Capítulo 5
EL ESPINAL DE CHILE MEDITERRÁNEO: UN SISTEMA SILVOPASTORAL, CULTURAL, PRODUCTIVO Y SUSTENTABLE

Carlos Ovalle[1], Alejandro Lucero[2], Fernando Fernández[3],
Viviana Barahona[4] y Soledad Espinoza[5]

RESUMEN

El espinal abarca una superficie de aproximadamente un millón de hectáreas, es el ecosistema más importante en el secano interior de Chile central y puede ser usado bajo manejo silvopastoral. El factor más determinante para explicar la buena asociación entre la cobertura de árboles y la productividad de las especies del estrato herbáceo es el desfase entre el desarrollo del dosel del espino (*Acacia caven* (Mol.) Mol.) y el crecimiento de los pastizales.

La influencia del espino en las características del suelo, como especie leguminosa que fija nitrógeno atmosférico, es otro factor explicativo de esta favorable asociación de árboles con pastizales, favorece niveles más altos de materia orgánica, nitrógeno total y disponible, y potasio disponible, mejorando el ciclo de los nutrientes. Esto se aprecia claramente en los espinales de alta cobertura arbórea al compararlo con espinales de baja cobertura de árboles, e incluso con otros sistemas silvopastorales asociados a otras especies forestales nativas o exóticas.

La fenología de las especies herbáceas juega un papel importante en la curva de producción de las praderas por dos razones: Las plantas que crecen bajo los árboles presentan un período de crecimiento más largo de 7-16 días, en comparación con los que crecen en áreas abiertas, y la composición de especies difiere bajo la cubierta de árboles con el predominio de aquellas de desarrollo másleñosa imiento de silvopastoral,cuentra en fase de contrataci tardío. Estos dos efectos extienden el período de crecimiento activo del estrato herbáceo en unos 30 a 35 días.

El desfase entre el desarrollo del dosel del espino y el crecimiento de los pastizales es importante. En *Acacia caven* las hojas están activas desde mediados de la primavera hasta el siguiente otoño y las especies anuales del pastizal emergen en otoño y alcanzan su máximo crecimiento en primavera con las condiciones climáticas más favorables. Sin embargo, 50 a 60% de la producción de pastizales debajo de la cubierta de los árboles ocurre antes que las hojas de estos lleguen a completo desarrollo y por lo tanto la radiación fotosintéticamente activa (PAR) no es limitante para el crecimiento de la vegetación herbácea.

La influencia ya mencionada de los árboles en las características del suelo es otro factor explicativo de importancia de la asociación de árboles y pastizales, los niveles más altos de

1 INIA, Chile, covalle@inia.cl
2 INFOR, Chile, alucero@infor.cl
3 INIA, Chile, ffernandez@inia.cl
4 INIA, Chile. vbarahona@inia.cl
5 INIA, Chile, sespinoza@inia.cl

materia orgánica, nitrógeno total y disponible, y potasio disponible, se encuentran en espinales de alta cobertura arbórea.

En este capítulo se entregan antecedentes que permiten entender esta conveniente o ventajosa asociación entre una especie leguminosa leñosa como el espino con los pastizales y las sinergias o interrelaciones que se generan entre las diferentes componentes de este sistema productivo silvopastoral.

Palabras clave: Sistemas agroforestales, *Acacia caven.*

SUMMARY

The Espinal, composed by *Acacia caven* (Mol.), or Espino, and grasses, is the most important silvopastoral ecosystem in central Chile, covering an area of approximately one million hectares. The espino is a legume tree that fixes nitrogen from the atmosphere and thus increases soil fertility, which is a major advantage of integrating this species into silvopastoral systems.

The phenology of the herbaceous species plays an important role in the grassland production curve due to two reasons: Plants that grow under the trees present a longer growing period of 7-16 days compared to those growing in open areas, and the species composition differs under the tree cover with the predominance of those with later development. These two effects extend the herbaceous active growth period by 30 to 35 days.

The most important factor explaining the association between tree density and the herbaceous productivity is the lag between the canopy development of the Espino and the grassland growth. In *Acacia caven* the leaf canopy is present from mid-spring until the next autumn. The annual species of the herbaceous stratum emerge in autumn and achieves its maximum growth in spring with the most favorable climatic conditions. However, 50 to 60% of the grassland production under the tree cover occurs before leaves are fully developed and therefore the photosynthetically active radiation (PAR) is not limiting the herbaceous vegetation. The influence of the trees on soil characteristics is another fundamental explanatory factor of the tree-grassland association, higher levels of organic matter, total and available nitrogen and available potassium are found in Espinales of high tree cover.

The present chapter provides information to understand the mentioned positive association between the legume and the grasses, as well as the synergy between the different system components under a silvopastoral management.

Key words: Agroforestry systems, *Acacia caven*.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales, como técnicas de uso del suelo, han surgido como interesantes opciones productivas para distintas zonas geográficas del mundo y uno de los modelos más utilizados son los sistemas silvopastorales. En este contexto se encuentra el espinal presente en la zona central de Chile, que se caracteriza por la coexistencia de dos estratos de

vegetación bien diferenciados, uno leñoso formado por árboles o a veces arbustos dispersos principalmente de *Acacia caven* (espino) y otro herbáceo compuesto de especies anuales. El espinal es el ecosistema más importante de Chile central, ocupa un área de casi un millón de hectáreas desde la región de Coquimbo a la región del Bio Bio (CONAF, 2015), sustenta una población rural de aproximadamente 350 mil personas y se ubica en la región agroecológica denominada secano interior, que es considerada una zona marginal y pobre, afectada por fuertes desequilibrios ambientales como consecuencia de la sobre explotación de los recursos naturales (Ovalle *et al.*, 1996a).

El espinal es un sistema silvoagropecuario único en su género, al coexistir especies de origen y comportamiento sub-tropical, como *Acacia caven*, con otras de clima Mediterráneo. Este hecho de co-adaptación de especies de orígenes filogenéticos y geográficos tan distintos permite pensar que el espinal es un modelo de referencia para un uso racional de los recursos pastorales y silvícolas en zonas de agricultura Mediterránea. Esto es particularmente interesante al contemplar la peculiar relación del binomio árbol-pastizal (Ovalle, 1986).

El espino es una especie multipropósito por los variados beneficios productivos y ecológicos que es capaz de proveer (FAO, 1997; Olivares, 2006; Palomeque, 2009; INFOR, 2012). En su condición de árbol y a través de un manejo sustentable, el espino puede generar productos madereros como leña y carbón, también proporciona forraje para los animales al ofrecer hojas que son ramoneadas y frutos que son consumidos por ovinos y bovinos, pero su principal aporte al ecosistema se asocia al efecto positivo que tiene sobre la productividad pratense como especie leguminosa que fija el nitrógeno atmosférico y lo incorpora al ciclo de los nutrientes, aumentando la fertilidad del suelo, lo que le confiere importantes ventajas para integrarlo en sistemas silvopastorales.

Es un árbol caducifolio y, por tanto, restituye frecuentemente los componentes órgano-minerales, especialmente N, al suelo y a las especies de la estrata herbácea. Asimismo, el máximo desarrollo de las hojas del espino se produce al final de la primavera, por lo que se encuentra retardada con respecto al desarrollo de la estrata herbácea subyacente. Este hecho, unido a una estructura despejada, de dosel poco denso, facilita la entrada de luz bajo los árboles y por ende el desarrollo de las especies herbáceas. En este contexto, la coexistencia de las dos estratas (árbol y pradera) produce efectos sinérgicos que promueven un mayor rendimiento de la producción herbácea y por tanto una mejora de la producción animal.

Es así que desde el punto de vista pastoral el espino tiene enorme importancia, ya que mejora la diversidad, el desarrollo y productividad de la pradera que crece bajo el área de influencia de la copa, modera las temperaturas mínimas y máximas, aumenta la humedad relativa del aíre bajo su área de impacto, y con ello disminuye la evaporación por el aumento de la sombra (FAO, 1997; Pérego, 2002). Además, brinda protección al ganado contra los efectos del sol y de las heladas, reduciendo el consumo de agua y aumentando la sobrevivencia y los rendimientos del ganado doméstico (FAO, 1997).

Sin embargo, este recurso ha tenido una fuerte intervención antrópica que lo ha degradado (INFOR, 2012) y que se ha traducido en una pérdida de valor económico, tanto de los suelos como de la cubierta vegetal, y en un desaprovechamiento de las ventajas del componente forestal en la actividad silvoagropecuaria, conduciendo así a una disminución creciente del potencial económico predial.

En este marco y dada la degradación que ha experimentado el espinal, se hace necesario avanzar en proponer alternativas productivas sustentables asociadas a este recurso, entre las cuales necesariamente se deben considerar los sistemas silvopastorales que integran la componente arbórea y pratense en un mismo sistema productivo.

Bajo esta mirada, los sistemas silvopastorales con *Acacia caven* poseen una serie de ventajas para los predios ganaderos y surgen como una interesante opción productiva y sustentable para pequeños y medianos propietarios poseedores de este recurso.

OBJETIVO

Entregar antecedentes y resultados de las investigaciones desarrolladas en el país en torno al espinal de *Acacia caven* que permitan visualizar la importancia de esta formación agroecológica como una opción productiva agroforestal para el desarrollo sustentable del secano interior de la zona central de Chile.

MATERIAL Y MÉTODO

Para este capítulo se ha revisado una gran cantidad de información de investigaciones desarrolladas a nivel nacional sobre el espinal, la cual se clasificó de acuerdo a su relevancia para los objetivos planteados y posteriormente fue sistematizada y resumida.

Dada la importancia productiva que esta formación agroecológica tiene desde el punto de vista silvopastoral, esta temática se abordará desde la perspectiva de su influencia sobre la productividad de la estrata herbácea y su efecto en la producción pecuaria, así como también de la gestión que debiera realizarse sobre los espinales en términos del manejo sustentable de la componente arbórea.

RESULTADOS

Influencia del Espino sobre la Composición y Producción de la Estrata Herbácea

Las relaciones que se establecen entre la estrata arbórea y herbácea son variables debido a la complejidad de esta formación vegetal, que en la actualidad se caracteriza por la existencia de espinales de tipo matorral abierto a denso y de monte bajo (originado de retoños) o monte alto (originado de semilla), condiciones dadas por la diversidad del medio físico y, principalmente, por la intervención antrópica. En el área se distinguen dos grandes unidades de paisaje; los llanos y las lomas.

Los llanos son zonas planas que presentan suelos de textura arcillosa y de mal drenaje, lo que les confiere un cierto grado de anegamiento invernal que ha evitado que sean sometidos cultivos intensos, haciendo posible así encontrar espinales de muy buena condición, con árboles de hasta 6 m de altura, 2 o 3 fustes por árbol y cobertura de hasta un 90 %, siendo mayoritariamente árboles de hasta 4 m y cobertura máximas de la formación de 50 %. (Figura N° 1). Las lomas en tanto, son zonas que han sido intensamente cultivadas con cereales, lo que ha

provocado una severa erosión y pérdida de suelo, y la devastación de la componente arbórea, que alcanza en el mejor de los casos una cobertura de 35 % (Figura N° 1), la cual a menudo era sustituida por plantaciones forestales de pino o eucalipto u otros cultivos y que aún se ve amenazada por cultivos altamente tecnificados, principalmente viñas con fertiriego por goteo.

Cuando la estructura del espinal es la de un matorral abierto (25 a 30% de recubrimiento y espinos de 2 a 3 m de altura) la formación arbórea se manifiesta en forma de mosaicos en los cuales se diferencian nítidamente las zonas bajo la influencia de los árboles, de las del exterior. Desde la base de los troncos hacia la periferia de las copas las comunidades herbáceas se organizan según un gradiente en el que las especies de mayores exigencias en humedad y fertilidad se localizan bajo los árboles y son progresivamente reemplazadas hacia el exterior por las menos exigentes. Así, bajo la cubierta y en condiciones de carga animal baja (1 oveja $ha^{-1)}$, se encuentran *Lolium multiflorum, Briza maxima y Bromus mollis,* mientras que hacia el exterior se ubican *Hordeum berteroanum, Trisetobromus hirtus, Plantago hispidula, Plantago firma* y *Medicago polymorpha*, entre otras (Figura N° 2). En consecuencia, en estos ecosistemas de espinales abiertos y bajo una intensidad de pastoreo adecuado, el árbol provoca un importante mejoramiento de la pradera, concentrándose bajo él las especies herbáceas con mayor valor pastoral y con un período de crecimiento vegetativo activo más prolongado.

Por otra parte, los espinales densos (+50% de cobertura arbórea) son mucho más homogéneos espacialmente y suelen presentar un valor pastoral muy alto. La fuerte influencia que tiene una alta densidad de espinos sobre la pradera ha sido demostrada al aplicar raleos o eliminar totalmente la cubierta arbórea en espinales con estructura de monte alto (800 a 1.000 árboles ha^{-1}) que presentaban una alta producción (Ovalle, 1986; Ovalle y Avendaño, 1987). Los cambios en la estrata herbácea fueron extremadamente rápidos y en un plazo de dos años hubo una caída brusca de la abundancia de *Lolium multiflorum*, que pasó del 78% a 10%.

Por el contrario, hubo un desarrollo muy importante de la leguminosa *Medicago polymorpha*, en especial durante el primer año después del raleo. Igualmente, se favoreció el desarrollo de otras especies, como *Sisymbrium officinalis* el primer año, e *Hypochoeris radicata* el segundo, indicando una evolución muy marcada hacia un deterioro de la calidad pastoral de la estrata herbácea. El valor pastoral traduce bien estas tendencias al deterioro, puesto que este índice disminuyó drásticamente en dos años, lo cual testimonia la importancia de las transformaciones provocadas.



(Fotos: Alejandro Lucero)

Figura N° 1
ESPINAL DE LLANOS, COBERTURA ARBÓREA > 70%, Y ESPINOS DE 5 A 6 m ALTURA (IZQ.), Y ESPINAL DE LOMAS, COBERTURA 25 A 30% Y ESPINOS DE 2 A 3 m ALTURA (DER.)

El corte total de los espinos provoca un efecto depresivo sobre la producción de la pradera. Este comportamiento es consecuencia de una tasa de crecimiento diferencial de la estrata herbácea, inducida por las modificaciones provocadas por el espino tanto en el suelo como en el microclima, que se traducen en cambios en la fenología y producción de las especies herbáceas. El factor más relevante parece ser una disminución en la presencia de las especies con ciclos biológicos más largos (especialmente *Lolium multiflorum*) y su reemplazo por especies más precoces y de menor producción. Esto se debe a condiciones hídricas y tróficas más restrictivas, provocadas por la eliminación del árbol.

El comportamiento fenológico de las especies herbáceas también juega un rol importante en la curva de la producción de la pradera, manifestándose en dos sentidos. Individualmente, cuando las especies se desarrollan bajo los árboles experimentan un retardo en casi todas las fases fenológicas de entre 7 y 16 días. A este comportamiento fenológico individual se suma una composición de especies con predominancia de las de desarrollo más tardío bajo las condiciones más favorables existentes bajo los árboles. Ambos efectos permiten una prolongación de 30 a 35 días del período de crecimiento activo de la estrata herbácea (Figura N° 3).

Entre los factores más importantes que permiten explicar esta asociación entre un espinal denso y una estrata de especies anuales altamente productiva está, primeramente, el desfase entre los ciclos biológicos del árbol y de la pradera. *Acacia caven* presenta una fenología tardía, desarrollando las hojas a mediados de primavera, verano y otoño, ligada probablemente a su origen sub-tropical y a su sistema radical capaz de aprovechar el agua de las zonas profundas del suelo. Su período de crecimiento vegetativo activo es de aproximadamente 240 días. Su inicio después de la latencia invernal es más tardío que en la pradera (aproximadamente el 15 de octubre en Chile Central).

Por el contrario, la estrata herbácea de especies anuales presenta un ciclo de otoño, invierno y primavera en sincronismo con las condiciones climáticas favorables. La foliación tardía del espino permite que una parte importante (40 a 50%) de la producción herbácea se realice en condiciones de luminosidad menos restrictivas que si el árbol tuviera ya sus hojas desarrolladas.



Figura N° 2
COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA PRADERA DEL ESPINAL, PRINCIPALES ESPECIES PERENNES Y ANUALES

Una vez que la foliación se establece completamente, el espino no determina una reducción de luz muy importante, dado que la mayor intercepción de la luminosidad de las copas es compensada por la mayor radiación incidente hacia el fin del período de crecimiento, en los meses de noviembre y diciembre. Debe recordarse que las características morfológicas y fenológicas propias del dosel de *Acacia caven* (tamaño de los árboles, biomasa aérea menor que otras especies de árboles mediterráneos, follaje poco denso y de naturaleza caduca) permite la llegada al suelo de una tasa de radiación fotosintéticamente utilizable (PAR) para las herbáceas equivalente a un 35 a 50% de la radiación incidente.

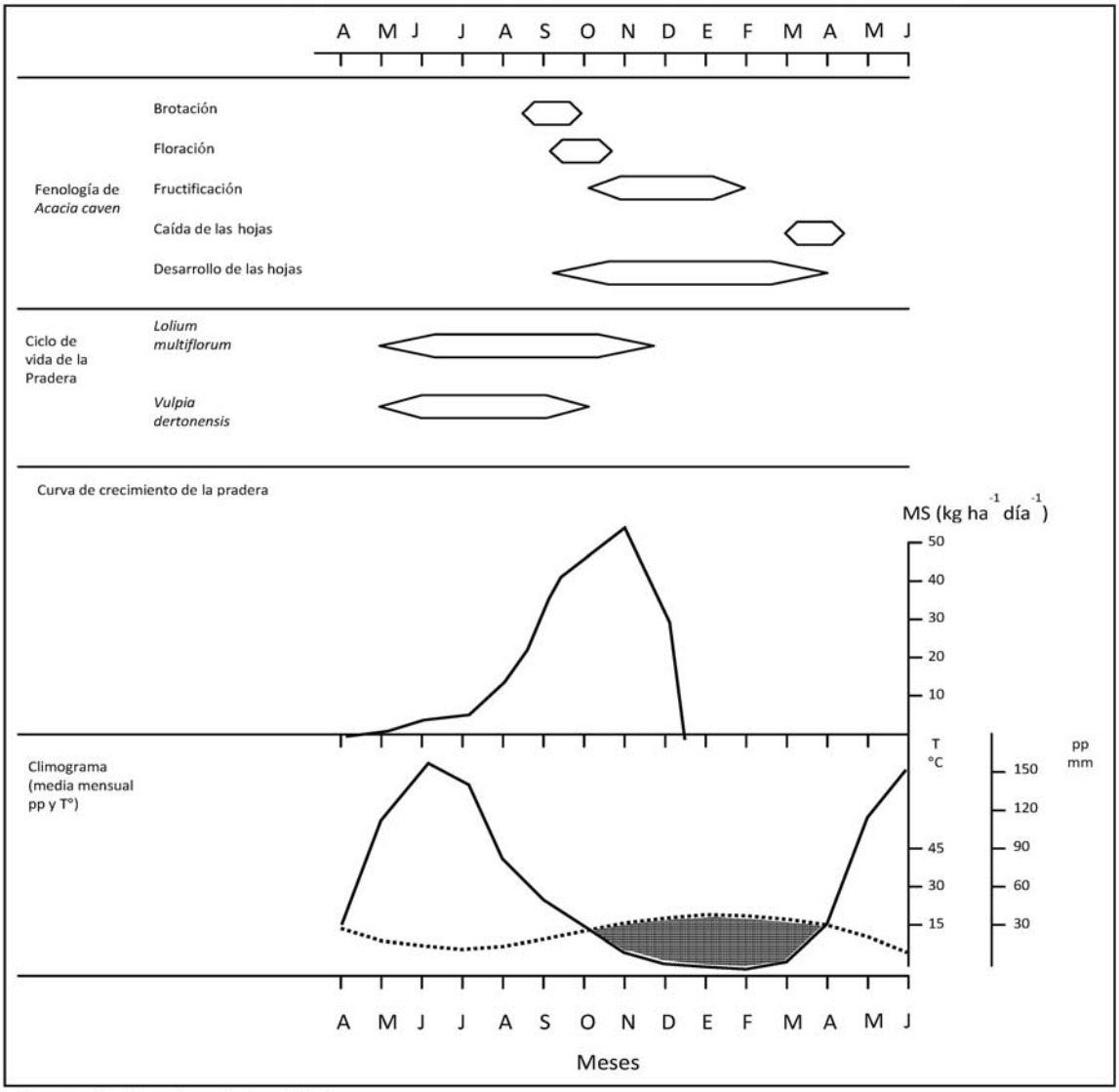
Estas tasas de luminosidad parecen suficientes para satisfacer las necesidades de luz para la fotosíntesis de las plantas herbáceas, sobre todo durante las fases de mayor restricción hídrica, en que los aportes de luminosidad interactúan con el estado hídrico de estas especies.

Por lo tanto, la función del árbol a finales de primavera es la de moderar el microclima bajo cubierta, reducir la evapotranspiración y por tanto permitir una mayor disponibilidad hídrica para las plantas, lo que se traduce en una mayor producción en relación a lo que ocurre en las estratas herbáceas desprovistas de árboles.

La disponibilidad hídrica diferencial en el suelo es también consecuencia del balance energético que se establece bajo los árboles. La reducción de la radiación determina que el microclima bajo los árboles se caracterice por temperaturas del aire y del suelo fuertemente atenuadas y marcadas por una disminución de las amplitudes térmicas diarias que, según las estaciones, puede ser de 1,5 a 6°C en la temperatura máxima y de hasta 10°C en la temperatura del suelo. Esta atenuación térmica repercute en la capacidad para evaporar agua, inferior bajo los árboles, aunque, por otra parte, la humedad relativa del aire sea más elevada.

La influencia del árbol sobre las características del suelo es otro factor explicativo fundamental de la asociación espino-pradera anual. Esta influencia se manifiesta en valores más elevados en materia orgánica, nitrógeno total y disponible, y potasio disponible en las comunidades con alta densidad de espinos. Estos efectos son provocados por el reciclaje de los elementos contenidos en la hojarasca que cae al suelo y, en el caso del N, por los aportes de la fijación simbiótica. Estos últimos han sido medidos *in situ*, disponiéndose de evidencia de la fijación en plantaciones de 1 a 3 años de edad (Aronson *et al.,* 2002; Ovalle *et al.,* 1996b).

En cuanto a la caída de materia orgánica proveniente de las hojas, los aportes son equivalentes a 1.100 y 700 kg ha^{-1} $año^{-1}$ de materia seca, en las condiciones del espinal del predio “La Estrella” (Cauquenes) con recubrimientos de 80 y 50% de espino, respectivamente. Esta materia orgánica procedente del espino es particularmente rica en nitrógeno (2,2 a 2,4%) y en fósforo (0,12 a 0,21%) y aporta al suelo, para una cubierta de 80%, un equivalente de 27 kg ha^{-1} $año^{-1}$ de nitrógeno, 5,2 kg ha^{-1} $año^{-1}$ de potasio y 2,3 kg ha^{-1} $año^{-1}$ de fósforo.



(Fuente: Ovalle y Avendaño, 1987)

Figura N° 3
FENOLOGÍA DE *Acacia caven* Y EL CICLO DE LA VIDA Y CRECIMIENTO DE DOS GRAMÍNEAS ASOCIADAS EN COMPARACIÓN CON UN CLIMOGRAMA TÍPICO DE LA ZONA MEDITERRÁNEA SUB-HÚMEDA DE CHILE

En resumen, el espino constituye un elemento fundamental de la producción pastoral y presenta una influencia positiva a todos los niveles de densidad y de estructura de población que han sido estudiados.

Gestión de los Espinales

Es difícil definir un único sistema de producción en los espinales, pues factores como el tamaño de la propiedad, la aptitud de los suelos, la topografía del terreno y la capacidad

empresarial del jefe de la explotación, entre otros, inducen múltiples variaciones entre unas explotaciones y otras. Se podría decir que cada predio posee su sistema de producción propio. No obstante, existe un modelo de gestión básico alrededor del cual giran todas las variantes.

En la mayor parte de las explotaciones se combinan la cerealicultura con la ganadería. En las fases de cultivo, el espino es cortado, pero no se extrae la cepa con lo cual esta rebrota, el pastizal recoloniza el suelo y es utilizado por la ganadería principalmente ovina. En otras situaciones y en forma creciente en los últimos años, los agricultores definitivamente han operado un cambio en el uso del suelo incorporando plantaciones de viñedos y en algunos casos frutales. En otros casos, los agricultores han vendido sus predios y empresas forestales han establecido masivamente plantaciones de pino radiata (*Pinus radiata*) o eucalipto (*Eucalyptus globulus*).

En los sectores de espinal, de acuerdo a las condicionantes que impone la topografía, las pautas de uso del suelo se acoplan a los dos grandes tipos de unidades geomorfológicas, diferenciadas anteriormente; llanos de fondo de valle y lomajes. En el primer caso, las frecuentes inundaciones temporales del terreno en invierno dificultan la agricultura, por lo que predomina el uso ganadero. La ausencia de roturaciones permite el desarrollo de mayores coberturas de espino y suelos mejor conservados. No obstante, los árboles de *Acacia caven* pueden ser talados cada 40-60 años obteniendo madera para leña y carbón vegetal.

En situaciones de lomaje, sobre suelos mejor drenados, predomina un modelo de rotación tradicional barbecho - trigo en combinación con ganadería sobre rastrojos y pastos naturales. El ciclo comienza con la preparación del barbecho, para lo cual se corta el espino en el invierno anterior a la siembra. La preparación del suelo se realiza tradicionalmente con tracción animal (bueyes o caballos), aunque en la actualidad la mecanización cobra mayor importancia. La madera obtenida es utilizada para leña o para la producción de carbón vegetal. Posteriormente, el suelo es roturado y se siembra el cereal en otoño, al voleo, con variedades generalmente no mejoradas. Para la fertilización se utilizan fertilizantes nitrogenados y fosfatados en dosis bajas y normalmente no se realiza un control de malezas. Tras 1 o 2 años de cultivo, dependiendo de la fertilidad del suelo, el terreno es abandonado y colonizado por especies herbáceas, a la vez que el espino rebrota de cepa. En esta fase el terreno es utilizado para pastoreo extensivo, con una carga ganadera baja, de alrededor de 1 a 2 ovejas ha^{-1}. El periodo de pastoreo antes del siguiente ciclo de cultivo es variable, entre 3 y 20 años, dependiendo de la fertilidad del suelo, el tamaño de la propiedad y las condiciones del mercado del cereal.

El resultado es un paisaje heterogéneo formado por manchas de un mosaico en las que varían tanto la cobertura y el tamaño del espino como el estado de evolución (sucesión ecológica) de la estrata herbácea tras la roturación. Los rendimientos de trigo en estas zonas son bajos, alrededor de 1,5 a 2,0 t ha^{-1}. Este tipo de aprovechamiento del cultivo ha provocado fuerte erosión y agotamiento de la fertilidad natural de los suelos y una degradación de los espinales.

Una variante a la rotación comentada es la realizada en algunos sectores de la región del Bio Bio. Bajo condiciones de mayor pluviosidad y menor tamaño de los predios, los agricultores realizan una rotación de barbecho, trigo, leguminosas y pradera natural durante 2 o 3 años. El barbecho es generalmente cubierto, en suelos de posición baja, por un cultivo de primavera de chícharo o garbanzo. Esta estrategia es muy frecuente en núcleos de pequeños propietarios.

En suelos de posición baja, que no entran en rotación con cereales, o también en sectores de lomajes dedicados a ganadería en predios de mayor tamaño, el espino adquiere un desarrollo más importante y la producción y composición de la pradera natural mejora en calidad, pudiendo alcanzar entre 2 y 4 t ha^{-1} $año^{-1}$ de MS[6]. La carga animal en estos sectores puede llegar a entre 2 y 4 ovejas ha^{-1} $año^{-1}$.

Además de estas praderas seminaturales puede haber, eventualmente para uso ganadero, praderas sembradas de falaris (*Phalaris aquatica*) o ballica anual *(Lolium rigidum)*, en mezclas con leguminosas anuales forrajeras con trébol subterráneo *(Trifolium subterraneum*), hualputra *(Medicago polymorpha)* y trébol balanza (*Trifolium michelianum*) que son pastoreadas. Igualmente, algunos agricultores producen forraje suplementario para los períodos de escasez, siendo el más utilizado la mezcla de avena con vicia para henificación.

La ganadería asociada a estos modelos de explotación es bastante importante a escala nacional, alcanzando a 218.900 ovinos y 89.500 bovinos. Los sistemas ganaderos consisten en explotaciones ovinas, bovinas, o mixtas. El sistema de pastoreo más frecuente es el continuo, aunque en algunos casos los campos disponen de 4 o 5 potreros, practicándose un pastoreo continuo diferido.

La ganadería ovina o mixta se practica, principalmente, en pequeñas y medianas explotaciones (10 a 100 ha), con una carga animal que no sobrepasa 2 ovejas ha^{-1} $año^{-1}$. La raza ovina de cara negra, Suffolk Down, es la más difundida y la producción suele variar entre 40 y 120 kg ha^{-1} $año^{-1}$ de PV[7], con una carga animal de entre 1 y 3 ovejas ha^{-1} $año^{-1}$. Por el contrario, la ganadería bovina se practica generalmente en las explotaciones más grandes (100 a 500 ha). La carga animal en este caso es más alta, puesto que se ubican en los mejores espinales y, a veces, usan praderas sembradas para suplementación en invierno. Las razas principales son Hereford, Angus rojo, Clavel Alemán y ganado criollo, que es una mezcla de varias razas, todas ellas destinadas a la producción de carne.

Las alternativas principales son la crianza con venta de animales al destete y las engordas de temporada con animales provenientes de otras zonas. En cuanto a producción, las mejores explotaciones bovinas producen entre 50 y 100 kg ha^{-1} $año^{-1}$ de PV, con una carga de 0,4 unidades animales (U.A.)

Estas producciones aparecen como extremadamente bajas cuando se les compara con países como Australia y Portugal, en donde con condiciones climáticas y edáficas similares (pero sobre praderas de leguminosas anuales), se alcanzan valores de 100 a 150 kg ha^{-1} $año^{-1}$ de PV.

Manejo Silvícola de *Acacia caven*

El espinal ha sido fuertemente intervenido en el pasado y aún en la actualidad, alcanzando niveles importantes de degradación, sin embargo esta degradación puede ser revertida a través de un manejo adecuado (Olivares 2006). Desde esta perspectiva, es de suma importancia determinar la respuesta que los espinos tienen a diferentes intervenciones silviculturales y de manejo, tales como propagación, establecimiento artificial, sistemas de plantación y manejo de

6 Materia Seca
7 Peso Vivo

formaciones naturales (INFOR, 2012), y especialmente la respuesta que este tiene a diferentes intervenciones de corta o raleo.

Una buena regeneración de la especie es vital para su sustentabilidad, por lo tanto métodos como la siembra directa, previo tratamiento pre-germinativo de las semillas o escarificado, presenta ventajas en cuanto a sobrevivencia y crecimiento en relación a otros métodos como plantación a raíz desnuda y en maceta (Stoehr, 1969, citado por Navarro,1995).

Otra forma de asegurar la regeneración del bosque es a través del manejo del rebrote o retoñación que es una propiedad característica y reconocida de la especie. Estudios realizados por González (2000) y Del Fierro (2001) demostraron la excelente capacidad de retoñación que tiene el espino, llegando a valores cercanos al 90% de rebrote de los árboles que son intervenidos con cortas o raleos. Los principales factores que influyen en la cantidad y vigor de la retoñación son el diámetro del tocón residual, siendo el más recomendado entre 10 y 20 cm; la etapa de crecimiento del bosque, preferentemente cuando los árboles cortados están en etapa de latizal; la época del año en que se realiza la intervención, siendo la mejor época de corta el periodo de receso vegetativo; y la técnica o método de corte, siendo la mejor técnica de corte el uso de motosierra (Vita 1996; González, 2000, Del Fierro, 2001).

Tanto en la situación de siembra directa y manejo de la retoñación y considerando la importancia silvopastoral que tienen los espinales, se debe tener especial cuidado en el efecto negativo que tiene el ramoneo de animales domésticos o silvestres sobre la sustentabilidad de la especie, por lo tanto se debe considerar la exclusión total de la zona de establecimiento, o bien de la zona manejada, el control de lagomorfos y la protección individual de los tocones.

El principal uso maderero que se da al espino es como leña y carbón vegetal. Su utilización para carbón, se debe al hecho de ser un combustible liviano, fácil de manipular, con valores caloríficos comparables con el carbón mineral (CONICYT, 1974; citado por Pacheco 2005) y con rendimientos de un 20,3% (FAO, 1997).

El espino tiene además otros usos interesantes de destacar, como es la posibilidad de utilizar esta especie para la recuperación y conservación de suelos, gracias a su profundo sistema radicular (FAO, 1997); y el uso de sus frutos, semillas y vainas para la producción de harinas, usos cosméticos, ornamentales y medicinales (INFOR, 2012).

DISCUSIÓN

El espinal es el principal recurso forestal nativo del secano interior de la zona central de Chile y presenta un alto potencial productivo para los propietarios silvoagropecuarios de esta zona, principalmente por los múltiples productos y beneficios que este sistema es capaz de generar. Sin embargo, el espinal ha sido fuertemente intervenido, disminuyendo su superficie y degradando la cubierta vegetal y los suelos, por lo que se requieren alternativas productivas que permitan su recuperación y le den sustentabilidad.

Consecuentemente, los sistemas agropecuarios asociados al espinal están atravesando por un período de crisis muy aguda provocada por la caída de la productividad a causa de la degradación del suelo derivada de la sobreexplotación, no se han restituido los nutrientes

extraídos por los cultivos y el proceso erosivo se ha visto intensificado por el empleo de sistemas de labranza inadecuados. Esta situación se ve agravada por una economía globalizada, dentro de la que la mayor parte de los productos de las áreas marginales de secano (cereales, carne, otros) pierden competitividad y rentabilidad.

En contraposición a la depresión de la agricultura, existe una expansión de los cultivos de viñedos y de frutales, como olivos, algunos *berries,* especialmente arándanos, establecidos con sofisticados sistemas de fertiriego por grandes emprendimientos empresariales, expansión que impacta positivamente la economía de esta deprimida zona agroecológica del país, pero que, a la vez, genera una alta presión sobre el espinal. Algo semejante sucede en algunos casos con el establecimiento de plantaciones forestales con pinos y eucaliptos en suelos con aptitud agrícola o ganadera, en desmedro de la actividad agropecuaria, que produce una desarticulación de la estructura rural de esta zona, afectando también a la superficie del espinal presente en estos suelos.

Dentro de este escenario, los sistemas silvopastorales son una interesante alternativa productiva para los espinales, pese a ser sistemas complejos de manejar que deben compatibilizar la coexistencia y mejor productividad de las tres componentes que los sustentan; árboles, praderas y animales, y sus complejas interrelaciones. Frente a esta situación, se justifica la investigación sobre estrategias y tecnologías para la rehabilitación ecológica y económica de los espinales dentro del marco de un uso sustentable del recurso.

Los sistemas silvopastorales implementados complementariamente a la práctica de una agricultura sustentable, en donde los principales rubros productivos, como la ganadería ovina y bovina para producción de carne, el cultivo de cereales, viñedos y otros, tengan un espacio y viabilidad en el escenario actual del país.

CONCLUSIONES

El espinal es una formación vegetal compuesta por una estrata leñosa de coberturas y alturas variables, dominada casi exclusivamente por *Acacia caven,* y una estrata herbácea dominada esencialmente por especies anuales de alta diversidad de plantas herbáceas.

Estas formaciones vegetales son de gran heterogeneidad, con comunidades de diferente composición florística y cambios en la forma y la estructura horizontal y vertical del espino. La más frecuente es la de un matorral claro y de baja altura, resultado del manejo mediante talas periódicas para favorecer el barbecho o para la producción de carbón vegetal.

El estado avanzado de degradación y principalmente la baja cobertura y densidad de la mayor parte de los espinales hacen necesario el desarrollo de planes de manejo que permitan el mejoramiento y aprovechamiento de las innegables ventajas productivas y ecológicas de la asociación árbol-pradera. Estos planes deben contemplar prácticas de propagación y técnicas de establecimiento de plantaciones, y de manejo de formaciones naturales, evaluando su respuesta a cortas y raleos.

El manejo del espinal en sistemas integrados silvopastorales es la mejor alternativa de uso de este recurso, mejora la productividad y favorece su sustentabilidad, razón por la que esta práctica debe ser fomentada y considerada en los instrumentos estatales de apoyo a la pequeña y mediana propiedad silvoagropecuaria.

El rebrote o retoñación es una propiedad característica de *Acacia caven*, cuando árboles originales nacidos de semilla (monte alto) son cortados, desde la cepa nacen múltiples vástagos (monte bajo) que con el tiempo y en forma natural se reducen a un número menor, pero persiste un monte bajo caracterizado por numerosos fustes desde un mismo pie. Esta capacidad de la especie de retoñar desde las cepas, e incluso desde las raíces cuando las cepas han sido eliminadas, ha permitido la permanencia del espinal, pero la producción de madera para leña, carbón, artesanías u otros usos se diluye en múltiples pies, razón por la que las intervenciones de clareos (dejando 3 o 4 rebrotes seleccionados) permiten concentrar el crecimiento y mejorar la estructura aérea de los ejemplares.

El mejoramiento de la estrata herbácea en tanto, se logra mediante la inclusión de leguminosas anuales y la práctica de rotaciones de cultivo, acciones que son prioritarias para aumentar la productividad agrícola y el nivel trófico de los suelos.

El modelo de desarrollo productivo de Chile, basado en la exportación de productos agrícolas y forestales, ha generado un cambio de uso del suelo de importancia y ha afectado significativamente la conservación del espinal y de los sistemas productivos tradicionales. Indefectiblemente, cuando el modelo de desarrollo agrícola y forestal avanza, el espinal retrocede, dejando lugar a plantaciones forestales, viñedos, frutales u otros cultivos en desmedro de los ecosistemas locales. No parece por cierto sustentable que el desarrollo agrícola y forestal avance hasta arriesgar la eliminación y extinción de la vegetación nativa de Chile Central.

El espinal aporta servicios ecológicos importantes, protegiendo los suelos con sus raíces y sus copas, mejorando los suelos con su aporte de nitrógeno, capturando y fijando carbono, constituyendo corredores biológicos. Provee además madera, energía y forraje y favorece una rica biodiversidad. Resulta imperioso entonces conservar, manejar y dar sustentabilidad a este recurso, a través de políticas públicas que incentiven la conservación y el manejo de este patrimonio natural y cultural de Chile, para lo cual su manejo integrado en sistema silvopastorales es una muy adecuada herramienta.

REFERENCIAS

Aronson J.; Ovalle C.; Avendaño J.; Longeri L. y del Pozo, A., 2002. Agroforestry tree selection in central Chile: biological nitrogen fixation and early plant growth in six dryland species. Agroforestry Systems 56: pp 155-166.

CONAF, 2015. Catastro Vegetacional Nativo de Chile. Actualizaciones desde 2008 a 2015.

Del Fierro, P., 2001. Efecto de Tratamientos de Corte sobre el rebrote de *Acacia caven* (Mol.) Mol. en Aucó, IV Región. Memoria para optar al Título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Universidad de Chile. 109 p.

FAO, 1997. *Acacia caven*. Especies Arbóreas y Arbustivas para las Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina. Serie: Zonas Áridas y Semiáridas N°12. Programa Conjunto FAO/PNUMA de Control de la Desertificación en América Latina y el Caribe. Santiago. Chile. pp 157-167.

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 para optar al Título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Universidad de Chile. 92 p.

INFOR, 2012. Monografía de Espino. *Acacia caven* (Mol.) Mol. Programa de Investigación de Productos Forestales No Madereros. Editora Susana Benedetti R. Santiago. Chile. 71 p.

Muñoz, C.; Zagal, E. and Ovalle, C., 2007. Influence of trees on soil organic matter in Mediterranean agroforestry systems: an example from the Espinal of central Chile. European Journal of Soil Science. 58, 728–735.

Navarro, R., 1995. Efecto de Intervenciones Silviculturales sobre el crecimiento y la producción de fitomasa de *Acacia caven* en Melipilla, Región Metropolitana. Memoria para optar a título profesional de Ingeniero Forestal. Departamento de Silvicultura. Escuela de Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. 89 p.

Olivares, A., 2006. Relaciones entre el estrato arbóreo, el estrato herbáceo y la conducta animal en el matorral de *Acacia caven* (espinal). Science et changements planétaires/Sécheresse. 17(1), pp 333-339.

Ovalle, C., 1986. Etude du système ecologique sylvopastoral à *Acacia caven* (Mol.) Hook. et Arn.: applications à la gestion des ressources renouvables dans l'aire climatique méditerranéenne du Chili. Ph.D. Dissertation. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, France.

Ovalle, C. y Avendaño, J., 1987. Interactions de la strate ligneuse avec la strate herbacée dans les formations d'*Acacia caven* (Mol.) Hook. et Arn. au Chili. Oecologia Plantarum 8: pp 385-404.

Ovalle, C.; Aronson, J.; del Pozo, A. y Avendaño, J., 1990. The Espinal: Agroforestry systems of the Mediterranean-type climate region of Chile. Agroforestry Systems 10: pp 213-239.

Ovalle, C.; Longeri, L.; Aronson, J.; Herrera, A. y Avendaño, J., 1996. N2-Fixation, nodule efficiency and biomass accumulation after two years in Chilean legume trees and Tagasaste, *Chamaecytisus proliferus subsp. palmensis*. Plant and Soil 179: pp 131-140..

Ovalle, C., del Pozo, A., de Miguel, J.M., Casado, M.A. and Acosta, B., 2006. Consequence of landscape heterogeneity on grassland diversity and productivity in the Espinal agroecosystem of central Chile. Landscape Ecology. 21: 585-594. ISI (IF:2.558).

Pacheco, G., 2005. Evaluación del proceso de carbonización y calidad del carbón de *Acacia caven* (Mol.) Mol. producido en hornos de barro. Memoria para optar a título profesional de Ingeniero Forestal. Departamento de Ingeniería de la Madera. Escuela de Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 59 p.

Palomeque, E. 2009. Sistemas Agroforestales, Chiapas, México, pp 29.

Pérego, J., 2002. Sistemas Silvopastoriles en el Centro Sur de la Provincia de Corrientes, Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur Zona Campos, Memorias INTA EE A Mercedes, XIX-2002, Corrientes, Argentina.

Stolpe, N.; Muñoz, C.; Zagal, E.; Ovalle, C., 2008. Modeling soil carbon storage in the "Espinal" Agroecosystem of central Chile. Arid Land Research and Management. pp 148-158.

Vita, A., 1996. Los Tratamientos Silviculturales. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Santiago. Chile. 150 p.