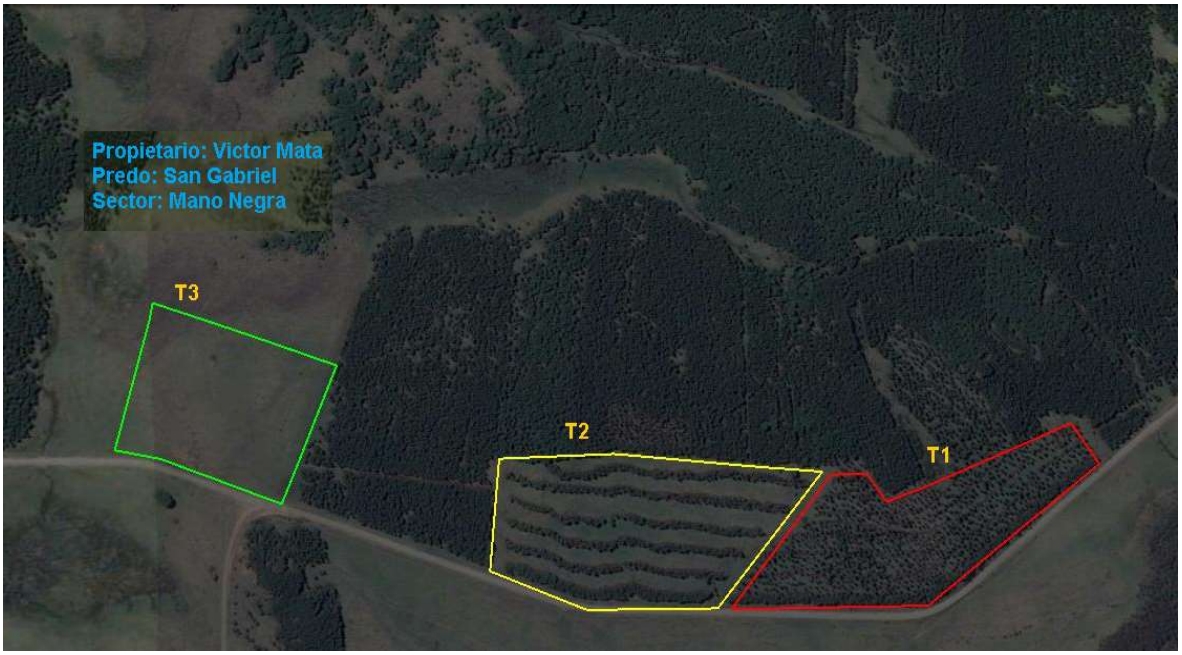
UNIDAD DE MANEJO SILVOPASTORAL
SAN GABRIEL, COYHAIQUE

1. ANTECEDENTES GENERALES

Ubicación de los Ensayos

Entre los años 2003 y 2004 se diseñó un estudio para evaluar la factibilidad de funcionamiento de los sistemas silvopastorales en la región de Aysén, Chile. Los ensayos fueron instalados en la Unidad Agroforestal San Gabriel, ubicada 30 km al norte de la ciudad de Coyhaique, a una altura sobre el nivel del mar de 650 m, LS 45°25´55´´ y LW 72°00´41´´, incluyendo sistemas silvopastorales que se compararon en términos de productividad con dos tratamientos testigos; sistema forestal manejado con fines madereros y sistema ganadero sin árboles.



Ubicación del Ensayo Experimental San Gabriel, comuna de Coyhaique.

Diseño Experimental

Los sistemas silvopastorales y el sistema forestal se instalaron en una plantación de *Pinus contorta*, de 12 años de edad, que al momento de intervención tenía 1.514 árb ha^{-1}; el sistema ganadero se instaló en un terreno con pradera sin árboles, colindante con los sistemas silvopastorales y forestal. Además, se evaluó el efecto de los árboles bajo manejo silvopastoral sobre algunos parámetros climáticos, utilizando estaciones climáticas que midieron temperatura del aire, velocidad del viento, precipitación, humedad, y wind chill, y la fertilidad de los suelos. 187 Se establecieron cuatro tratamientos en la Unidad Agroforestal San Gabriel, donde los tratamientos forestales y silvopastorales se instalaron en una plantación de *Pinus contorta* con densidad promedio de 1.514 arb ha^{-1}:

T1: Tratamiento forestal manejado (TF). Se rebajó la densidad inicial a 800 arb ha^{-1} mediante raleo y se podó a 1,97 m de altura, bajo la premisa de podar no más del 40% de la copa para no afectar su desarrollo.

T2: Sistema silvopastoral tradicional (SST): Se raleó a 400 arb ha^{-1}, dejando los arboles residuales homogéneamente distribuidos en el terreno y podados a 2,01 m.

T3: Sistema silvopastoral en fajas alternas (SSF). Se raleó a 400 arb ha^{-1}, dejando los árboles residuales dispuestos en tres líneas de plantación en curvas a nivel, espaciadas a 21 m entre estas, con árboles podados a 2,09 m.

T4: Sistema ganadero (SG). Terreno cubierto con pradera natural y sin árboles.

Durante el otoño del año 2009 se realizó poda en los tres tratamientos con presencia de árboles a una altura media de 2,91 m para TF, 3,28 para SST y 3,13 para SSF. El año 2013, los tratamientos nuevamente fueron manejados mediante raleo y poda, quedando TF, SST y SSF con una densidad de 583; 245 y 341 arb ha^{-1}, respectivamente, y altura media de poda de 4,9; 4,7 y 4,7 m, respectivamente. En los tratamientos T2 - T3 - T4, se manejó la pradera natural. compuesta principalmente por trébol blanco (*Trifolium repens* L.), pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y otras gramíneas de menor importancia forrajera, con fertilizaciones anuales de acuerdo a análisis de suelos realizados a inicios de cada temporada. En la primavera del año 2004 se aplicaron 16 unidades de nitrógeno, 30 unidades de magnesio (MgO), 24 unidades de azufre (SO4) y 55 unidades de azufre (S) por hectárea, y posteriormente se fertilizó con productos en base a NPK y S, de acuerdo al análisis químico del suelo realizado anualmente.

Evaluación de Parámetros Forestales

Para la evaluación de los parámetros forestales en los sistemas silvopastorales, se utilizó un diseño de tres parcelas permanentes rectangulares de 1.008 m2 (24 x 42 m), y en TF parcelas rectangulares de 200 m^2, distribuidas al azar dentro de los tratamientos, donde se midió altura total (H), diámetro a la altura del pecho (DAP), cobertura de copa (CC), y Área Basal (AB).

Para el análisis estadístico, se trabajó con Modelos Estadísticos Lineales Mixtos, para atender la falta de algún(os) de los supuestos clásicos que requiere un análisis de varianza tradicional; los datos deben presentar una distribución normal, independencia y heterogeneidad de varianza.

Para el análisis de las variables forestales se realizó un análisis longitudinal, evaluándose tratamiento, tiempo y la interacción tratamiento*tiempo. El modelo de varianza utilizado para analizar las variables forestales, pratenses y animales, corresponde a:

Modelo 1. $Y = P + T + t + (T * t) + E$
Dónde: P = Constante, T = Tratamiento, t = Tiempo E = Error.

Para el análisis estadístico de las variables forestales, se probaron cuatro modelos que ajustan varianzas heterogéneas: Modelo heterocedástico (ARH (1)), de Simetría Compuesta (CS), de Simetría Compuesta Heterocedástica (CSH), y Modelo no Estructurado (UN). Los cuatro modelos alcanzaron los criterios de convergencia requeridos por SAS.

Para seleccionar el mejor modelo para cada variable, se utilizó el criterio de información de Akaike:

Índice AIC= -2log (MV) + 2n (p+q+1) /(n-(p+q)-2)

Dónde: MV: Máxima verosimilitud
q: número de parámetros de la estructura de covarianza
p: rango de la matriz de diseño x
n: número de observaciones.

En este criterio, a menor valor, mejor será el ajuste (Carrero et al., 2008). Para la evaluación estadística de los parámetros forestales, se utilizó el procedimiento PROC MIXED de SAS versión 9.3 (SAS Institute, 2003) y para la comparación entre tratamientos se utilizó el ajuste de LSMEANS de SAS.

Productividad de la Pradera

La evaluación de la productividad de la pradera efectuó a través de un diseño de parcelas distribuidas al azar, modi cando su ubicación cada año. Se utilizaron 7 jaulas de exclusión de 0,5 m^2 para cada tratamiento, donde se evaluó la pradera en materia seca por hectárea (kg ha-1 189 de MS). La materia seca consiste en el material generado por el secado del material pratense verde cortado en las jaulas de evaluación y secado a 60ºC en horno de secado hasta peso constante. Las evaluaciones para determinar la curva de crecimiento de la pradera en materia seca, consistieron en la toma de muestras seriadas, cada 30 días, entre diciembre y abril-mayo de cada temporada, según evaluación de la pradera, pesándose también para determinar peso en verde.

Los resultados de los estudios de producción pratense y animal fueron analizados estadísticamente a través de análisis de varianza, para comparar los promedios, y la prueba de hipótesis específica utilizada fue LSD (Least Signicant Difference), con un nivel de significancia del 5 %, utilizando la Herramienta estadística INFOSTAT ©.

Productividad Ganadera

Para la medición de la producción ganadera dentro de los tratamientos T2-SST, T3-SSF y T4-SG, se utilizaron animales vacunos criollos (diferentes cruzas de razas híbridas, en base principalmente a las razas Hereford, Angus, overo colorado y Holstein, adaptados a la zona). Se utilizó un sistema de engorda animal, los cuales fueron ingresados en el mes de diciembre de cada año, y retirados en otoño (abril-mayo), según la condición de la pradera. Se usaron vacunos de 300 - 350 kg para engorda en el periodo y cada animal fue identificado con un crotal (plástico numerado) ubicado en la oreja, y pintado en el lomo con diferente color. Estos vacunos se pesaron al inicio de la temporada y luego cada 30 días, y al final de la temporada.

Parámetros Climáticos

Se instalaron tres estaciones climáticas durante el año 2007, en los tratamientos SST, SSF y SG. Las estaciones fueron ubicadas en lugares representativos, a igual altitud y un distanciamiento medio entre árboles o fajas de árboles para los tratamientos silvopastorales; para SST fue de 2,5 m y para SSF de 10,5 m. Estas estaciones contaron con un computador, que registró los antecedentes cada media hora, y con un sistema de panel solar para cargar las baterías que dan la energía a la estación. Durante el periodo de crecimiento vegetativo de la temporada de 2007 (enero a diciembre) y parte del año 2008 (enero a junio), se midieron temperatura del aire (t), velocidad del viento (vv), humedad relativa (HR), precipitación (pp), e indirectamente wind chill.

Fertilidad de Suelo

Para analizar la fertilidad de los suelos en los tratamientos silvopastorales y ganadero se realizó anualmente, en los años 2004, 2005, 2007 y 2008, un análisis de suelo para así determinar los requerimientos de fertilizantes a aplicar para el manejo de las praderas. Para ello se tomaron cuatro muestras de suelos en T4, distribuidas al azar cada año, y tres muestras para T2 y T3. Se extrajeron muestras con barreno, entre los 0,0 y 7,5 cm, que es donde se concentra el 90% de las raíces de los pastos presentes.

El análisis de suelos se realizó en el laboratorio de suelos en el Centro Regional de Investigación (CRI) Tamel-Aike, en Coyhaique, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), dependiente del Ministerio de Agricultura de Chile.

Para el análisis de cada uno de los nutrientes evaluados, se realizó un análisis de 190 mediciones anuales, con calicatas ubicadas en lugares diferentes y al azar cada año. Estas mediciones son independientes unas de otras, lo que origina cumplimiento de la independencia de datos (las mediciones del año 2 no dependen de las mediciones del año 1 y así sucesivamente), dado lo cual se usó un análisis de varianza tradicional.

2. FOTOGRAFÍAS

Tratamiento Silvopastoral Tradicional con distribución homogénea

Tratamiento Silvopastoral Tradicional con distribución homogénea

Tratamiento Silvopastoral en Fajas dispuesto en fajas alternadas cada 21 m

Tratamiento Silvopastoral en Fajas dispuesto en fajas alternadas cada 21 m