

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

Memoria de Título

**EFECTO DE INTENSIDADES DE CORTE EN EL REBROTE DE *Acacia*
caven (Mol.) Mol.**

PATRICIA ANDREA CORNEJO ZAMORANO

Santiago, Chile

2008

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

Memoria de Título

**EFEECTO DE INTENSIDADES DE CORTE EN EL REBROTE DE *Acacia*
caven (Mol.) Mol.**

**EFFECT OF INTENSITIES OF CUTS IN THE SPROUT AGAIN OF *Acacia*
caven (Mol.) Mol.**

PATRICIA ANDREA CORNEJO ZAMORANO

Santiago, Chile

2008

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

Memoria de Título

**EFFECTO DE INTENSIDADES DE CORTE EN EL REBROTE DE *Acacia*
caven (Mol.) Mol.**

**Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Agrónomo
Mención: Producción Animal**

PATRICIA ANDREA CORNEJO ZAMORANO

PROFESORES GUÍAS	Calificaciones
Sr. Alfredo Olivares E. Ing. Agrónomo Mg. Sc.	6.0
Sr. Antonio Vita A. Ingeniero Forestal	6.5
PROFESORES EVALUADORES	
Sr. Patricio Azócar C. Ingeniero Agrónomo M. S.	6.7
Sra. Ximena García F. Ingeniero Agrónomo Mg. Sc.	6.0

Santiago, Chile

2008

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN.....1

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación.....4

Material

Descripción del espinal.....4

Método

Elección de los ejemplares.....5

Tratamientos.....5

Inicio del ensayo.....7

Evaluación del rebrote.....8

Diseño de experimentos.....9

Análisis estadístico.....10

RESULTADOS Y DISCUSION

Presencia o ausencia de rebrotes en los tratamientos.....11

Evaluación del número de rebrotes.....13

Evaluación del peso seco de los rebrotes.....14

Evaluación de la longitud de los rebrotes.....15

Curvas de crecimiento del rebrote.....17

Comentarios y recomendaciones finales del estudio.....18

CONCLUSIONES.....20

BIBLIOGRAFÍA.....21

APÉNDICES.....24

RESUMEN

En Comunidades Agrícolas de la Región de Coquimbo, ante la escasez de forraje herbáceo, especialmente en años secos, existe una práctica de manejo que consiste en quebrar las ramas de los espinos dañando, en muchos casos, su recuperación y éstas son entregadas al ganado caprino para satisfacer las demandas de alimento.

Con el fin de que este recurso se mantenga y se recupere de las distintas intervenciones realizadas por los habitantes de la Región de Coquimbo, en la zona semiárida se realizó este trabajo en que se mostraron los efectos de intensidades de corte en el rebrote de *Acacia caven* (Mol.) Mol., cortes a intensidades altas, medias y bajas, y sin intervención, de las cuales se midió y estimó la presencia de rebrote, el número de rebrotes, peso seco del material consumible, longitud del rebrote y curvas de crecimiento del rebrote.

Este estudio se realizó en Rinconada de Maipú, específicamente en el sector de secano, en la comuna de Maipú, Región Metropolitana, con una duración de siete meses, comenzando en agosto de 2006 y terminando en marzo de 2007. Para esto se utilizaron 32 espinos de características más o menos similares.

De los resultados obtenidos se observó. en los espinos intervenidos, una gran capacidad de rebrotar, ya que después de tres meses de realizado el corte todos presentaron rebrote.

En los espinos intervenidos a intensidades baja y media de corte se observó el mayor número de rebrotes y el mayor peso seco del material consumible al final del período de recuperación. El efecto de las intensidades de corte en la longitud del rebrote no fue significativo. Sin embargo, en los ejemplares sin intervención, se observó una menor longitud en comparación a los ejemplares intervenidos.

Las curvas de crecimiento de los ejemplares intervenidos se ajustan claramente a una curva de crecimiento típico, la del ejemplar no intervenido es más bien recta, ya que su velocidad de crecimiento es más constante. La mayor velocidad de crecimiento del rebrote fue encontrada en el tratamiento de intensidad media de corte. Por lo tanto, es el que se recupera más rápido después de la intervención.

Palabras claves: intensidad de corte, rebrote y *Acacia caven* (Mol.) Mol.

ABSTRACT

In Agricultural Communities of the Region of Coquimbo, when there is herbaceous forage shortage especially in years droughts, a handling practice exists that, consists of breaking the branches of the espinos, damaging in many cases its recovery and these are given to the goat cattle to satisfy the demands of food.

In order that this resource stays and it recovers of the different interventions realised by the inhabitants from the Region of Coquimbo, in the semi-arid zone work was realised in which were the effects of intensities of cuts in the sprout again of *Acacia caven* (Mol.) Mol., you cut to high, average and low intensities, and without intervention, of which the sprout again presence, the number of sprouts again was moderate and considered, dry weight of the consumable material, length of the sprout again and curves of growth of the sprout again.

This study was realized in Rinconada de Maipú, specifically in the sector of dry land, the commune of Maipú, Metropolitan Region, with duration of seven months, beginning in August of the 2006 and finishing in March of the 2007. For this 32 espinos of more or less similar characteristics were used.

Of the obtained results; the great capacity was observed in the taken part espinos to sprout again, since after three months of realized the cut all they presented/displayed sprout again.

In the espinos taken part to intensities it lowers and average of it cuts was observed the greater number of sprouts again and the greater dry weight of the consumable material at the end of the period of recovery. The effect of the intensities of cuts in the length of the sprout again was not significant. Nevertheless, in the units without intervention, a smaller growth in comparison was observed the taken part units.

The curves of growth of the taken part units clearly adjust to a curve of growth, the one of the taken part unit is not rather straight, since its speed of growth is more constant. The greater speed of growth of the sprout again was found in the treatment of average intensity of cuts, therefore he is the one that reclaims more express after the intervention.

Key words: intensity of cuts, sprouts again and *Acacia caven* (Mol.) Mol.

INTRODUCCIÓN

La zona del secano interior de Chile se caracteriza por presentar una formación vegetal dominada por el espino (*Acacia caven* (Mol.) Mol.) (Serra, 1997). Esta especie se encuentra distribuida en la ladera oriental de la Cordillera de la Costa, a través de todo el Valle Central, hasta la precordillera andina entre los 60 y 1.200 m.s.n.m. (Rodríguez *et al*, 1983).

La especie presenta una gran facilidad para desarrollarse en variados ambientes, se adapta a períodos de sequía prolongadas, por lo que puede crecer en las provincias del Norte Chico, con una pluviometría media anual de 28 mm, así como en terrenos más o menos erosionados, húmedos e incluso aquellos inundados temporalmente, encontrándose hasta Concepción, con una precipitación media anual de 1.338 mm (Donoso, 1978; Olivares, 1983; Olivares, 1988).

Ruiz de Gamboa (1986) y Vita (1993) señalan que, el espino crece en suelos de texturas medias a pesadas en profundidad, con texturas más livianas en la superficie, desarrollándose en sectores bajos con pendientes menores a 30 %, pero en ocasiones se puede encontrar en laderas bastante inclinadas, con un alto grado de erosión.

El espino tiene un uso preferencial como combustible, principalmente leña y carbón de gran calidad y consumo habitual en Chile, ya que dentro de la formación esclerófila es la especie más adecuada y frecuente para este objetivo (Prado *et al.*, 1988). También se ha visto que tiene un gran potencial como árbol forrajero de ramoneo, principalmente para el ganado caprino en la zona árida (Olivares, 1988), que prefiere consumir especies arbustivas de las cuales le permite elegir tallos, hojas y ramas que generalmente son de mayor valor nutritivo en comparación con el estrato herbáceo, en especial en años secos o muy secos. De este modo, constituye una fuente de reserva de forraje en pie, ya que la escasez de precipitaciones o la ausencia de esta, causa escasa o nula disponibilidad de forraje herbáceo (Serra, 1997).

Riveros (1977), comprobó que en la etapa en que la tasa de crecimiento de la pradera comienza a disminuir y muchas especies ya han florecido y comienzan a secarse, el principal componente en la dieta de ovinos era el producto del ramoneo del espino, y éste aportó una importante cantidad de caroteno, ya que tiene en promedio de 274,14 mg/kg de materia seca. Los ovinos consumieron cuando la especie producía su rebrote anual, principalmente entre los meses de octubre y diciembre, y también en el mes de febrero, cuando la pradera está totalmente seca.

León (1999), determinó la composición botánica de la dieta de alpaca de acuerdo al estado de la pradera, en el secano mediterráneo de la Región de Coquimbo. En el período vegetativo de la pradera, comprobó que el consumo de espino fue de 13,2%, en el período reproductivo de la pradera consumieron un 29,1% de espino y en el período seco de la pradera consumieron un 60,3% de espino.

En ovinos que pastoreaban en un espinal, la dieta seleccionada en invierno y primavera solo tenía especies herbáceas. En cambio, cuando se secó la pradera comenzó a detectarse hojas y tallos verdes de espino en una proporción que en otoño llegó a representar sobre el 20% de la dieta seleccionada por los animales (Olivares, 1988). Por otro lado, en cabras, cuando la vegetación del estrato herbáceo estaba seca, más del 50% de la dieta correspondió a ramoneo de arbustos (Harrington, 1982, citado por Azócar, 1987).

La cabra tiene la habilidad para pastorear o ramonear, sobrevivir e incluso producir, en muchas áreas, especialmente en regiones áridas. Además, su conformación anatómica le permite acceder a lugares más inaccesibles en busca de vegetación más abundante (Manterola y Azócar, 1990). En un estudio de Índices de Aceptabilidad Relativa (IAR) en caprinos en condiciones de pastoreo diferido, el espino tuvo un IAR de 2,07, considerada muy buena y el principal órgano seleccionado del espino fueron las hojas verdes (Azócar *et al.*, 1987).

Según cifras del VII Censo Nacional Agropecuario (2007) el 57 % del ganado caprino del país se concentra en la Región de Coquimbo. Allí también se ubican 178 Comunidades Agrícolas, las que corresponden al 51 % de la población rural, que ocupan poco más de un millón de hectáreas. Es así como caprinos y comunidades agrícolas, son dos elementos que desde tiempos remotos identifican al sector rural de la Región de Coquimbo, donde el 52 % de los habitantes del sector rural tiene como principal fuente de sustento la explotación caprina (Ramírez, 2003).

En esta Región mayoritariamente de clima mediterráneo árido, donde hay una explotación del recurso espino, que además de ser utilizado como fuente de combustible, es decir, leña y carbón, tiene una importancia fundamental como recurso forrajero para el ganado caprino mediante el ramoneo. Especial relevancia adquiere este fenómeno en el período estival y en años secos, cuando el estrato herbáceo que forma la pradera esta totalmente seco y, por lo tanto, en su más bajo nivel nutritivo y de palatabilidad, o sin crecimiento por falta de precipitación.

Según Yáñez (1997), el tratamiento aplicado al espino por los habitantes del secano interior de la Región de Coquimbo, consiste en un corte a la altura de inicio de copa realizada entre los meses de marzo y abril con el objeto de darle forraje al ganado, principalmente caprino. Las ramas son esparcidas en el terreno para luego introducir a los animales. Una vez realizada esta labor, el material puede seguir dos caminos: servir para la construcción de cercos o como leña en la cocción de los alimentos.

Con el propósito de satisfacer las necesidades de sus habitantes, se realizan las prácticas mencionadas las que no han estado basadas en normas técnicas. Esto se ha traducido en una fuerte degradación del ecosistema. Entre las causas más frecuentes que han provocado la situación indicada se destaca la extracción de madera para combustible y el pastoreo no controlado (Vita, 1998).

Por lo anteriormente expuesto, se cree necesario estudiar técnicas silviculturales que permitan un manejo óptimo del espino para ramoneo, corta y suplementación animal, mejorando la recuperación rápida y su sobrevivencia.

Hipótesis:

La disminución en la intensidad de corte en el espino aumenta su capacidad de rebrote.

Objetivo:

Cuantificar el efecto de distintas intensidades de corte en el número y velocidad de recuperación del rebrote del espino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se realizó entre agosto de 2006 y abril de 2007. Una parte se desarrolló en la Estación Experimental Germán Greve “sector de seco”, de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, Región Metropolitana, (33°28' S y 70°51' O) (Figura 1). La parte final, que consistió en la separación del material cosechado, se realizó en el laboratorio de Manejo de Praderas, de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, ubicada en la Comuna de La Pintana.



Figura 1: Vista general del espinal estudiado.

Material

Descripción del espinal

Los espinos utilizados en este ensayo tienen aproximadamente 25 años de edad, a los cuales nunca se les había realizado una labor de poda o corte¹. Algunos ejemplares se encontraron

¹ Alfredo Olivares, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Depto. de Producción Animal, 2006. (Comunicación personal).

parasitados por un hongo, específicamente por *Ravenelia hieronymii*, que produce síntomas característicos en las ramas, llamados “escobas de bruja” (Serra, 1997).

Se utilizaron ejemplares de espino monofustales más o menos homogéneos en altura total, altura de copa y diámetro promedio de proyección de copa.

- Altura total : entre 2,7 a 3,4 m.
- Altura de copa : entre 1,2 a 1,9 m.
- Diámetro promedio de copa : entre 3,5 a 4,25 m.

Altura total: Distancia vertical desde el suelo y el punto más alto donde el árbol presenta una copa densa (m).

Altura de copa: Distancia vertical entre inicio de copa y la altura total (m).

Diámetro promedio de proyección de copa: Promedio entre el diámetro mayor de copa y el diámetro menor de copa, ambos medidos en forma horizontal (m).

Método

Elección de los ejemplares

A partir de 155 espinos más o menos similares en características (altura de copa, altura total, diámetro en dirección norte-sur, diámetro en dirección este-oeste y diámetro promedio), se eligieron los 32 árboles más uniformes. Luego se realizó un sorteo para asignar los distintos tratamientos con sus repeticiones a cada unidad experimental (un ejemplar de espino).

Tratamientos

Para lograr los objetivos propuestos se establecieron cuatro tratamientos con distintas intensidades de corte (Cuadro 1 y Figura 2), partiendo de una altura superior a 150 cm, o al inicio de la inserción de ramas, con el fin de demostrar que con alturas superiores o menores intensidades de corte se obtendrá mayor cantidad de rebrote, lo que se traducirá en una mayor cantidad de forraje disponible para el ganado. Para cada uno de los tratamientos se realizaron ocho repeticiones.

Cuadro 1: Tratamientos de intensidades de corte en espino.

Tratamientos	Intensidad de corte
T1	Sin intervención
T2	Alta
T3	Media
T4	Baja

- Sin intervención: ejemplar intacto.
- Intensidad alta: corte de ramas realizado a la altura de inicio de copa o en la inserción de ramas.
- Intensidad media: corte de ramas realizado en el punto medio entre el inicio de copa y la altura total.
- Intensidad baja: corte de ramas realizado entre el inicio de copa y la altura total, cortando solo 1/3 de la copa (Figura 2).

En los ejemplares tratados con intensidad media y baja de corte, se eliminó por completo el follaje de las ramas remanentes.

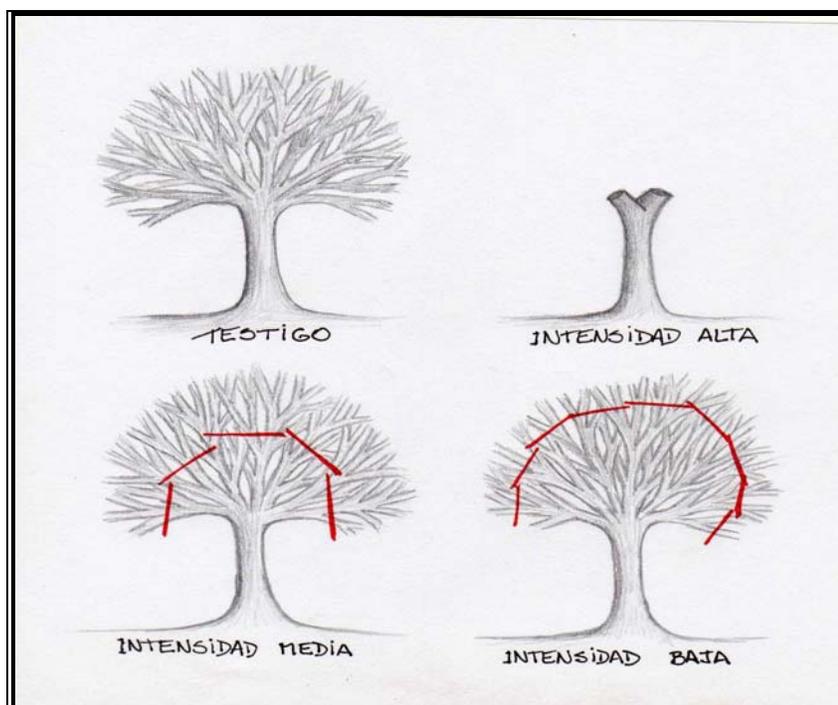


Figura 2: Esquema de las intensidades de corte correspondientes a los tratamientos estudiados.

Inicio del ensayo

Los espinos fueron cortados el día 18 de agosto de 2006, de acuerdo al tratamiento asignado, realizándose esta labor con motosierra, cortando a la altura correspondiente en cada caso (Figura 3).



Figura 3: Establecimiento de tratamientos mediante el corte de ramas con motosierra.

Posteriormente, se eligieron y marcaron, cuatro ramas representativas de cada árbol, de acuerdo a la orientación geográfica, norte, sur, este y oeste, en las cuales se midió las variables del desarrollo.

Las variables medidas fueron:

- Presencia o ausencia de rebrote

- Número de rebrotes.
- Longitud de los rebrotes.
- Peso material consumible (hojas y tallos verdes) del rebrote.

Para este ensayo se definió como rebrote: a la generación de nuevos brotes después de aplicado el corte².

Evaluación del rebrote

Para obtener el número de rebrotes, se realizaron conteos desde que aparecieron los primeros rebrotes (quincena de septiembre), hasta que la cantidad no varió de un conteo a otro (29 de noviembre del 2006). Fue este número el que se consideró en los análisis y resultados. Se realizó el conteo de rebrotes en cada rama elegida de las distintas orientaciones. En el caso del tratamiento de intensidad alta de corte, por no tener ramas elegidas, se hizo el conteo del total del rebrote del árbol.

La longitud se midió desde que aparecieron los primeros rebrotes, desde el 15 de septiembre de 2006. Esta medición se realizó cada 15 días, hasta el final del ensayo en marzo de 2007, cuando se cosechó el rebrote. Luego de tener todos los datos se construyeron curvas de crecimiento del rebrote.

El peso seco se obtuvo cosechando el rebrote solo de las ramas elegidas en cada árbol. En el caso del tratamiento de intensidad alta de corte se cosechó el total del rebrote. Para esta cosecha se utilizó una sierra y tijeras de podar. El rebrote fue depositado en sacos plásticos para su traslado desde Rinconada hasta el Laboratorio de Manejo de Praderas (Figura 4 a y b).

En las cuatro ramas elegidas de cada árbol, se calculó el promedio de las variables medidas, para así obtener el resultado por rama. Previamente se hizo un conteo del número total de ramas por árbol, para luego multiplicar cada medición (de una rama) por el número total de ramas por árbol y así, finalmente, se estimaron todas las variables por árbol.

Una vez en el laboratorio se procedió a pesar el total del rebrote; luego se separó el material consumible (hojas y tallos verdes) del lignificado (Figuras 4 c y d), se pesó el material separado, lignificado y consumible, y este material consumible se llevó a estufa de aire forzado para obtener su peso seco y así, finalmente, estimar la producción del forraje consumible multiplicando la producción de la rama por el número total de ramas de cada árbol.

² Antonio Vita A. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Depto. de Silvicultura, 2006. (Comunicación personal).



Figura 4: Cosecha de ramas (a y b) y separación del material lignificado (c y d)

Diseño de experimentos

El diseño del experimento correspondió a un modelo completamente al azar. El ensayo consistió en cuatro tratamientos con ocho repeticiones cada uno. Cada tratamiento correspondió a distintas intensidades de corte. La unidad experimental considerada fue el ejemplar de espino.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), para los valores obtenidos en el número de rebrotes, en el peso seco del material consumible y en la longitud final del rebrote; y, cuando existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($\alpha = 0.05$), se realizó una prueba de comparación múltiple (Tukey).

Adicionalmente, se construyeron curvas de crecimiento de rebrotes a través del tiempo para cada tratamiento. Para esto se utilizó el programa "Curve expert". Estas curvas se compararon entre sí, mediante pruebas t (de Student) de sus parámetros. Para esto se utilizó la siguiente fórmula:

$$t_c = \frac{a_1 + a_2}{\sqrt{EE_1^2 + EE_2^2}} \quad t_c > |2| \Rightarrow \text{hay diferencias significativas}$$

$$EE = S * \sqrt{\text{coef. matriz}}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Presencia o ausencia de rebrotes en los tratamientos

Después de un mes de realizado el corte en los espinos (septiembre de 2006) se observaron los primeros rebrotes (Figura 5), lo que concluyó en el mes de noviembre, presentando un 100 % de individuos rebrotados en los ejemplares intervenidos (Cuadro 2). Esta situación concuerda con los resultados obtenidos por González, M. (2000) y Del Fierro (2001). Estos autores evaluaron la capacidad de rebrote del espino luego de aplicar distintas intensidades de corte, observando que todos los ejemplares intervenidos presentaban una excelente capacidad de retoñación y además se desarrollaron rebrotes en todos los tratamientos.



Figura 5: Fotografías de distintos rebrotes de los espinos intervenidos.

Como se muestra en el Cuadro 2, el grupo del tratamiento 1, que corresponde a los individuos sin intervención, no presentó rebrotes, ya que no hubo un corte para que existieran éstos. Solo se observó elongación de las ramas ya existentes. En cambio, donde hubo cortes a intensidades altas, medias y bajas, se observó que rebrotaron todos los ejemplares intervenidos.

Sería interesante señalar que, luego de un mes de realizado el corte, el tratamiento de intensidad media de corte presentó la mitad de los individuos rebrotados (Cuadro 2).

Cuadro 2: Porcentaje de individuos con rebrotes luego de aplicar diferentes intensidades de corte en el espino.

Tratamiento	Porcentaje de individuos con rebrote	
	% en septiembre	% en noviembre
Sin intervención	0	0
Intensidad alta	37,5	100
Intensidad media	50,0	100
Intensidad baja	37,5	100

La principal característica del espino, es la gran facilidad para crecer y la alta capacidad de regeneración vegetativa como mecanismo de adaptación a las condiciones de sequía y a las perturbaciones ocasionadas por el hombre, el ganado o los incendios forestales (Vita, 1997). Esta gran capacidad la poseen preferentemente especies latifoliadas y algunas coníferas, de regenerar órganos vegetativos a partir de retoños, brotes o rebrotes provenientes de cepa o raíz (Vita, 1996).

Al cortar los árboles se eliminó por completo la dominancia apical, producida principalmente por una concentración de auxinas en el ápice de las ramas. Al eliminar esta fuente de reservas, se elimina la dominancia apical, y son activadas numerosas yemas a lo largo de la rama, por lo que hay una rebrotación y crecimiento de estos rebrotes, hasta que se logran concentrar nuevamente una cantidad determinada de auxinas que van a producir nuevamente la dominancia apical³.

En otras especies también se ha estudiado la capacidad de rebrote después de una intervención, como en el caso de ensayos en *Acacia saligna*, en que Bratti (1996) determinó que esta especie tiene una alta capacidad de rebrotar, después de realizados cortes a distintas intensidades. En relación a la supervivencia de los individuos, encontró que los cortes realizados a una intensidad media y baja tienen un 100 % de supervivencia y solo un 92,5 % en ejemplares cortados a una intensidad mayor.

Estévez (1994) realizó un estudio de caracterización de rebrotes en cepas de Quillay (*Quillaja saponaria*), donde analizó 19 individuos. Al cabo de un mes post intervención, todas las cepas presentaban rebrote.

En otro estudio realizado por González, N. (2000), de rebrotación en tres especies del género *Eucalyptus*, realizada en la precordillera de la Región del Maule, el porcentaje de rebrotación después de siete meses realizado el corte en monte bajo o sea una intensidad alta de corte, en *Eucalyptus nitens* fue de 91,6%, *Eucalyptus regnans* de 55,8% y *Eucalyptus delegatensis* de 81,9%.

Toledo (2005) describió biológicamente el rebrote en cepas de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl., en las localidades de Frutillar y Villarrica, en que los ejemplares de Frutillar tenían una intervención tres meses antes del primer control y los ejemplares de Villarrica tenían tres raleos y dos podas, un año y medio antes del primer control, en donde concluyó que, posterior a una intervención, la sequoia presentó una excelente capacidad de rebrotar.

³ Apuntes Cátedra de Hormonas y Reguladores del Crecimiento. Profesor Thomas Fichet.

Evaluación del número de rebrotes

Como se aprecia en el cuadro 3 las intensidades media y baja de corte, produjeron un aumento en el número de rebrotes, en relación al grupo que no recibió tratamiento. La menor intensidad de corte produjo el mayor aumento en el número de rebrotes en relación al grupo que no recibe intervención, con un promedio de 1813 rebrotes por árbol; mientras que la menor cantidad se apreció en la intensidad alta de corte, con un promedio de 179 rebrotes por árbol. Aparentemente, a medida que se interviene con menor intensidad de corte, hay un mayor número de rebrotes en cada ejemplar. Esto se podría explicar por una mayor cantidad de yemas a lo largo de la rama, que es superior en el caso de los árboles intervenidos a una menor intensidad (Figura 6a). Es decir que, a un menor largo de rama hay una menor superficie potencial disponible para ser ocupada con rebrotes, ya que disminuye la superficie de puntos meristemáticos a una menor altura de intervención (Figura 6b).



Figura 6: Rebrotos en ramas con baja (a) y alta (b) intensidad de corte.

Cuadro 3: Promedio de Número de rebrotes en cada tratamiento.

Tratamiento	Promedio n° rebrotes
Sin intervención	0 ^a
Intensidad alta	179 ^a
Intensidad media	791 ^b
Intensidad baja	1813 ^c

Letras distintas entre los tratamientos indica que hay diferencias estadísticas entre ellos ($\alpha=0.05$).

Los resultados indican que no hubo diferencias entre un ejemplar no intervenido y uno manejado con una intensidad alta de corte, pero si existen diferencias al aplicar intensidades

de corte menores (media y baja), obteniéndose los mejores resultados en la intensidad baja de corte.

En el estudio realizado por Del Fierro (2001) en espino, sucedió un evento similar, luego de 10 meses de la intervención obtuvo un aumento en el número de rebrotes a medida que disminuía la intensidad de corte. El número medio de rebrotes fue 29,4, 11,9 y 97,8 para cortes a distintas intensidades, muy inferior comparado con los resultados obtenidos en este ensayo.

González, M. (2000) en espino, también observó un mayor número de rebrotes en individuos intervenidos a una intensidad menor, con un número de rebrotes de 36,11, 25,67 y 69,09 a distintas intensidades de cortes, cuyo número también es muy inferior a los resultados obtenidos en este ensayo. Esto se puede explicar porque estos dos últimos trabajos fueron realizados en un ambiente árido en la Región de Coquimbo, además en años muy secos, por lo que hay una gran diferencia si se compara con este ensayo realizado en Rinconada de Maipú, que se encuentra en un ambiente semiárido y en un año normal de precipitaciones, aproximadamente 300 mm.

González, N. (2000), en su estudio de tres especies de *Eucalyptus* después de 11 meses efectuado el corte, encontró que el número promedio de rebrotes en *E. nitens* fue de 1209, en *E. regnans* fue de 600 y en *E. delegatansis* fue de 1078. Guzmán (1998), estudió el efecto de poda y raleo en *E. nitens*, encontrando un valor promedio de 3,82 rebrotes por tocón el año 1996 y 2,44 rebrotes por tocón el año 1997.

Evaluación del peso seco de los rebrotes

En relación al peso seco (cuadro 4) los tratamientos de intensidad baja y media de corte fueron los que produjeron un mayor peso seco de rebrotes por árbol, mientras que el menor peso se obtuvo en el grupo que no fue intervenido (157,1 g) que representó solo un 4,5 % del peso del tratamiento de intensidad baja de corte. De esto se puede deducir que, a medida que se aumenta la intensidad de corte, hay una disminución del peso seco de los rebrotes y disminuye aun más al no aplicar ninguna intervención (Tratamiento 1).

Yáñez (1997), en su caracterización de la biomasa procedente de la poda alta o una intensidad baja de corte en *Acacia caven* en la Región de Coquimbo, obtuvo una biomasa media de hojas después de un año de realizada la intervención de 0,6 kg/árbol. En su estudio logró determinar que, todos los componentes de la biomasa obtenida estaban relacionadas con la cantidad de precipitación caída el año anterior a la intervención, luego de analizar varios años con distinta cantidad de precipitaciones. Por tal motivo, para determinar la frecuencia entre intervenciones o podas se debe considerar en forma preferente, la cantidad de agua caída el año anterior a la intervención.

En el ensayo de Bratti (1996) ocurrió un evento similar a este estudio, al disminuir las intensidades de corte en *Acacia saligna*, aumentó el peso seco de los rebrotes, comparado con una intensidad alta de corte.

En *Atriplex nummularia*, luego de aplicar tres intensidades de corte en tres localidades de la zona árida y semiárida de Chile, El Mollar y Las Cardas, en la Región de Coquimbo y en Rinconada de Maipú en la Región Metropolitana, se encontró que a intensidades menores de corte se obtiene el mayor peso seco del forraje (constituido principalmente por hojas) (García, 1993).

Cuadro 4: Peso seco total (g/por árbol) de los rebrotes en espinos sometidos a diferentes intensidades de corte.

Tratamiento	Promedio peso seco (g)
Sin intervención	157,1 ^a
Intensidad alta	1118,0 ^{ab}
Intensidad media	2130,4 ^{bc}
Intensidad baja	3489,7 ^c

Letras distintas en cada tratamiento indica que hay diferencias estadísticas entre ellos ($\alpha=0.05$).

Esto indica que, al hacer intervenciones con menor intensidad de corte, favorecen un mayor peso seco del rebrote, ya que ejemplares intervenidos a mayores intensidades de corte, el peso es tres veces menor que el peso obtenido en ejemplares intervenidos a una menor intensidad de corte. Este mayor peso se debe a que, en intensidades más bajas de corte, hubo un mayor número de rebrotes los cuales consecuentemente van a sumar más peso comparado con los otros tratamientos, ya que finalmente todos los rebrotes crecieron casi la misma longitud, por lo que incidió en este resultado principalmente el número de rebrotes medido.

Este resultado permite decir que, si se hace un manejo adecuado en el espino que consista en hacer cortes a una intensidad baja, el resultado en materia seca será mayor para estas intervenciones y podrá asegurar la disponibilidad de forraje cuando éste sea requerido.

Evaluación de la longitud de los rebrotes

En el cuadro 5 se muestran las longitudes de rebrotes al final del ensayo, después de siete meses de realizadas las intervenciones. Se aprecia que, en los tratamientos de intensidad alta, media y baja, se obtuvieron longitudes muy similares de 103,5, 99,75 y 88,5 cm, muy superiores de lo obtenido en el tratamiento sin intervención (testigo), solo con un crecimiento en longitud de 31,8 cm, que es aproximadamente la tercera parte de lo obtenido en los ejemplares intervenidos. Aparentemente, la intervención incentiva mayor crecimiento de los rebrotes.

En el ensayo realizado por Del Fierro (2001) no se encontraron diferencias entre las longitudes de los rebrotes de los ejemplares intervenidos en espino, observando también que, al hacer una intervención hay un mayor crecimiento en longitud de los rebrotes, si bien sus resultados no sobrepasaron la mitad de la longitud de los rebrotes de este ensayo. Al igual que González, M. (2000), en su ensayo en espino con distintas intensidades de corte, no obtuvo grandes diferencias en el largo del rebrote, pero los rendimientos fueron inferiores a los obtenidos en este ensayo, aproximadamente la mitad del valor.

Esto se debería principalmente a que las condiciones ambientales de una zona semiárida, como Rinconada de Maipú, son más favorables para el crecimiento del espino, que una zona árida de la Región de Coquimbo. Además, se debe tener en cuenta las precipitaciones caídas el año anterior a la intervención, en cada una de las zonas, que fueron mayores en Rinconada de Maipú que en la Región de Coquimbo, considerando la investigación de Yáñez (1997), que muestra que hay una estrecha relación entre las precipitaciones caídas el año anterior a la intervención y la biomasa total obtenida.

Los resultados de Bratti (1996) en *Acacia saligna* se acercan un poco a los resultados obtenidos en este ensayo, ya que después de ocho meses de intervención obtuvo los siguientes resultados, para el testigo una longitud promedio de 38,4 cm muy similar a la obtenida en este estudio, la que fue de 31,8 cm. Luego, para las distintas intensidades de corte obtuvo longitudes similares a las observadas en este estudio encontrándose la longitud mayor (101,3 cm) que es muy similar a la mayor obtenida en el tratamiento de intensidad alta de corte de este ensayo.

Cuadro 5: Longitud del rebrote en espinos sometidos a diferentes intensidades de corte.

Tratamiento	Promedio longitud del rebrote (cm)
Sin intervención	31,38 ^a
Intensidad alta	103,50 ^b
Intensidad media	99,75 ^b
Intensidad baja	88,50 ^b

Letras distintas en cada tratamiento indica que hay diferencias estadísticas entre ellos ($\alpha=0.05$).

De estos resultados se puede deducir que, el rebrote obtenido después de distintas intensidades de cortes, no varía en su longitud final luego de un período de tiempo, en este caso siete meses, por lo que la variable intensidad de corte no influye en la longitud del rebrote.

Curvas de crecimiento del rebrote

Como se puede observar en la figura 7a, la curva de crecimiento de espinos sin intervención, es casi una recta, ya que solo consiste en la elongación de ramas ya existentes, por lo que no hay un aumento acelerado en el crecimiento, teniendo casi una velocidad constante de crecimiento durante el tiempo que se mantuvo el ensayo, ni tampoco alcanza una gran longitud, como en el caso de los demás tratamientos que es el crecimiento del rebrote luego del corte.

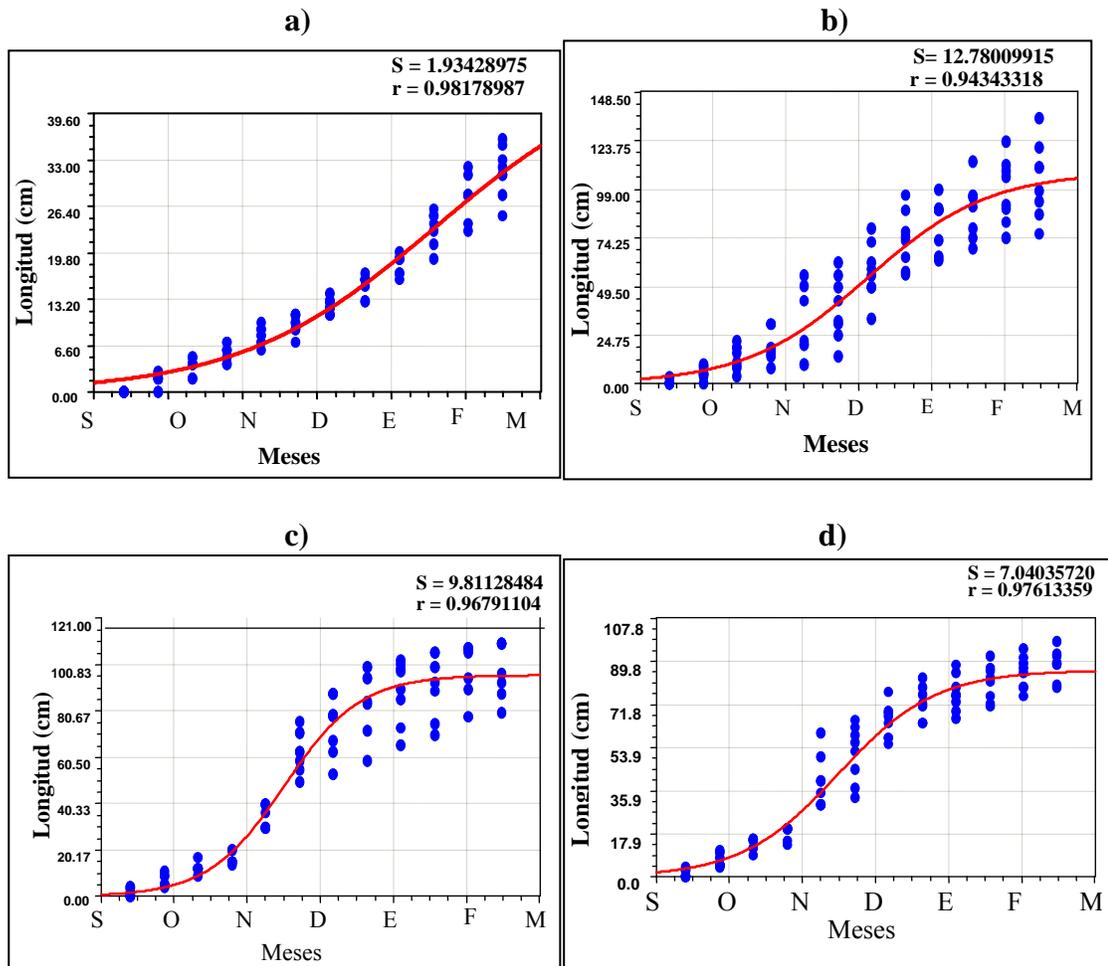


Figura 7: Curvas de crecimiento del rebrote en los tratamientos a) sin intervención, b) intensidad alta, c) intensidad media y d) intensidad baja.

En los espinos con corte figura 7 b, c y d, se puede observar que las formas de las curvas son muy similares, todas aceleran su crecimiento entre la quincena de octubre y principio de enero o sea en primavera y a inicios de verano. Luego, la velocidad de crecimiento disminuye hasta quedar constante a finales de febrero y principios de marzo.

Cuadro 6: Análisis de los parámetros de cada curva.

Tratamientos	Asíntota	Valores	Coef. de posición	Valores	Vel. de crecimiento	Valores
Sin intervención	a1 =	47,1 ^a	b1 =	33,5 ^a	c1 =	-0,35 ^a
Intensidad alta	a2 =	107,9 ^b	b2 =	43,5 ^a	c2 =	-0,55 ^b
Intensidad media	a3 =	96,4 ^b	b3 =	133,5 ^a	c3 =	-0,88 ^c
Intensidad baja	a4 =	86,1 ^c	b4 =	45,7 ^a	c4 =	-0,69 ^b

Letras distintas entre cada tratamiento indica que hay diferencias estadísticas entre ellos.

En el análisis estadístico (Apéndice 5 y 6) resumido en el cuadro 6, se encontró que hubo diferencias significativas en gran parte de las asíntotas, que es la máxima longitud de crecimiento a la que pueden llegar los rebrotes. La mayor asíntota se observó en los tratamientos de intensidad alta y media de corte. Por lo tanto, se puede decir que estos son los tratamientos, que potencialmente van a alcanzar una mayor longitud que intensidades más bajas y éstas son mucho mayores a las obtenidas en el tratamiento testigo el cual no fue intervenido, representando más del doble de longitud de crecimiento.

Entre los diferentes coeficientes de posición, no se encontraron diferencias significativas. Esto se debería principalmente a que, a un material homogéneo se le aplicó una intensidad de corte al mismo tiempo y al testigo se le comenzó a medir su elongación a medida que aparecieron los primeros rebrotes de los espinos intervenidos.

Para las velocidades de crecimiento se encontraron diferencias significativas, la máxima velocidad encontrada fue en el tratamiento de intensidad media de corte, lo cual indicaría que si se aplica intensidades medias de corte a los espinos, éstos van a recuperarse rápidamente considerando solo la velocidad de crecimiento. En un menor período de tiempo tendría forraje disponible para los animales, quedando demostrado que al aplicar un corte se estimula más el crecimiento en longitud que en un ejemplar no intervenido.

Comentarios y recomendaciones finales del estudio

La característica más importante del espino es la de rebrotar vigorosamente luego de aplicar una intervención, en este caso un corte, pudiéndose obtener una buena recuperación mediante un adecuado manejo de los espinos.

Los resultados indican que, al aplicar cortes a intensidades bajas puede que se coseche más peso seco de cada individuo, pero la recuperación más rápida en cuanto a velocidad de crecimiento se obtuvo en la intensidad media de corte, lo que puede ser importante cuando se presenten años secos consecutivos o de baja pluviometría.

Dado el mal estado sanitario y evidentes síntomas de degradación, todos los tratamientos estudiados (intensidad alta, media y baja) cumplieron la función de una corta de rejuvenecimiento, puesto que produjeron el reemplazo de los segmentos aéreos envejecidos de los individuos, por rebrotes nuevos y vigorosos. Además, las intervenciones también hicieron las veces de cortas sanitarias dado que se eliminaron una gran cantidad de material afectado por patógenos, específicamente por un hongo que produce el síntoma de “escobas de brujas”.

En las figuras 8 y 9, se puede observar cómo un ejemplar se encontraba antes de realizar la intervención y cómo fue el resultado después de siete meses de duración del ensayo, en que se aprecian espinos totalmente sanos y rejuvenecidos.

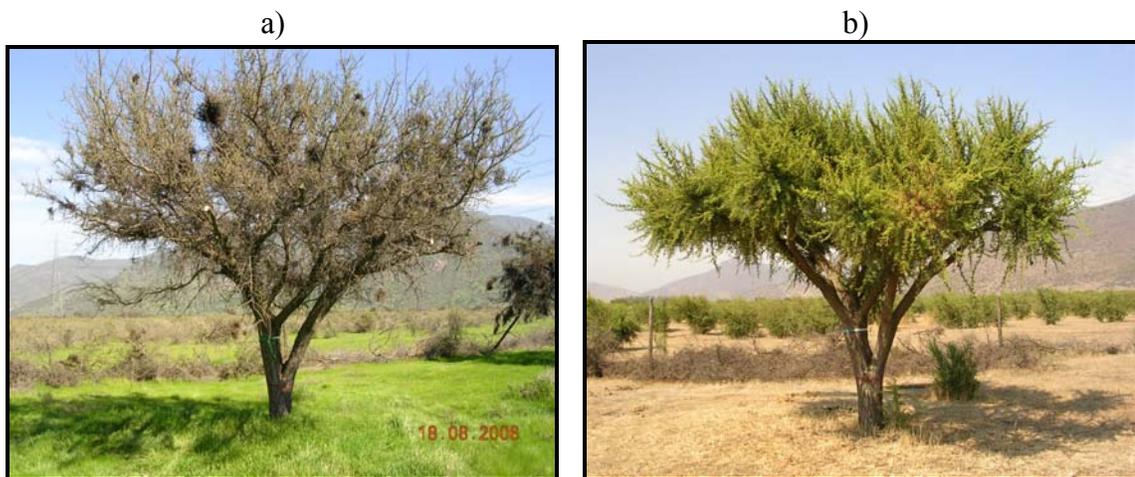


Figura 8: Ejemplar de espino antes (a) y después (marzo 2007) (b) de la intervención con intensidad baja de corte.



Figura 9: Ejemplar de espino con síntomas de envejecimiento y mal estado sanitario (a) y luego de un corte con baja intensidad (b).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este ensayo y luego de siete meses de evaluación se puede concluir lo siguiente:

El espino presenta una gran capacidad de rebrotar, cualquiera sea la intensidad de la intervención.

La intensidad de corte influyó positivamente tanto en el número de rebrotes como en el peso seco de éstos.

La intensidad de corte no influyó a longitud final de los rebrotes.

La velocidad de crecimiento de los rebrotes de un ejemplar intervenido es superior que en un ejemplar no intervenido, encontrando la mayor velocidad en el tratamiento a intensidad media de corte.

BIBLIOGRAFÍA

Azócar, P. 1987. Hábitos de pastoreo y de consumo de especies forrajeras del ganado caprino en zonas áridas. *Avances de Producción Animal* N° 12 (1-2): 3-9.

Azócar, P., D'Herbes, J. y Díaz, J. 1987. Estudio de sistemas de pastoreo con caprinos para el secano árido de la IV Región de Coquimbo. 1. Dieta e índices de aceptabilidad relativa de arbustos. *Avances de Producción Animal* N° 12 (1-2): 35-47.

Bratti, J. 1996. Efecto de la altura de corte en el rebrote de *Acacia saligna* (Labill.) H. Wendel. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 71p.

Del Fierro, P. 2001. Efecto de tratamientos de corte sobre el rebrote de *Acacia caven* (Mol.) Mol. en Aucó, IV Región. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 109p.

Donoso, C. 1978. Dendrología. Árboles y arbustos chilenos. Manual 2 Departamento de Silvicultura. 142p.

Estévez, J. 1994. Caracterización del rebrote en cepas de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.), Fundo El Toyo, Región Metropolitana. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 134p.

García, P. 1993. Efecto del corte en la producción y calidad forrajera del rebrote de *Atriplex nummularia* Lindl. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 90p.

González, M. 2000. Evaluación de la capacidad de rebrote de *Acacia caven* (Mol.) Mol. frente a diferentes opciones de corte en la IV Región de Chile. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 72p.

González, N. 2000. Estudio de rebrotación en tres especies del género *Eucalyptus* en la Precordillera de la Séptima Región. Tesis Licenciado en Ciencias Forestales. Universidad de Talca, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal. Talca, Chile. 88p.

Guzmán, R. 1998. Efecto de distintos tratamientos de poda y raleo en la capacidad de retoñación de *Eucalyptus nitens* (Deane et Maine) Maine. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales. Concepción, Chile. 28p.

León, J. 1999. Composición botánica de la dieta de la alpaca en praderas del secano mediterráneo central y degradabilidad *in sacco* de las especies mayoritariamente

seleccionadas. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 89p.

Manterola, H. y Azócar, P. 1990. Recursos y estrategias para mejorar la alimentación del ganado caprino en zonas áridas. Integración con la agricultura y sistemas silvoganaderos. Terra Árida N° 10 : 135-169

Olivares, A. 1983. El espino es nuestro amigo. Circular de extensión N° 9 Alejandro Rojas Sierra. Universidad de Chile. p. 1-3.

Olivares, A. 1988. Importancia y potencial productivo del matorral de espino. Circular de extensión N° 7. Departamento de Producción Animal. Universidad de Chile. p. 18-22.

Prado, J., Infante, P., Arriagada, M. y Aguirre, s. 1988. Funciones de biomasa para siete especies arbustivas en la IV Región. Investigación y Desarrollo de Áreas Silvestres Zonas Áridas y Semiáridas de Chile. Proyecto FO: DP/CHI/83/017. Documento de trabajo N° 14. 24p.

Ramírez, I. 2003. Evolución y perspectivas de la producción caprina en la IV Región de Coquimbo. En: Dinámicas de los sistemas agrarios en Chile Árido: la Región de Coquimbo. p. 179-188.

Riveros, G. 1977. Influencia de las variaciones estacionales de caroteno de la pradera sobre el contenido plasmático de caroteno y vitamina A y sobre la producción de lana y fertilidad de machos ovinos en ecosistemas semiáridos. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 69p.

Rodríguez, R., Matthei, O. y Quezada, M. 1983. Flora arbórea de Chile. Universidad de Concepción. 408p.

Ruiz de Gamboa, C. 1986. Proposición de superficies y especies para forestar con fines energéticos en la Provincia de Choapa, IV Región. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 104p.

Serra, M. 1997. *Acacia caven*. En: FAO, 1997. Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina. Serie: Zonas áridas y semiáridas N° 12. p. 157-167.

Toledo, L. 2005. Descripción del rebrote en cepas de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 81p.

Vita, A. 1993. Ecosistemas de bosques y matorrales mediterráneos y sus tratamientos silviculturales en Chile. Proyecto CONAF/FAO/PNUD-CHI/83/017. Documento de trabajo N° 21. 2ª Edición. 243p.

Vita, A. 1996. Los tratamientos silviculturales. Segunda edición. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 147p.

Vita, A. 1997. Silvicultura de formaciones nativas. En: Valdebenito y Benedetti. Forestación y Silvicultura en Zonas áridas y semiáridas. CORFO-INFOR. p. 257-273.

Vita, A. 1998. Introducción de especies forestales combustibles y forrajeras en la IV Región evaluación final. Primera edición. Universidad de Chile, Departamento de Silvicultura. Santiago, Chile. 110p.

Yañez, L. 1997. Caracterización de la biomasa procedente de la poda alta en *Acacia caven* (Mol.) Mol., comuna de Combarbalá, IV Región. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 60p.

APÉNDICES

Apéndice 1: Datos de número de brotes y peso seco utilizados en el análisis estadístico.

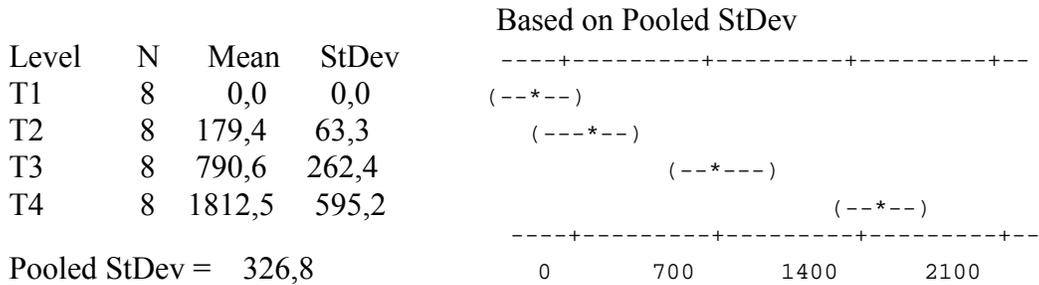
Tratamiento	Repetición	Nºbrotes	Peso seco
T1	1	0	80,4
T1	2	0	193,8
T1	3	0	165,6
T1	4	0	148,2
T1	5	0	143
T1	6	0	258,3
T1	7	0	200,4
T1	8	0	67,2
T2	1	222	932,6
T2	2	154	1155,4
T2	3	248	548,6
T2	4	84	905,6
T2	5	117	1032
T2	6	196	974,5
T2	7	152	1908,5
T2	8	262	1487,1
T3	1	728	1184,4
T3	2	792	1439,9
T3	3	741	2405
T3	4	470	2054
T3	5	1314	1920,6
T3	6	928	2064,8
T3	7	840	4776
T3	8	512	1198,4
T4	1	2178	6217,6
T4	2	1512	2068,2
T4	3	1170	2159,3
T4	4	864	3604,8
T4	5	2688	1526,4
T4	6	2185	4655,5
T4	7	1950	4359
T4	8	1953	3326,4

Apéndice 2: Análisis de varianza y prueba de comparación múltiple (Tukey) para el número de rebrotes.

ANOVA

Source	DF	SS	MS	F	P
Trat	3	16054744	5351581	50,11	0,000
Error	28	2990312	106797		
Total	31	19045056			

Individual 95% CIs For Mean



Tukey's pairwise comparisons

Family error rate = 0,0500
 Individual error rate = 0,0108

Critical value = 3,86

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

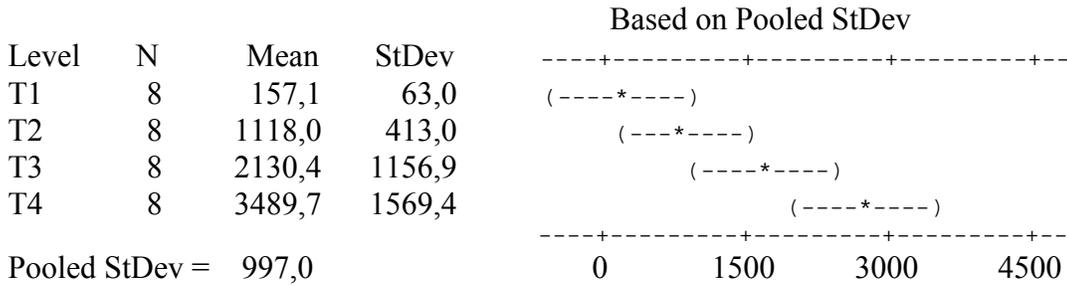
	T1	T2	T3
T2	-625 267		
T3	-1237 -345	-1057 -165	
T4	-2258 -1367	-2079 -1187	-1468 -576

Apéndice 3: Análisis de varianza y prueba de comparación múltiple (Tukey) para el peso seco.

ANOVA

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamie	3	48839980	16279993	16,38	0,000
Error	28	27832384	994014		
Total	31	76672364			

Individual 95% CIs For Mean



Tukey's pairwise comparisons

Family error rate = 0,0500
 Individual error rate = 0,0108

Critical value = 3,86

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

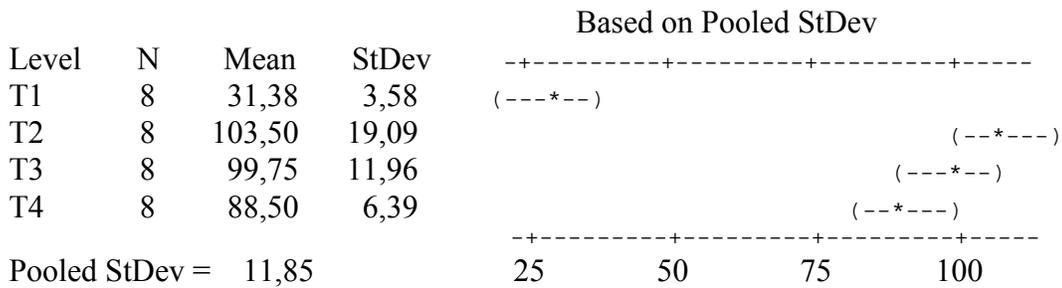
	T1	T2	T3
T2	-2322 400		
T3	-3334 -613	-2373 348	
T4	-4693 -1972	-3732 -1011	-2720 1

Apéndice 4: Análisis de varianza y prueba de comparación múltiple (Tukey) para la longitud de rebrotes.

ANOVA

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamie	3	27012	9004	64,16	0,000
Error	28	3929	140		
Total	31	30941			

Individual 95% CIs For Mean



Tukey's pairwise comparisons

Family error rate = 0,0500

Individual error rate = 0,0108

Critical value = 3,86

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	T1	T2	T3
T2	-88,29 -55,96		
T3	-84,54 -52,21	-12,42 19,92	
T4	-73,29 -40,96	-1,17 31,17	-4,92 27,42

Apéndice 5: Datos obtenidos en la “Curve expert”.

Tratamiento 1

Coeficientes	
a	47,095
b	33,495
c	-0,349

Covarianza

	a	b	c
a	6,189	-0,599	0,029
b	-0,599	2,648	-0,011
c	0,029	-0,011	0,000

Error estándar	S =	1,934
Coefficiente de correlación	r =	0,981
Coefficiente de determinación	r ² =	0,96

Tratamiento 2

Coeficientes	
a	107,87
b	43,47
c	-0,55

Covarianza

	a	b	c
a	0,191	-0,279	0,001
b	-0,279	1,279	-0,005
c	0,001	-0,005	0,000002

Error estándar	S =	12,78
Coefficiente de correlación	r =	0,94
Coefficiente de determinación	r ² =	0,88

Tratamiento 3

Coeficientes	
a	96,37
b	133,52
c	-0,88

Covarianza

	a	b	c
a	0,042	-0,481	0,0008
b	-0,481	30,58	-0,042
c	0,0008	-0,042	0,000006

Error estándar	S =	9,8
Coefficiente de correlación	r =	0,97
Coefficiente de determinación	r ² =	0,94

Tratamiento 4

Coeficientes	
a	86,07
b	45,73
c	-0,69

Covarianza

	a	b	c
a	0,06	-0,173	0,001
b	-0,173	2,387	-0,009
c	0,001	-0,0099	0,000004

Error estándar	S =	7,04
Coefficiente de correlación	r =	0,976
Coefficiente de determinación	r ² =	0,95

Apéndice 6: Curvas de crecimiento y análisis estadístico de cada uno de los parámetros de las curvas a través de t (de Student).

Curvas de crecimiento

$$\text{Crec} = \frac{a}{1 + b e^{cx}}$$

$$T1 \quad \text{Crec} = \frac{47,1}{1 + 33,5 e^{-0,35t}}$$

$$T2 \quad \text{Crec} = \frac{107,9}{1 + 43,5 e^{-0,55t}}$$

$$T3 \quad \text{Crec} = \frac{96,4}{1 + 133,5 e^{-0,89t}}$$

$$T4 \quad \text{Crec} = \frac{86,1}{1 + 45,7 e^{-0,7t}}$$

Comparación con t de student

$$t_c = \frac{a1 - a2}{\sqrt{EE_1^2 + EE_2^2}} \quad t_c > |2| \Rightarrow \text{hay diferencias significativas}$$

$$EE = S * \sqrt{\text{coef. matriz}}$$

T1 y T2

$$H_0 : a1 = a2$$

$$H_a : a1 \neq a2$$

$$t_c = \frac{47,1 - 107,9}{\sqrt{1,93^2 * 6,19 + 12,8^2 * 0,19}} = |-8,26| > 2 \Rightarrow \text{Hay diferencias significativas}$$

$$H_0 : b1 = b2$$

$$H_a : b1 \neq b2$$

$$tc = \frac{33,5 - 43,5}{\sqrt{1,93^2 * 2,65 + 12,8^2 * 1,28}} = |-0,7| < 2 \Rightarrow \text{No hay diferencias significativas}$$

$$Ho : c1 = c2$$

$$Ha : c1 \neq c2$$

$$tc = \frac{-0,35 - -0,55}{\sqrt{1,93^2 * 0,00017 + 12,8^2 * 0,0000234}} = 2,99 > 2 \Rightarrow \text{Hay diferencias significativas}$$

T1 y T3

$$Ho : a1 = a3$$

$$Ha : a1 \neq a3$$

$$tc = \frac{47,1 - 96,4}{\sqrt{1,93^2 * 6,2 + 9,8^2 * 0,04}} = |-9,5| > 2 \Rightarrow \text{Hay diferencias significativas}$$

$$Ho : b1 = b3$$

$$Ha : b1 \neq b3$$

$$tc = \frac{33,5 - 133,5}{\sqrt{1,93^2 * 2,65 + 9,8^2 * 30,6}} = |1,8| < 2 \Rightarrow \text{No hay diferencias significativas}$$

$$Ho : c1 = c3$$

$$Ha : c1 \neq c3$$

$$tc = \frac{-0,35 - 0,89}{\sqrt{1,93^2 * 0,00017 + 9,8^2 * 0,00006}} = |6,75| > 2 \Rightarrow \text{Hay diferencias significativas}$$

T1 y T4

$$Ho : a1 = a4$$

$$Ha : a1 \neq a4$$

$$tc = \frac{47,1 - 86,1}{\sqrt{1,93^2 * 6,19 + 7,05^2 * 0,06}} = |-7,64| > 2 \Rightarrow \text{Hay diferencias significativas}$$

$$Ho : b1 = b4$$

$$Ha : b1 \neq b4$$

$$t_c = \frac{33,5 - 45,73}{\sqrt{1,93^2 * 2,65 + 7,05^2 * 2,39}} = |-1| < 2 \Rightarrow \text{No hay diferencias significativas}$$

$$H_0 : c1 = c4$$

$$H_a : c1 \neq c4$$

$$t_c = \frac{-0,35 - -0,7}{\sqrt{1,93^2 * 0,00017 + 7,05^2 * 0,000046}} = |6,48| > 2 \Rightarrow \text{Hay diferencias significativas}$$

T2 y T3

$$H_0 : a2 = a3$$

$$H_a : a2 \neq a3$$

$$t_c = \frac{107,9 - 96,4}{\sqrt{12,8^2 * 0,19 + 9,8^2 * 0,04}} = |1,9| < 2 \Rightarrow \text{No hay diferencias significativas}$$

$$H_0 : b2 = b3$$

$$H_a : b2 \neq b3$$

$$t_c = \frac{43,5 - 133,5}{\sqrt{12,8^2 * 1,28 + 9,8^2 * 30,6}} = |-1,6| < 2 \Rightarrow \text{No hay diferencias significativas}$$

$$H_0 : c2 = c3$$

$$H_a : c2 \neq c3$$

$$t_c = \frac{-0,55 - 0,89}{\sqrt{12,8^2 * 0,000023 + 9,8^2 * 0,0000624}} = |3,4| > 2 \Rightarrow \text{Hay diferencias significativas}$$

T2 y T4

$$H_0 : a2 = a4$$

$$H_a : a2 \neq a4$$

$$t_c = \frac{107,9 - 86,1}{\sqrt{12,8^2 * 0,19 + 7,1^2 * 0,06}} = |3,7| > 2 \Rightarrow \text{Hay diferencias significativas}$$

$$H_0 : b_2 = b_4$$

$$H_a : b_2 \neq b_4$$

$$t_c = \frac{43,5 - 45,7}{\sqrt{12,8^2 * 1,28 + 7,1^2 * 2,39}} = |0,12| < 2 \Rightarrow \text{No hay diferencias significativas}$$

$$H_0 : c_2 = c_4$$

$$H_a : c_2 \neq c_4$$

$$t_c = \frac{-0,55 - 0,7}{\sqrt{12,8^2 * 0,000023 + 7,1^2 * 0,000046}} = |1,9| < 2 \Rightarrow \text{No hay diferencias significativas}$$

T3 y T4

$$H_0 : a_3 = a_4$$

$$H_a : a_3 \neq a_4$$

$$t_c = \frac{96,4 - 86,1}{\sqrt{9,8^2 * 0,043 + 7,04^2 * 0,06}} = |3,86| > 2 \Rightarrow \text{Hay diferencias significativas}$$

$$H_0 : b_3 = b_4$$

$$H_a : b_3 \neq b_4$$

$$t_c = \frac{133,5 - 45,7}{\sqrt{9,8^2 * 30,6 + 7,04^2 * 2,39}} = |1,6| < 2 \Rightarrow \text{No hay diferencias significativas}$$

$$H_0 : c_3 = c_4$$

$$H_a : c_3 \neq c_4$$

$$t_c = \frac{-0,89 - 0,7}{\sqrt{9,8^2 * 0,0000624 + 7,04^2 * 0,000046}} = |-2,1| > 2 \Rightarrow \text{Hay diferencias significativas}$$