
EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS ÁRBOLES MANEJADOS BAJO ORDENACION SILVOPASTORAL EN LOS PARÁMETROS CLIMÁTICOS DEL SITIO, EN RELACION A UN MANEJO GANADERO SIN ÁRBOLES.

Sotomayor Alvaro¹, Teuber Osvaldo²

RESUMEN

En el presente estudio, desarrollado en la Región de Aysén, Chile, se evaluó el efecto que tienen los árboles, manejados bajo ordenación silvopastoral, en la modificación de algunos parámetros climáticos bajo su influencia, como es viento, sensación térmica (*wind chill*), humedad relativa, temperatura del ambiente y precipitación.

Los resultados obtenidos, indican que los árboles manejados bajo ordenación silvopastoral modificaron algunos parámetros climáticos del ambiente. Los principales parámetros que fueron modificados por efecto de los árboles estuvieron relacionados con el viento.

Los árboles redujeron la velocidad promedio del viento en relación al tratamiento testigo (ganadero), en un 200%, aproximadamente. En relación a la sensación térmica, se registraron valores superiores entre un 22 y 26 %, para el tratamiento silvopastoral tradicional y en fajas, respectivamente, en relación a tratamiento ganadero. Entre los tratamientos silvopastorales, el silvopastoral tradicional obtiene valores de sensación térmica más altos que en fajas.

También fueron afectados los registros de precipitación, con valores superiores en el tratamiento en fajas y menores en el tradicional en relación al ganadero. En la temperatura media no hubo diferencias, y en humedad relativa se obtuvo valores de 0,2 a 0,6 % superiores en los tratamientos silvopastorales, dependiendo de la época del año.

Palabras clave: Sistemas silvopastorales, clima.

1 Instituto Forestal asotomay@infor.cl

2 Instituto de investigaciones Agropecuarias oteuber@inia.cl

SUMMARY

In this study, developed in the Aysen Region of Chile, there was evaluated the effect of trees, managed under silvopastoral systems, in changing climatic parameters under its influence, such as wind, wind chill, relative humidity, air temperature and precipitation.

The results obtained show that trees managed under silvopastoral systems changed some climatic parameters of the environment. The main parameters that were modified by the effect of the trees were related to the wind.

Trees reduced the average wind speed in relation to the control treatment (livestock system) about 200 %. In relation to wind chill, higher values were recorded, between 22 and 26 %, for traditional and strips silvopastoral system, respectively, in relation to livestock treatment. Between the silvopastoral treatments, the traditional silvopastoral got wind chill values higher than in strips.

Also precipitation records were affected, with higher scores in the strip silvopastoral treatment than in the traditional silvopastoral system, and the lower in the livestock treatment. In average temperature there were no differences, and relative humidity values were 0.2 to 0.6 % higher in the silvopastoral treatments, depending on the season.

Key words: Agroforestry systems, climate.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastorales son una forma de aplicación de los sistemas agroforestales y se definen como aquella práctica agroforestal que combina árboles, con forraje y producción de ganado en un mismo sitio, en forma deliberada, con el objetivo de producir alimento para los animales, productos derivados del ganado y productos forestales, como madera y pulpa, y otros como leña, carbón, miel, frutos y hongos (Sotomayor, 1990). En este tipo de sistemas integrados de producción, los árboles pueden producir madera aserrable, postes, leña, forraje para el ganado y frutas, a la vez que ayudan a mejorar la producción de pasto y ganado, reduciendo la influencia de los vientos y otorgando sombra (Murgeitio, 2009; Sotomayor, 1990).

Las especies arbóreas, así como el tipo de ganado a emplear bajo este sistema, dependerán entre otros factores de los objetivos productivos del propietario, de la zona geográfica y de las condiciones edafoclimáticas del sitio. Algunos de los beneficios que se han identificado de la integración de especies arbóreas y animales bajo sistemas silvopastorales en predios ganaderos y/o forestales tradicionales son aprovechar la protección que puede ofrecer el árbol, tanto a los animales como a la pradera, frente a condiciones climáticas adversas (Sotomayor, 1989); diversificar la actividad productiva de la mediana y pequeña empresa agrícola, haciendo un uso eficiente y sustentable de los recursos prediales disponibles (Snaydon y Harris, 1979); mejorar la belleza escénica del predio y el valor de la propiedad (Sotomayor y Cabrera, 2008; Sotomayor 2009), y protección y mejoramientos de los suelos (Nair, 1987; Murgeitio, 2009), entre otras.

La incorporación de árboles en sectores destinado al uso exclusivo de pastoreo, conforma un sistema sustentable con variados beneficios ambientales, los cuales dicen relación con la protección invernal de los animales, en particular con el efecto del viento que hace descender la temperatura; el mejoramiento de la capacidad de retención de humedad del suelo (Mead, 2009); el bombeo de nutrientes desde la parte más profunda del perfil a la porción más superficial (Nair, 1987); y un aumento del contenido de materia orgánica del suelo (Sotomayor *et al.*, 2009; Murgeitio, 2009).

Entre los aspectos del microclima más afectados por los árboles están la radiación solar que llega a los vegetales creciendo bajo la influencia de los árboles (Lewis *et al.*, 1983; Watson *et al.*, 1984; Percival *et al.*, 1984; Peri *et al.*, 2007; Mead, 2009), el viento, la humedad y la temperatura (Anderson, 1977; Lee, 1978; Sotomayor, 1989; Mead, 2009).

El manejo del sistema silvopastoral es más complejo que un sistema productivo monoespecífico, pues en él se produce la interacción entre los componentes herbáceos, arbóreos (y/o arbustivos) y animal (Garret y Buck, 1997; Garret *et al.* 2004; Mead, 2009; Sotomayor *et al.*, 2009). En este sentido, los manejos asociados deben estar orientados a minimizar la competencia entre las estratas arbóreas y herbáceas, así como el daño potencial que puede provocar la presencia de animales en las plantaciones forestales (Lewis, 1973). En términos generales, el mayor conflicto entre las estrata arbórea y herbácea dice relación con la competencia por agua y nutrientes, especialmente en el establecimiento de las plantaciones forestales, y la competencia por luz directa (Anderson *et al.*, 1988), la que

aumenta proporcionalmente con el desarrollo de los árboles y el cierre del dosel (Mead, 2009).

Otro aspecto importante, es la acción protectora de éstos, al disminuir la velocidad del viento, atenuando la acción del frío en el invierno y las altas temperaturas de verano, y la pérdida de humedad durante el verano, permitiendo que la cubierta herbácea permanezca por más tiempo disponible para el ganado (Solangarachchi y Harper 1997; Sotomayor *et al.*, 2009)

Los beneficios de las prácticas silvopastorales, en especial en zonas con mayores limitaciones de suelo y/o clima, dicen relación con una mayor estabilidad económica y ambiental, relacionada con un mayor aumento de la productividad general del predio (Reid y Wilson, 1986). Sin embargo, el logro de estos objetivos va a depender de la aplicación de manejos que favorezcan los beneficios de la interacción entre árbol, pradera y ganado, y minimice la competencia (Sotomayor, 1990).

El objetivo de este estudio es estudiar el efecto de los árboles en la modificación de las variables climáticas en su entorno, lo cual ayudará a entender los principios que gobiernan el funcionamiento de los Sistemas Silvopastorales en la Región de Aysén, y la productividad de estos sistemas silvopastorales, en comparación con sistemas de uso tradicional de los suelos en esta región, como es el manejo ganadero y el establecimiento de plantaciones forestales con fines madereros.

OBJETIVO

Evaluar el efecto de los árboles manejados bajo ordenación silvopastoral en los parámetros climáticos, en relación a una situación de manejo ganadero sin árboles.

MATERIAL Y METODO

Para evaluar los parámetros climáticos velocidad del viento, temperatura ambiental, sensación térmica, humedad relativa y precipitación, durante el año 2007 se instalaron 3 estaciones climáticas, ubicadas en dos tratamientos silvopastorales y en el tratamiento ganadero, como testigo. Estas estaciones contaron con un computador que registra los antecedentes cada media hora, y con un sistema de panel solar y baterías que dan la energía a la estación.

Los tratamientos silvopastorales fueron dos, el primero un sistema silvopastoral tradicional con 400 arb*ha⁻¹, con los árboles homogéneamente distribuidos en el sitio, y el segundo con ordenación de fajas alternas, separadas cada 21 metros entre ellas, y también con 400 arb*ha⁻¹. Estos fueron instalados sobre plantaciones existentes y no manejadas de *Pinus contorta* Dougl. ex. Loud. de 12 años de edad. El módulo de manejo ganadero se instaló sobre un terreno con pradera natural sin la presencia de árboles, adyacente a los tratamientos silvopastorales, y con la misma característica de sitio.

Para efectos de evaluación de los efectos de los árboles sobre los parámetros

climáticos, se instalaron tres estaciones climáticas durante el año 2007, de acuerdo a lo expuesto en cuadro N° 1.

Cuadro N° 1
TRATAMIENTOS, ESTACIONES CLIMÁTICAS Y DISTANCIA MEDIA DE ESTACIONES A ÁRBOLES MÁS CERCANOS

Tratamientos	Estaciones Climáticas	
	N°	Distancia Media de Estación Climática a Árboles más Cercanos (m)
Sistema Silvopastoral Tradicional con pradera natural mejorada.	T2	2,5
Sistema Silvopastoral en Fajas alternas, con pradera natural mejorada.	T3	10,5
Sistema Ganadero Tradicional, con pradera natural mejorada, sin árboles	T4	Sin árboles

Las estaciones fueron ubicadas en lugares representativos, a una misma altitud, y ubicadas en sectores medios entre árboles para los tratamientos silvopastorales, e igual altitud en el sistema ganadero, como testigo.

Estas estaciones cuentan con un computador que registra los antecedentes cada media hora, y con un sistema de panel solar para cargar las baterías que dan la energía a la estación.

Parámetros a Evaluar

Durante el periodo de crecimiento vegetativo de la temporada de 2007 (enero a diciembre) y parte del año 2008 (enero a junio), se midieron los siguientes parámetros: Temperatura del aire (t), velocidad del viento (v), humedad relativa (HR), y precipitación (pp).

Análisis Descriptivo

Para la evaluación y análisis del efecto de los árboles sobre las variables climáticas se realizó un análisis descriptivo de las variables evaluadas, en base a cuadros, gráficos y discusión de resultados, dado que no se tuvieron repeticiones de estaciones climáticas, para haber realizado análisis de varianza, por su alto costo.

RESULTADOS

En el registro de los datos, algunas estaciones presentaron problemas con el panel solar y sus baterías, especialmente la instalada en el sistema tradicional, por lo que los registros no son completos, y algunos meses nos se contó con la información para su análisis. Por ello se depuró la información y se utilizó aquella que originó series de

información confiables para su análisis.

Viento

El análisis del viento se entrega a continuación analizando los promedios mensuales por año, las velocidades máximas y la sensación térmica.

-Velocidad Media del Viento

En la Figura N° 1 se observa que las velocidades medias mensuales del viento son mayores en el tratamiento ganadero en relación a los tratamientos silvopastorales.

También se observa que las velocidades son mayores en primavera-verano que en invierno, con una mayor diferencia entre estas estaciones en el tratamiento ganadero que en los silvopastorales, donde esta diferencia se presenta atenuada.

Las diferencias en velocidad media del viento para el mes de mayor valor, como fue en el mes de octubre de 2007, entre el tratamiento ganadero y fajas, alcanzó a los 9,6 km/h a favor del ganadero. En verano, enero de 2008, las diferencias entre el ganadero y en fajas fue de 7,3 km/h mayor para el primero, y con respecto al tradicional, de 8,3 km/h. En invierno, donde las velocidades son menores, para el mes de mayo de 2008 el ganadero tuvo valores superiores de 5,6 y 6,7 km/h sobre fajas y tradicional, respectivamente.

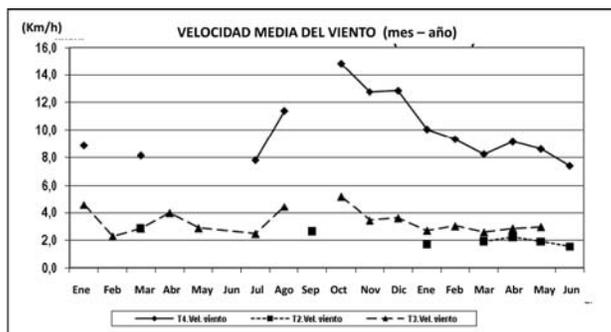


Figura N°1
VELOCIDAD MEDIA VIENTO, ENERO 2007 A JUNIO 2008, POR TRATAMIENTO.

La información también indica que en el tratamiento tradicional la velocidad del viento es inferior al tratamiento en fajas, ya que el primero tiene una distribución más uniforme de los árboles y una mayor cercanía entre sus copas (5,2 m), lo que intercepta más el viento. Por el contrario, en el tratamiento en fajas, al tener los árboles ordenados de forma que se asimilan a cortinas cortavientos, y con una separación entre estas de 21 m, su intercepción es levemente inferior al tradicional.

Al analizar las velocidades promedios del verano 2007 (enero a marzo) y verano 2008 (enero-marzo), que es la época del año donde la pradera es más afectada en su

desarrollo, se observa en la Figura N° 2 que las velocidades del viento en los tratamientos silvopastorales tendieron a disminuir, y en el ganadero aumentó.

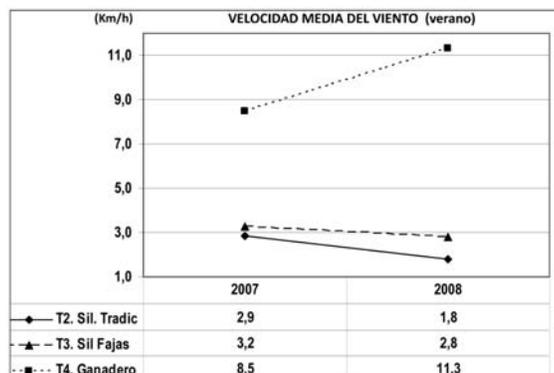


Figura N° 2
COMPARACIÓN VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO EN VERANO,
(ENE-MAR) 2007 Y 2008, POR TRATAMIENTO

Durante el día el viento sufre marcados cambios en su dinámica. Como se observa en la Figura N° 3, donde se analiza durante un periodo de 5 días el comportamiento del viento cada dos horas, este sufre un periodo de relativa calma entre las cero horas y el mediodía, para comenzar posteriormente un aumento de su velocidad hasta alcanzar un *peak* entre las 18 a 19 h, para después comenzar su reducción. Se observa una marcada diferencia entre el sistema ganadero (T4) y los tratamientos silvopastorales (T2 y T3), y entre estos últimos se ve un comportamiento similar durante el día.

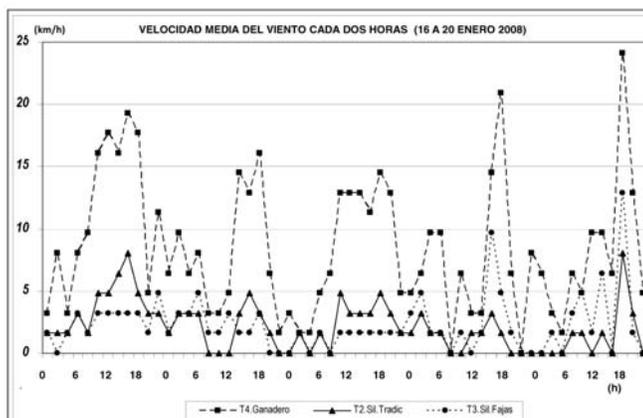


Figura N° 3
DISTRIBUCIÓN DE LA VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO DURANTE EL DÍA,
16 A 20 DE ENERO 2008

-Velocidad Máxima del Viento

Las velocidades máximas son aquellas mayores dentro del día registradas en el computador de las estaciones climáticas.

Como se observa en la Figura N° 4, las mayores velocidades de los vientos comienzan a incrementarse entre finales de invierno y principios de primavera, a partir del mes de agosto hasta principios de otoño, en el mes de abril.

El sistema ganadero es el que presenta las mayores velocidades, con 29,2 km/h en el mes de octubre. Para ese mismo mes, el sistema en faja registró 18,2 km/h, y en el sistema tradicional en septiembre se registraron velocidades levemente inferiores a los 10 km/h.

Para el periodo de verano, como se observa en la Figura N° 5, los mayores valores alcanzaron a los 22,9 km/h, para el tratamiento ganadero en el verano 2008.

También se observa, que estas velocidades han tendido a disminuir en los sistemas silvopastorales y aumentaron en el ganadero. Entre los sistemas silvopastorales, el que presenta menores velocidades es el tradicional

La razón de disminución de la velocidad media y máxima en los tratamientos silvopastorales, es por el aumento de cobertura de su copa, que es la parte del árbol que más intercepta el viento.

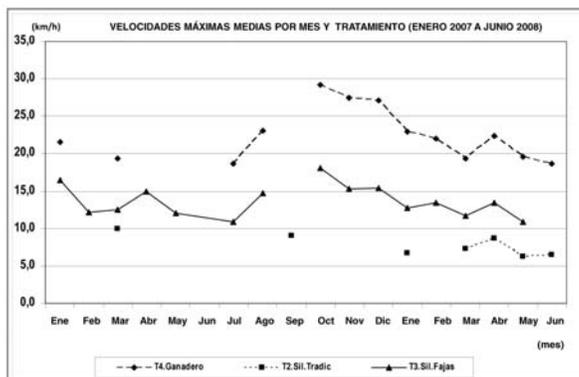


Figura N° 4
VELOCIDAD MÁXIMA MEDIA DEL VIENTO POR MES Y TRATAMIENTO
ENERO 2007 A JUNIO 2008

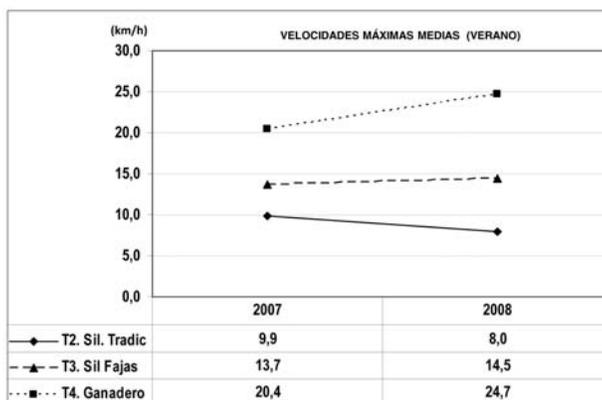


Figura N° 5
VELOCIDADES MÁXIMAS MEDIAS VERANO POR MES 2007 Y 2008
(DIC-MAR)

-Sensación Térmica (*Wind Chill*)

Wind Chill es un término utilizado para describir la tasa de pérdida de calor en el cuerpo como consecuencia del efecto combinado de baja temperatura y viento (Shiel y Stöppler, 2008). Con un aumento de la velocidad del viento, el calor del cuerpo expuesto a éste se reduce a un ritmo más rápido, haciendo disminuir la temperatura de la piel y, finalmente, la temperatura corporal interna. Este factor es importante, tanto para los humanos como para los animales, y presumiblemente para los vegetales, ya que el cuerpo siente más frío por efecto del viento. Como consecuencia, los animales requieren un mayor gasto energético para subir la temperatura corporal.

El comportamiento normal de un animal de sangre caliente, es buscar protección cuando el *wind chill* baja a un nivel tal que le impide mantener una temperatura de confort, que a su vez le permita continuar con sus actividades de alimentación y/o descanso (Quam y Johnson, 1994). A menor *wind chill*, la sensación térmica es menor.

En el presente estudio, los menores valores de *wind chill* se presentaron en el tratamiento ganadero (T4), y los mayores con valores similares en los tratamientos silvopastorales (T2 y T3) (Figura N° 6). Este valor es importante para el manejo animal, ya que los animales deben utilizar más energía para regular la temperatura corporal. Por ello, los tratamientos silvopastorales les proporcionan protección, reduciendo el gasto energético, lo que no ocurre en el tratamiento ganadero.

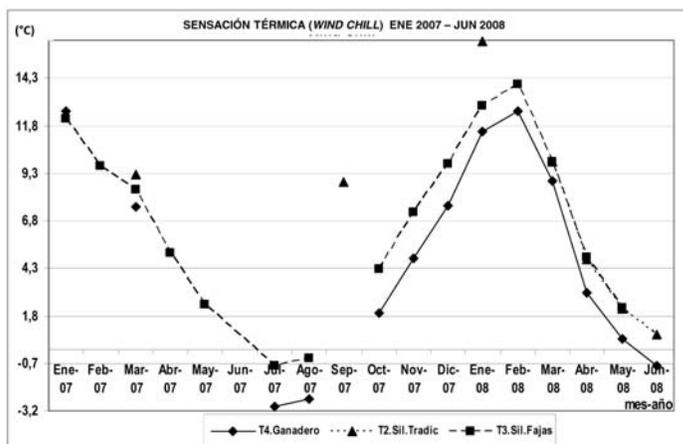


Figura N° 6
WIND CHILL MEDIO ENERO 2007 A JUNIO 2008

En el Cuadro N° 2 se entregan más antecedentes del efecto del viento en la temperatura ambiente, según tabla preparada en base a estudio de Quam *et al.* (1994). En ésta se observa que a medida que la velocidad del viento aumenta la temperatura ambiente se reduce. Por ejemplo, para una situación de viento con 40 km/h y con temperatura exterior de 13 °C, la temperatura se reduce a -1°C. Las zonas marcadas con color indican las temperaturas de riesgo para los animales; el color amarillo indica temperaturas de mayor riesgo de muerte para los animales. Con la misma velocidad anterior y con -12°C en situación de calma, se redujo a -34°C, situándose en situación de riesgo para los animales.

Cuadro N° 2
VELOCIDAD DEL VIENTO INVERNAL (km/h) Y SU RELACIÓN CON LA DISMINUCIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTE (°C) Y EL AUMENTO DEL RIESGO PARA LOS ANIMALES

	T° exterior	13	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34
Velocidad del viento	Calma	13	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34
	8	9	3	-3	-9	-14	-21	-26	-32	-37
	16	4	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-43	-50
	24	2	-6	-13	-21	-28	-35	-43	-50	-58
	32	0	-8	-16	-23	-31	-39	-47	-55	-63
	40	-1	-9	-17	-26	-34	-42	-51	-59	-67
	48	-2	-11	-19	-28	-36	-45	-53	-62	-69
	56	-3	-12	-20	-29	-37	-47	-55	-63	-72
	64	-3	-12	-21	-29	-38	-47	-56	-64	-73
	72	-4	-13	-21	-30	-39	-48	-57	-65	-74
	Zona de riesgo alto									
	Zona de riesgo máximo									

(Fuente: Adaptado de Quam et al., 1994)

Según análisis realizado, de acuerdo a resultados obtenidos en el presente estudio, durante un periodo de 5 días (8 al 12 de mayo 2008) y cada dos horas, se puede observar en la Figura N° 7 que los menores valores de *wind chill* se presentan entre la 0 y las 6 h AM, en el tratamiento ganadero (T4). A esa misma hora, en los tratamientos silvopastorales, se observan valores entre 2 y 3 puntos sobre el ganadero. Los máximos valores se encontraron a las 16 h en los tratamientos silvopastorales (T2 y T3), sin una tendencia clara entre estos.

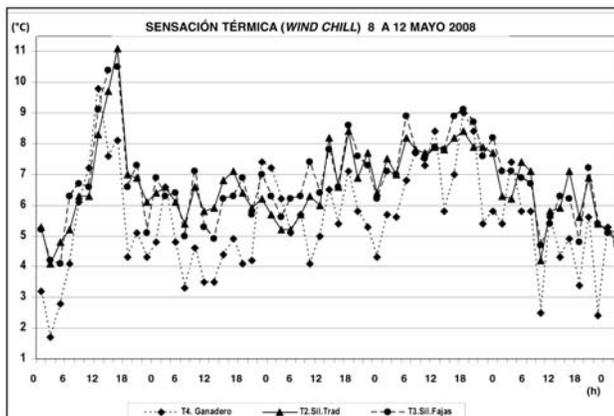


Figura N° 7
VARIACIÓN HORARIA DE WINDCHILL 8 AL 12 DE MAYO 2008

Temperatura

En relación a la temperatura ambiental, no se presentan grandes diferencias entre los tratamientos (Figura N° 8). De acuerdo a los resultados recogidos entre octubre de 2007 a febrero de 2008, se observa que el tratamiento en fajas (T3) tuvo valores promedios, para ese periodo, levemente mayores al tratamiento ganadero (T4), 10,2 °C contra 9,9 °C. En el periodo febrero a marzo 2008, estos valores bajan a 7,9 °C para fajas, 7,7 °C para tradicional (T2) y 7,9°C para el ganadero.

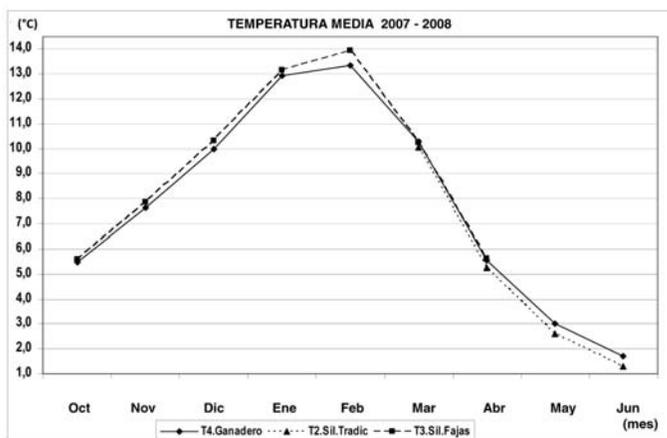


Figura N°8
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL POR TRATAMIENTO AÑOS 2007-2008

Estos resultados están de acuerdo con lo expuesto por Percival *et al.* (1984), quienes encontraron que las temperaturas mínimas eran mayores en los sistemas con pastura abierta que en los sistemas silvopastorales.

Humedad Relativa (HR)

Como se aprecia en la Figura N° 9, la tendencia de la HR entre los tratamientos es similar, con valores de 85 % para los meses de invierno, y de 62 % promedio en el mes más bajo, enero 2008, durante la época de verano.

Para los meses de mayor crecimiento vegetativo (septiembre 2007 a enero 2008), los valores de humedad alcanzaron a 69,9 % para el ganadero (T4) y 70,1 % para el sistema en fajas (T3). En otoño del año 2008 (marzo a mayo 2008), estos valores subieron a 77,0 %, 77,6 % y 77,5 % para los tratamientos ganadero, tradicional y en fajas respectivamente (Cuadro N° 3).

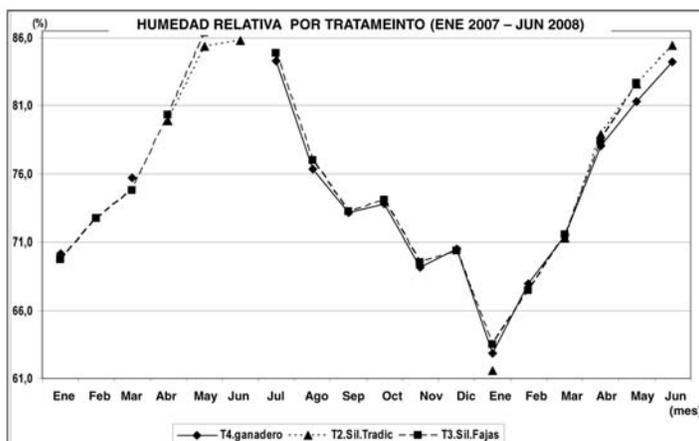


Figura N° 9
HUMEDAD RELATIVA MEDIA MES POR TRATAMIENTO
AÑOS 2007 - 2008

Cuadro N° 3
HUMEDAD RELATIVA POR PERIODO DEL AÑO Y TRATAMIENTOS

Periodo del Año	Humedad Relativa (%)		
	T4. Ganadero	T2. Tradicional	T3. Fajas
1. Septiembre 2007 - enero 2008	69,9	-	70,1
2. Marzo 2008 - mayo 2008	77,0	77,6	77,5

Precipitación

En la Figura N° 10 se aprecia el comportamiento de la precipitación promedio por mes y por tratamiento. Al comparar los tratamientos ganadero y en fajas para el periodo julio 2007 a abril 2008 se observa que se registró mayor precipitación en el tratamiento silvopastoral en fajas que en el ganadero. Por otro lado, durante el periodo marzo 2008 a junio 2008, se observa que la precipitación registrada fue mayor en el ganadero que en el tradicional.

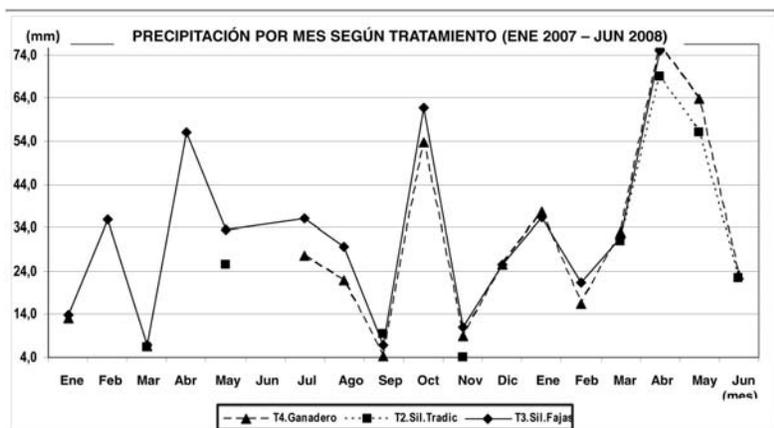


Figura N° 10
PRECIPITACIÓN MEDIA MES POR TRATAMIENTO ENERO 2007 A JUNIO 2008

Dado que los periodos de datos registrados no fueron continuos (Figura N°10), se expone en el Cuadro N° 4 dos periodos de evaluación para comparar los resultados de precipitación entre el tratamiento testigo T4, en relación a los tratamientos silvopastorales.

Cuadro N° 4
COMPARACIÓN DE PRECIPITACIÓN ENTRE TRATAMIENTOS POR PERIODOS

Periodo del Año	Precipitación (mm)		
	T4. Ganadero	T2. Tradicional	T3. Fajas
1. Julio 2007 - marzo 2008	229,0	-	259,9
2. Marzo 2008 - junio 2008	196,0	178,4	-

En el primer periodo evaluado, entre T4 y T3 se observa un registro de precipitación mayor en el tratamiento fajas. En el segundo periodo, se contabilizó un mayor registro en el tratamiento ganadero comparado con tratamiento tradicional.

DISCUSIÓN

De los resultados expuestos se puede concluir que los árboles presentes en tratamientos silvopastorales modificaron algunos parámetros climáticos del ambiente. Para los efectos del presente estudio y en relación a dos aspectos muy importantes para el estudio, como la producción de la pradera y la producción animal, el parámetro más afectado por los árboles fue el viento.

Los tratamientos silvopastorales redujeron sustancialmente la velocidad promedio del viento en relación al tratamiento testigo (ganadero), con una menor velocidad del viento de más del 200%. Cuando se evalúan las velocidades máximas, que afectan fuertemente el crecimiento de los vegetales, ya que rompen o desecan los puntos de crecimiento de los pastos, la reducción fue del 10% en los tratamientos silvopastorales.

En relación al *wind chill*, los valores fueron menores en un 8% en el ganadero con respecto a los silvopastorales, lo cual reduce fuertemente la sensación térmica en los animales y como consecuencia produce una disminución en la ingesta de alimento, provocando una disminución en la tasa de crecimiento en peso vivo.

Los valores de viento promedio, también mostraron fuertes diferencias entre los tratamientos de acuerdo al periodo horario. Las menores velocidades de viento se encontraron entre las 0 y 6 h AM, en los tratamientos silvopastorales, y las mayores velocidades se produjeron entre las 12 y 18 h en el tratamiento ganadero.

En *wind chill*, los menores valores se encontraron en el tratamiento ganadero entre las 2 y las 6 h AM, y los mayores en los silvopastorales cercano a las 18 h. Lo anterior influye en el hábito alimenticio de los animales, dado que en horas de más viento y menor *wind chill* los animales buscan protección, y se produce una disminución de la ingesta de pasto (Quam *et al.*, 1994)

Respecto de la temperatura media, los valores no fueron afectados mayormente por los tratamientos. Aunque no existen mayores diferencias, se observa que en el invierno los valores son levemente inferiores en el ganadero y, en verano son también levemente superiores en ese tratamiento (Figura N° 8).

La humedad relativa fue afectada levemente por los árboles en los tratamientos silvopastorales, en relación al testigo, con valores levemente superiores en los tratamientos silvopastorales de 0,2 a 0,6 %, dependiendo de la estación del año.

Los sistemas silvopastorales afectaron el comportamiento de la precipitación y sus registros. En la Figura N° 10 y el Cuadro N° 4 se observa que se registraron valores superiores de precipitación en el tratamiento en fajas y menores en el tradicional en relación al ganadero.

Esto se puede explicar, en el primer caso, dado que las fajas al actuar como cortinas cortaviento reducen la velocidad del viento y hacen que la precipitación descienda con un ángulo menos agudo y con mayor lentitud en el receptáculo de captación del agua de la estación climática ubicada en éste tratamiento, en comparación con el ganadero. En este último, por efecto de una mayor velocidad del viento, las gotas de lluvia adquieren más velocidad y un ángulo más agudo, lo cual reduce el área de penetración en la botella de captación de agua, por lo cual capta menos precipitación. En el segundo caso, la estación en el tratamiento ganadero registró un 5 % más de precipitación que en el tradicional, lo cual también se explica por la mayor intercepción de la lluvia por las copas de los árboles en el tratamiento silvopastoral tradicional, que tiene un 32 % de cobertura de copa.

En general, los árboles interceptan la precipitación con su follaje, reduciendo la cantidad de ésta que llega directamente al suelo, reteniéndola en el follaje, por lo que cae al suelo en forma de gotas de mayor magnitud o escurre por el fuste hacia el suelo. Parte de ella es evaporada por efecto de la radiación solar desde el follaje y no llegará nunca al suelo, y en este caso al receptáculo de captación. En el caso de áreas sin árboles, toda la precipitación llega al suelo, ya que no hay barreras interceptoras, como son los árboles.

CONCLUSIONES

Los árboles de *Pinus contorta*, manejados bajo ordenación silvopastoral modificaron algunos parámetros climáticos del ambiente. Los parámetros que fueron modificados, por efecto de los árboles, fueron:

Los árboles, en tratamientos silvopastorales, redujeron la velocidad promedio del viento en relación al tratamiento testigo (ganadero), con una disminución de la velocidad del viento de más del 200 %.

En relación a las velocidades máximas de viento, la reducción fue del 10 % en los tratamientos silvopastorales, en comparación con tratamiento ganadero.

Los valores de *wind chill* fueron entre 22 y 26 % mayores, para tratamiento silvopastoral en fajas y tradicional, respectivamente, en relación al tratamiento ganadero. Entre los tratamientos silvopastorales, el silvopastoral tradicional obtiene valores más altos que el de fajas.

Los sistemas silvopastorales afectaron el comportamiento de la precipitación y sus registros. Se registraron valores superiores de precipitación en el tratamiento en fajas y menores en el tradicional en relación al ganadero. En el tratamiento ganadero se registró un 5 % más de precipitación que en el tradicional, lo cual se explica por la mayor intercepción de la lluvia por las copas de los árboles en el tratamiento silvopastoral tradicional.

Otros parámetros no fueron afectados por la presencia de árboles, como fue la temperatura media y la humedad relativa, con valores levemente superiores en esta última en los tratamientos silvopastorales de 0,2 a 0,6 %, dependiendo de la época del año.

REFERENCIAS

Anderson, G. W., 1977. Productivity of crops and pastures under trees. pp. 58-63. In: Integrating Agriculture and Forestry. Ed: by Howes K.M.W. and Rummey R.A. CSIRO., Australia.

Anderson, G. W, Moore, R. and Jenkins, P., 1988. The integration of pasture, livestock and widely-spaced pine in South Western Australia. *Agrofor. Syst.* 6:195-211.

Garret, H. E. and Buck, L., 1997. Agroforestry practice and policy in the United States of

America. Forest Ecol. Manag. 91:5-15.

Garret, H. E., Kerley, M. S., Ladyman, K. P., Walter, W. D., Godsey, L. D., Van Sambeek, J. W. and Brauer, D. K., 2004. Hardwood silvopasture management in North America. Agrofor.Syst. 61:21-33.

Lee, R., 1978. Forest Microclimatology. Columbia University Press, New York.

Lewis, C. E., 1973. Integrating management of forest and range resources. pp 69-70. In: Range resources of the Southeastern United States. The Amer. Soc. Agro., Pub N° 21. Madison, Wisconsin.

Lewis, C., Burton, C., Monson, W. and McCormick, W., 1983. Integration of pines, pastures and cattle in southern Georgia, USA. Agrofor. Syst. 1:277-297.

Mead, D., 2009. Biophysical interactions in silvopastoral systems: A New Zealand perspective. En: Actas del 1^{er} Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones Argentina. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. pp. 3-9.

Murgeitio, E, 2009. Aspectos relacionados con la sustentabilidad social y ambiental de los sistemas silvopastoriles en América tropical. En: Actas del 1^{er} Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones Argentina. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. Pp. 66-69.

Nair , P. K. R., 1987. Soil productivity under agroforestry. In: Agroforestry Realities, Possibilities and Potentials. Ed. by Gholz H.L., Martinus Nijhoff and Junk W. Dordrecht, The Netherlands.

Percival, N., Hawke, M. and Andrew, B., 1984. Preliminary report on climate measurements under *Pinus radiata* plants in farmland. In: Bibrough GW (ed), Proceedings of a technical workshop of agroforestry. Ministry of Agriculture and Fisheries, Wellington. pp: 57-60

Peri, P., Lucas, R. and Moot, D., 2007. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. Agrofor. Syst. 70: 63-79.

Quam, V. and Johnson, L., 1994. Windbreaks for Livestock Operations. University of Nebraska Cooperative Extension EC 94-1766-X. En <http://www.lanr.unl.edu/pubs/forestry/ec1766.htm>. Marzo de 2009.

Reid, R. and Wilson, G., 1986. Agroforestry in Australia and New Zealand. Goddard and Dobson. Victoria, Australia. 255p.

Shiel, W. C. and Stöppler, M. C., 2008. Webster's New World TM Medical Dictionary, 3rd Edition. Coedited by William C. Shiel, Jr., MD, FACP, FACR, and Melissa Conrad Stöppler, MD. Wiley Publishing, Inc. New Cork.

Snaydon, R. W. and Harris, P. M., 1979. Interactions belowground: the use of nutrients and water. In: Proc. International Workshop on Intercropping. Ed. by Willey R.W. ICRISAT, Hyderabad, India. pp. 188-201.

Solangaarachchi, S. M. y Harper, J. L., 1987. The effect of Canopy filtered Light on the growth of white clover, *Trifolium repens*. *Oecologia* 72: 372-376.

Sotomayor, A., 1989. Sistemas silvopastorales y su manejo. Documento técnico N° 42. Revista Chile Forestal, Diciembre 1989. CONAF. 8p.

Sotomayor, A., 1990. Sistemas silvopastorales y su manejo. *Chile Agrícola* 157:203-206.

Sotomayor, A. y Cabrera, C., 2008. Análisis de un sistema silvopastoral con *Pinus radiata* D. Don, asociado con ganado ovino en la zona mediterránea costera central de Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*, Vol 14 N° 2. pp: 269-286.

Sotomayor, A., 2009. Sistemas silvopastorales, alternativa productiva para un desarrollo sustentable de la agricultura en Chile. En: Actas del 1^{er} Congreso Nacional de Sistemas Silvopastorales. Posadas, Misiones Argentina. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. pp. 26-47.

Sotomayor, A., Teuber, O. y Moya, I., 2009. Resultados y experiencias sobre manejo de sistemas silvopastorales en la región de Aysén. En: Sistemas Agroforestales para la región de Aysén: Cortinas Cortaviento y Silvopastoreo. pp: 165-199. Ed: Teuber O. Instituto de Investigaciones Agropecuarias e Instituto Forestal. Coyhaique, Chile.

Watson, V. H., Pearson, H. A., Knight, W. E. and Hagedorn, C., 1984. Cool season forages for use in Pine forests. Pp.79-88. in: *Agroforestry in the Southern Unites States*, 33rd Annual Forestry Symposium. Ed. by Linnartz, N. E. and Johnson, M. K. Louisiana Agric. Exp. Sta., Baton Rouge, Louisiana.