

LA VARIABILIDAD CLIMATICA Y SU EFECTO SOBRE LA CAPACIDAD FORRAJERA DE UN MALLIN

Oscar R. Peña,*
Griselda Ostertag **y
Ricardo Gandullo***

Introducción

Los mallines son unidades del paisaje con características hidromórficas en sus suelos. Se encuentran distribuidos a lo largo y ancho de la Patagonia Argentina, cubriendo una superficie aproximada del 4%. Estos ambientes, ocupan superficies cóncavas del terreno, manifiestan un ciclo hidrológico distinto a las superficies que lo rodean y sustentan una importante vegetación para pastoreo de ganado (principal actividad en el Norte de la provincia de Neuquén) que pueden aportar forraje entre 10 y 20 veces más que la estepa circundante.

El origen del aporte de agua, superficial y subterránea, en estos ecosistemas, proviene de las precipitaciones pluviales y nivas comprendidas en el período otoño invierno. Esto determina un exceso de agua a destiempo cuando la vegetación está en receso. La dinámica del agua en el suelo tiene variaciones tanto en sentido lateral o transversal desde la estepa al cauce, como en el sentido longitudinal desde la alta hacia la baja cuenca. Dentro del mallín se identifican tres zonas relacionadas al comportamiento hidrológico: borde, intermedia y cauce.

Análisis de los extremos climáticos de la cuenca del Neuquén demuestran la variabilidad de valores y distribución de las precipitaciones, que se traduciría en el comportamiento de la humedad edáfica en cuanto a los períodos de déficit y recarga de un mallín. Por ende la variabilidad climática repercute sobre los estados de la vegetación y su capacidad forrajera. Esto genera periodos de sobrecarga dando como resultado procesos de degradación de la vegetación y los suelos que en algunos casos es difícil de revertir.

De acuerdo a lo mencionado se plantea como objetivo **estudiar la variabilidad climática (precipitación) y su efecto sobre la capacidad forrajera de un mallín.**

Area de estudio

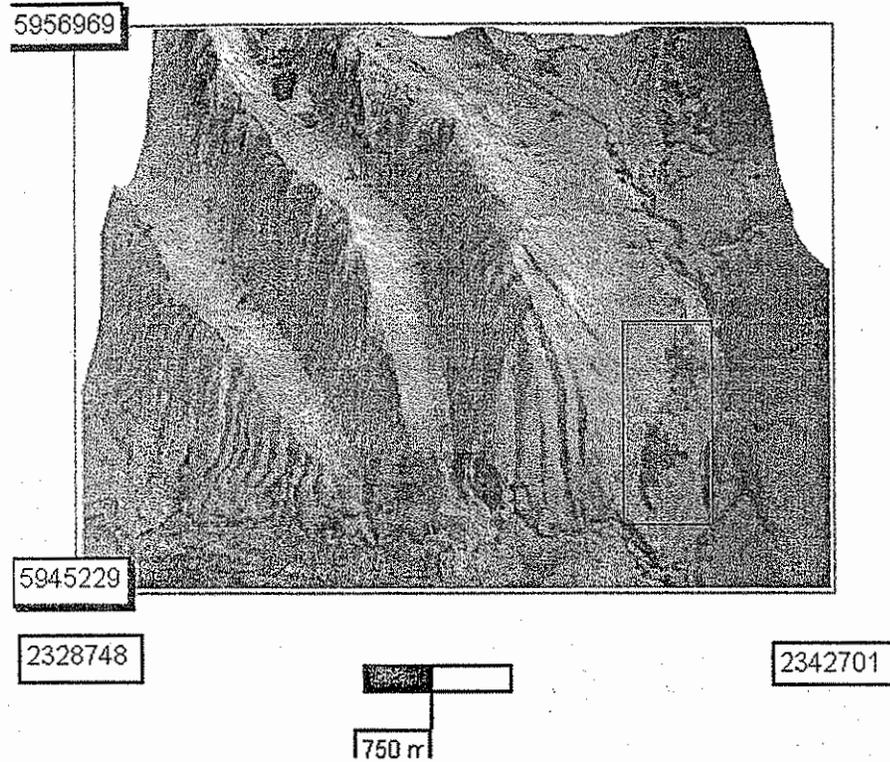
La zona de estudio se ubica al noroeste de la Provincia de Neuquén departamento Minas. Se corresponde con un mallín de veranada (150 has.) cerca de la desembocadura del Río Pichi Neuquén (**Figura N° 1**)

* Docente Investigador. Universidad Nacional del Comahue. opena@uncoma.edu.ar

** Griselda Ostertag. Universidad Nacional del Comahue. ceproa@speedy.com.ar

*** Docente Investigador. Universidad Nacional del Comahue. rgandullo@ciudad.com.ar

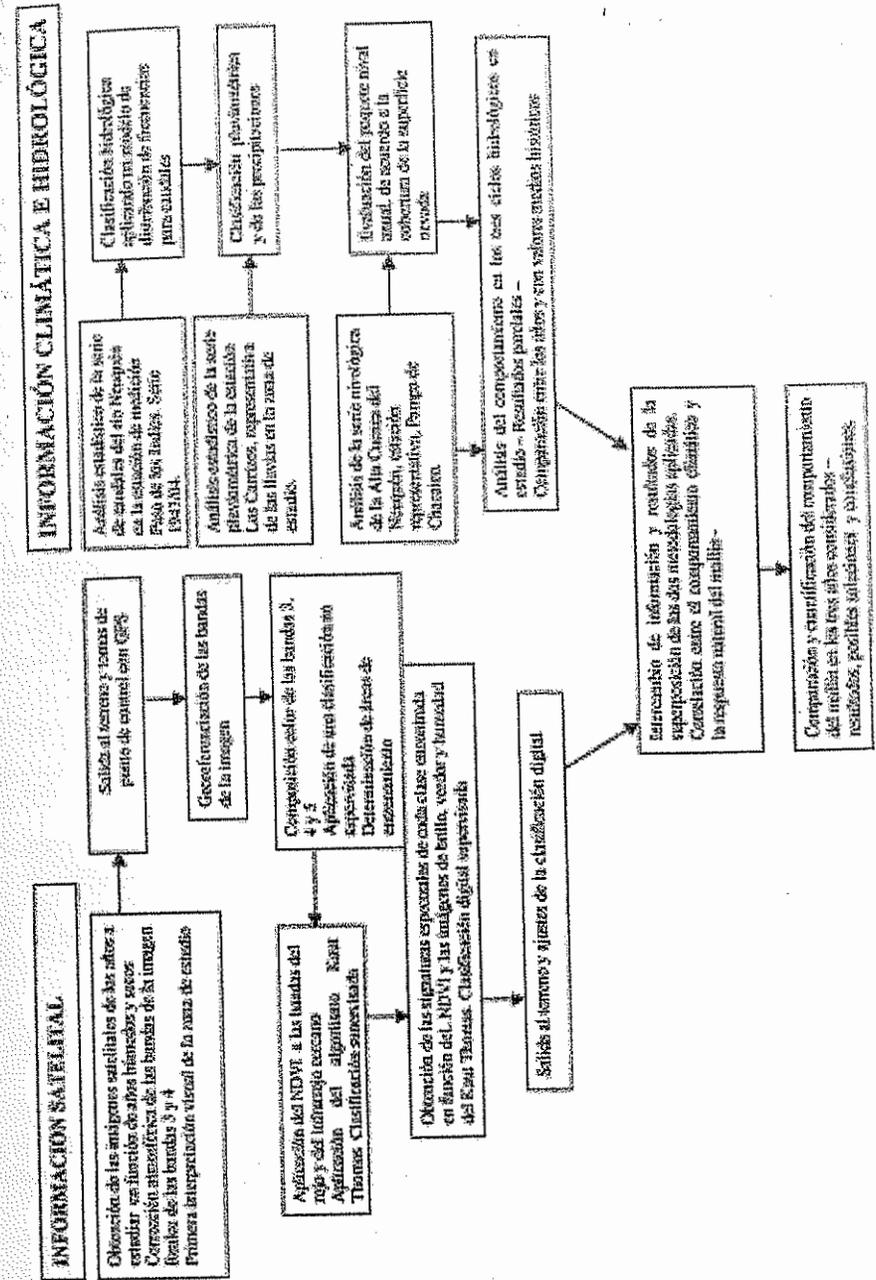
Figura N° 1: Imagen TM banda 3 (febrero de 1998) superpuesta a un modelo digital de elevación. Lo delimitado corresponde a la zona de estudio



El mallín seleccionado ha sido durante muchos años ocupado por un mismo criancero y el manejo que realiza del mismo es aceptablemente bueno. En las salidas al terreno de las dos campañas realizadas (febrero del 2003 y 2004) se ha podido observar el riego que se realiza especialmente en el borde del mallín. Además, según el criancero, siempre mantiene una misma carga animal excepto en los años de sequía, donde alquila un campo para llevar parte de sus animales y no sobrecargar al mallín.

Secuencia metodológica adoptada en el estudio

El siguiente esquema muestra los pasos seguidos en el presente estudio. En él, se puede apreciar el procedimiento que integra la información climática e hidrológica de fuentes primarias y secundarias, con la información satelital y el trabajo de campo.



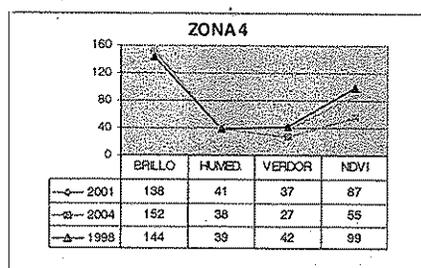
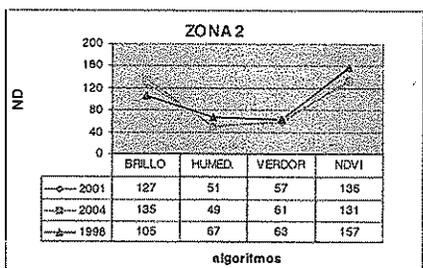
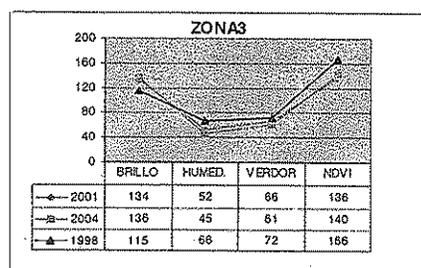
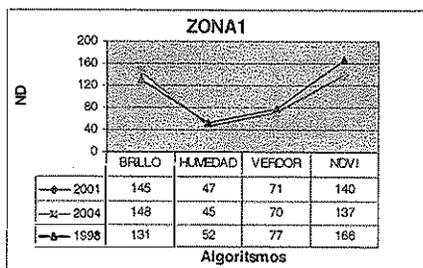
Resultados

De acuerdo a lo obtenido en el procesamiento digital, el análisis de variables climáticas históricas y de caudales, y la corroboración de los resultados en salidas de campo, se arribó a los siguientes resultados.

Análisis digital

El análisis y comparación de las imágenes para los años elegidos (1997/98, 2000/01 y 2003/04) surge claramente que el año 1998 es el que mejor estado presenta la vegetación del mallín. Al comparar el NDVI (Índice de vegetación normalizado) y la imagen de verdor de KT (algoritmo de Kaut Thomas), se observa claramente que en ese año la emisividad es alta, lo que indica una vegetación sana y con elevado proceso de fotosíntesis. (ver Gráficos N° 1,2,3,4)

Gráficos 1, 2, 3 y 4: Niveles digitales de los algoritmos utilizados para cada zona del mallín, en los años considerados. Valores escalados



La imagen de verdor, que destaca la intervención de la banda del infrarrojo cercano y la ponderación negativa del visible muestra, al igual que el NDVI, un mejor estado de la cubierta vegetal en el año 1998 respecto a los otros dos años considerados.

El estrés hídrico de la biomasa aérea (algoritmo de humedad) está mejor representado en la imagen del 2004. Consecuencia de una mayor reflectividad de la vegetación, producto de la menor absorción de la radiación solar., dado por un periodo más seco. Los mayores niveles digitales en la imagen de 1998, respecto a los otros dos años, muestra la mayor absorción de las longitudes de onda del infrarrojo medio, como consecuencia del contenido de agua tanto en el suelo como en la vegetación y por ende una mayor emisividad.

Al observar las imágenes del NDVI (figura N° 2), los tonos en negro obedecen a las zonas con mayor humedad edáfica y proceso de fotosíntesis, ocupando los sectores topográficamente más deprimidos del mallín y con mayor capacidad forrajera. A medida que la freática se profundiza, los tonos en la imagen degradan de los grises oscuros a los claros, representando las áreas con mayor estrés hídrico y menor cobertura vegetal.

Análisis Climático (precipitación) e Hidrológico

El cuadro N° 2 y gráfico N° 5 muestran el comportamiento hidrológico de los años secos y húmedos. Los mismos presentan su correlación con las imágenes satelitales procesadas de acuerdo al siguiente detalle de correspondencia entre ciclos hidrológicos e imágenes:

- Ciclo hidrológico abril 2003 marzo 2004 → se asocia a la imagen de febrero del 2004
- Ciclo hidrológico abril 2000 marzo 2001 → se asocia a la imagen de febrero del 2001
- Ciclo hidrológico abril 1997 marzo 1998 → se asocia a la imagen de febrero del 1998

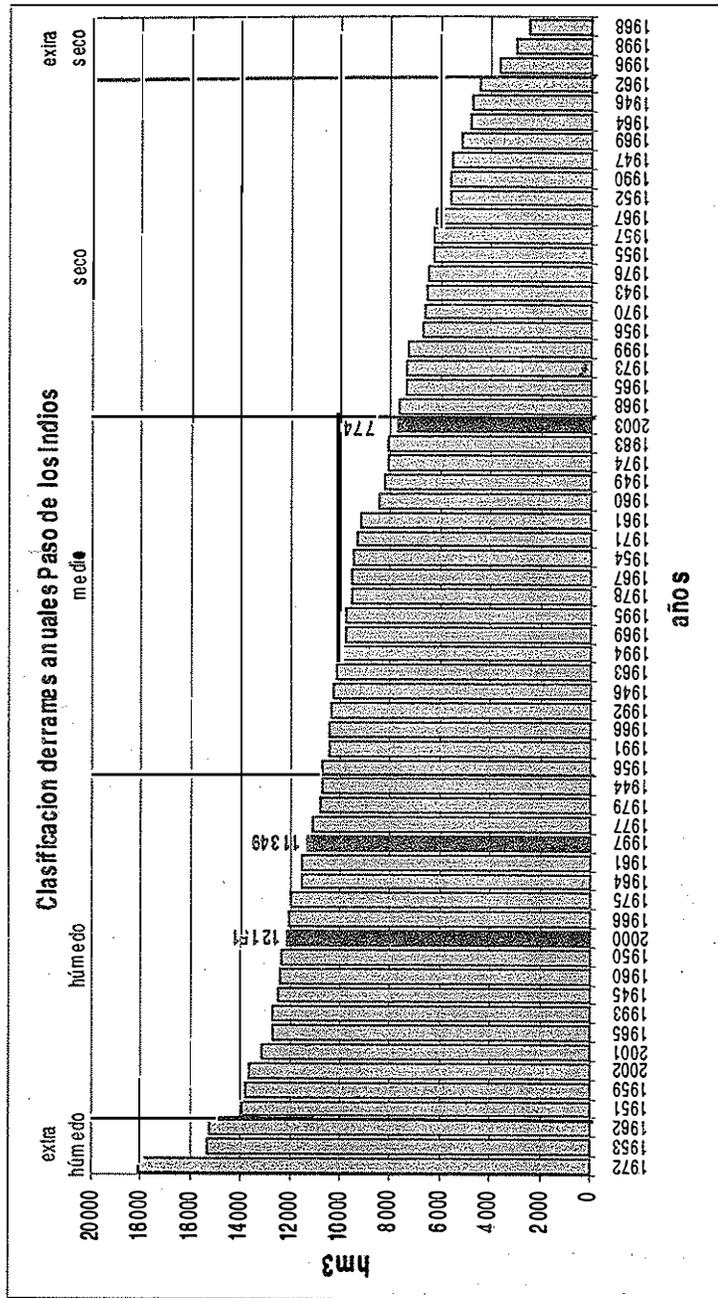
Año hidrológico	Clasificación período hidrológico abril-marzo	Derrame anual
2003/04	Medio en el límite con los secos	7.749 hm ³
2000/01	Húmedo	12.151 hm ³
1997/98	Húmedo	11.349 hm ³

Cuadro N°2:

Se observa un exceso de agua sobre la cuenca en los ciclos hidrológicos 2000/01 y 1997/98, el ciclo hidrológico 2003/04 tuvo un comportamiento medio muy cercano a los años secos. En los valores de derrame anual expresados en hm³ los ciclos húmedos casi duplican en oferta de agua de escurrimiento a los periodos secos.

El análisis del comportamiento de los caudales en el período primavera-verano de los tres años estudiados, manifiesta que el ciclo 2000/01 sigue apareciendo como el más húmedo.

Gráfico N° 5: Caudales anuales estación Paso de los Indios



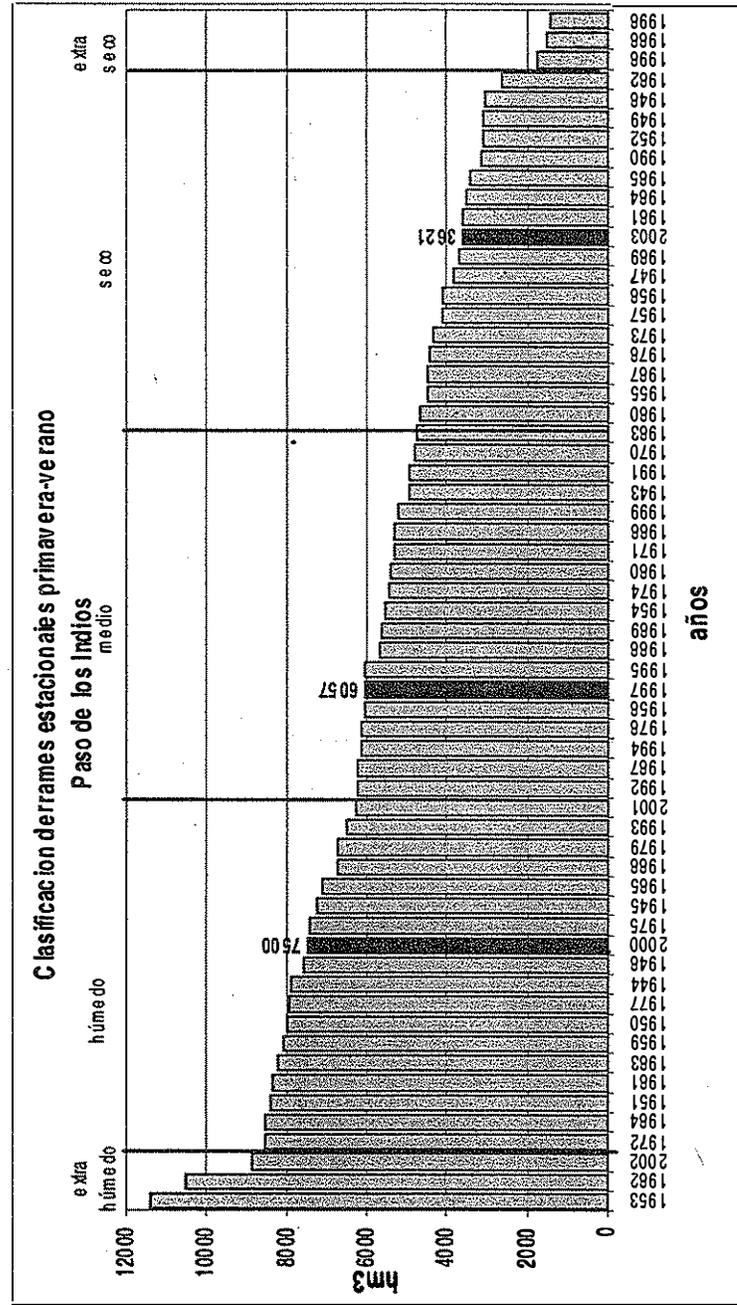
El año 1997, de acuerdo al aporte de caudales registra una primavera que se ha clasificado como media, mientras que el ciclo hidrológico del año completo clasifica como húmedo. Sin embargo 1997 presenta una situación climática particular, que exige el estudio de otras variables climáticas, como precipitación y acumulación nival. (cuadro N° 3 y Gráfico N° 6)

Año hidrológico	Clasificación período hidrológico septiembre-marzo	Derrame estacional
2003/04	Seco	3.621 hm ³
2000/01	Húmedo	7.500 hm ³
1997/98	Medio	6.057 hm ³

Cuadro N° 3

El cuadro 3 y el gráfico 6 del ciclo hidrológico 1997 presenta características especiales. Los meses de septiembre y octubre se comportan como invernales por un mayor ingreso de frentes fríos, que provocó precipitaciones líquidas y sólidas. En tal período, se registró un 118% de exceso en cuanto a precipitaciones líquidas en el Norte neuquino. Por otra parte, la acumulación nival a principios de noviembre de 1997 cubría gran parte de la cuenca y registraba 1500 milímetros equivalente de agua nieve, cuando el valor medio histórico para esa época es de 711 mm.

Gráfico N 6: Caudales primavera-verano en Paso de los Indios



Como se observa, fue una primavera excepcionalmente lluviosa y nevadora, lo que ha permitido la permanencia de humedad sobre los mallines, tanto por escurrimiento directo de lluvias como por fusión de nieve. La imagen analizada de febrero de 1998, refleja fielmente esta situación.

En el Cuadro N° 5 y el Gráfico N° 7 se observa claramente el exceso de lluvias de la primavera de 1997 y el exceso de lluvias del año 2000, especialmente en el mes de junio, y el déficit del periodo 2003 donde en la mayor parte de los meses invernales las lluvias se ubicaron por debajo de los niveles medios históricos.

En el gráfico de nivología (Gráfico N° 8) de la Estación Pampa de Chacaico, se puede ver que tanto en el ciclo 1997 como en el del año 2000 el aporte de agua por fusión durante el verano ha sido muy importante debido a la gran acumulación nival que hubo hasta el mes de diciembre.

Al comparar la media histórica con los registros años 2003/04 se interpreta fácilmente el marcado déficit en acumulación nival en los meses primaverales y estivales. La figura N° 3 presenta una imagen Goetts de principios de 1998. Se puede observar el área nevada sobre la cordillera de los Andes, en la cordillera del Viento y en el volcán Tromen.

Gráfico N° 7 Precipitaciones en estación Manzano Amargo

Distribución de la precipitaciones en el norte neuquino

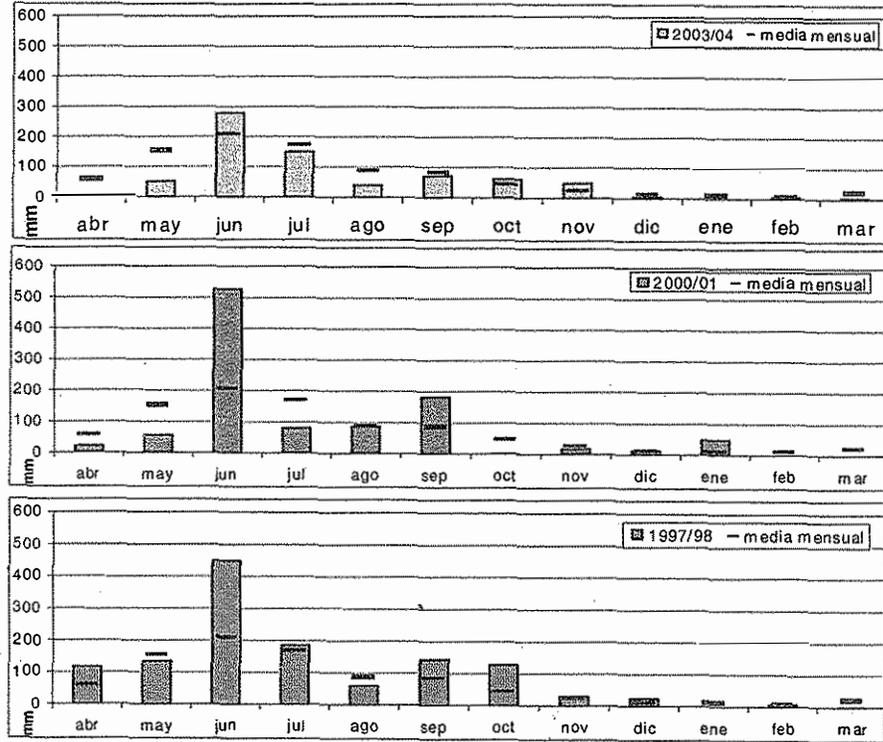


Gráfico N° 8: Estación nivológica Pampa del Chacaico

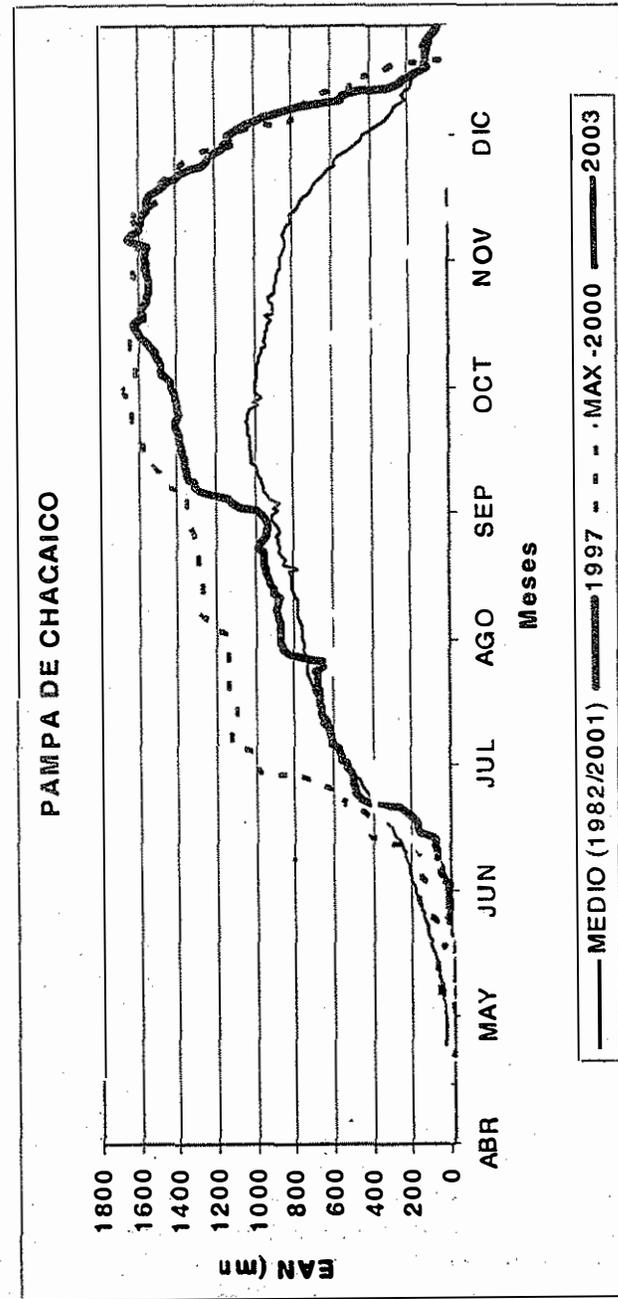
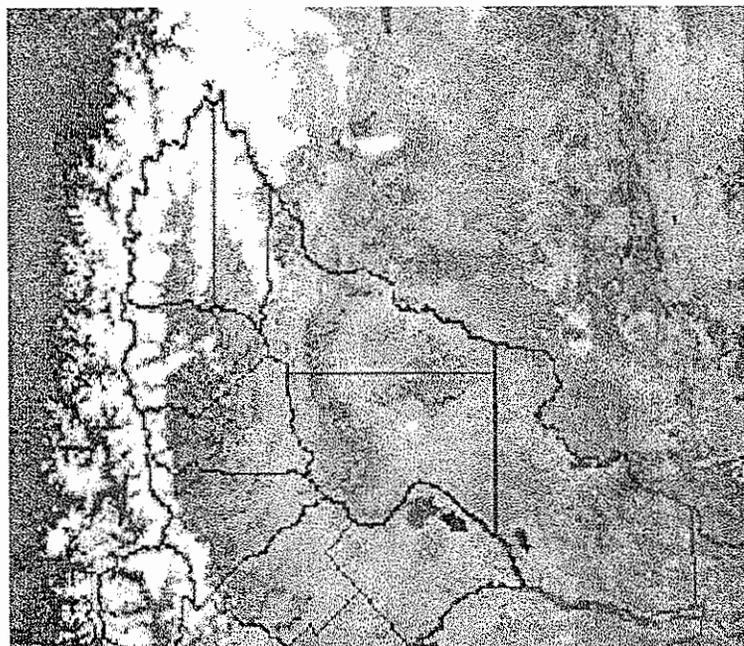


Figura N° 2: imagen satelital Goees de noviembre de 1998, se observa el área nevada sobre la cordillera de los Andes, parte de la cordillera del viento y del Tromen.



Análisis de la vegetación

La fisonomía que adquiere la vegetación del mallín, es aquella que corresponde a una pradera húmeda siempre verde, densa y con abundancia de juncáceas, ciperáceas y gramíneas. La estructura de las comunidades vegetales presentes evidencian diferentes zonas que a manera de perímetros irregulares se suceden a lo largo de un gradiente hidrogeomorfológico. El valor de la pendiente, la forma de la misma y su posición en el paisaje, juegan un rol importante sobre el flujo del agua que circula en el sistema (Gandullo y Schmid, 2001).

Dentro del mallín podemos distinguir 4 zonas (ver figura 4)

Zona 1: representa los perímetros irregulares más externos del mallín, los que limitan con el cordón montañoso que desde el cerro El Frutillar culmina cerca del Río Pichi Neuquén, o con morenas laterales localizadas al Este de la parte central del mallín. Estas zonas son relativamente más altas que las del resto del mismo y, por ende, la capa freática oscila a una profundidad mayor, sin dejar de proporcionar una buena humedad edáfica. Estas características facilitan el crecimiento de una flora mesofítica. La vege-

tación está dominada por la cespitosa *Festuca scabriuscula* con valores de cobertura hasta un 70%, en segundo lugar aparecen los géneros *Poa* y *Stipa* con menos del 10%. Los arbustos en cojín como *Mulinum spinosum* son más abundantes a medida que avanzamos a la situación ecotonal del borde del mallín con la estepa circundante. El *Mulinum spinosum*, como así también otros arbustos, tales como *Chuquiraga oppositifolia* y *Senecio* ssp., pueden ingresar al interior del mallín únicamente con los aportes de materiales producto del dinamismo de abanicos aluviales y coluviales circundantes. Esto provoca un alejamiento de la freática que facilita la xerofitización.

Por el contrario a medida que nos internamos en el mallín y aumenta la profundidad del suelo, sin condiciones de anegamiento, la *Festuca scabriuscula* puede llegar a tener entre 80-90% de cobertura. Allí se aprecia entre un 10 a 20 % de suelo desnudo, aunque se puede afirmar que no existen síntomas de erosión.

Zona 2: La vegetación está integrada por juncáceas y gramíneas con una cobertura total del 90-100 %. En esta zona 2, que representa las situaciones intermedias del mallín, el suelo está pobremente drenado, con una freática que oscila un poco más cerca de la superficie durante una cierta época del año. La presencia y abundancia de *Juncus lesueurii*, *Pratia repens*, *Eleocharis albibractea* y *Deschampsia caespitosa* es indicadora de estas condiciones. Por otra parte, la *Trifolium repens*, *Poa pratensis*, *Taraxacum officinale*, *Rumex acetosella*, que están altamente naturalizadas en estos ambientes, denuncian la presencia de animales por su mayor resistencia al pastoreo. Tampoco se observan síntomas de degradación. El *Juncus lesueurii* es una especie pionera en la génesis de estos mallines: a medida que se produce la acumulación de sedimentación ello permite pequeñas elevaciones en superficie que en el transcurso del tiempo cambia las condiciones de saturación (anaerobiosis) de humedad, facilitando la colonización por especies mesofíticas (aerobiosis).

La zona 3, debido a que tiene contacto con la 2, suele presentar una franja tansicional en cuya composición florística se hace evidente la presencia de *Juncus lesueurii*. La abundancia y cobertura de este elemento varía (20-40%) según las condiciones geomorfológicas del lugar.

Figura N° 3: NDVI de los años considerados: Los tonos en negro representan las áreas con mayor capacidad forrajera

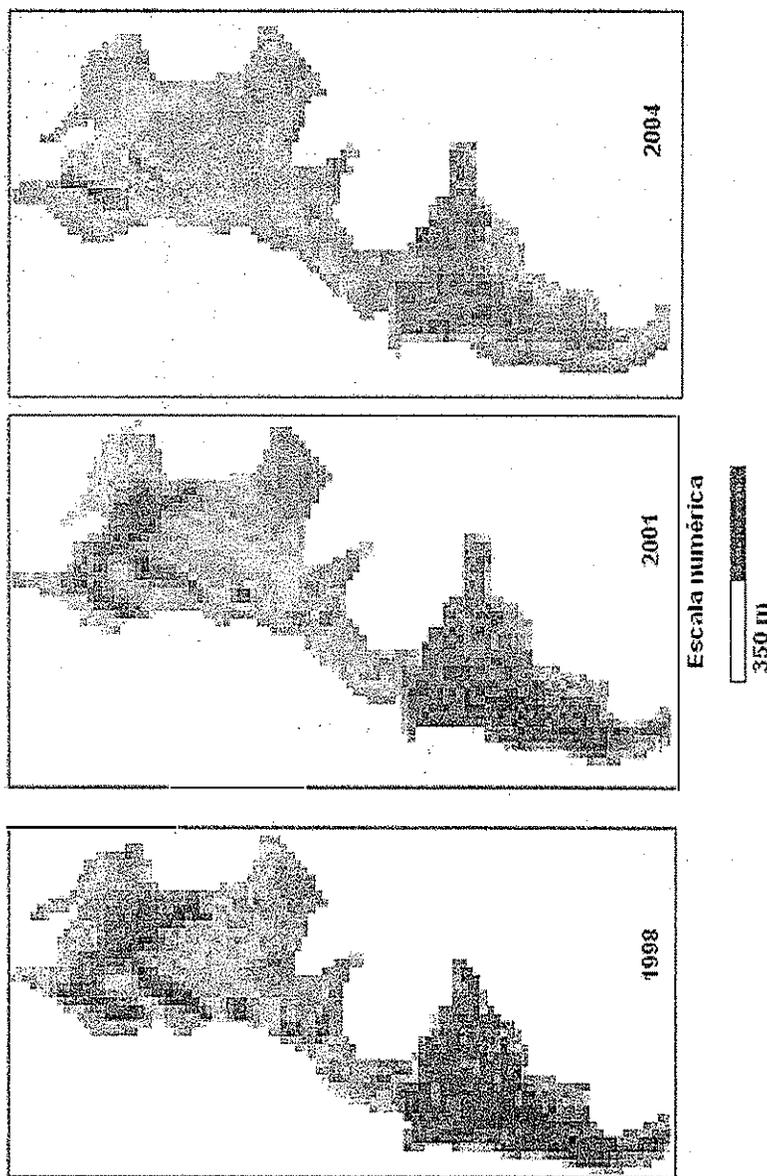
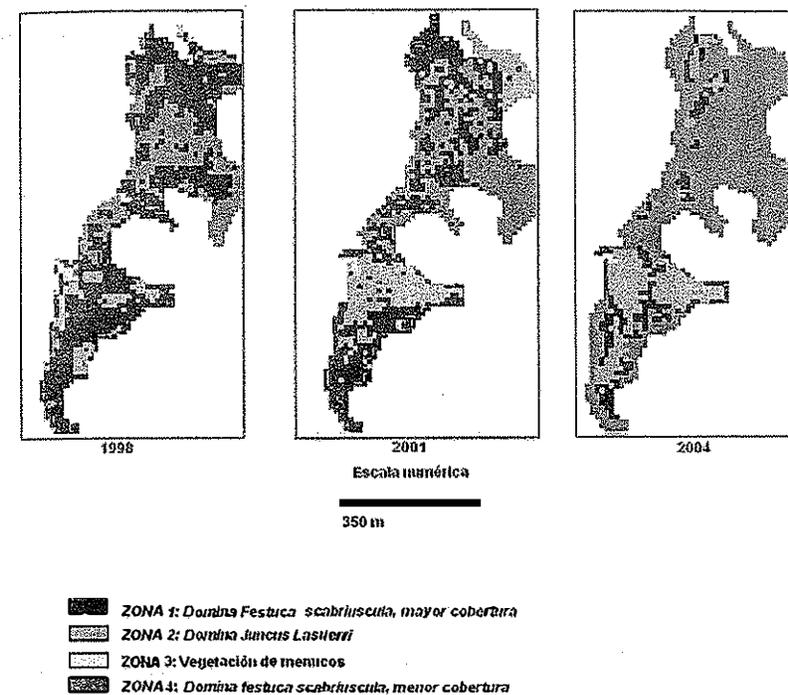


Figura N° 4: Clasificación digital supervisada de la imagen satelital



La composición florística está ampliamente dominada por *Eleocharis albibracteata* la que le da el aspecto de alfombra siempre verde con un 70- 80 % de cobertura. Acompañan a la especie anterior *Carex gayana*, *Pratia repens*, *Anagallis alternifolia* var. *repens*, entre otras. Se observa que estas zonas suelen estar rodeadas por *Escallonia virgata*, como así también el cauce natural de desagüe. Se trata de un arbusto bajo que es intensamente ramoneado por el ganado vacuno. En la imagen satelital, estos espacios de pequeño tamaño no son captados por el satélite, por lo que en la clasificación digital de las imágenes se los ha incluido dentro de la clase 2.

Zona 4: Se ubica en los sectores con pendiente pronunciadas, con un micro relieve topográfico de zonas cóncavas y convexas y menor desarrollo de suelo. Por lo tanto se caracteriza por menor retención hídrica. Esta zona no difiere marcadamente de la zona 1 en cuanto a la composición florística. Se observa sin embargo una marcada reducción de la cobertura de *Festuca scabriuscula* (15-25 %). Las condiciones geomorfológicas y la carga animal de esta zona son las más inestables para el creci-

miento y desarrollo de *Festuca scabriuscula*. En períodos secos la recuperación de las matas es más difícil si se tiene en cuenta la menor disponibilidad de humedad y un pastoreo estival continuo. Esto provocaría en el tiempo la disminución de la cubierta vegetal con aumento de la superficie de suelo desnudo. En el terreno se pudo observar incipientes síntomas de erosión eólica. Por el contrario en épocas de humedad favorables, estos lugares son colonizados por numerosas especies anuales entre las cuales podemos citar: *Bromus tectorum*, *Rumex acetosella*, *Vulpia megalura*, *Aptera interrupta*, *Erodium cicutarium*, entre otras.

Además, la zona 4 presenta sectores con altos someros donde la humedad edáfica no es suficiente. Bajo esas condiciones, la *Festuca scabriuscula* es reemplazada por *Stipa speciosa*.

Dinámica de la vegetación entre períodos húmedos y secos

En una escala espacial y temporal más detallada entre períodos húmedos y secos, es posible analizar los cambios de estados que presentaría el mallín. El estado de la zona 4 sería la que más denunciaría los cambios dentro del mallín. En períodos húmedos presenta un aumento de su cobertura por la abundancia de pasturas anuales entre los espacios intermatas de las festucas, aumentando también el tamaño de cada mata. Con respecto al estado de la zona 1 y 2 (de borde e intermedia), se puede afirmar que comprende la mayor diversidad florística de especies perennes.

En períodos húmedos la oferta hídrica se traduce en mayor disponibilidad forrajera favoreciendo cargas animales de media a alta. Las matas cespitosas de *Festuca scabriuscula* adquieren mayor vigor con aumento en la producción de macollos, lo que involucra un mayor índice de área foliar. Esto implicaría un aumento del porcentaje de cobertura no solo de *Festuca* sino también de *Juncus*, hecho que se traduce en un cambio espacial del mallín. El pastoreo selectivo, especialmente de vacunos y ovinos, favorece la abundancia de *Juncus lesueurii* por ser menos apetecible con relación a las gramíneas.

En un período seco, esta situación cambia notablemente, implica tener la capa freática a mayor profundidad y con una menor humedad edáfica. Por una parte la zona 1, sería la más afectada con mayor aumento de material muerto en superficie. No obstante la zona 2, pasa a ser alternativa de pastoreo de la zona 1. El *Juncus lesueurii* reduce significativamente su cobertura sin desaparecer como elemento de la comunidad ya que la misma usufructúa el agua freática.

La interpretación de lo observado en el terreno entre ambas zonas fue corroborado con el análisis de la interpretación digital, índices verdes y clasificación de imágenes. El período húmedo (1997/98) no muestra diferencias significativas, entre las zonas 1 y 2 con niveles digitales de 0,52 y 0,55 respectivamente. Mientras que en el 2003/04 (período seco) se manifiesta un descenso de 0,45 para la zona 1 y 0,32 para la 2.

Posibles soluciones

La clave de la recuperación de la zona 4, estaría en lograr un aceptable nivel de instalación de plantas gramíneas perennes. Las condiciones y los requerimientos para la instalación de pastos está directamente relacionada con el flujo de germinación de gramíneas, por lo que es necesario adecuar el manejo de animales para asegurar el éxito de la instalación de la vegetación. Se debería promover el monitoreo cuidadoso en períodos con primaveras húmedas, en parcelas fijas.

Otra práctica sería el descanso del sector (zona 4), por un período no menor a dos años. El descanso estival permitiría el aumento de la productividad primaria por unidad de superficie y un aumento de la biomasa verde para recuperar paulatinamente la cobertura de pastos. La velocidad de recuperación está directamente relacionada con la disponibilidad mínima de períodos húmedos.

En caso de no poder realizar clausuras prolongadas otra alternativa podría ser pastoreo liviano en años subsiguientes, o sea una adecuada carga animal a la oferta de forraje asociado a descansos estivales estratégicos. No obstante, al igual que en las anteriores, esta secuencia exige tener varios años húmedos consecutivos.

Conclusiones

- Existe una relación directa entre valores de precipitación anual, distribución estacional y época de fusión de la nieve, con la capacidad forrajera de un mallín
- Es necesario realizar un manejo en el mallín para recuperar las zonas que presentan signos de degradación, con medidas tales como clausura o disminución de la carga animal, especialmente en años con déficit de humedad.
- La zona 4 es la que presenta menor capacidad forrajera en un período seco.
- El tratamiento digital de imágenes satelitales y la aplicación de modelos hidrológicos, son herramientas útiles para monitorear la evolución anual de la vegetación de un mallín que permita planificar su uso y manejo.
- La imagen que mejor define las distintas zonas del mallín está representada por un año seco.

Bibliografía

- AIC. **Informe Hidrometeorológico**. Secretaría de Operaciones y Fiscalización. Cipolletti
- BENDINI, M. Y OTROS. 1985. **El trabajo trashumante en la provincia del Neuquén**. Universidad Nacional del Comahue-Consejo de Planificación y Acción para el Desarrollo de la provincia del Neuquén (COPADEV). Neuquén
- BURGOSA. 1993. **Caracterización de la relación entre disponibilidad hídrica y vegetación de un mallín precordillerano**. p. 83. UNC. Bariloche.
- CHUVIECO E. 1996. **Fundamentos de Teledetección espacial**. Ed. Rialp. Madrid
- del VALLE 1993. **Mallines de ambiente árido. Pradera salina y estepa-graminosa en el NW del Chubut**. En: secuencias del deterioro en distintos ambientes Patagónicos. Su caracterización mediante el modelo de estados y transiciones, INTA-GTZ.
- FIORIO D. 1997. **Manejo del agua en mallines**. Presencia. año XI. Nro. 41. BS. As.
- GANDULLO, R. & SCHMID, P. 2001. **Análisis ecológico de mallines del Parque Provincial Copahue**, Neuquén, Argentina. Agro Sur 29(2): 83-99
- NAKAMUTSU V. 1997. **Mallines, valles y áreas ribereñas**. Consultoría DVH-SCC. Chubut
- PEÑA O. 2001. **La Fragmentación de los Paisajes en un Area de Mesetas Básalticas de la Provincia de Neuquén**. Tesis de Maestría

REGIÓN Y DESARROLLO