

Interacción de factores ambientales y biológicos en la productividad de un sistema silvopastoral con *Pinus contorta* Doug.ex.Loud. en la Región de Aysén, Chile

Autor: Dr. Alvaro Sotomayor
INSTITUTO FORESTAL (INFOR)
CHILE





INFOR
Instituto Forestal

ANTECEDENTES GENERALES REGION DE AISEN



Se ubica entre los $43^{\circ}38'$ y $49^{\circ}16'$ de latitud sur y desde los $71^{\circ}06'$ de longitud oeste hasta el O. Pacífico

- La Región de Aysén es una de las más extensas de todo el territorio chileno, con una superficie de 10,6 millones de hectáreas, pero con solo 100 mil habitantes.
- Según el censo agropecuario de 1997, la Región de Aysén cuenta con 746.807 ha de explotaciones agropecuarias y 9.781.060 ha de suelos de aptitud forestal.
- La Región de Aysén cuenta con 662,6 mil ha de praderas naturales, y 29,3 mil ha de praderas mejoradas;
- En producción animal, cuenta además, con una masa de 199 mil bovinos 304 mil ejemplares .
- En recursos forestales, existen 4,8 mill ha de bosques naturales y solo 43,7 mil ha de plantaciones forestales, principalmente con las especies *Pinus ponderosa* y *P contorta*.

- 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, del 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.* 1984b; Peri *et al.* 2007; Mead 2009), **el viento**, la **humedad** y la **temperatura** (Anderson 1977; Lee 1978; Sotomayor 1989; 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)

OBJETIVO: Evaluar las interacciones ambientales y biológicas bajo plantaciones de *Pinus contorta*, manejados bajo ordenación silvopastoral y su efecto en la productividad del sistema

Tabla . Tratamientos, Numero de arboles y estaciones climáticas

Nombre de tratamientos	Estaciones climáticas		
	Nº	Nº Arboles al Inicio del Tratamiento	Distancia media de estación climática a árboles más cercanos(m)
Sistema silvopastoral tradicional con pradera natural mejorada.	T2	400	2,5
Sistema Silvopastoral en Fajas alternas, con pradera natural mejorada.	T3	400	10,5
Sistema Ganadero Tradicional, con pradera natural mejorada, sin árboles	T4	0	Sin árboles

Parámetros Climáticos evaluados: Viento, Wind Chill, Tº, HRº, y Precipitación

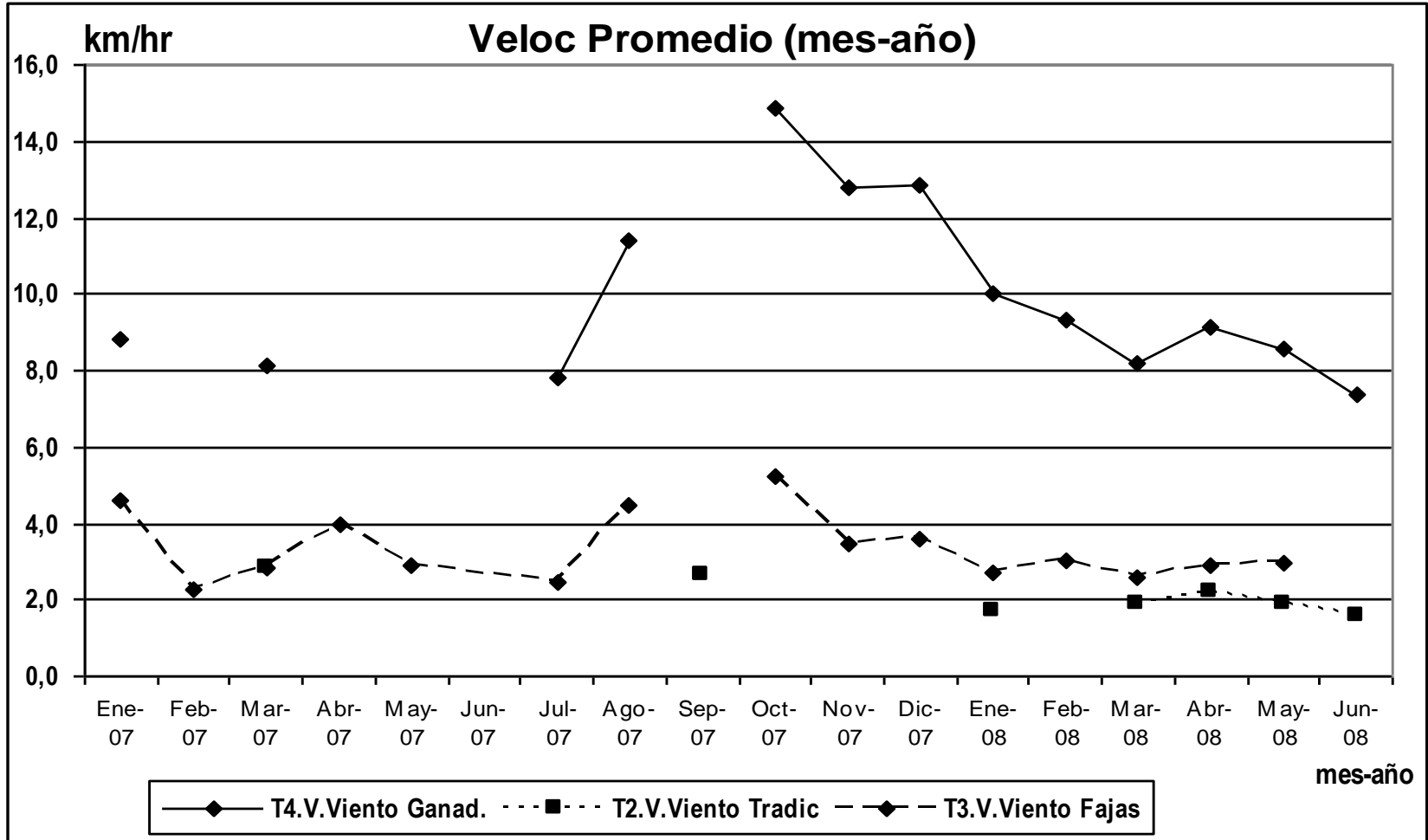
Parámetros Productivos Evaluados: Producción Pratense, Ganadera, y Forestal.

VISION DE LA UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES EXPERIMENTALES

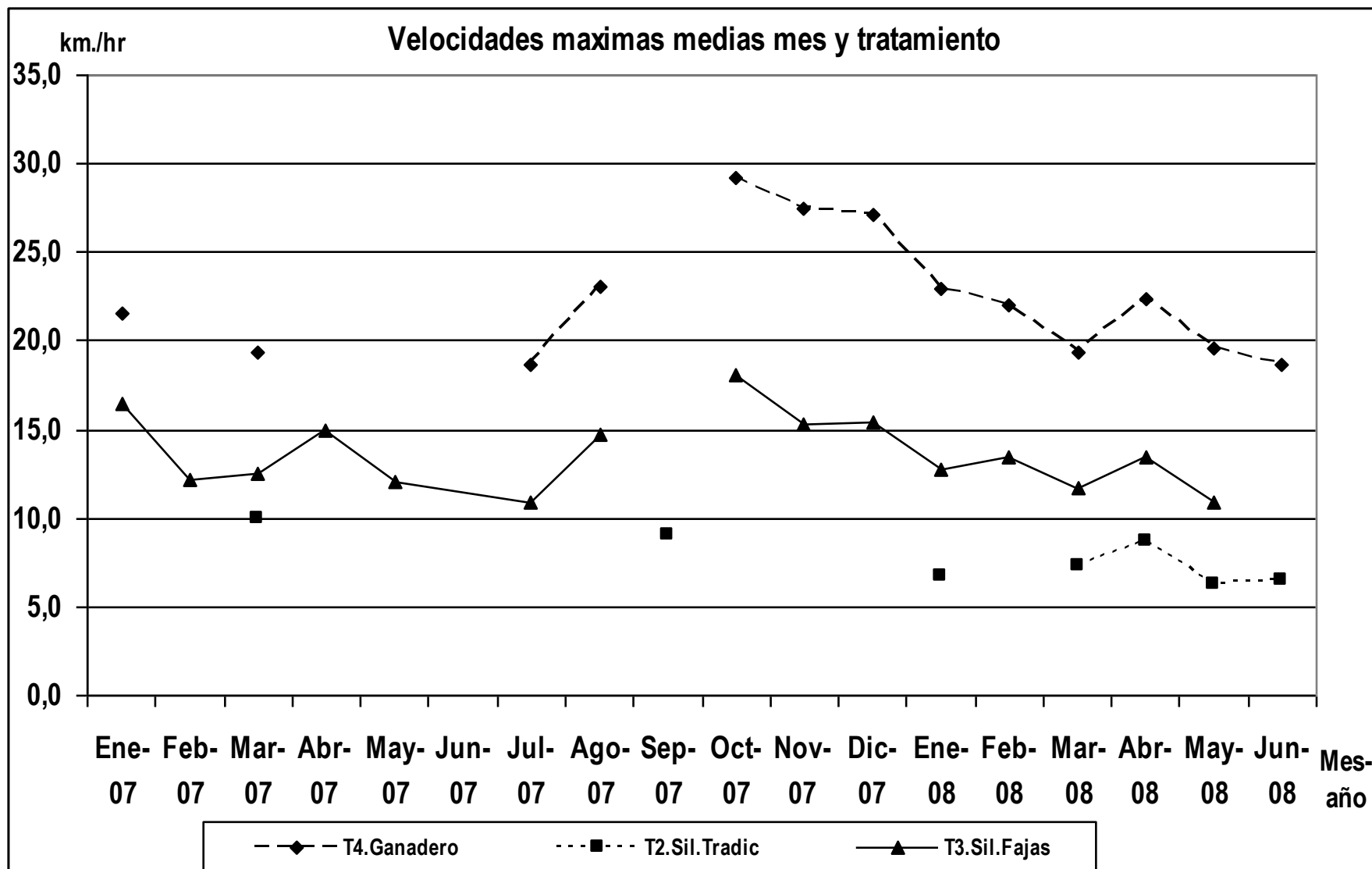


1. RESULTADOS: Parámetros Climáticos

•Velocidad media del Viento:



• Velocidad máxima promedio del viento, entre enero 2007 a junio 2008, por tratamiento.





INFOR
Instituto Forestal

Wind Chill

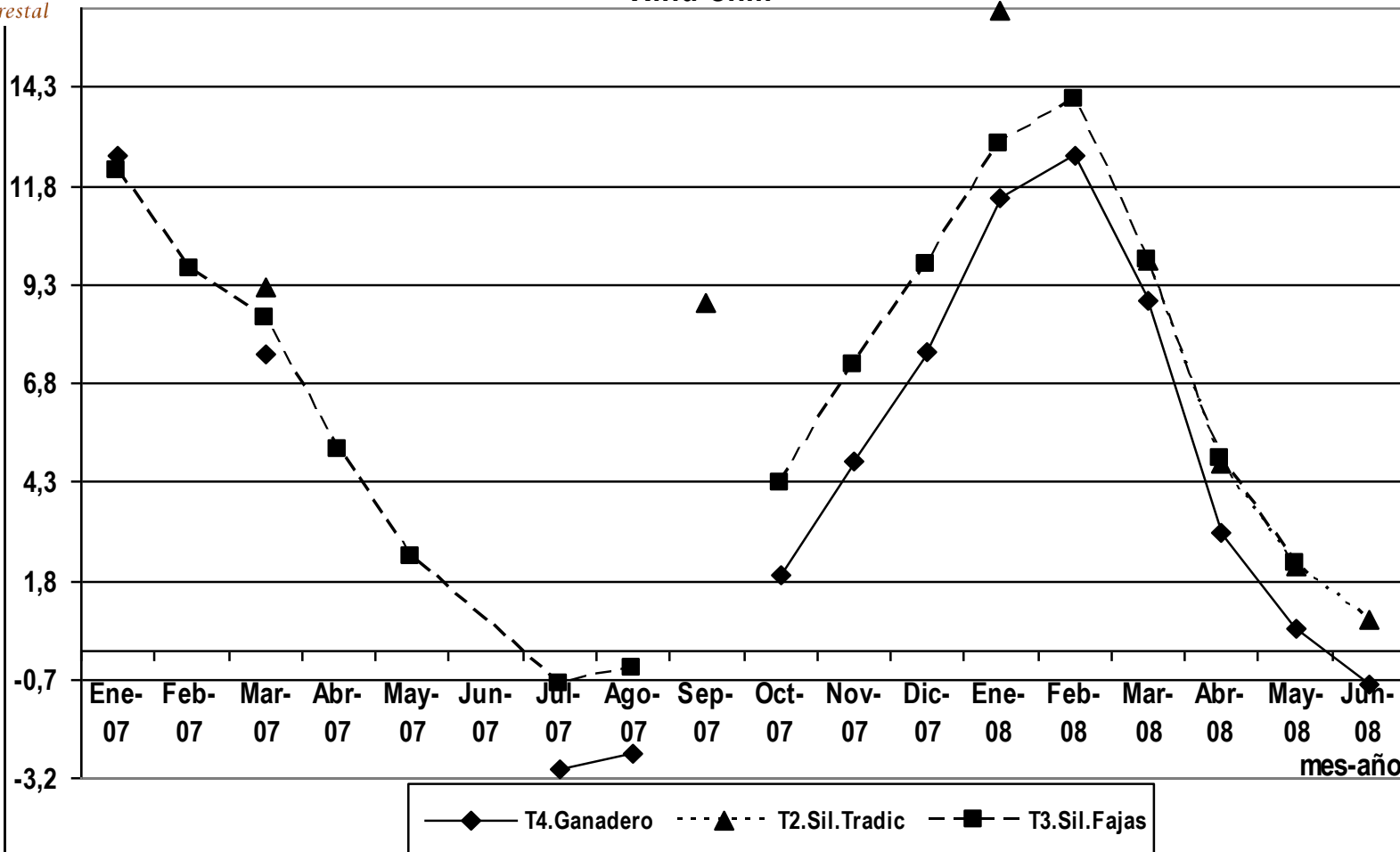


Figura 7.6. WindChill promedio mes, enero 2007 a junio 2008.



• **RESULTADOS: Temperatura media.**

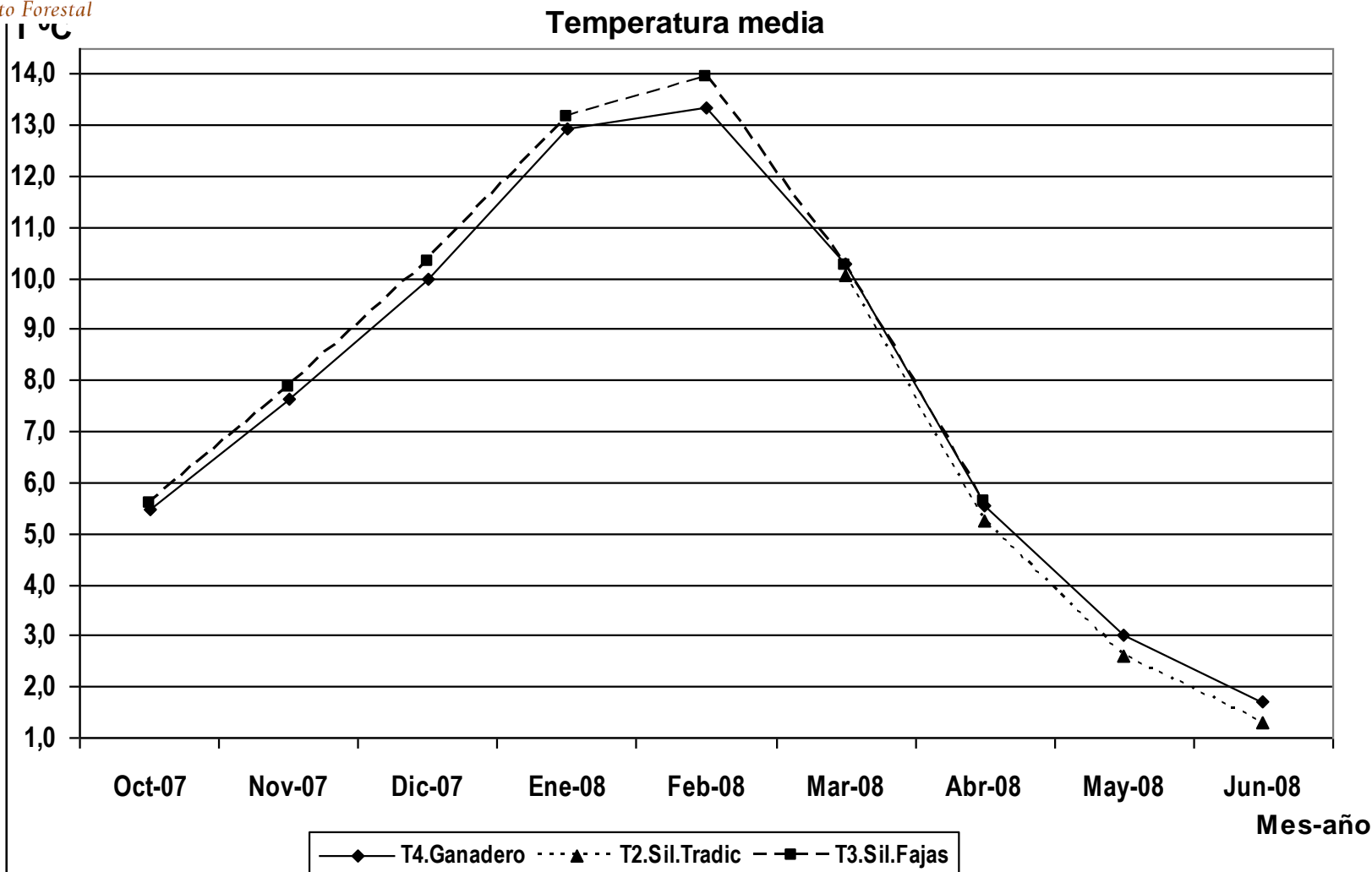


Figura 7.8. Temperatura media mensual, años 2007-2008, por tratamiento.

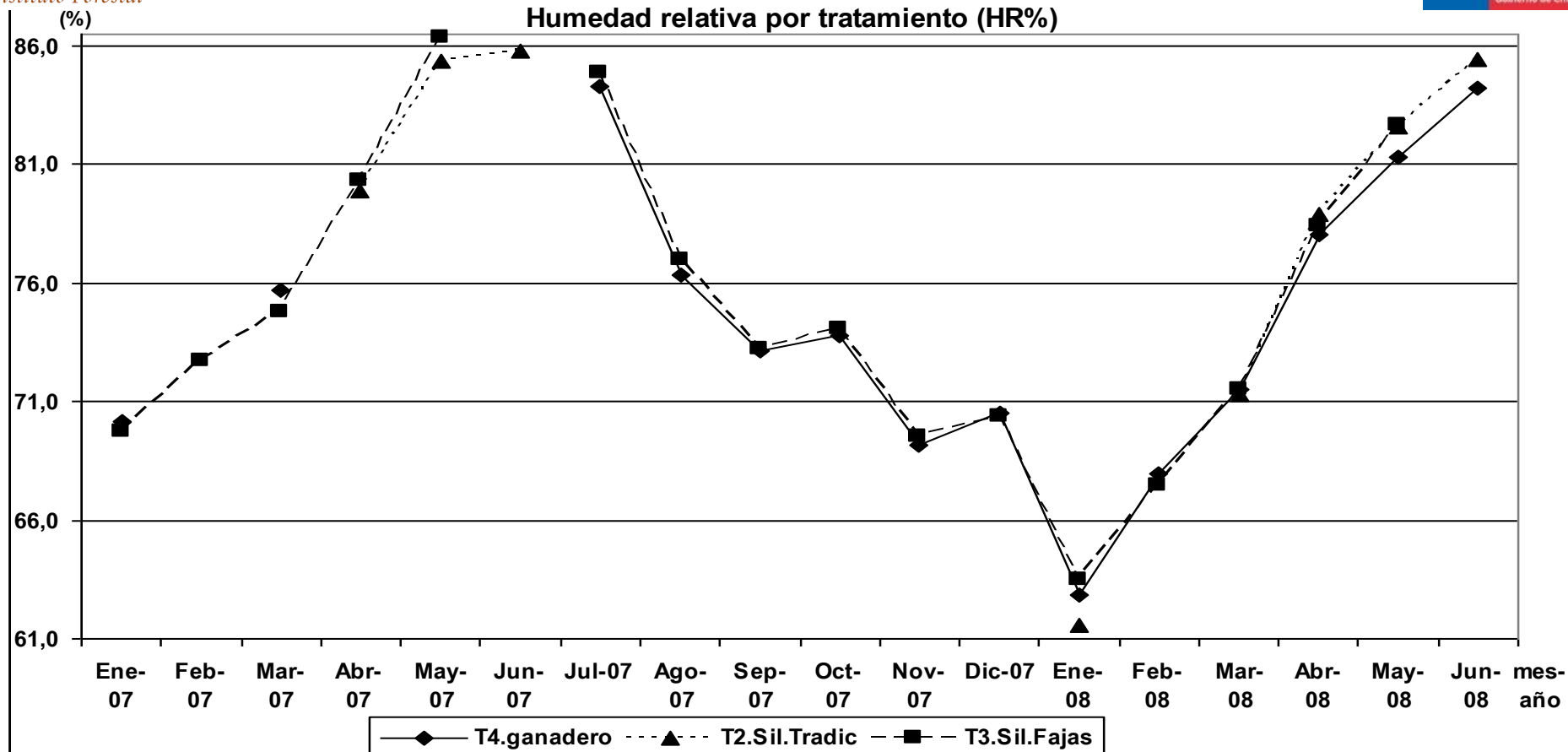


Figura 7.9. Humedad relativa media mes, años 2007-2008, por tratamiento.

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

RESULTADOS: 204-2008

- **PRODUCCION FORESTAL**
- **PRODUCCION PRADERA Y ANIMAL
BAJO ORDENACION SILVOPASTORAL**

**BAJO LA INFLUENCIA
DE FACTORES
AMBIENTALES
EXPUESTOS**

2. METODOLOGIA y RESULTADOS FORESTALES

Tabla 3.1. Tratamiento forestal manejado y silvopastorales evaluados.

Nº	Nombre y descripción de tratamientos	Densidad (arb ha ⁻¹)			Altura de poda 2004 (m)		DSM (cm)
		Inicial	2004 *	Final **	2004 *	Final ***	
T1	Sistema forestal manejado, sin mejoramiento de la pradera mediante fertilización.	1.514	816	400	1,97	6,0	20,0
T2	Sistema silvopastoral tradicional, con pradera natural mejorada con fertilización.	1.514	357	200-250	2,01	6,0	20,0
T3	Sistema silvopastoral en fajas, con pradera natural mejorada con fertilización	1.514	400	200-250	2,09	6,0	20,0

DSM: diámetro objetivo sobre verticilo podado, en la oportunidad correspondiente.

*: Densidad y poda real lograda después de intervención año 2004

**: Densidad final proyectada a la rotación de 35-40 años.

***: Poda final proyectada a la rotación de 35-40 años.

Parámetros Evaluados: DAP, AB, H total, Ccopa (%), CFL, DR, Daños por pastoreo y viento

Nota: En esta Presentación, el termino Sistema Silvopastoral, se refiere a la combinación de arboles, pradera y ganado en el mismo sitio, y en forma deliberada.

• **RESULTADOS: Diámetro altura del Pecho (DAP)**

Tabla 3.2. Desarrollo del DAP, *Pinus contorta*, años 2004 a 2008.

Tratamiento	DAP (cm)					Incremento 2004-2008 (%)
	2004	2005	2006	2007	2008	
T1: For. Manejado	12,7	13,6	14,8	16,0	16,9	33,1
T2: Sil. Tradicional	12,9	14,2	16,0	17,8	19,1	48,1
T3: Sil. Fajas	13,0	14,1	15,6	17,1	18,0	38,5

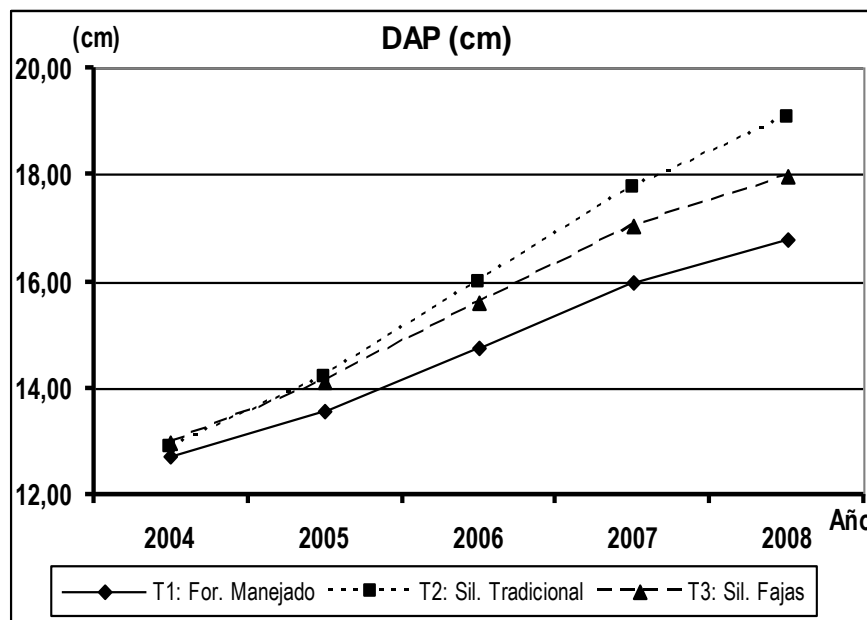
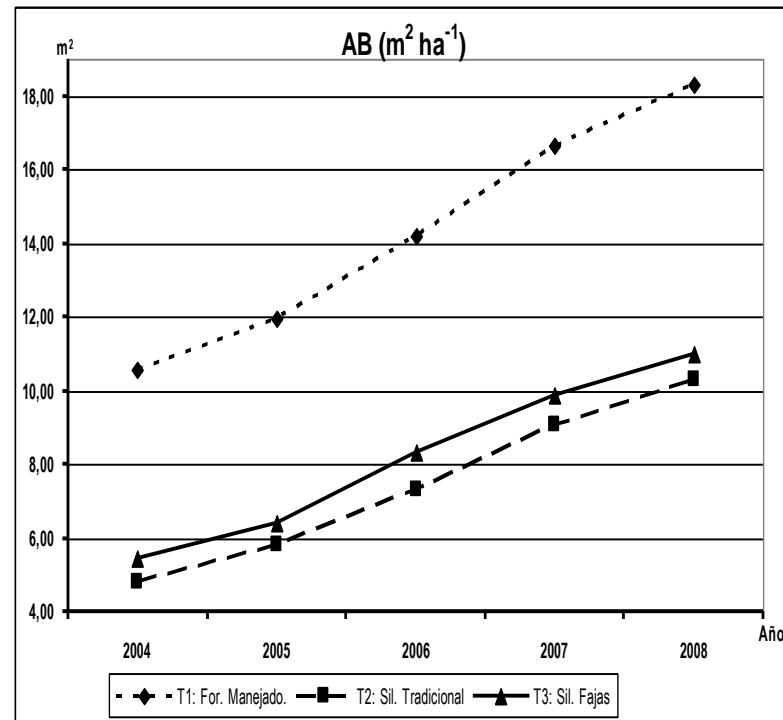


Figura 3.2. Evolución del DAP, *Pinus contorta*, años 2004 a 2008.

• **RESULTADOS: Área Basal (AB)**

Tabla 3.6. Desarrollo del AB entre los años 2004 a 2008.

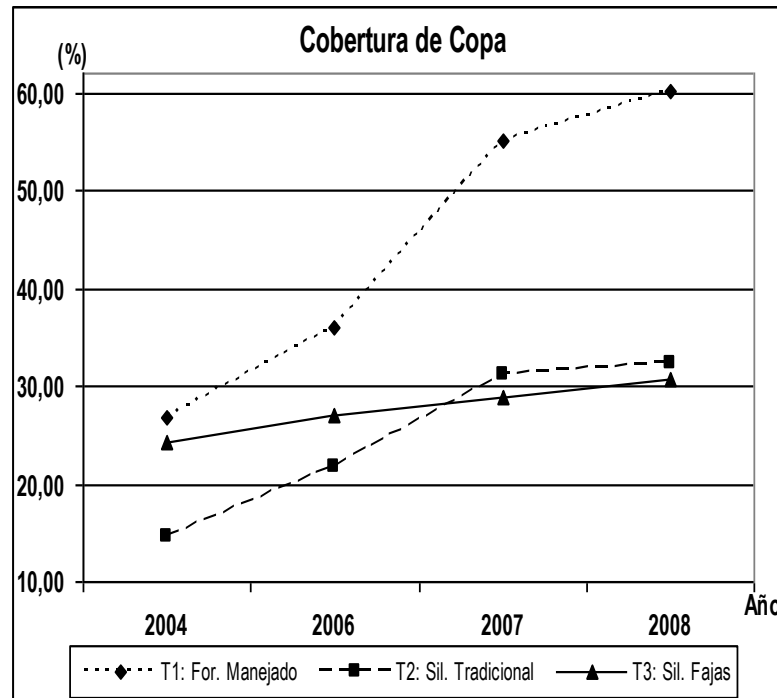
Tratamiento	AB ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$)					Incremento 2004-2008 (%)
	2004	2005	2006	2007	2008	
T1: For. Manejado	10,6	12,0	14,2	16,6	18,3	72,6
T2: Sil. Tradicional	4,8	5,8	7,3	9,1	10,3	114,6
T3: Sil. Fajas	5,4	6,4	8,3	9,9	11,0	103,7



• **RESULTADOS: Cobertura de Copa (Ccopa (%))**

Tabla 3.14. Cobertura de copa, entre los años 2004 a 2008.

TRATAMIENTO	Cobertura de Copa (%)				Incremento 2004-2008 (%)
	2004	2006	2007	2008	
T1: For. Manejado	26,9	36,0	55,1	60,2	123,0
T2: Sil. Tradicional	14,5	21,7	31,1	32,2	121,0
T3: Sil. Fajas	24,2	27,1	28,9	30,7	26,8



METODOLOGIA EVALUACION PRODUCTIVIDAD PRADERAS:

Tabla 4.1. Superficie y parcelas de evaluación pratense por tratamiento.

Tratamiento	Nombre y descripción de tratamientos	Superficie (ha)		Nº y dimensión parcelas evaluación	
		Total	Efectiva*	Nº **	Sup. J (m ²)
T2	Silvopastoral tradicional, con pradera natural mejorada mediante fertilización.	5,3	3,94	7 (J)	0,50
T3	Silvopastoral en fajas alternadas, con pradera natural mejorada mediante fertilización.	5,5	4,19	7 (J)	0,50
T4	Ganadero tradicional, con pradera natural mejorada mediante fertilización, sin árboles.	4,3	4,30	7 (J)	0,50

*: Superficie efectiva de pradera, descontando área cubierta con desechos de poda y raleo.

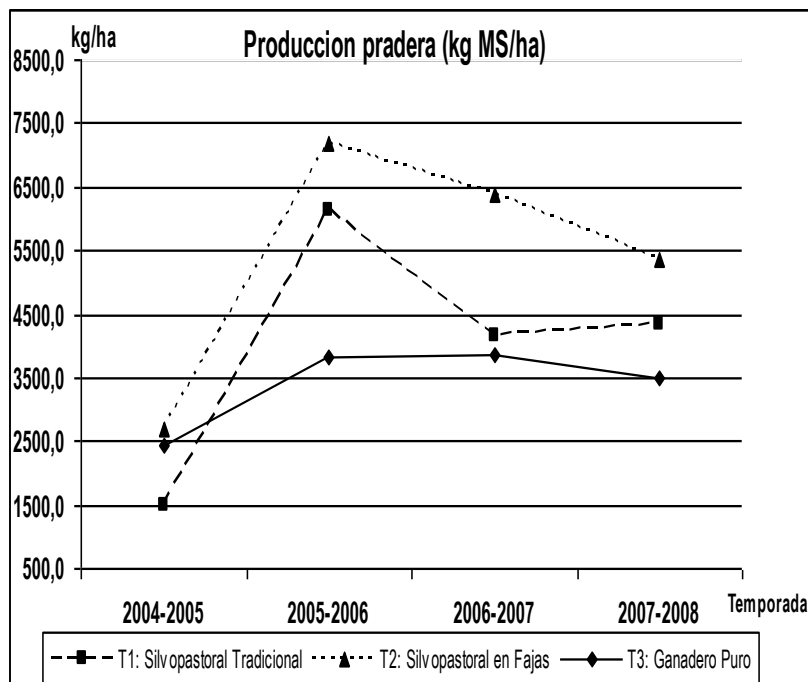
** : Tipo de parcela, J: Jaula de exclusión de 50x50x100 cm.

Parámetros Evaluados: Materia Seca, Composición botánica y su Distribución.

• RESULTADOS: MS/HA

Tabla 4.2. Producción pradera, temporada 2004-2005 a 2007-2008 (kg MS ha⁻¹).

Tratamiento	Producción Pradera por Temporada (kg MS ha ⁻¹)			
	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008
T2: Sil. Tradicional	1485,7	6109,7	4153,2	4330,9
T3: Sil. en Fajas	2684,9	7181,6	6394,5	5359,7
T4: Ganadero Puro	2452,1	3832,0	3874,1	3513,6



METODOLOGIA

Tabla 5.1. Superficie y parcelas por tratamiento, para evaluación de productividad animal.

Tratamiento	Nombre y descripción de tratamientos	Superficie (ha) tratamientos		Unidades muestrales animales.
		Total	Efectiva*	
T2	Sistema silvopastoral tradicional con pradera natural fertilizada.	5,3	3,94	Introducción de un número determinado de animales vacunos por cada temporada de engorda (diciembre-abril), de acuerdo a capacidad de carga, determinado por la condición de la pradera.
T3	Sistema silvopastoral en fajas alternas con pradera natural fertilizada.	5,5	4,19	
T4	Sistema ganadero tradicional con pradera natural fertilizada, sin árboles.	4,3	4,30	

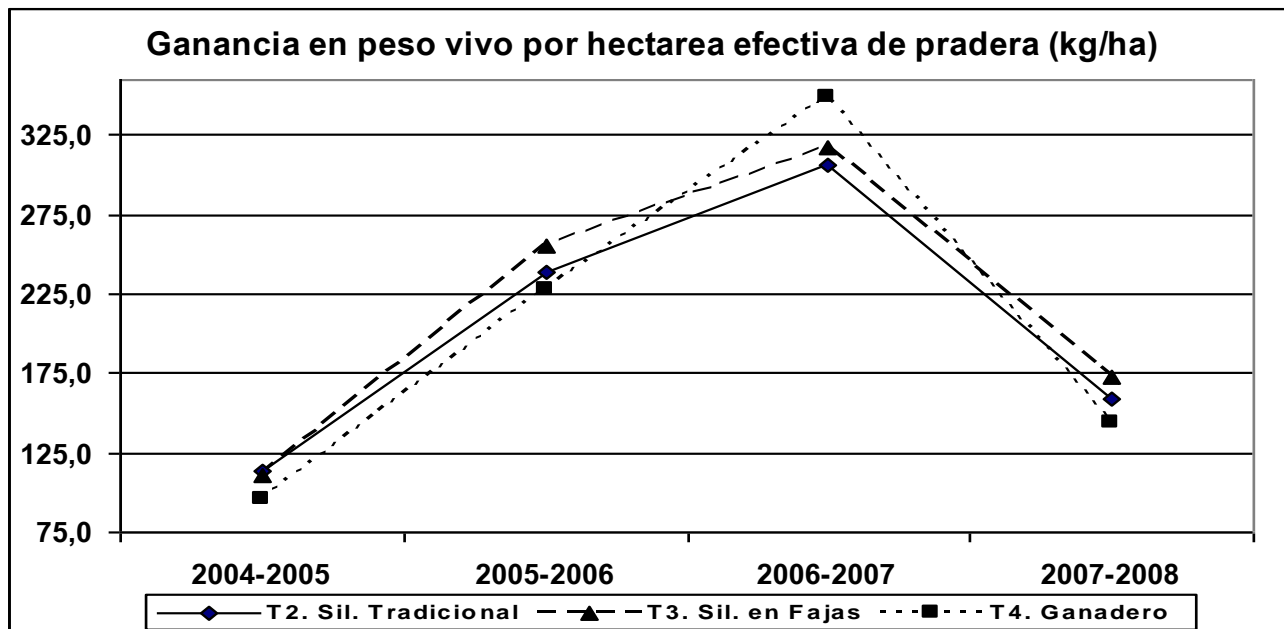
*: Superficie efectiva de pradera, descontando área cubierta con desechos de poda y raleo.

Parámetros a evaluar: Ganancia en peso vivo animal

• RESULTADOS: Ganancia en Peso Vivo

Tabla 5.6. Productividad animal por hectárea efectiva de pradera por tratamiento, temporadas 2004-2005 a 2007-2008, predio San Gabriel, Coyhaique.

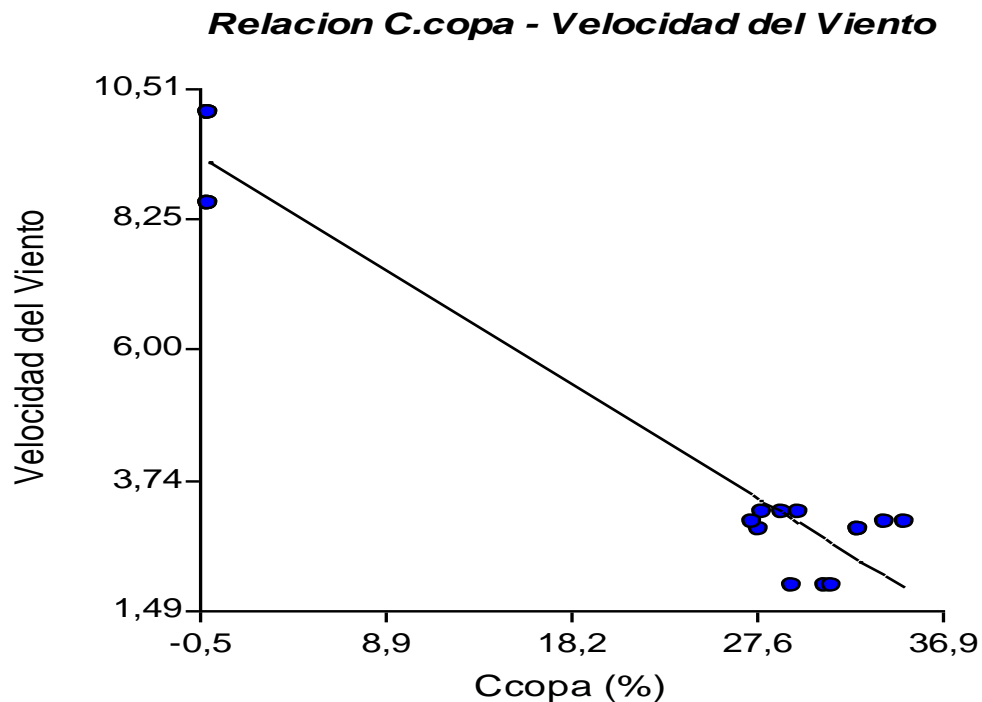
Tratamiento	Ganancia en carne por ha efectiva de pradera y por temporada (kg ha ⁻¹)				Producción total 2004 a 2008 (kg ha ⁻¹)
	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	
T2. Sil. Tradicional	113,8	238,6	305,8	158,9	817,0
T3. Sil. Fajas	110,2	255,7	317,8	172,3	855,9
T4. Ganadero	95,8	227,9	348,4	144,4	816,5



ANALISIS DE INTERACCIONES CLIMATICAS Y PRODUCTIVAS SISTEMA SILVOPASTORAL AYSEN

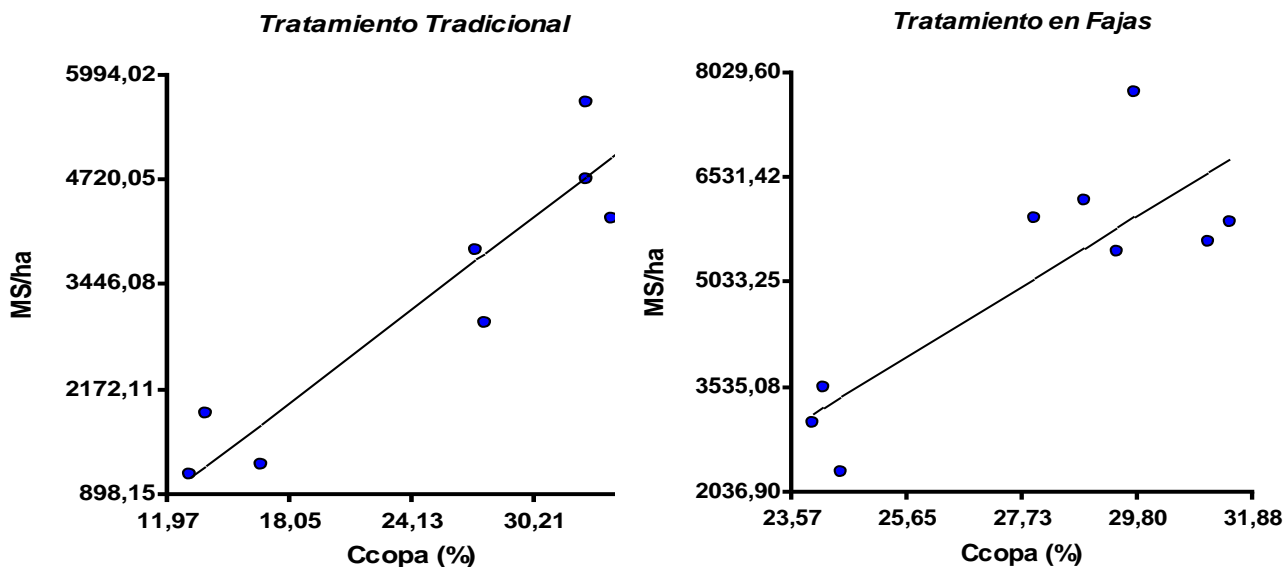
ANALISIS INTERACCIONES

- La vegetación arbórea, ¿puede alterar algunos de los parámetros climáticos analizados?



$Vv = m + p \cdot F + E$	R^2
AB	0,96
DAP	0,96
Ccopa	0,95

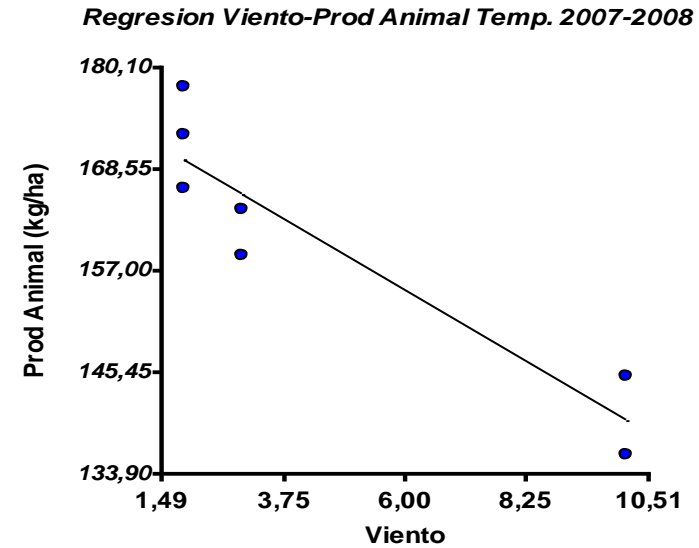
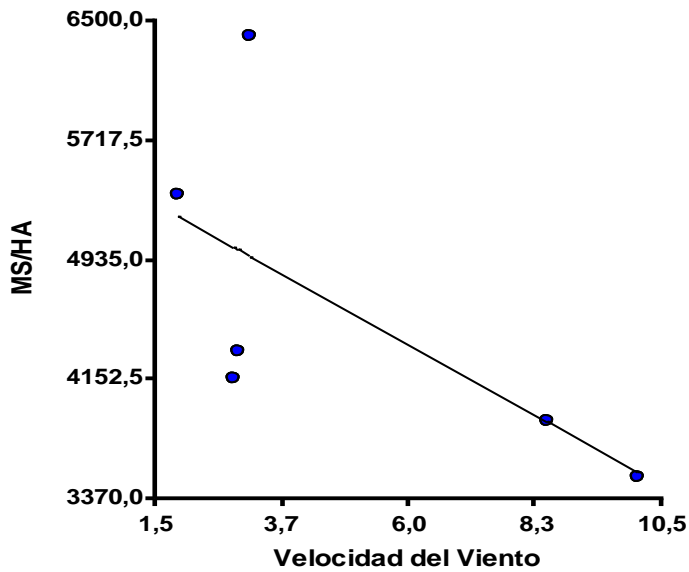
- Los árboles ordenados en sistemas silvopastorales influyen la productividad de la Pradera?



Regresión Tratamiento Silvopastoral Tradicional			Regresión Tratamiento Silvopastoral en Fajas		
Variable	N	R ²	Variable	N	R ²
kg MS ha ⁻¹	9	0,88	kg MS ha ⁻¹	9	0,69

Figura 9.2. Regresión lineal Ccopa (%) - MS (kg MS ha⁻¹), en tratamientos silvopastorales, temporadas 2004 a 2008.

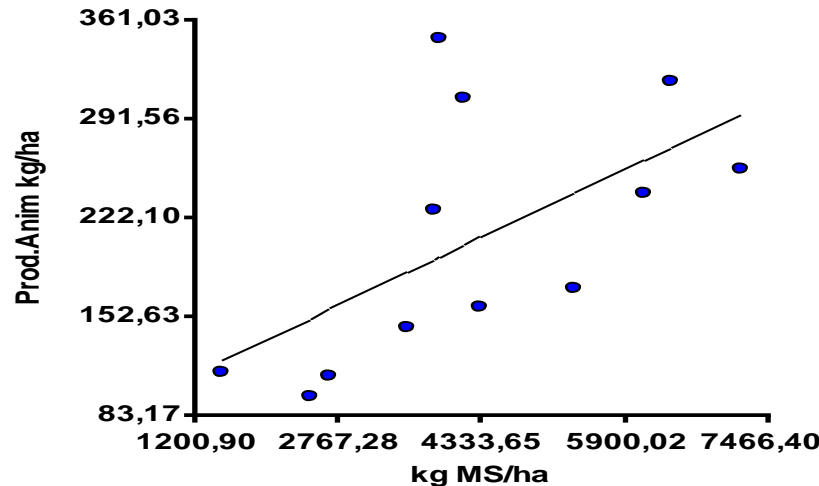
➤ Los parámetros climáticos, como viento ¿influencian la productividad de la pradera y animal?



Regresión Viento-Prod. Animal		
Variable	N	R ²
Prod.Animal kg ha ⁻¹	7	0,86

➔ Aunque esta relación solo obtuvo un R²= 0,45

MS-PROD ANIMAL 2004-2008



Regresión MS-Prod. Animal		
Variable	N	R ²
Prod.Animal kg ha ⁻¹	12	0,36

→ Al parecer ¿existe mas de una variable que influencia la productividad de la pradera en un **SISTEMA SILVOPASTORAL?**

- Análisis de **PROD. PRADERA** en función de Trat Forestales y Clima

Regresión Lineal Modelo	Tratamiento(s)	r ²
→ Prod Pradera=f(Ccopa)	Silvopastorales Tradicional	0,88
1. <i>Prod Pradera=f(Viento*Ccopa)</i>	Silvopastorales y Ganadero	0,55
2. <i>Prod Pradera=f(Viento*Ccopa)</i>	Silvopastoral Tradicional y Fajas	0,74
3. <i>Prod Pradera=f(Viento*Ccopa)</i>	Silvopastoral Tradicional	0,68
4. <i>Prod Pradera=f(Viento*Ccopa)</i>	Silvopastoral Fajas	0,53

- Análisis de Prod. Pradera en función de Trat Forestales y Fertilidad

Regresión Lineal Multivariable para Prod. Pradera	Tratamiento(s)	r ²
1. Prod. Pradera=f(S*Ccopa)	Sil. Tradicional y Fajas	0,73
2. Prod. Pradera=f(P*Ccopa)	Sil. Tradicional y Fajas	0,63
3. Prod. Pradera=f(S*P*Ccopa)	Sil. Tradicional y Fajas	0,73
4. Prod. Pradera=f(S*Ccopa)	Sil. Tradicional	0,90
5. Prod. Pradera=f(S*Ccopa)	Sil. Fajas	0,96

*: interacción

→ Al parecer ¿existe mas de una variable que influencia la Productividad Animal en un **SISTEMA SILVOPASTORAL**?

- Análisis de PROD ANIMAL en función de Trat Forestales, Clima y Prod.Pradera

Regresión Lineal Multivariable para Prod. Animal	Tratamiento(s)	r ²
1. Prod. Animal=f(MS)	Sil. Tradicional y Fajas	0,36
2. Prod. Animal=f(Ccopa*Viento)	Sil. Tradicional y Fajas	0,92
3. Prod. Animal=f(Ccopa*Viento*MS)	Sil. Tradicional y Fajas	0,96

1. 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 a tratamiento ganadero. Entre los tratamientos silvopastorales, el silvopastoral tradicional obtiene valores más altos que en fajas.

2. La producción de la pradera se afecta positivamente por la cobertura y protección de los arboles que reduce la velocidad del viento y su efecto negativo, y por una adecuada fertilización, especialmente azufre (S).

3. La producción animal se vio positivamente afectada principalmente por la protección de los arboles, asociado a una reducción del viento, y luego por la producción de la pradera

4. Al planificar la productividad del Sistema FORESTAL-AMIMAL/PRADERA (SILVOPASTORAL), deben tomarse en cuenta los factores limitantes que afectan el sistema: Usualmente los Ganaderos se fijan en la Pradera, pero como hemos visto no es el único factor a considerar en la productividad animal en la Patagonia.



MUCHAS GRACIAS

Autores: Dr. Alvaro Sotomayor

