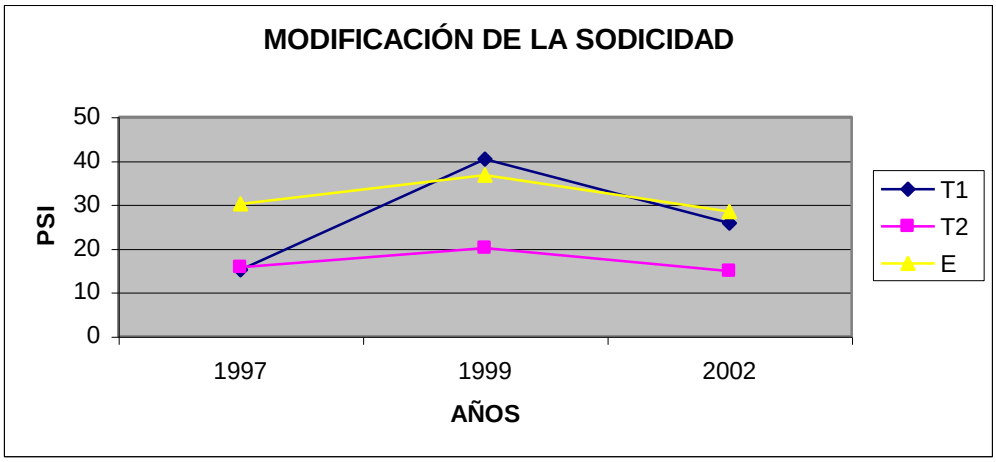

Gráfico 4: Evolución de la sodicidad del suelo próximo a los freatímetros.

Los incrementos de los parámetros en el año 1999 podrían deberse a la sequía registrada, ya que en el período julio-junio de ese ciclo llovió sólo 87.5 mm. No se encontraron relaciones entre pH, sodicidad y salinidad con altura de la napa freática.

B) De las muestras de suelo próximas a cada jaula de vegetación

El pH del suelo sólo se modificó en la jaula ubicada en proximidades al menuco del cual se extrajo agua para derivarla al canal de infiltración, pasando de neutro a muy fuertemente alcalino (Tabla 7). La salinidad no mostró diferencias entre tratamientos, sin embargo en proximidades aguas arriba del canal de derivación (Testigo 1) el suelo pasó de sin problemas de salinidad a tener ligeros problemas. La sodicidad, en cambio, se incremento fuertemente en la misma zona (Testigo 1) y en el menuco testigo (tabla 7).

	Año	TESTIGO 1	TESTIGO 2	MENUCO TESTIGO	ENSAYO	MENUCO ENSAYO
pH	1997	9.80	9.53	6.70	9.30	7.00
	2002	9.65	9.30	6.50	9.23	9.60
Salinidad	1997	2.70	3.28	1.00	2.57	1.10
	2002	4.75	3.78	3.72	2.15	1.36
Sodicidad	1997	17.35	23.38	3.90	14.60	2.10
	2002	22.47	16.96	16.88	11.90	3.66

Tabla 7: Evolución de los parámetros de suelo (pH, salinidad y sodicidad) próximos a las jaulas de vegetación.

DE LOS PARAMETROS DE VEGETACIÓN

A) PRODUCCIÓN VEGETAL

La producción vegetal de las jaulas de la transecta perpendicular al canal muestra que la jaula 5 fue la menos productiva (600 kg MS/ha/año, Gráfico 5). Por lo tanto el canal de derivación tendría influencia desde 10 metros hacia cotas superiores hasta al menos 40 m hacia el centro del mallín. Esto es similar a lo observado con los humedímetros.

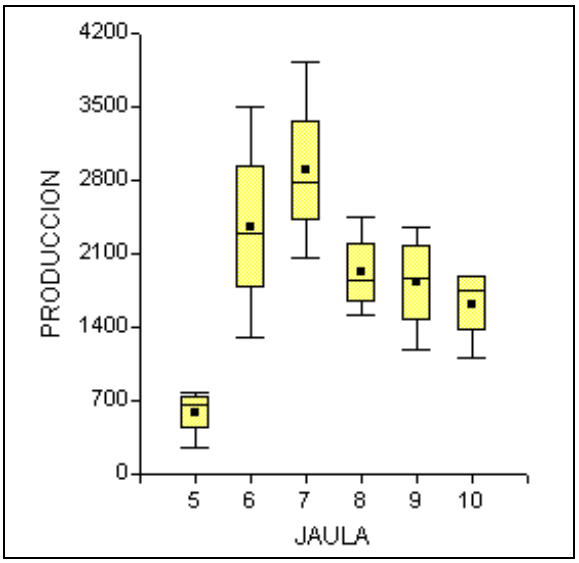

Gráfico 5: Producción vegetal (en kg MS/ha/año) de las jaulas de la transecta perpendicular al canal.

Las jaulas que recibieron aportes hídricos produjeron 1800 kg MS/ha/año más que las testigo (Tabla 8). Este incremento superó holgadamente a la producción anual de los testigos. Además la producción entre testigo y ensayo fueron distintas con precipitaciones inferiores al valor medio de la zona (1999 y 2000).

Año	1998		1999		2000		2002		Promedio	
TESTIGO (T)	1.123,4	A	1.068,5	A	1.238.2	A	2.174.2	A	1401.09	A
ENSAYO (E)	2.827,6	A	3.695,2	B	3.435.9	B	2.853.4	A	3203.03	B

Tabla 8: Producción vegetal (en kg MS/ha/año) de jaulas con (E) y sin (T) influencia del canal. Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas ($p<0.01$).

La producción vegetal en las jaulas con y sin influencia del canal también fue analizada dentro del ciclo de crecimiento 1997/98. Para ello se determinó la disponibilidad de forraje en noviembre de 1997 y abril de 1998. Se observó un incremento de la producción en jaulas con influencia del canal y una disminución en las jaulas sin influencia del canal (Tabla 9). Además la disponibilidad en abril de 1998 presentó una mayor cantidad y porcentaje de material verde en las jaulas con influencia el canal (Tabla 10).

Jaulas	NOVIEMBRE 1997	ABRIL 1998	DIFERENCIA
SIN INFLUENCIA (SC)	1.721,60	948	- 773,80
CON INFLUENCIA (CC)	1.759,75	2.415	656,13
MENUCO TESTIGO (MT)	2.816,00	2.440	- 376,00
MENUCO ENSAYO (ME)	2.172,00	3.480	1.308,00

Tabla 9: Producción vegetal de las jaulas con y sin influencia del canal y de las próximas a los menucos (en kg MS/ha/año).

Disponibilidad	Total	Verde	Seca	% de verde
JAULAS SC	948,1	53,2	895,0	5,52
JAULAS CC	2.415,0	329,1	2.086,7	11,94
JAULA MT	2.440,0	644,0	1.797,0	26,40
JAULA ME	3.480,0	1204,0	2.276,0	34,60

Tabla 10: Disponibilidad total y de las fracciones verde y seca (en kg MS/ha) de las jaulas con y sin influencia del canal y de las próximas a los menucos en abril de 1998.

Similar análisis efectuado en las jaulas ubicadas próximas al menuco afectado (ME) o no (MT) por la reducción de los aportes hídricos no arroja diferencias de producción anual (MT= 3.012,90 kg MS/ha/año; ME= 2.762,00 kg MS/ha/año). Sin embargo durante la temporada 1997/98 se observó un incremento de producción (Tabla 10) y una mayor cantidad y proporción de material verde (Tabla 11) en la jaula afectada por la derivación de agua respecto de la testigo. Este efecto, que podría deberse a la atenuación de las condiciones de hidromorfismo que existían en la zona, no se mantuvo en el tiempo.

B) Cobertura vegetal y composición florística

La comparación de la cobertura vegetal y composición florística en las jaulas con (CC) y sin (SC) influencia del canal presenta diferencias (Tabla 11). En CC aumentó la cobertura vegetal, Carex sp, Poa pratensis y disminuyeron mantillo y área descubierta total (incluye suelo desnudo, mantillo y anuales).

PARÁMETROS	SC	CC
Cobertura vegetal (%)	76,39	89,72
Area descubierta total (%)	23,50	12,50
Mantillo (%)	20,89	7,50
Carex sp. (%)	10,67	21,47
Poa pratensis (%)	0,00	40,20

Tabla 11: Parámetros de vegetación diferentes con y sin influencia del canal ($p<0.01$)

No se registran diferencias de la cobertura vegetal y composición florística en las jaulas próximas al menuco afectado (ME) o no (MT) por la reducción de los aportes hídricos. La evolución en cada situación (Tabla 12) muestra una disminución de la cobertura específica de Eleocharis sp y un incremento de Poa pratensis en MT, mientras que ME registra un incremento de Juncus sp y una disminución de Calta sp y Eleocharis sp. También se registra un ligero incremento del % de suelo desnudo y mantillo en ME.

	MT			ME		
Año	1997	1999	2002	1997	1999	2002
Cobertura vegetal (%)	100	100	100	100	96,7	91,9
Mantillo (%)	0	0	0	0	3,3	3,3
Suelo desnudo (%)	0	0	0	0	0	3,3
Juncus sp. (%)	26,3	15,6	26,6	2,8	26	25,8
Calta sp. (%)	17,6	39	18,6	42,2	5,5	0
Trifolium sp (%)	0	0	1,6	0	34,3	24,6
Eleocharis sp (%)	32,6	21,6	0	31,7	4,4	8,5
Poa pratensis (%)	0	0	40,2	0	0	0

Tabla 12: Evolución de los parámetros de la vegetación de las jaulas próximas al menuco afectado (ME) o no (MT) por la reducción de los aportes hídricos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En principio se aprecia que la infiltración de agua del canal de derivación a los suelos es similar en los meses de noviembre y febrero. Esto ocurre porque la infiltración del agua depende de variables estables de los suelos. La información disponible de febrero indica que cuando se dispone de más agua esta no infiltra sino que egresa del canal. El canal de derivación aumentó el contenido de humedad de los suelos y elevó la napa freática en los meses de rebrote primaveral y otoñal. Además incrementó la producción vegetal.

La influencia del canal sobre la humedad superficial del suelo y la producción vegetal abarca por lo menos 50 metros en forma perpendicular al mismo. Esta influencia se manifiesta predominantemente en los meses de noviembre y abril, prolongándose la humedad disponible del suelo en la primavera y anticipándose el humedecimiento del perfil en otoño. Esto mejora las condiciones hídricas para la producción vegetal en la época con temperaturas apropiadas.

Sin embargo se aprecia un efecto negativo en cuanto a sodicidad aguas arriba del canal de derivación. Este efecto, que deberá continuar evaluándose, obliga a pensar en la evaluación de medidas correctivas para el caso en que dicha tendencia se mantenga. Las principales medidas que habría que investigar son: 1) el corte de agua otoño-invernal en el canal y 2) la aplicación superficial de enmiendas de suelos en esa zona del mallín. También se apreció un efecto negativo inicial en salinidad, pero este proceso se revirtió naturalmente. Estudios posteriores indicarán si esta tendencia se mantiene.

En la zona de recarga del mallín (menuco) donde se extrajo agua para derivar al canal no se aprecian cambios significativos en la productividad y en los parámetros de suelo y vegetación. Sin embargo se registran ligeras tendencias que, también, se deberán seguir monitoreando en los próximos años.

La práctica de derivación de aguas se mostró efectiva en los años secos y promedio, que se refleja en diferencias en freatimetría y producción vegetal. En los años extremadamente húmedos no hubo diferencias entre ensayo y testigos. El incremento de la humedad del suelo y la producción forrajera durante el verano y el aumento relativo de verde hacen suponer que aquellos lugares donde se practica esta técnica pueden ser usados para la producción de reservas forrajeras o el uso diferido del recurso vegetal. Este uso evitaría el

deterioro de las condiciones superficiales del suelo por pisoteo. Otra alternativa es utilizar el área para una suplementación estratégica como el destete precoz de corderos o el engorde de borregas de reposición.

Asimismo es posible pensar en complementar esta técnica con la introducción de otras técnicas productivas, que aún siendo extensivas, incrementen la producción vegetal y mejoren las condiciones ecológicas. Estas técnicas podrían ser: 1) fertilización luego de determinar si existen deficiencias nutricionales de las plantas, 2) introducción de especies con mayor potencial productivo, y 3) ambas prácticas en forma simultánea.

La derivación de agua propuesta estabiliza y aumenta la producción de forraje, sin embargo hay varios elementos que deben continuar evaluándose para evitar que la práctica deteriore los recursos naturales.

BIBLIOGRAFIA

Lanciotti, M.L., Cremona M.V. y Burgos A.L. 1999. Dinámica del agua. Proyecto de investigación estratégica. Generación de tecnología para el aprovechamiento racional de mallines.

Cremona, M.V. 1996. Distribución del agua en el suelo en la técnica de enmallinamiento. Informe final de Beca de Iniciación para Profesionales. Inédito

Horne, F., Dufilho A..C. y Bruce A. y Polla G. 1998. Recursos Hídricos y Mallines. Programa de Desarrollo Forestal.

Bonvissuto G., Somlo R. Ayesa J. Lanciotti M. y Moricz de Tecso. 1992. La condición de los mallines del área ecológica Sierras y Mesetas de Patagonia. Rev. Prod. Animal. Vol 12. Nº 4: 391/400.

ANEXO: Dimensionamiento de canales en virtud del caudal de ingreso e infiltración promedios:

En virtud del ingreso de agua al canal podemos tener una aproximación al largo de canales que podemos llegar a realizar. La infiltración promedio es igual al caudal insumido sobre la superficie de infiltración. La superficie de infiltración es el largo del canal por el perímetro mojado del canal.

$$\textbf{Infiltración} : \frac{\text{QI – QE (insumo)}}{\text{Largo del canal X perimetro mojado}} : \text{lts/s/ m}^2 \quad (1)$$

La infiltración promedio en febrero es de 0.0039318 lts/s/m^2 y en noviembre es de 0.0044896 lt/s/m^2. El perímetro mojado se establece en 0.35 m. El caudal de ingreso en febrero y noviembre son de 0.35 y 0.47 l/s respectivamente. Se considera que no debería haber caudal de egreso ya que todo se infiltraría, por lo tanto QE= 0. Despejando de (1) largo del canal y aplicando los valores se obtiene:

Largo máximo del canal en virtud del caudal de ingreso e infiltración en febrero: 254.3 m

$$\textbf{Largo del canal}: \frac{\text{QI - 0}}{\text{Infiltracion X perimetro mojado}} : \frac{\text{0.35 l/s}}{\text{0.0039318 X 0.35}} : \frac{\text{0.35}}{\text{0.0013761}} : \text{254.3 m}$$

$$\textbf{Largo del canal (noviembre)}: \frac{\text{0.47 lt/s}}{\text{0.0044896 x 0.35}} : \frac{\text{0.47}}{\text{0.00157136}} : \text{299.1 metros.}$$

La información de infiltración es muy útil para el diseño de los canales de riego en mallines con características edáficas similares a las planteadas. Conociendo el volumen de agua disponible en un menuco u ojo de agua es factible rápidamente calcular el largo máximo del canal.