

CAPÍTULO 7

PRADERAS DE SIEMBRA PARA EL TERRITORIO MEDITERRÁNEO DE LA REGIÓN DE O'HIGGINS

Fernando Squella N.

Ingeniero Agrónomo, M.S., Ph.D.

INIA - Rayentué

1. ASPECTOS GENERALES DEL TERRITORIO Y LOS RECURSOS FORRAJEROS

1.1 Introducción

El área sometida a la influencia del clima de tendencia mediterránea en Chile, se extiende aproximadamente en 1.500 km entre los 27° y los 39° de latitud Sur. El territorio aludido, desde el punto de vista ganadero, abarca mayormente desde la IV a la VIII Región, incluyendo la Región Metropolitana (R.M.).

En el la VI Región, en particular, existen dos ambientes claramente definidos, el de riego y el de secano. En este último los sistemas productivos se desenvuelven casi exclusivamente con el agua proveniente de las lluvias (secano costero, de transición o intermedio, interior y precordillera). Sin embargo, existe un territorio en la cordillera de los Andes (secano altoandino), donde los aportes de agua se reciben mayormente en forma de nieve, y en consecuencia, el pastizal natural es aprovisionado por agua proveniente de escurrimientos superficiales y subsuperficiales, durante su ciclo de crecimiento.

En la situación del riego, se desarrollan actividades más intensivas relacionadas, principalmente con sistemas hortofrutícolas, semilleros y producción de flores. En tanto que en los sistemas ganaderos, orientados mayormente a la producción de leche y forraje conservado, la alimentación de los animales se basa en el uso de concentrados y la utilización del forraje producido por praderas de siembra como la alfalfa (*Medicago sativa*) y el trébol rosado (*Trifolium pratense*), cultivos suplementarios de verano e

invierno, como el maíz (*Zea mays*) y la avena sola (*Avena sativa*) o combinada, ya sea con vicia (*Vicia atropurpurea*) o trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*). También, casi exclusivamente en la VI y VII Región, se encuentran explotaciones silvícolas, preferentemente relacionadas con el cultivo del álamo (*Populus* sp.).

En el secano los cultivos más relevantes son los cereales, como trigo y avena, y las leguminosas de grano, como el garbanzo, los cuales se desarrollan junto a sistemas mayoritariamente extensivos de producción animal (ovina, bovina y caprina, para carne y leche) y sistemas forestales. Los sistemas ganaderos se sustentan en el uso del pastizal natural, el cultivo de cereales de invierno para forraje y/o grano (avena sola o con vicia, y cebada forrajera) y praderas de siembra (tréboles subterráneos, *Trifolium subterraneum*; tréboles balansa, *Trifolium michelianum*; hualputras, *Medicago polymorpha*, y falaris, *Phalaris aquatica*). Los sistemas forestales (pino insigne, *Pinus radiata*, y eucalipto, *Eucalyptus globulus*); imprimen al territorio un uso muy característico de los recursos naturales renovables.

1.2 Ubicación y caracterización del clima mediterráneo

El rasgo fundamental del clima mediterráneo es la sequía estival. Esta puede ser más o menos pronunciada, pero siempre hay un contraste entre la estación más fría, que es húmeda, y la estación calurosa que es siempre seca.

Debido a la gran variación de latitud de la zona mediterránea chilena, la influencia del Pacífico y la presencia de ambas cordilleras, el clima presenta dos secuencias de variación, de norte a sur y de este a oeste.

Desde el punto de vista latitudinal, desde el extremo norte hacia el sur, en la zona de tendencia mediterránea se distingue: una condición perárida que abarca principalmente la parte sur de la III Región; un sector árido que comprende prácticamente toda la IV Región y la Provincia de Petorca (V Región); una situación semiárida que está representada mayoritariamente por el resto de la V Región (excepto la Provincia de San Antonio) y la Región Metropolitana; un área subhúmeda que involucra principalmente la Provincia de San Antonio y prácticamente la totalidad de la VI y VII regiones; un sector húmedo comprendido entre la VIII y la parte norte de la IX Región, y una condición perhúmeda localizada en el sector más bien central de la IX Región.

Posee diversos grados de aridez (duración del período seco), que van desde más de nueve meses en la región perárida, hasta sin período de aridez en la región mediterránea húmeda meridional. Asimismo, existe un gradiente de precipitaciones que aumenta de norte a sur (a modo de referencia) desde aproximadamente los 88 mm en Copiapó a los 1.300 mm de precipitación anual en Mulchén.

Por su relación con la producción de los recursos forrajeros principalmente de secano y, en consecuencia, con la capacidad de sustentación animal, una de las características más importantes, es la variación que experimentan las precipitaciones en una misma localidad de un año a otro. En el límite norte (Valle de Copiapó) el 46,6% de los años corresponden a secos, muy secos o sin lluvia, mientras que en la región mediterránea húmeda, existen lugares con algo menos de un 10,0% del total de los años en dichas categorías. Los años con precipitaciones normales aumentan de norte a sur llegando a porcentajes levemente superiores a un 60,0% en la región mediterránea húmeda que, en general, junto con la perhúmeda, es la situación con menores variaciones en su caída pluviométrica anual.

La distribución de las lluvias, es tanto o más trascendente que la cantidad de agua caída. En la región mediterránea perárida las lluvias se distribuyen principalmente entre junio y agosto, mientras que en la región mediterránea húmeda, su distribución se extiende esencialmente entre marzo y diciembre.

Las temperaturas presentan una cierta estabilidad. Si se compara la situación, entre la región mediterránea árida y la húmeda, la media anual es de 15,5 y 12,7°C, la media del mes más cálido de 24 y 18,5°C, y la media del mes más frío de 8,5 y 6,7°C, respectivamente.

La fisiografía de la zona mediterránea de Chile, está conformada mayormente (a pesar de existir algunas variantes, especialmente en la región perárida y árida), por una faja litoral junto al mar, la cordillera de la Costa, el valle central, la precordillera y la cordillera de Los Andes, que provocan, además, una secuencia de variación climática de Este a Oeste.

La cordillera de la Costa reduce la influencia del mar hacia su vertiente oriental y hacia el valle. En general, en la costa hay una mayor nubosidad, presencia de neblinas y precipitación, y la amplitud térmica es menor. Hacia el interior estas condiciones se hacen más extremas.

Luego, en las situaciones de mayor aridez la principal limitante para el crecimiento de las plantas forrajeras es la menor duración del período de lluvias al que están sometidas, mientras que el factor térmico es de menor relevancia. Por el contrario, hacia territorios más húmedos, el período de déficit hídrico disminuye, siendo una limitación la menor temperatura de invierno. No obstante, bajo ciertas circunstancias, los excesos de humedad durante el invierno pueden también afectar negativamente el crecimiento de las forrajeras.

1.3. Clasificación de los recursos forrajeros

Los recursos forrajeros pueden ser divididos en dos grandes categorías. La primera comprende los pastizales conformados por especies herbáceas nativas y/o naturalizadas, es decir, especies que han coevolucionado con el medio ambiente, o bien han sido introducidas desde ambientes preferentemente mediterráneos, adaptándose y persistiendo con gran éxito. Dadas sus características, estos pastizales se establecen naturalmente, sin la participación del hombre.

En el marco territorial del secano de la VI Región, se encuentran dentro de esta categoría los pastizales

de veranadas de precordillera y cordillera de Los Andes, el pastizal anual Mediterráneo, asociado principalmente a la formación vegetal del espinal o estepa de *Acacia caven* (espino), y en menor medida, la sucesión poscultural que ocurre luego del cultivo del arroz.

La segunda categoría, corresponde a las pasturas (pradera de siembra) y cultivos que son sembrados por el hombre, con el concurso de normas tecnológicas claramente establecidas, para dicho propósito. Ese es el caso de las pasturas permanentes, cuya vida útil productiva alcanza a los 6 o más años; por ejemplo trébol blanco (*Trifolium repens*) asociado a *Festuca (Festuca arundinacea)* en riego y, trébol subterráneo sólo o en mezcla con otras leguminosas (tréboles balansa y hualputras) asociado a *falaris (Phalaris aquatica)* o *ballica (Lolium rigidum)* en secano.

También es posible utilizar a modo de una rotación larga (3 a 5 años de duración), especies como alfalfa (*Medicago sativa*) en riego y, trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*), hualputra (*Medicago polymorpha*) y trébol balansa (*Trifolium michelianum*) en secano; con cereales como maíz, trigo y avena, en suelos cultivables; o bien a modo de rotación corta (2-3 años de duración), trébol rosado (*Trifolium pratense*) sólo o asociado a ballicas híbridas en riego y, mezclas de especies de tréboles y hualputras nombradas en el ejemplo de rotación larga, en el secano. Asimismo, es común encontrar cultivos suplementarios de verano e invierno en riego, y de invierno en secano. En el primer caso, sobresale el cultivo del maíz (*Zea mays*) y el sorgo (*Sorghum bicolor*) y, la avena (*Avena sativa*) sola o en mezcla con vicia (*Vicia atropurpurea*) o trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*), respectivamente. Por otro lado, la especie más relevante en secano es la avena sembrada sola o en mezcla con vicia.

1.4. Relación clima-suelo-planta-animal

Las praderas, término general usado tanto para pastizales como pasturas, constituyen la base de la alimentación de los rumiantes (caprinos, ovinos y bovinos) tanto en sistemas semiintensivos de riego, junto al uso de concentrados, entre otros; como en sistemas extensivos de producción animal en el



Foto 1. Trébol subterráneo en floración.



Foto 2. Trébol balansa en floración.



Foto 3. Hualputra en floración.



Foto 4. Falaris en floración.



Foto 5. Ballica anual en floración.



Foto 6. Pastoreo de ovejas y crías en una pastura de trébol subterráneo y ballica anual.

secano. En este último caso, el forraje producido por el pastizal natural, mayormente asociado al espino y, forraje y grano producidos por pasturas y cultivos, junto a los residuos de cultivos de cereales y legumbres, suelen ser las únicas fuentes de alimentación para el ganado. Sólo en situaciones de explotación más intensivas; se utilizan suplementos externos al sistema productivo predial, como por ejemplo la alimentación con grano de cereales y leguminosas, subproductos o materiales elaborados por la industria, entre otros.

En lo que respecta a la empresa ganadera, el recurso forrajero o de grano es el producto primario generado por las plantas a través del aprovechamiento de los recursos aportados por el clima y el suelo. Sin embargo, el producto final, obedece a la transformación de los recursos de alimentación por el animal o producción secundaria, en productos con valor comercial, como son la leche, carne y lana, entre otros.

A diferencia de la condición de riego, en el secano regional los sistemas de producción animal no tienen muchas variantes dentro del territorio en cuestión, tanto en lo que respecta a la producción primaria (forraje y/o grano) como secundaria (animal), y en consecuencia, en especial atribuibles al proceso de desertificación por una inadecuada cultivación del suelo, sobrepastoreo del pastizal natural y pasturas, y deforestación del bosque nativo; presentan un amplio rango de productividad. Ello es consecuencia, de la compleja relación existente entre los recursos naturales (suelo y clima), los recursos forrajeros y de grano, y el animal. En último término, la forma en que estos factores de la productividad son manejados a nivel predial significa mayor o menor rentabilidad, ya sea biológica como económica.

Un claro ejemplo, son los efectos que tienen algunas variables climáticas (como precipitación, temperatura, entre otras) sobre el rendimiento de forraje y/o grano, la curva estacional de producción, el valor nutritivo y finalmente, en la persistencia de los recursos forrajeros. Asimismo, las condiciones climáticas juegan un papel importante sobre la respuesta animal, ya sea afectando la eficiencia de conversión de los alimentos, o bien directa o indirectamente sobre la salud animal.

En todo caso, el grado de control que tenga el ganadero sobre las variables que intervienen en el proceso productivo (aspectos económicamente manejables), imprimirá las reales proyecciones que éste pueda tener dentro de un ámbito territorial determinado.

2. CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS USADOS COMO PASTURAS

2.1. Introducción

El principal objetivo que se persigue con la siembra de una pastura, es la producción de forraje destinado a la alimentación del ganado, eso sí, dentro de un contexto de conservación de los recursos naturales renovables, y por ende, de sustentabilidad de los sistemas de producción. El término pradera de siembra (sinónimo de pastura) se refiere al uso de especies vegetales mejoradas, sembradas solas o en mezcla y destinadas a dicho propósito. Al respecto, las leguminosas forrajeras (fabácea), por ejemplo los géneros *Trifolium* y *Medicago*, y las gramíneas (poácea) por ejemplo los géneros *Dactylis*, *Festuca*, *Phalaris* y *Lolium*, constituyen los dos grandes grupos de especies vegetales que presentan los mejores atributos para ser usadas como recursos forrajeros en el secano central de Chile. Actualmente, los programas de mejoramiento de forrajeras en el mundo están más orientados al desarrollo y ampliación de nuevas variedades de especies ya existentes dentro de los géneros taxonómicos más difundidos, que en la búsqueda de nuevos géneros de plantas sobre los cuales se tiene un menor conocimiento.

2.2. Morfología y crecimiento

El conocimiento de las plantas forrajeras, desde su crecimiento inicial y desarrollo hasta como se relacionan y persisten en el medio, es de especial relevancia. Asimismo, el análisis de los atributos morfológicos favorece importantemente la comprensión de dichos aspectos. A continuación se hace mención a consideraciones generales de géneros y especies, con énfasis en los recursos forrajeros más recomendados para pasturas, en el secano mediterráneo de la VI Región.

2.2.1 Caracterización de una leguminosa

2.2.1.1 Germinación de la semilla

Las semillas de las leguminosas tienen forma arriñonada (género *Medicago*) o redondeada u ovalada (género *Trifolium* y *Lotus*), con una protuberancia más o menos prominente, que coincide con la posición en que aparece la radícula (raíz primaria) una vez completado el proceso de la germinación. La cubierta de la semilla o testa comprende una capa gruesa de células suberizadas que, en ciertas circunstancias, se presenta impermeable al agua y gases, condicionando una estrategia de sobrevivencia ante estímulos del medio (especialmente hídrico) insuficientes para poder germinar. También posee una cicatriz denominada hilo, que representa el lugar en que esta estructura se asociaba con la pared del ovario. Cerca del hilo se encuentra un pequeño poro llamado micrópilo, que señala el lugar exacto por el cual la radícula emerge a través de la testa.

Dentro de la testa, según sea el caso, existe o no un endosperma. Por ejemplo en trébol subterráneo se presenta como un tejido muy delgado en donde se almacenan algunos nutrientes que son utilizados en el proceso de la germinación. Sin embargo, las mayores reservas energéticas (almidón entre otras) y proteicas se concentran en los dos cotiledones que son de gran tamaño y de forma ovalada. Los cotiledones junto al axis embrionario, desde donde se desarrolla la raíz (radícula) y el tallo (hipocótilo), conforman el embrión de la semilla propiamente tal.

El desarrollo de la semilla y su posterior germinación, son dos de los estados fisiológicos en el ciclo de vida de la planta. El desarrollo de la semilla se caracteriza por una rápida acumulación y almacenaje de reservas, tales como proteínas, lípidos y carbohidratos. Al final del desarrollo, junto con la deshidratación de los tejidos, se reduce significativamente la actividad fisiológica. Por ejemplo, los niveles máximos de agua en poblaciones de semillas de hualputra (*Medicago scutellata*) cultivar (cv.) Sava y trébol subterráneo cv. Trikkala en receso, alcanzan a sólo 0,06 (5,7%) y 0,07 (6,57%) mg de agua por mg de semilla seca, respectivamente. Muchas de las semillas de la categoría de las Angiospermas (flores verdaderas), incluyendo las leguminosas forrajeras, son de este

tipo, es decir, pueden sobrevivir procesos extremos de desecación de sus semillas.

En contraste, durante el proceso de la germinación, la movilización de las reservas almacenadas en la semilla es favorecida por reacciones catabólicas. Los productos generados son utilizados como sustratos y fuente de energía para el crecimiento inicial de las plántulas.

El proceso de la germinación se inicia cuando la semilla absorbe agua (Fase 1). Este es un proceso netamente físico y alcanza a los dos a tres veces el peso seco de la semilla. La tasa con que el agua es absorbida, es controlada por el gradiente inducida por el potencial de agua en el medio externo, en que ella se encuentra. Luego, la capacidad de una semilla para embeber agua del medio externo, está relacionada con las características internas de la semilla, en especial, con el tamaño del embrión, en el caso particular de las leguminosas. No obstante, el tejido del axis embrionario es el que tiene la mayor capacidad de captura de agua, en comparación con los tejidos de las otras partes de la semilla como son el endosperma, los cotiledones y la cubierta seminal.

La capacidad de imbibición de agua por parte de una semilla, es mayor en una leguminosa que en una gramínea. Las leguminosas absorben la mayoría del agua que requieren para iniciar la germinación, entre las cuatro y las ocho horas de imbibición.

Estudios realizados en tres especies de leguminosas: trébol subterráneo, trébol blanco y alfalfa, se indican similares tasas de absorción de agua durante las primeras cuatro horas de imbibición. Luego, el trébol subterráneo alcanzaba la Fase 2 (en la cual la semilla al ya absorber el agua necesaria, inicia los procesos metabólicos correspondientes), a las ocho horas. En contraste, el trébol blanco y la alfalfa aún absorben agua después de las 16 horas. La cantidad total de agua (base peso seco de la semilla) embebida por las semillas fue mínima en trébol subterráneo (125-150%), intermedia en alfalfa (150-175%) y máxima en trébol blanco (175-200%). Otro estudio realizado en trébol subterráneo y hualputra ratifica la importancia del tamaño de la semilla y la temperatura, como factores determinantes de su capacidad de absorción. A mayor tamaño de la semilla y temperatura en el

medio de germinación, mayor es la cantidad de agua embebida. Una vez concluidos los procesos metabólicos de la Fase 2, la semilla finaliza su proceso germinativo con la aparición de la radícula a través de la testa (Fase 3), en la cual nuevamente se establece una significativa instancia de imbibición de agua.

Las raíces empiezan a desarrollarse y penetran en el suelo, mientras que la elongación del hipocótilo arrastra a los cotiledones hacia arriba, por encima del nivel del suelo (germinación epígea). Este desarrollo del tallo y las raíces, basado en la alimentación proveniente preferentemente de las reservas de almidón contenidas en los cotiledones, induce una rápida secuencia de aparición de hojas, las cuales una vez desdobladas, inician el proceso de la fotosíntesis, de manera que entre los cuatro y los seis días, la plántula es capaz de utilizar nutrientes provenientes del suelo (como nitrógeno y fósforo), y así prescindir de las reservas acumuladas en los cotiledones. Una vez cumplida su función, los cotiledones senescen y son abortados de la plántula.

2.2.1.2 Desarrollo de las hojas y tallos

Una vez que los cotiledones emergen sobre la superficie del suelo, aparece una primera hoja verdadera unifoliada. Luego, emergen y se disponen en forma alternada en el tallo las hojas trifoliadas, características del género *Medicago* y *Trifolium*. Su nombre se genera por poseer tres folíolos dotados normalmente de peciólulos insertos en un pecíolo común. Como norma general, en tréboles los peciólulos son de igual longitud y en los medicagos el peciólulo intermedio es de mayor longitud que los laterales. Asimismo, en la base del pecíolo, puede encontrarse un par de brácteas llamadas estípulas, cuya forma, tamaño y color ayuda también a diferenciar especies, y a veces incluso variedades.

En especies perennes de crecimiento erecto como alfalfa, trébol rosado y lotera, el tallo principal permanece cerca del suelo hasta que son inducidos y aparecen los tallos florales. Las hojas formadas en el tallo principal, se desarrollan muy próximas unas a otras, adoptando una forma de roseta. Luego, una vez que aparecen nuevos tallos desde las yemas axilares formadas entre dichas hojas, la situación vuelve a repetirse, originando

con ello en la base de dichos tallos florales, un órgano único denominado corona.

Este órgano situado en la base del tallo principal, es de gran importancia en estas especies perennes, debido a la presencia de yemas, desde las cuales la planta rebrota una vez que ha sido cortada o pastoreada. La forma en que la planta se recupera después de una defoliación, depende de la concentración de carbohidratos de reserva, la presencia de yemas o centros de crecimiento y el área foliar residual dejada. Por su parte, en lotera el rebrote comienza tanto desde las yemas de la corona como desde las yemas axilares, localizadas estas últimas, en los tallos cortados o pastoreados.

En especies de hábito rastrero como trébol blanco (perenne) y trébol subterráneo (anual de autosiembra), el crecimiento se produce a través de la extensión de los estolones y tallos rastreros localizados preferentemente sobre la superficie del suelo, respectivamente. En el caso del trébol blanco, la planta produce hojas en cada nudo del estolón. En la base de cada pecíolo foliar, se encuentra una estípula que envuelve al estolón que posee un primordio radicular y una yema axilar que puede ser vegetativa o reproductiva. Las yemas también pueden formar estolones laterales. El estolón crece alargando sus internudos que empujan al siguiente nudo desde y dentro de la estípula formada con anterioridad. Los estolones enraizados pueden independizarse, comportándose como nuevas plantas que se multiplicarán en forma similar. En el segundo caso, el crecimiento del trébol subterráneo como especie anual, se produce a través de tallos localizados sobre la superficie del suelo.

Especies semierectas como trébol balansa y hualputra (anual de autosiembra), las hojas se desarrollan a partir de yemas axilares localizadas en los tallos. En general, la intensidad de la luz, la temperatura y la nutrición mineral, son factores ambientales y de manejo que afectan importantemente el crecimiento tanto de los tallos como de las hojas.

2.2.1.3 Crecimiento de la raíz

Todas las leguminosas, en especial los tréboles, presentan un sistema radicular muy ramificado en

su raíz principal, además de la presencia de numerosas raíces laterales. En general los tréboles y medicagos anuales como subterráneo y balansa y, hualputra, respectivamente, desarrollan sus raíces principalmente en los primeros 30 cm de suelo. En la situación de especies estoloníferas como el trébol blanco, el crecimiento por estolones le permite a cada planta una rápida regeneración, una vez que estas estructuras morfológicas se cortan (ya sea por la acción del pisoteo de los animales, entre otras) y generan en consecuencia nuevas plantas enraizadas desde los nudos de los mismos. Por su parte, especies como alfalfa y lotera, en mayor grado, y trébol rosado en menor medida, presentan una raíz principal pivotante que les permite prospectar más eficientemente por agua y nutrientes.

Sin lugar a dudas que uno de los atributos más importantes de estas especies, es la presencia de nódulos en las raíces. Los nódulos son formados por bacterias nitrificantes del género *Rhizobium*, las cuales infectan las raíces de las plantas tempranamente en su desarrollo de establecimiento. Los nódulos se desarrollan rápidamente y pueden fijar cantidades importantes de nitrógeno atmosférico a través de una simbiosis con la planta. Por esta razón es que estas semillas deben ser inoculadas con el rhizobio específico, e idealmente protegido a través del peletizado de la semilla.

2.2.1.4 Desarrollo de las estructuras reproductivas

Las leguminosas en su proceso natural de desarrollo y maduración, dependiendo de la interacción entre el medio ambiente y el genotipo logran, en un momento determinado, un alargamiento de los entrenudos de los tallos y la transformación de los ápices de crecimiento vegetativos en reproductivos. Durante el período de floración el alargamiento de los entrenudos alcanza su máxima actividad. Los dos factores climáticos que tienen mayor incidencia en la inducción floral son la temperatura y el largo del día o fotoperíodo.

Algunas leguminosas como la alfalfa y la lotera, no dependen de la temperatura invernal para florecer, pero sí son fuertemente dependientes del fotoperíodo de día largo. Otras en cambio, como los tréboles subterráneos, en especial los cultivares

precoces, si bien no necesitan obligatoriamente horas de frío durante el invierno, aceleran y aumentan su floración después de un período de frío. Por último, existe un tercer grupo de especies, como la hualputra, que requiere obligatoriamente de un período de frío para obtener una floración óptima. Los requerimientos respecto a las necesidades de frío y fotoperíodo varían según la especie e incluso entre variedades dentro de una misma especie, y generalmente están asociadas al sitio de origen.

Una forma práctica de detectar el inicio de la floración es la aparición de un abultamiento en la axila de la última hoja formada, para especies que desarrollan inflorescencias axilares como el trébol blanco y subterráneo, y sobre el meristema apical, en el caso de las especies que desarrollan inflorescencias apicales como el trébol rosado y trébol balansa.

Las flores de las leguminosas son del tipo papilionáceo, agrupadas en inflorescencias que pueden formar mayoritariamente racimos o capítulos, con legumbres o frutos pequeños, y generalmente, indehiscentes y monospermos, como es el caso de los tréboles. Cada flor, presenta cinco sépalos unidos en la base (tubo del cáliz); cinco pétalos (un estandarte, dos alas laterales y una quilla formada por dos pétalos unidos por uno de los bordes) que comprenden la corola, cuyo color varía con la especie y sirve como característica de identificación; diez estambres que forman el tubo estamínico (órgano masculino), y un pistilo (órgano femenino) localizado al interior de dicho tubo.

El pistilo está formado por un ovario (de variadas formas) y con uno a varios óvulos según la especie. El estilo es largo y curvado, y presenta un estigma apical que sobrepasa la altura de las anteras. Tanto el estilo, como el estigma y las anteras, se encuentran envueltos y protegidos por la quilla de la corola. El tipo de polinización varía según la especie, encontrándose algunas que son autopolinizadas (autogamia) como el trébol subterráneo, y otras que son polinizadas, por el polen proveniente de otra flor (alogamia), como es el caso de la alfalfa, trébol rosado, trébol blanco y trébol balansa. En este último caso, la participación de insectos polinizadores resulta de especial relevancia.

2.2.2 Caracterización de una gramínea

2.2.2.1 Germinación de la semilla

Las semillas de las gramíneas forrajeras, una vez lograda su madurez, son capaces de germinar sin dificultad, sólo una vez completadas las fases involucradas en la germinación. Sin embargo, algunas de ellas requieren de un período de letargo entre la maduración aparente y la opción de germinación. Normalmente, la inmadurez del embrión impide que el proceso se desenvuelva adecuadamente.

En comparación con las semillas de leguminosas, las semillas de las gramíneas absorben agua en menor cantidad y a tasas menores, por lo que su proceso germinativo suele ser más lento. No obstante en especies como ballica inglesa (*Lolium perenne*) entre otras, las semillas germinan más rápidamente que el pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) y falaris, Asimismo, la respuesta del trébol subterráneo es intermedia entre estas últimas especies de gramíneas.

Las semillas de falaris y ballica tienen mayor habilidad para germinar con restricción de humedad. Le sigue en orden de importancia el trébol subterráneo y la hualputra que es la más afectada por esta condición. Parece existir una relación entre aquellas especies que normalmente se desarrollan en ambientes más húmedos y, la mayor capacidad de la semilla para germinar en ambientes con mayor restricción hídrica.

Esta lógica en el mecanismo de germinación de la semilla, ha sido observada en especies del género *Medicago* que se cultivan normalmente en ambientes de secano con mayor aridez y un trébol subterráneo spp. *yannicum* propio del secano mediterráneo, pero mejor adaptado a ambientes más húmedos. Información en la semilla durante el proceso de germinación, hace que aquellos materiales que se desarrollan normalmente en ambientes con mayor restricción de humedad, puedan retardar la culminación de este proceso, cuando la disponibilidad de humedad, aún es insuficiente como para propiciar la germinación, el establecimiento y la posterior persistencia de las plántulas en el medio. En el caso contrario, al no

existir la información o bien presentarse en una menor expresión, las semillas tienden a germinar con menores tenores de humedad en el suelo. En consecuencia, estas últimas son las que tienen menores posibilidades de sobrevivir ante la presencia de lluvias estivales, seguida de un período prolongado de sequía.

La germinación se completa con la emergencia de la radícula, que aparece rompiendo la cubierta protectora o coleoriza. Posteriormente, se desarrollan nuevas raíces seminales y al mismo tiempo aparece el primer tallo o plúmula, cubierto por una vaina denominada coleóptilo. A través de este último, aparece la primera hoja y las hojas sucesivas. Durante el estado de plántula, el crecimiento y desarrollo se manifiesta a través del meristema encerrado por el coleóptilo. Las raíces seminales no van a constituir el sistema radicular definitivo, el cual se desarrollará posteriormente de los nudos inferiores del futuro tallo de la planta y de los macollos producidos.

2.2.2.2 Desarrollo de las hojas y tallos

Las gramíneas forrajeras presentan un tallo cilíndrico articulado a la altura de los nudos. A lo largo del tallo se insertan las hojas, generalmente en posición alternada y opuesta. Durante su estado vegetativo, previo al inicio de la emisión de las inflorescencias, la planta está constituida por una serie de tallos o macollos. En cada tallo se encuentra un número de hojas que emergen del correspondiente nudo. Las hojas están conformadas por una vaina que envuelve al tallo y una lámina que es normalmente larga y estrecha. Las vainas, por su forma, pueden ser cilíndricas como en la festuca (*Festuca arundinacea*) o aplanadas como sucede en el pasto ovillo. La lámina, es alargada y terminada en una punta más o menos aguda. En su estado juvenil pueden estar dobladas (pasto ovillo) o enrolladas (festuca y falaris).

En la unión entre la vaina y la lámina se observan dos elementos morfológicos que resultan de gran utilidad para la identificación de las especies. Uno de ellos, es la lígula o pequeña membrana a modo de prolongación de la vaina. La otra, las aurículas que tienen el carácter de la prolongación de la lámina. En ballica inglesa, la lígula es corta y membranosa, y las aurículas son pequeñas, suaves,

con forma de garra. En ballica italiana, las aurículas se presentan largas en forma de garra. Por su parte, en las ballicas híbridas, la lígula es similar a la ballica inglesa, sin embargo las aurículas, pueden ser puntiagudas, algunas veces romas o con forma de garra. El pasto ovillo tiene una lígula muy larga, membranosa y a menudo dentada, y no presenta aurículas. En festuca la lígula es membranosa y corta con aurículas prominentes y ciliadas en el margen. En falaris, la lígula es más alta al centro y no dispone de aurículas, y en ballica anual, la lígula es corta y membranosa, y las aurículas se presentan largas en forma de garra.

En las gramíneas, el desarrollo de la planta se verifica inicialmente a través del crecimiento del único tallo existente, del cual van apareciendo de acuerdo a un orden sistemático las hojas. Posteriormente, a través de un proceso de diferenciación de las yemas localizadas en las axilas de las hojas o primordios foliares del tallo principal, se produce el crecimiento de los nuevos tallos llamados secundarios, que se generan a partir de yemas diferenciadas. Cada tallo secundario tiene la misma estructura que le dio origen, en consecuencia, cada uno puede repetir el proceso originando tallos terciarios, y así sucesivamente. En las especies forrajeras perennes como pasto ovillo, festuca y falaris, este mecanismo de proliferación de nuevos tallos (macollos) es de vital importancia para su persistencia.

La diferenciación de las yemas precursoras de los tallos está regida por factores genéticos de cada especie y las condiciones ambientales dadas (humedad y nutrimentos del suelo, temperatura, luminosidad, fotoperíodo, entre otras). Asimismo, el efecto del pastoreo o corte y la competencia entre especies (interespecífica) pueden tener repercusiones importantes en la capacidad de la planta para regenerarse por esta vía. Así, en mezclas que participe ballica inglesa o italiana (*Lolium multiflorum*), en igualdad de condiciones, producen más tallos que otras especies como festuca, pasto ovillo y falaris, las cuales tienen menor capacidad relativa que en condiciones de pasturas donde participan solas (monoespecíficas). No obstante, el ritmo de aparición es característico de cada especie. En general, se advierte un aumento lineal en las primeras fases de desarrollo de las plantas, para luego tomar una forma exponencial debido a que

cada tallo formado puede reproducir el proceso antes indicado.

El crecimiento de estos tallos se manifiesta principalmente de dos formas según la especie. En aquellas cuyo crecimiento es en forma de macolla, el tallo crece hacia arriba y aparece al exterior entre la vaina de la hoja en cuya axila se formó (ballica, pasto ovillo y falaris). En plantas de hábito de crecimiento más rastrero como festuca, se puede producir una ruptura de la vaina protectora, y generar un estolón o rizoma.

Una vez iniciado el proceso de formación de los tallos secundarios, éstos normalmente producen un sistema radicular adventicio. Si bien aún persiste la dominancia del sistema vascular conformado por el tallo principal, del que depende la planta para el suministro de agua, nutrimentos y compuestos energéticos; con el tiempo estos tallos secundarios pueden independizarse y formar una nueva planta (pasto ovillo, festuca y falaris).

El principal órgano productivo de las gramíneas forrajeras son las hojas. La formación de éstas comienza por una rápida división de las capas exteriores de las células correspondientes a los puntos de crecimiento, las cuales forman un abultamiento que toma la forma de una media luna y más tarde de un cuello que, al desarrollarse, termina por cubrir el meristema apical. La formación sucesiva de yemas conlleva a la formación de nuevas hojas que, en un momento dado, se presentan en diferentes estados de desarrollo. El crecimiento de la hoja se verifica inicialmente en la base y en una zona media denominada meristema intercalar. La parte superior del meristema está vinculada con la formación de la lámina, mientras que la inferior es responsable de la formación de la vaina.

La lámina así formada, emerge acompañada de cambios importantes, no sólo relacionados con su expansión, sino también asociada a nuevos procesos de transpiración y fotosíntesis. El crecimiento de la lámina termina cuando se diferencia la lígula, y el de la vaina, una vez que aparece al exterior la lígula. Al mismo tiempo, se inicia la formación de la hoja siguiente dentro de la vaina interior. Las hojas tienen una vida limitada, y una vez que alcanzan su total desarrollo, empiezan a envejecer

y mueren. La senescencia comienza por la punta de la hoja o parte más antigua de ella y se va extendiendo hacia la base a un ritmo variable según se manifieste la incidencia de factores ambientales como la luz, temperatura y nutrimentos. En consecuencia, la capacidad de la hoja para favorecer el proceso de la fotosíntesis se ve limitando. Este aspecto revela la importancia del manejo apropiado de estos recursos forrajeros; por ejemplo, cuando una pastura se encuentra subutilizada, o bien cuando a través de una práctica de corte o de pastoreo se cosecha, los tejidos más jóvenes y más activos en beneficio de los más viejos, pero menos activos.

Dada esta forma de crecimiento, frente a un corte o pastoreo las gramíneas tienen grandes ventajas comparativas respecto a otro tipo de especies. Es así como las hojas viejas no tienen la posibilidad de recuperación o de reanudación del crecimiento, pero las hojas jóvenes, aunque pierdan parte de sus láminas pueden seguir creciendo hasta alcanzar un pleno desarrollo. Las hojas de estado incipientes, al no ser afectadas por la defoliación, pueden seguir su desarrollo normalmente.

Cabe hacer notar que las condiciones ambientales más importantes que influyen en la aparición de las hojas y el tamaño que ellas logran, están relacionadas con la temperatura, intensidad de la luz, fotoperíodo y nutrición de las plantas.

2.2.2.3 Crecimiento de la raíz

El desarrollo del sistema radicular es de especial relevancia, debido a su función de prospección de agua y nutrientes en el suelo. Un adecuado suministro de estos elementos es indispensable para el óptimo crecimiento de la planta y la acumulación de reservas.

Las raíces seminales una vez producidas durante la germinación, se envejecen y mueren al cabo de algunas semanas o meses de vida. La eficiencia con que una especie desarrolla sus raíces adventicias está asociada con la habilidad de una planta para establecerse y persistir en el medio, en especial bajo condiciones adversas. Es así como especies del género *Lolium*, (ballicas) presentan un rápido establecimiento en comparación con especies como festuca y falaris. En consecuencia, durante el

establecimiento deberá tenerse más cuidado con estas últimas especies, en especial respecto a la competencia con malezas o bien, en la realización de siembras asociadas. El uso de herbicidas y la dosificación de las cantidades de semilla a utilizar en la siembra resultan ser aspectos agronómicos de especial relevancia.

Otro aspecto de interés para la persistencia de las plantas tiene relación con la distribución espacial de las raíces en el suelo. Las especies que se desarrollan en condiciones climáticas más húmedas o en condiciones de riego, como por ejemplo ballica inglesa y pasto ovilla, presentan un sistema radicular más superficial respecto a especies como falaris y festuca, que por ser cultivadas en secano o bajo condiciones de riego más marginales, desarrollan un sistema radicular más profundo. Sin embargo a pesar de ello, en todas las circunstancias, la mayor concentración de raíces se encuentra en el estrato superficial del suelo, es decir en los primeros 10 a 20 cm, que es donde se concentran normalmente los tenores de fertilidad más altos.

La habilidad con que una planta crece en sus primeros estados de desarrollo, se relaciona con el peso de la semilla y más estrechamente con el tamaño del embrión. No obstante, respecto al sistema radicular, esto es válido sólo hasta las primeras semanas, como por ejemplo: cuatro semanas en ballica inglesa e italiana, cuando las raíces seminales son sustituidas por las raíces nodales.

A través del período de desarrollo anual de una planta, el crecimiento de la raíz se manifiesta en su mayoría durante momentos que no coinciden necesariamente con el mayor potencial de crecimiento de la parte aérea. Es así como las raíces presentan su máxima tasa de desarrollo a inicios de primavera. Incluso durante el invierno, con más bajas temperaturas, algunas especies son capaces de regenerar parte de su sistema radicular. No obstante, el ciclo de crecimiento de las raíces es variable según la especie.

A fines de primavera y durante el verano, las raíces de las especies perennes detienen o disminuyen su crecimiento por la presencia de mecanismos de latencia, causados por el aumento de la temperatura y/o déficit hídrico, propios del secano. Como

ejemplo, tenemos el caso de falaris que hacia fines de primavera (noviembre-diciembre), una vez finalizado el proceso de maduración de la semilla, entra en senescencia su parte aérea, y en consecuencia, sólo persisten vivos sus macollos localizados en la base de los tallos y las raíces. Una vez que las temperaturas bajan en otoño, el mecanismo de latencia se desbloquea, incluso bajo ciertas condiciones, previo al reinicio de la estación de las lluvias. Sin embargo, la activación del crecimiento es completa, sólo una vez que dicha realidad se complementa con la presencia de humedad en el suelo. O bien, por lo que significa el efecto del aumento de las temperaturas sobre el balance energético en riego (como por ejemplo en ballica inglesa). Asimismo, se argumenta que si las especies desarrollan sus estructuras reproductivas en primavera, requerirían de una mayor utilización de reservas provenientes de las raíces, que de otras partes de la planta.

La utilización de las pasturas en corte o pastoreo afecta el crecimiento de las raíces. Al producirse una defoliación, las plantas deben reactivar sus centros de crecimiento para restablecer un Índice de Área Foliar (IAF) por la necesidad de favorecer una adecuada acumulación de reservas. Por tal razón, el manejo de estos recursos forrajeros considera dejar un residuo que, junto con asegurar un IAF remanente, evite el daño a los órganos de acumulación de reservas (macollos) y puntos de crecimiento.

La defoliación intensa y/o continuada puede llegar a producir una muerte importante de raíces, en especial de las secundarias, las cuales disponen de menos cantidad de reservas que las raíces principales. No obstante, el efecto va a depender en gran medida del tipo de estructura de almacenamiento que disponga una planta. Por ejemplo, la presencia de rizomas en el género *Festuca*, hace que esta forrajera sobreviva en mejor forma una defoliación continuada que especies que disponen sólo de macollos (género *Lolium*, *Dactylis* y *Falaris*).

2.2.2.4 Desarrollo de las estructuras reproductivas

Luego de la elongación del tallo se inicia la etapa reproductiva, que regirá la floración y posterior-

mente la producción de las semillas. En principio se manifiestan cambios en los puntos de crecimiento, que permiten que los primordios foliares no se desarrollen como hojas sino que como futuros órganos florales. La paralización del crecimiento vegetativo en dicho punto, desaparece una vez finalizado el proceso de la floración, fecundación y formación de la semilla.

Las inflorescencias de las gramíneas están formadas de muchas flores, ocultas generalmente dentro de las espiguillas. El conjunto de éstas conforman la inflorescencia, que se presenta en tres tipos más características. La espiga, en donde las espiguillas se insertan directamente sobre el tallo principal (ballicas); el racimo, en donde las espiguillas se insertan sobre el tallo pero presentan un pedicelo, y la panícula o panoja, en donde las espiguillas se ubican sobre ramificaciones del tallo principal (pasto oவில், festuca y falaris).

Cada espiguilla contiene una o más flores, a veces estériles, como el caso de falaris, que se caracteriza por tener una flor fértil y dos estériles por espiguilla. En su base existen dos brácteas llamadas glumas que envuelven a las flores que conforman la espiguilla. En un tallo principal (raquis) se insertan las flores, que a su vez tiene un tallo denominado raquila en el que se insertan dos nuevas brácteas: la palea en la parte superior y la lemma en la parte inferior. Asimismo, se encuentran los estambres de uno a seis y pistilos con un solo óvulo. En la base de la flor existen dos pequeñas protuberancias (lodículas), que permiten la apertura de las flores y la salida de las anteras y el estigma.

En la mayoría de las gramíneas que se utilizan en nuestro país, el proceso de floración se inicia una vez superada la estación invernal, cuando los días se hacen más largos y se alcanza una maduración determinada. Algunas especies requieren satisfacer previamente un período de frío, que ocurre por lo general en invierno y que es conocido como vernalización (tal es el caso del pasto oவில், festuca y falaris). En el caso de la ballica inglesa, este requerimiento puede ser cubierto incluso en estado de semilla. En cambio, otras especies, como falaris, necesitan haber germinado y formado varias hojas para que el efecto del frío cumpla cabalmente su objetivo.

El inicio de la floración está relacionado a la longitud del período de crecimiento en el lugar de origen (por ejemplo: falaris). El retraso o adelanto de la floración respecto a las fechas normales es consecuencia de las diferencias de temperaturas. Se acepta que las plantas necesitan acumular una cierta temperatura o tener una integral térmica determinada para iniciar la floración. Todas estas respuestas son el resultado de la adaptación de las especies y cultivares para persistir en un clima determinado.

El fruto de las gramíneas es normalmente llamado grano o cariósipide. En las gramíneas forrajeras las semillas aparecen cubiertas por la pálea y la lemma (falaris) o unidas por el eje de la espiguilla (pasto oவில்). En algunos casos, uno de los factores limitantes de la producción de semilla es la presencia mayoritaria de flores infértiles (falaris). La posición del tallo también influye sobre el tamaño y fertilidad de las inflorescencias (pasto oவில்).

Un factor que incide en el número de semillas que se cosechen al llegar a la madurez, es el desgrane y caída de ellas al suelo. La mayoría de las especies forrajeras mediterráneas como, ballicas y falaris, presentan una floración escalonada en los tallos y una madurez escalonada de las flores en cada inflorescencia. Al respecto, los programas de mejoramiento genético de plantas han concretado importantes resultados. El caso más clásico es el de falaris, ya que a través de la compresión de su panícula se ha disminuido el desgrane y pérdidas de semillas, en forma importante. Hoy es posible recurrir a cultivares cuyo grado de dehiscencia total de la flor a la madurez de la semilla, ha sido fuertemente reducida.

2.2.3 Clave para la identificación de géneros de interés forrajero

Las leguminosas forrajeras, familia de mayor utilización en nuestra condición mediterránea, pertenecen a la subfamilia de las Papilionoideae, constituyendo junto con la familia de las gramíneas de las tribus Hordeae y Phalarideae, los dos grandes grupos de plantas más relevantes para la producción de forraje en praderas de siembra. A continuación, se presenta una clave de identificación de los principales géneros considerados.

2.2.3.1 Leguminosas

Subfamilia Papilionoideae:

Árboles, arbustos o hierbas. Hojas compuestas, generalmente alternas, pinnadas, digitadas, trifoliadas, di o unifoliadas, raramente simples o nulas; nunca bipinnadas. Estípulas presentes. Flores hermafroditas, zigomorfas, generalmente amariposadas; dispuestas en espigas densas, capítulos o racimos. Tálamo de tamaño mediano. Corola con cinco pétalos de prefloración imbricada, tipo vexilar; es decir, el pétalo superior (estandarte o vexilo) es el más externo y sus bordes cubren a los otros pétalos; de éstos, los dos laterales (alas) son libres y los dos inferiores más o menos unidos (quilla o carina). Sépalos unidos en número de cinco. Diez estambres, generalmente nueve unidos y uno libre, cubiertos por la quilla. Filamentos filiformes, anteras con dehiscencia longitudinal y polen individual.

- A' Hierbas
- B Hojas con tres folíolos
- C Pétalos inferiores (alas y quilla) soldados al tubo estaminal. Hojas digitado-trifoliadas; folíolos con los peciólulos (peciólos) de igual longitud, salvo *Trifolium filiforme*: **Trifolium**.
- C' Pétalos inferiores (alas y quilla) no soldados al tubo estaminal. Hojas pinnado-trifoliadas; folíolo medio con el peciólulo más largo que los laterales.
- D Legumbre en espiral con una o varias vueltas o reniforme con el ápice espiralado. Flores azules en racimos alargados o amarillas en racimos capitiliformes pedunculados; raramente flores solitarias: **Medicago**.
- B' Hojas con dos, cuatro o más folíolos.
- E' Hojas sin zarcillos.
- F' Hojas no digitadas.
- G' Estambres con los filamentos unidos mono o diadelfos. Fruto subgloboso o lineal.
- H Hojas con cuatro a cinco folíolos. Inflorescencia en umbela o flores solitarias: **Lotus**.

2.2.3.2 Gramíneas

Tribu Hordeae:

- A Espiguilla solitaria en cada soporte del raquis, las laterales con una gluma y la terminal con dos glumas: **Lolium**.

Tribu Festuceae:

- A' Plantas herbáceas.
- B' Lemmas aristadas.
- C' Lemma y palea no bífidas, o sólo una de ellas.
- D' Panoja con una clase de espiguilla.
- E Lemma con el nervio medio cubierto de largos pelos blancos: **Dactylis**.
- E' Lemma con el nervio medio sin pelos blancos.
- F Lemma con una arista que nace entre dos dientes: **Festuca**.

Tribu Phalarideae:

- A Flores estériles con lemma mútica. Espiguillas muy comprimidas lateralmente: **Phalaris**.

2.2.4 Identificación de especies

Las leguminosas consideradas en este capítulo, alfalfa, trébol rosado, trébol blanco y lotera son especies perennes que deben ser usadas en condición de riego en la VI Región y se prestan para ser usadas como pasturas permanentes (trébol blanco) o de rotación larga (alfalfa y lotera), o bien de rotación corta (trébol rosado), en suelos cultivables. El trébol subterráneo, trébol balansa y hualputra, corresponden a materiales de ciclo anual que debido a su estrategia de autosiembra natural por semilla, pueden cultivarse como pasturas permanentes. No obstante, dadas dichas características, también pueden ser utilizadas en rotaciones culturales intensivas (1 a 2 años) y extensivas (3-4 años), con cereales y leguminosas de grano, en secano o riego eventual.

En el grupo de las gramíneas, ballica híbrida, pasto ovillo y festuca son especies perennes que se reproducen por estructuras vegetativas llamadas macollos o rizomas, y persisten mayormente en condición de riego, ya sea formando pasturas de rotación corta (ballica híbrida) o permanentes (pasto ovillo y festuca). En cambio falaris de carácter perenne y, la ballica anual de autosiembra, deben ser utilizadas sólo en la conformación de praderas permanentes en secano, o bien en condición de riego eventual.

2.2.4.1 Rasgos para su identificación

En los **Cuadros 1 a 6**, se resumen los principales rasgos morfológicos utilizados en la identifica-

ción de las especies leguminosas y gramíneas, respectivamente.

Durante el establecimiento de las plántulas, una forma práctica de discriminar entre los tréboles (género *Trifolium*) y los medicagos (género

Medicago), es por medio de la observación del largo de los peciólulos de los folíolos, en número de tres, que conforman cada una de sus hojas. En los tréboles los peciólulos presentan igual magnitud y los medicagos tienen el peciólulo central más largo que los laterales.

Cuadro 1. Rasgos morfológicos usados para la identificación de leguminosas.

Nombre común	Hábito de crecimiento	Órgano de rebrote	Tipo de raíz
Riego:			
Alfalfa	Erecto	Corona	Muy profunda
Trébol rosado	Erecto	Corona	Media
Trébol blanco	Postrado	Estolón	Superficial
Loterá	Erecto	Corona y yema axilar	Profunda
Secano:			
Trébol subterráneo	Postrado	Tallo	Superficial
Trébol balansa	Semierecto	Tallo	Superficial
Hualputra	Semierecto	Tallo	Superficial a media

Cuadro 2. Rasgos morfológicos usados para la identificación de leguminosas.

Nombre común	Hoja		Inflorescencia	
	Folíolo - Peciólulo	Pilosidad	Tipo	Color de la corola
Riego:				
Alfalfa	Tres - Central más largo	Sin	Racimo	Azul o púrpura
Trébol rosado	Tres - Igual largo	Con	Capítulo	Rosado
Trébol blanco	Tres - Igual largo	Sin	Capítulo	Blanco
Loterá	Cinco - Sésil	Sin	Umbela	Amarillo-naranja
Secano:				
Trébol subterráneo	Tres - Igual largo	Con	Capítulo	Blanco
Trébol balansa	Tres - Igual largo	Sin	Capítulo	Rosado a blanco
Hualputra	Tres - Central más largo	Con	Racimo	Amarillo

Cuadro 3. Rasgos morfológicos usados para la identificación de leguminosas.

Nombre común	Forma de la semilla	Color de la semilla
Riego:		
Alfalfa	Arriñonada	Café claro
Trébol rosado	Acorazonada	Amarillo a violeta
Trébol blanco	Acorazonada	Amarillo a café rojizo
Loterá	Redonda	Verde oliva a café oscuro
Secano:		
Trébol subterráneo	Oval o redonda	Violeta oscuro, negro o ámbar
Trébol balansa	Redonda	Amarillo, pardo y negro
Hualputra	Arriñonada	Café claro a oscuro

Cuadro 4. Rasgos morfológicos usados para la identificación de gramíneas.

Nombre común	Hábito de crecimiento	Órgano de rebrote	Tipo de raíz
Riego:			
Ballica híbrida	Erecto	Macollo	Superficial a media
Pasto ovillo	Erecto	Macollo	Media
Festuca	Erecto	Macollo a modo de rizoma	Media a profunda
Secano:			
Falaris	Erecto	Macollo	Profunda
Ballica anual	Erecto	Macollo	Superficial a media

Cuadro 5. Rasgos morfológicos usados para la identificación de gramíneas.

Nombre común	Hoja	
	Color	Pilosidad
Riego:		
Ballica híbrida	Verde claro en el haz y verde más oscuro en el envés	Sin
Pasto ovillo	Verde grisáceo	Sin
Festuca	Verde oscuro en el haz y brillante en el envés	Sin
Secano:		
Falaris	Verde azulado	Sin
Ballica anual	Verde claro en el haz y verde más oscuro, brillante en envés	Sin

Cuadro 6. Rasgos morfológicos usados para la identificación de gramíneas.

Nombre común	Hoja		
	Lígula	Aurículas	Inflorescencia
Riego:			
Ballica híbrida	Membranosa y a veces dentada	Pequeñas y variables	Espiga variable
Pasto ovillo	Larga y membranosa	Ausentes	Panícula comprimida
Festuca	Corta y membranosa	Prominentes y ciliadas	Panícula abierta
Secano:			
Falaris	Más alta al centro, aserrada	Ausentes	Panícula comprimida
Ballica anual	Corta, membranosa y transp.	De tamaños variables	Espiga alargada

Respecto a los tréboles, a diferencia del trébol blanco y balansa, el trébol rosado y subterráneo tiene pilosidades en diferentes partes de la hoja, y en el trébol subterráneo versus el balansa, presenta marcas muy características en los folíolos y bordes no aserrados.

Una vez establecida la pastura o bien durante sus estados posteriores de crecimiento, es fácil distinguir

en las especies de leguminosas anuales de secano, la ausencia de órganos específicos de acumulación de reservas, a diferencia de las leguminosas perennes que disponen de un órgano de reserva como es la corona en alfalfa, trébol rosado y lotera, y estolones en el caso del trébol blanco. Las especies anuales rebrotan desde los tallos postrados y semierectos del trébol subterráneo y, trébol balansa y hualputra, respectivamente.

Luego de iniciada la floración hacia fines de invierno o durante la primavera y verano, las especies pueden ser claramente identificadas por la forma de sus inflorescencias y color de sus corolas. Asimismo, la forma y color de la semilla, es característica de cada especie.

La identificación de las gramíneas perennes, se basa principalmente en su habilidad para rebrotar y reproducirse a través de estructuras vegetativas como son los macollos o rizomas. Estos se localizan en la base de la planta y están dados por abultamientos de formas y características propias para cada especie. Como ejemplo, en *falaris* se presentan de forma globosa a modo de tubérculo. Por el contrario, las especies de ciclo anual, como la *ballica*, si bien rebrotan después de un corte o pastoreo desde los macollos, la reproducción y persistencia de la especie se afianza sólo en su capacidad para producir semilla.

No obstante, donde más claramente se pueden distinguir sus diferencias es en ciertos rasgos de las hojas (conformadas por una vaina que envuelve al tallo y una lámina que es normalmente larga y estrecha) y estructuras reproductivas como las inflorescencias. A modo de ejemplo, en las hojas pueden existir dos estructuras morfológicas de gran utilidad para la identificación de especies de gramíneas. Una de ellas es la *lígula* o pequeña membrana a modo de prolongación de la vaina. Las otras son las *aurículas* que tienen el carácter de la prolongación de la lámina. En *pasto ovillo* y *festuca* la *lígula* se presenta larga y membranosa y, corta y membranosa, y las *aurículas*, están ausentes y se observan prominentes y ciliadas, respectivamente. En *falaris*, la *lígula* se presenta más alta al centro con borde aserrado y carece de *aurículas*. Mientras que en *ballica* anual, la *lígula* es corta, membranosa y transparente, y las *aurículas* son de tamaño variable.

Una vez iniciado el desarrollo de los órganos reproductivos es posible observar diferentes tipos de inflorescencias, con diferentes grados de compresión. En *ballica* híbrida se tiene una espiga de tamaño variable y en *ballica* anual, una espiga alargada. Tanto *pasto ovillo* como *falaris* presentan una panícula comprimida, en especial el primero y la *festuca* una panícula abierta. A su vez, las semillas de diferentes tamaños y formas, también pueden servir para diferenciarlas.

2.2.5 Criterios utilizados para la selección de especies, variedades y mezclas forrajeras

Al elegir una especie o mezcla forrajera, se debe tomar en cuenta la adaptación que presentan a las condiciones de suelo y clima. También es importante en la elección, considerar el tipo de explotación ganadera y el manejo de utilización de los recursos forrajeros. Tratándose de mezclas forrajeras, se suma la consideración de aspectos morfológicos de las especies, como hábito de crecimiento, habilidad competitiva, forma de crecimiento, palatabilidad, valor nutritivo, entre otros.

2.2.5.1 Selección de una especie forrajera

En la elección de una especie forrajera intervienen fundamentalmente cuatro factores:

Vida útil productiva: la vida útil de una pastura puede estar comprendida entre unas dos temporadas y diez o más años. Varios factores intervienen en la decisión de elegir un recurso forrajero de una determinada vida útil productiva. Por ejemplo, la capacidad de uso de un suelo ligada al tipo de explotación. En suelos más productivos, en donde la rotación de cultivos es una estrategia que asegura en mayor medida la sustentabilidad biológica y económica del sistema productivo, la decisión de incorporar cultivos suplementarios de invierno (menos de un año), o bien la siembra de pasturas en rotación, son determinantes para establecer los límites deseados. En condiciones más marginales, la utilización de pasturas permanentes (6 o más años) asegura una mejor conservación del recurso suelo y es más consecuente con un sistema ganadero más extensivo. En último término, la vida útil de una pastura va a depender de la especie considerada, de las condiciones edafoclimáticas existentes y de las técnicas de explotación usadas. En el **Cuadro 7**, se indican los años de duración de las especies de acuerdo a las condiciones de explotación dadas.

Época estratégica de producción: en los sistemas de producción animal con rumiantes, la pastura es comúnmente la base de la alimentación. En consecuencia, la elección de un recurso forrajero deberá ser considerada en función del balance

Cuadro 7. Vida útil productiva de las forrajeras según condiciones de explotación.

Especie	Condición favorable (años)	Condición media (años)
Leguminosa riego:		
Alfalfa	4 - 5	2 - 3
Trébol rosado	2 - 3	1 - 2
Trébol blanco	10 y más	3 - 5
Lotera	2 - 5	Muy sensible a la competencia y manejo.
Leguminosa seco:		
Trébol subterráneo	10 o mas ¹	3-4
Trébol balansa	3-5 ^{1y2}	Sensible al mal manejo.
Hualputra	3-5 ²	Sensible al mal manejo.
Gramínea riego:		
Ballica híbrida	3	2 - 3
Pasto oவில்	6 - 8	3 - 4
Festuca	10 y más	Persistente una vez establecida.
Gramínea seco:		
Falaris	10 o mas ¹	Persistente una vez bien establecido.
Ballica anual	6 o mas ¹	3-4. Susceptible a enfermedades del follaje.

¹ Utilizada como pastura permanente.

² No obstante, también podrá ser utilizada como pasturas de rotación intensiva (1 año), semi-intensiva (2-3 años) o extensiva (3-5 años), con cultivos.

forrajero requerido para suplir los requerimientos de la explotación. Sobre este aspecto, el interés podrá estar orientado, por ejemplo, a aumentar la disponibilidad de forraje durante la primavera con el objeto de favorecer la conservación de forrajes y la alimentación de los animales en períodos en que las pasturas tienen limitaciones en su producción. De acuerdo a esto último, los objetivos deben estar orientados a obtener una producción temprana de forraje para así poder adelantar el inicio del pastoreo; obtener forraje de alta calidad hacia fines de primavera; disponer de un forraje verde en verano y prolongar la producción de forraje en otoño.

En el seco mediterráneo central, las opciones son más restringidas ya que el crecimiento de las especies forrajeras está supeditado, en gran medida, a un patrón estrecho de distribución de las precipitaciones. En general, las pasturas tienen una escasa producción de forraje en otoño y parte del invierno (mayo-julio), más alta a partir de fines de invierno (agosto-septiembre) y máxima en primavera (octubre). La producción es nula desde mediados a fines de primavera (noviembre-diciembre) hasta el reinicio de la estación de las lluvias en otoño (abril-mayo). A pesar de ello existen cultivares en una misma especie que se

diferencian en cierta medida de otros, ya sea por precocidad de crecimiento, adelantan o retardan su producción de forraje según sea el caso. En el **Cuadro 8**, se señalan algunas consideraciones al respecto.

Forma de utilización: Las especies forrajeras pueden adaptarse en mayor o menor grado a las diferentes formas de utilización existentes: pastoreo, forrajeo en verde (soiling), ensilaje y henificación. La elección para un tipo de utilización estará supeditada a diferentes características, por ejemplo: hábito de crecimiento, tipo y ubicación de los centros de crecimiento o rebrote, habilidad de recuperación a la utilización, precocidad de la espigadura, palatabilidad, presencia predominante de algunos nutrientes, entre otras. En el **Cuadro 9**, se presentan las recomendaciones para cada tipo de utilización respecto a las especies aludidas.

Adaptación a condiciones de clima y suelo: por último, las condiciones particulares de suelo y clima, son fundamentales para la selección de una especie forrajera. Los factores de suelo que más limitan la persistencia de las especies forrajeras son: la capacidad de retención de humedad (falta o exceso) y la acidez. En cuanto a las condiciones

Cuadro 8. Época estratégica de producción de las especies forrajeras.

Época	Especie
Fines de invierno	Festuca, Ballica anual y Falaris.
Inicios de primavera	Festuca, Ballica híbrida, Trébol subterráneo.
Durante la primavera	Todas las especies forrajeras.
Fines de primavera	Gramíneas precoces, ya sean utilizadas hacia fines de invierno y/o inicios de primavera.
Durante el verano	Alfalfa, Trébol rosado, Trébol blanco, Lotera, Pasto ovilla y Festuca.
Durante el otoño	Todas las especies forrajeras, excepto las especies de secano.
Fines de otoño	Festuca.

Cuadro 9. Elección de especies forrajeras según la forma de utilización.

Utilización	Especies recomendadas	Especies menos aptas
Pastoreo	Trébol blanco, Pasto ovilla, Ballica híbrida y Festuca; Trébol subterráneo, Trébol balansa y Hualputra; Falaris y Ballica anual.	Alfalfa y Trébol rosado.
Ensilaje	Alfalfa y Trébol rosado; Pasto ovilla, Festuca y Ballica híbrida; Falaris y Ballica anual hacia el inicio de la espigadura.	Trébol blanco y Trébol subterráneo.
Henificación	Alfalfa, Trébol rosado y Lotera; Recuperación del Pasto ovilla y Ballica híbrida; Trébol balansa.	Trébol blanco; Festuca; Trébol subterráneo y Falaris.
Soiling	Alfalfa, Trébol rosado y Lotera; Pasto ovilla y Ballica híbrida.	Trébol blanco.

climáticas los aspectos de mayor relevancia para la selección de una especie forrajera son el exceso de frío, de calor o sequía. En el **Cuadro 10**, se

señala el grado de resistencia o sensibilidad de las especies descritas, respecto a las condiciones ambientales indicadas.

Cuadro 10. Adaptación de especies forrajeras según condiciones de suelo y clima.

Condición suelo-clima	Especie más tolerante	Especie menos tolerante
Temperatura alta	Alfalfa; Pasto ovilla y Festuca.	Trébol rosado; Ballica híbrida.
Déficit de agua	Alfalfa y Lotera; Pasto ovilla y Festuca; Falaris.	Trébol rosado y Trébol blanco; Ballica híbrida; Trébol subterráneo y Trébol balansa.
Mal drenaje	Lotera y Festuca; Trébol subterráneo (sub sp. yanni.), Trébol balansa y Falaris.	Alfalfa y Pasto ovilla; Trébol subterráneo (sub spp. subt. y brach.) y Hualputra.
Acidez	Todas las gramíneas y Trébol blanco.	Alfalfa; Trébol subterráneo, Trébol balansa y Hualputra.
Frío en invierno	Pasto ovilla y Festuca.	Las especies restantes.

2.2.5.2 Argumentos para el uso de mezclas forrajeras

La mezcla de dos o más especies forrajeras forman una comunidad de plantas con características y requerimientos diferentes. No obstante, pueden ser complementarias, y en consecuencia, más beneficiosas que como cultivo puro. Dos premisas básicas deben cumplirse con una mezcla forrajera para ser considerada en reemplazo a una especie pura:

La primera, indica que la cantidad de forraje producido por la mezcla debe ser al menos equivalente al cultivo puro. Por tratarse de una mezcla de una leguminosa y una gramínea, dicha producción debe ser obtenida con una fertilización nitrogenada menor que la utilizada con una gramínea pura. La otra, señala que si las condiciones climáticas son favorables para ambos grupos de especies o bien se dispone de riego, la distribución de la producción de forraje a través del ciclo de crecimiento de las especies, deberá ser mejor que con especies puras.

Las principales ventajas que se obtienen con una mezcla de este tipo, se fundamentan en que:

- El forraje de la mezcla proporciona una dieta alimenticia más nutritiva y equilibrada a los animales. La leguminosa aporta más proteínas y minerales, como calcio y magnesio. La gramínea es más rica en glúcidos y en potasio.
- En la henificación la presencia de una gramínea facilita la confección del heno y mejora su valor nutritivo. Esto se basa en la facilidad con que las hojas de las gramíneas son retenidas en el proceso de henificación, respecto a las leguminosas.
- El ensilaje de una mezcla es más fácil de obtener que con una leguminosa pura. La presencia de mayores tenores de sacarosa en la gramínea favorece la fermentación láctica, requerida para tal efecto.
- El pastoreo de una leguminosa pura presenta mayores dificultades que una mezcla, especialmente cuando los centros de crecimiento de la leguminosa se encuentran sobre la superficie del suelo.

- El consumo de una mezcla por los animales minimiza los riesgos de meteorización inducidos por la utilización de una leguminosa pura.
- Por último, se manifiesta un ahorro en el uso de fertilizantes nitrogenados. La fijación simbiótica producida a través de la leguminosa, aporta este elemento para el desarrollo de la gramínea.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES FORRAJERAS

3.1 Leguminosas y gramíneas de riego

3.1.1 Alfalfa (*Medicago sativa*)

Características generales: la alfalfa es una especie perenne utilizada como pastura de rotación larga (3 a 5 años) que se adapta a una amplia variedad de suelos y climas. Su mejoramiento ha estado orientado preferentemente hacia aspectos como crecimiento invernal, rapidez de rebrote, hábito de crecimiento erecto, resistencia al frío, resistencia a la sequía y adaptación al pastoreo, entre otros.

Su hábito de crecimiento es erecto y presenta tallos poco ramificados de 60 a 100 cm de altura. Las hojas son trifoliadas y presentan un pecíolo intermedio ligeramente más largo que los laterales. Esta característica permite la identificación del género *Medicago*, en la mayoría de los casos, respecto al género *Trifolium*. Los folíolos se presentan ovalados, sin pilosidades, con los bordes superiores ligeramente dentados. Los tallos son delgados, rellenos o huecos y presentan una forma cuadrada cuando jóvenes.

La raíz es pivotante lo que le permite prospectar eficientemente a través del perfil del suelo, por nutrientes y agua. En la parte superior de la raíz y por sobre la superficie del suelo presenta una estructura morfológica llamada corona. En esta estructura, la planta acumula reservas energéticas que le permiten recuperarse después de un corte o pastoreo, a través de la emergencia de brotes que dan lugar a tallos y hojas. Las flores crecen en forma de racimos desde la axila de las hojas. El

color de la corola es de color azul o púrpura. Las legumbres del tipo dehiscentes, forman una espiral con tres vueltas que encierran de 2 a 6 semillas de forma arriñonada y color café claro

Requerimientos de clima y suelo: la alfalfa se cultiva preferentemente bajo riego, en una amplia variedad de condiciones de clima y suelo. En Chile se distribuye mayormente entre la XV y la VIII Región. Sin embargo, también se le encuentra creciendo en situaciones más marginales desde el punto de vista de su siembra, en climas más fríos o con mayores limitantes de suelo (IX-XII regiones). La temperatura óptima para su crecimiento está entre los 15 y 25°C durante el día y los 10 y 20°C en la noche. Las temperaturas sobre los 30°C restringen su crecimiento y producción de forraje debido a un aumento de la tasa respiratoria.

Es una planta muy bien adaptada a suelos profundos (>0,6 m), de clase textural franca a franco-arenosa, bien drenados y alcalinos. Es imprescindible para lograr una adecuada persistencia de la alfalfa, la ausencia de capas impermeables de tosca u otras que impidan la penetración y desarrollo de las raíces, como asimismo, que dificulten el drenaje interno, manteniendo el nivel freático en invierno a una profundidad de al menos 60 centímetros. Si esto no ocurre, se produce asfixia y muerte de las raíces por pudrición, y se potencia una mayor susceptibilidad a enfermedades tanto radiculares como foliares. Asimismo, es una especie que presenta una tolerancia moderada a la salinidad.

Si bien se puede cultivar sin restricciones de producción en un rango de pH óptimo entre 6,6 y 7,8 (pudiendo variar según sea la clase textural,

contenido de materia orgánica y otras propiedades químicas del suelo); la alfalfa empieza a afectarse en su producción de forraje, ya bajo un pH 6,8. Del mismo modo, prácticamente no se desarrolla con un pH inferior a 5,6. En consecuencia, debería evitarse la siembra bajo esta última realidad, a no mediar el hecho, de poder corregir la acidez del suelo a través de la aplicación de una enmienda calcárea.

La disminución en la producción de forraje se manifiesta debido a las limitaciones que imprime la acidez sobre la supervivencia y multiplicación del *Rhizobium meliloti*, responsable de la fijación simbiótica del nitrógeno. Ante esta realidad, el cultivo debe ineludiblemente ser fertilizado con la provisión de nitrógeno suficiente, como para suplir con sus requerimientos de producción. Asimismo, se debe tomar en cuenta que los suelos en donde prevalecen tenores de acidez, pueden tener importantes deficiencias de nutrientes como fósforo, calcio y molibdeno. Por último, la toxicidad producida por el aluminio y el manganeso limita sustancialmente la persistencia de esta especie. Para corregir esta limitante se hace necesario recurrir a la aplicación de cal (encalado), que junto con disminuir los efectos de la acidez, mejora la disponibilidad de nutrientes necesarios como para lograr un adecuado desarrollo del cultivo.

A su vez, es reconocida su resistencia a la sequía, debido a la longitud y profundidad que alcanzan sus raíces, como asimismo, la capacidad de disminuir e incluso detener su crecimiento (latencia), según sea la variedad usada, cuando se dan condiciones de temperaturas altas o bajas y/o sequía (**Cuadro 11**).

Cuadro 11. Zona de adaptación y requerimientos edafoclimáticos de la alfalfa.

Clima	Suelo ^{1y2}	Limitaciones
Desértico a Mediterráneo húmedo, con riego. XV a IX Región.	Fértil, profundo a muy profundo, franco a franco arenoso, bien drenado. Tolerancia moderada a la salinidad. pH neutro a ligeramente alcalino.	Muy altas temperaturas de verano, suelos arcillosos, ácidos y de mal drenaje.

¹ Profundidad (m): muy profundo (0,6 o más), profundo (0,6-0,4), medio (0,4-0,25) y delgado (0,20 o menos).

² Acidez o alcalinidad (pH): neutro (6,6-7,3), ligeramente alcalino (7,4-7,8), moderadamente alcalino (>7,8), ligeramente ácido (6,1-6,5), moderadamente ácido (6,0-5,6) y fuertemente ácido (5,5-5,1).

Varietades: la clasificación de las variedades de alfalfa, usada en Estados Unidos de América, se basa en una combinación de factores como resistencia a las bajas temperaturas, reposo invernal y crecimiento de otoño. Para ello, se distinguen nueve categorías (1: mayor latencia y 9: menor dormancia) que van desde variedades con dormancia larga, es decir, que dejan de crecer con los primeros fríos de otoño, iniciando su reposo invernal hasta la primavera y, aquellas que no presentan dormancia y que en consecuencia, muestran un buen crecimiento en ambientes benignos, durante el otoño e incluso el invierno. Entre estos dos tipos extremos se encuentran variedades con grados intermedios. A modo de ejemplo, se señalan algunas variedades con dormancia larga como: Spredor 3 (1) y WL-325 HQ (3); con dormancia intermedia como: Robust (5) y Meteor (6), y no dormante como: California 55 y CUF 101 (9).

En Chile, las variedades más usadas se clasifican más bien de acuerdo a su grado de crecimiento invernal. Existen variedades con mayor dormancia invernal que se recomiendan para la zona sur y la precordillera, ejemplo: WL 330 HQ (4); semidormantes para la zona central y sur, ejemplo: WL 458 HQ y, no dormantes para la zona central, ejemplo: WL 903 HQ.

Características agronómicas de la siembra: la siembra debe hacerse preferentemente en otoño (marzo-abril), sin embargo, bajo condiciones ambientales más benignas, como la zona central regada, esta puede verificarse a salidas de invierno (agosto-septiembre) una vez minimizado el riesgo de ocurrencia de heladas. De hecho, la velocidad con que la semilla es capaz de embeber agua y se hincha, así como la rapidez con que aparece la radícula y el hipocotilo, depende en gran medida, de la temperatura ambiente a la cual se encuentra la semilla en germinación. A una temperatura constante de 5°C durante el proceso, se obtiene un 50% de germinación a los 9 días postsiembra. Por el contrario, a 20°C se obtiene un 50% de la germinación de las semillas, a sólo 2 días postsiembra.

Asimismo, el crecimiento de postemergencia, se ve favorecido con temperaturas entre 20 y 30°C, debido a una rápida tasa de expansión de las primeras hojas trifoliadas. Luego a las seis semanas

de crecimiento, temperaturas más bajas, entre 15-20°C, resultan más favorables para el crecimiento de las plántulas. Cualquier época que se elija, deberá tomar en cuenta también los riesgos por concepto de la presencia de altas temperaturas, déficit hídrico y la competencia con malezas.

La siembra de otoño permite un corte más durante la temporada de establecimiento en comparación a la siembra de primavera, no obstante, la primera de ellas presenta problemas debido a que la planta es hospedero de numerosos agentes patógenos que requieren de alta humedad y bajas temperaturas para desarrollarse. Además, se establece una fuerte competencia con malezas invernales, especialmente con las gramíneas.

Por su parte, la siembra de primavera permite asegurar mejores condiciones de humedad, temperatura y compactación óptimas para la germinación y establecimiento de las plántulas. Esto confiere a ellas, ya más vigorosas, una mejor forma de afrontar la competencia con las malezas, especialmente de hoja ancha (latifoliadas). Esto último posibilita un corte de limpieza más temprano (como máximo a los cuatro meses de la siembra). Asimismo, está la posibilidad de sembrar previamente, un cultivo limpiador como avena durante el verano, para la utilización invernal del cultivo como pastoreo o forrajeo en verde.

La recomendación de dosis de siembra más generalizada es de 20 kg/ha, sin embargo, dada nuestra realidad, no siempre es posible suplir todos los requerimientos que necesita este cultivo para ser establecido adecuadamente. En este caso, se observa el uso de mayores dosis (25 kg/ha o más) con el objeto de asegurar un número mínimo inicial de plantas. En todo caso al aplicar normas adecuadas de establecimiento, no existen beneficios adicionales ocasionados por el uso de una dosis superior de semilla. Esto es consecuencia a que existe un rápido ajuste poblacional, donde las poblaciones provenientes de dosis de siembra de 10 y 30 kg/ha, se igualan (en número de coronas/m²) en los primeros 36 meses de vida. En último término, una alta dosis de siembra, no representa una mayor producción, no significa una mayor extensión de la vida útil productiva de la pastura, ni tampoco, afecta de manera alguna el valor nutritivo.

Cuando el manejo de siembra (preparación del suelo, riego, control de malezas, fertilización, entre otros) es el adecuado; es posible establecer con 18 a 20 kg/ha de semilla, una adecuada población de plantas constituida por un número de 200 a 300/m². No obstante, en la actualidad se considera el número de tallos o rebrotes de la corona, como un índice más adecuado para estimar la condición productiva de la pastura. De hecho, un número de 275 tallos/m², marcaría el límite de una pastura productiva.

Si bien es una especie que se cultiva normalmente sola, es posible asociarla a ciertas gramíneas como pasto ovinillo, festuca, entre otras. Las ventajas que se obtienen con la mezcla, radican en un aumento eventual de la producción de forraje (5-20%) y mejor distribución de la producción; la obtención de una dieta más balanceada de proteínas y carbohidratos; un mejor control competitivo con malezas; la confección de un ensilaje de mejor calidad, dado el mayor aporte de carbohidratos no estructurales por parte de la gramínea, una más fácil y eficiente confección de heno, y una menor incidencia de meteorismo. No obstante, las ventajas del uso de una mezcla, deberán ser analizadas con cuidado y, deberán ajustarse al objetivo productivo o tipo de uso y limitaciones tecnológicas presentes en cada situación. En una modalidad de mezcla se aconseja disminuir la dosis de semilla de la alfalfa a unos 15-17 kg/ha y la del pasto ovinillo y festuca a unos 8 y 10 kg/ha, respectivamente (**Cuadro 12**).

Uso de la pastura: por presentar un hábito de crecimiento erecto, se adapta tanto al pastoreo (rotativo en franjas) como al corte para heno, soiling (que consiste en la cosecha del forraje en verde y su posterior traslado directo hacia comederos o lugares de consumo) y ensilaje. Cualquiera sea el propósito, el momento óptimo está condicionado por el balance que debe existir entre la cantidad de carbohidratos de reserva

localizados en las raíces (principalmente en la corona) y la velocidad de recuperación al corte o pastoreo. Normalmente, el corte conviene hacerlo cuando la planta alcanza el estado de botón en primavera, o un 10% de floración en verano, o unos 60-80 cm de altura de planta cuando la alfalfa se encuentra sin flor en otoño. También se puede usar como criterio una altura de los rebrotes desde la corona de 5-7 cm, durante el período primavera-verano. En todo caso, sea cual sea el manejo, el residuo más adecuado a dejar, es del orden de los 2 a 3 cm, siempre y cuando la cosecha no sea muy temprana o muy tardía, debido a que los rebrotes altos se afectan con la madurez avanzada.

Estacionalidad del crecimiento y calidad del forraje: la alfalfa es una de las especies forrajeras más productivas del ámbito desértico y mediterráneo del país. Durante la primavera logra su máximo crecimiento; mantiene una alta tasa de producción de forraje durante el verano, eso sí supeditada a las más altas temperaturas, y comienza a declinar hacia el otoño. El crecimiento de invierno está conferido a sí una variedad presenta latencia invernal o no. Sin embargo, es durante el invierno en donde se observan las más bajas tasas de crecimiento. Su mezcla con gramíneas forrajeras, si bien puede aumentar la producción total de forraje, en especial durante el invierno, generalmente se traduce en una disminución del rendimiento de la alfalfa.

Desde el punto de vista bromatológico o valor nutritivo, se puede decir que es un forraje de buena calidad. Al compararla con otras leguminosas como el trébol rosado y el trébol blanco, su digestibilidad y valor energético resulta menor: 2,06 a 2,28 mcal/kg m.s. desde fines de primavera hacia fines del verano, pero su contenido de proteína es más elevado: un máximo de 25,1% hacia fines de la primavera. También algunas gramíneas como pasto

Cuadro 12. Factores agronómicos a considerar en la siembra de alfalfa.

Variedad/Cultivar ¹	Mezcla	Época de siembra	Dosis de semilla (kg/ha) ²
WL 330 HQ (4), WL 458 HQ (6), WL 903 HQ (9).	Pasto ovinillo y Festuca.	Otoño, a salidas de invierno o temprano en primavera.	Sola: 15 - 20 Mezcla gramínea: 15 - 17

¹ Mayor latencia: 1 y menor latencia: 9.

² Pasto ovinillo y Festuca.

ovillo y festuca entre otras, en estados vegetativos previos a la floración, tienen un valor energético y digestibilidades superiores a la alfalfa, pero con menores contenidos de proteína. A pesar de sus contenidos de fibra y una digestibilidad relativa no tan alta, este forraje presenta una ingestión rápida a través del rumen del animal, y se descompone rápidamente en abundantes ácidos grasos con bajos contenidos de acetato, lo que hace que su asimilación en el tracto estomacal sea muy eficiente.

3.1.2 Trébol rosado (*Trifolium pratense*)

Características generales: el trébol rosado es una especie perenne utilizada como pastura de rotación corta, debido a que en nuestras condiciones de riego, tiene una vida útil productiva de 2 a 3 años.

Su hábito de crecimiento es erecto y las plantas se destacan por su pilosidad. La raíz principal es pivotante y profunda (60 cm) con gran cantidad de raicillas secundarias, que desarrollan una corona ancha cerca del nivel del suelo. Sin embargo, la mayor proporción de raicillas se encuentran localizadas en los primeros 15 cm del suelo. A partir de la corona, emergen una serie de tallos erectos que alcanzan hasta los 60 cm de altura.

Las hojas son trifoliadas y se desarrollan alternadamente. Cada folíolo tiene una forma ovada o elíptica y se presenta muy pubescente. Asimismo, presenta un color verde oscuro y generalmente tiene un color claro al centro. Las inflorescencias forman capítulos rosados o violetas de forma globular (cabezuelas), que nacen desde el extremo de un pedúnculo axilar. Los frutos (vainas cortas) son de forma ovoidal y contienen una sola semilla. Estas son de forma acorazonada, pequeñas y de

tonalidades de colores que varían de amarillo a violeta.

Requerimientos de clima y suelo: Es una planta muy productiva, pero exigente en humedad, por lo que debe ser cultivada preferentemente bajo riego. En el país se adapta desde la región mediterránea árida (IV Región) hasta la zona austral de la XI Región (aproximadamente 46° L.S.). Crece bien con temperaturas moderadas, tolerando en mayor medida las bajas temperaturas que las altas y deteniendo su crecimiento a partir de los 30-35°C.

Es una planta muy bien adaptada a todo tipo de suelos, desde texturas arenosas hasta algo arcillosas, pero prospera mejor en suelos de texturas francas (medias), de profundidad intermedia y fértiles. Incluso tolera los suelos ácidos (idealmente en un rango de pH entre 5,5 y 7,5), y aquellos que presentan un exceso de humedad en invierno, pudiendo ser un sustituto de la alfalfa bajo esas consideraciones. Sin embargo, no persiste en suelos con altos contenidos de salinidad (**Cuadro 13**).

Varietades: la clasificación más habitual que se hace de los tréboles rosados es por su precocidad. Es posible encontrar desde variedades de floración temprana que se caracterizan por poseer una floración y crecimiento temprano en primavera (normalmente, este tipo de trébol se comporta como bianual y está menor adaptado al pastoreo), variedades de floración intermedia, que florecen aproximadamente dos semanas después que el grupo anterior y en consecuencia, su producción a partir de la primavera es también más tardía (presentan un buen rendimiento al corte, pero debido a que no tienen un rebrote satisfactorio, no son recomendadas para ser pastoreadas) y,

Cuadro 13. Zona de adaptación y requerimientos edafoclimáticos del trébol rosado.

Clima	Suelo ^{1 y 2}	Limitaciones
Mediterráneo árido a subhúmedo, con riego. Mediterráneo húmedo, en seco. IV a IX Región.	Fértil, profundidad medio a profundo, franco a franco arcilloso, pH neutro a ligeramente ácido.	Sequía moderada. Suelos ácidos y salinos.

¹ Profundidad (m): muy profundo (0,6 o más), profundo (0,6-0,4), medio (0,4-0,25) y delgado (0,20 o menos).

² Acidez o alcalinidad (pH): neutro (6,6-7,3), ligeramente alcalino (7,4-7,8), moderadamente alcalino (>7,8), ligeramente ácido (6,1-6,5), moderadamente ácido (6,0-5,6) y fuertemente ácido (5,5-5,1).

variedades tardías que florecen unas dos semanas después que el grupo de floración intermedia, con crecimiento primaveral más tardío aún y tienen una mayor persistencia (presentan un buen rebrote, incluso con crecimiento de otoño que permite su utilización con animales).

En Chile, dentro de las diferentes variedades probadas, Quiñequeli-INIA, de floración tardía, sigue siendo uno de los materiales mejor adaptados a nuestras condiciones. Presenta un muy buen establecimiento, buena recuperación al corte, aptitud para el pastoreo y alto rendimiento en forraje. Asimismo, existe otra variedad de origen francés denominada Pawera, que ha mostrado un buen rendimiento en la zona centro-sur (VIII Región). También existen otras variedades probadas más hacia el sur (IX Región), que tienen una menor incidencia de oidio (*Erysiphe trifolii* Grev.), mayor rendimiento de forraje y persistencia que Quiñequeli. Sin embargo, no se tienen antecedentes concretos acerca de su adaptación y persistencia en la zona del valle central regado, o bien más hacia el norte del país. Tal vez, una situación más tardía que Quiñequeli, sería un inconveniente para esta última situación.

A partir de 1999, se encuentra en el comercio una variedad de INIA denominada Redqueli. De menor altura de planta, con mayor frondosidad y rendimiento que Quiñequeli, ha sido desarrollada como opción de reemplazo a esta última y está siendo cultivada con muy buenos resultados en la VIII y IX regiones. A futuro, también podría transformarse en un material exitoso para las regiones localizadas más hacia al norte, especialmente entre las regiones V y VII, incluyendo la Región Metropolitana.

Características agronómicas de la siembra: la dosis de siembra más recomendada es de 10-20 kg/ha,

cuando el objetivo es el establecimiento de una pastura de rotación corta pura. Cuando se asocia a ballicas también de rotación corta (principalmente híbridas), se recomienda bajar la dosis del trébol a 10-15 kg/ha. Asimismo, la dosis de la ballica en la mezcla deberá ajustarse a unos 8-12 kg/ha. En una siembra asociada a un cereal, donde el objetivo muchas veces va dirigido a la producción de forraje (con avena) y grano (con trigo), la dosis del trébol debe aumentarse a unos 20 kg/ha.

El trébol rosado debe sembrarse temprano en otoño, debido a que las plántulas son muy sensibles a las bajas temperaturas. Incluso con una siembra asociada oportuna, las plántulas son capaces de competir adecuadamente con las plántulas de gramíneas, como las ballicas. Del mismo modo, esto asegura una muy buena producción de forraje durante la primera temporada. En el caso de una siembra de invierno, esta deberá hacerse cuando termine la incidencia de heladas y las condiciones de humedad del suelo lo permitan (**Cuadro 14**).

Uso de la pastura: por presentar un hábito de crecimiento erecto y la capacidad de rebrotar desde la corona de la raíz, se adapta tanto al pastoreo como al corte para heno, soiling y ensilaje. En el caso de su utilización bajo pastoreo, es recomendable indicar que se trata de una especie, al igual que la alfalfa, con alto poder meteorizante. Sin embargo, se acepta como una especie más adaptada al corte que al pastoreo.

Según antecedentes planteados para la zona centro-sur (VIII Región), los cortes deben ser hechos a más tardar al inicio de la floración (entre el estado de yemas florales y el inicio de la misma). El primer corte, a realizarse lo más temprano posible en primavera, es utilizado normalmente para la confección de un ensilaje. No obstante, esto está supeditado a las condiciones climáticas existentes

Cuadro 14. Factores agronómicos a considerar en la siembra del trébol rosado.

Variedad/Cultivar	Mezcla	Época de siembra	Dosis de semilla (kg/ha) ¹
Quiñequeli y Redqueli.	Trébol blanco (ladino), Ballica híbrida, Avena o Trigo.	Otoño o salidas de invierno.	Sola: 10 - 20 Mezcla leguminosa: 6 - 8 Mezcla gramínea: 10 - 15 Mezcla cereal: 20

¹ Trébol blanco, Ballica híbrida, Avena y Trigo.

al momento de la cosecha. Asimismo, hay que considerar que el contenido de humedad de la planta en esa época es excesivo. Los cortes posteriores (normalmente en un número de dos o más) pueden ser derivados a la confección de heno. Posteriormente y después del tercer corte, la producción adicional obtenida durante el otoño (previo al reinicio de la estación de las lluvias), puede ser justificada económicamente sólo a través del pastoreo. Bajo otras consideraciones, la cosecha vía soiling puede reemplazar parcial o totalmente, la conservación de forraje realizada por la vía de la henificación y ensilaje.

Las reservas presentes en las raíces son menores que en la alfalfa y, los niveles descienden considerablemente en verano y en invierno, lo cual puede afectar importantemente la persistencia de la especie, en dichas estaciones del año.

El residuo o altura de cosecha más adecuado para el trébol rosado está entre los 2 y 3 cm. Asimismo, propone como criterios de frecuencia de utilización o índice de cosecha: el estado de yema (botón) y 50% de floración en primavera y verano, respectivamente. En el otoño (cuando no hay floración), el uso del criterio de días de crecimiento resulta más aconsejable (30 o más días).

Estacionalidad del crecimiento y calidad del forraje:

el crecimiento del trébol rosado está supeditado a dos aspectos básicos. El primero tiene relación con la estacionalidad típica de estos recursos en ambientes de clima templado. El segundo, con la precocidad de la variedad de trébol usado. El máximo crecimiento y producción de forraje se produce en primavera. Esto se acentúa más en el caso de cultivares más precoces, que producen más temprano y por lo general, se obtiene un corte más que con variedades más tardías. Durante el verano, si bien crece a menores tasas, proporciona una abundante cantidad de forraje. Sólo a partir del otoño, y debido a la presencia de más bajas temperaturas, el trébol rosado disminuye importantemente su crecimiento, el cual llega a ser mínimo durante la estación de invierno. Es común observar una disminución en la producción de forraje en la segunda temporada respecto a la primera. Asimismo, en la tercera temporada, según sea el caso, el rendimiento es normalmente bajo a nulo.

Desde el punto de vista bromatológico se trata de una especie de muy alto valor nutritivo, que si bien es ligeramente inferior a la alfalfa en el contenido de proteína, tiene una mayor digestibilidad ya que su nivel de glúcidos es mayor. Asimismo, el consumo por parte de los animales pareciera ser inferior al de la alfalfa, pero superior al de las gramíneas.

3.1.3 Trébol blanco (*Trifolium repens*)

Características generales: se trata de una especie perenne utilizada como pastura permanente, debido a que su vida útil productiva puede durar seis y más años.

Su hábito de crecimiento es rastrero y se reproduce vegetativamente a través del desarrollo de estolones (tallos a ras del suelo) que crecen y enraízan en sus nudos. Las hojas y raíces así generadas pueden producir una planta independiente. Esta característica del trébol blanco lo hace ser una planta especialmente adaptada al pastoreo. Las raíces primarias producidas durante la fase de establecimiento, se pierden una vez que las plantas han alcanzado dicho estadio y los estolones ya han iniciado su enraizamiento desde los nudos. Como consecuencia, la mayor parte de las raíces se encuentran en los primeros 10 cm del suelo.

Las hojas trifoliadas que nacen de un pecíolo recto son glabras, presentan folíolos ovales a circulares y visiblemente dentados. Asimismo, se observa casi siempre una mancha blanca en cada folíolo. Las inflorescencias que nacen de largos pedúnculos axilares, son capítulos globulares que contienen de 50 a 200 flores con pétalos blancos o blanco-rosáceos. Los frutos contienen tres a cuatro semillas en forma de corazón, muy pequeñas y de color variable desde el amarillo al marrón-rojizo.

Requerimientos de clima y suelo: el trébol blanco es una especie que se adapta a una gran diversidad de condiciones climáticas. Sin embargo, es muy exigente en luz y muy sensible a la sequía, quizás por la presencia de raíces superficiales, lo que obliga a su cultivo bajo riego en zonas en las cuales hay algún período seco durante el verano. En Chile, se encuentra más difundido en la zona centro sur de riego (VIII Región), de transición (IX Región) y de las lluvias (X y XVI regiones), en

mezclas con gramíneas forrajeras, debido a su alto poder meteorizante. Asimismo, se trata de una de las leguminosas con mayor capacidad para la fijación simbiótica del nitrógeno. Bajo ciertas circunstancias, por ejemplo temperaturas de verano sobre los 30°C, puede producir una floración continuada y una disminución de la producción de forraje.

Se adapta a una variedad de condiciones de suelo. Sin embargo, no prospera bien en suelos poco fértiles, muy ácidos (rango óptimo de pH: 5,0-7,0) o arenosos. Es muy exigente en cuanto a fósforo y calcio, y no tolera niveles de salinidad sobre 0,3% (Cuadro 15).

Variedades: se clasifican de acuerdo al tamaño de sus hojas y estolones, y largo del pecíolo, en tres grupos. El primero representa al grupo de las variedades de hojas pequeñas o enanas. Su hábito de crecimiento es muy rastrero y presenta estolones, hojas e inflorescencias muy pequeñas. Su ciclo de crecimiento es corto y en consecuencia, es de baja producción de forraje. En el segundo se observan variedades con tamaño de hojas intermedias. La principal variedad cultivada en el país es Huia. De origen neozelandés, es considerada como un excelente recurso de pastoreo, que para persistir adecuadamente requiere ser cultivada bajo riego o en seco, cuando el período seco no se extienda más allá de las tres semanas. Sin embargo, debido a que requiere de una temperatura óptima de crecimiento de 24°C, presenta una escasa producción durante el invierno. Asimismo, es posible encontrar secundariamente la variedad Pitau. Por último, se tiene el grupo de los ladinos de origen mediterráneo. Se caracterizan por presentar un hábito de crecimiento más enhiesto, estolones

más gruesos y hojas e inflorescencias más grandes. Si bien son altamente productivos en condiciones de buen suministro de humedad, no se muestran tolerantes al pastoreo y en consecuencia, presentan una menor persistencia. En Chile, se cultiva principalmente la variedad ladino corriente.

Características agronómicas de la siembra: la semilla de este trébol es una de las más pequeñas, en comparación con otras semillas de leguminosas forrajeras. Por lo general esta especie no es sembrada sola, debido a su característica meteorizante y excelente capacidad de fijación de nitrógeno.

El establecimiento del trébol blanco suele ser más lento que el de las gramíneas, en especial la ballica inglesa, con la cual forma una de las mezclas más importantes para la zona húmeda del país (IX, X y XVI regiones). En la zona de influencia mediterránea tiene buenas posibilidades (al contrario de lo que sucedería en la zona de tendencia desértica), en suelos delgados, de textura arcillosa y estructura masiva, con presencia de napas freáticas fluctuantes, cerca de la superficie del suelo. No obstante, la ballica perenne no tiene una buena persistencia en la zona central, debido fundamentalmente a las altas temperaturas que se producen especialmente durante el período estival.

La mezcla más comúnmente usada para la zona mediterránea con riego, es con festuca y en mucho menor grado con pasto ovillo. La primera sería la más compatible debido a una mayor similitud en cuanto a competencia inicial, en especial durante el período de establecimiento de la pastura. Se recomienda una dosis de semilla en la mezcla de 3-6 kg/ha para el trébol blanco y 8-10 y 8 kg/ha de

Cuadro 15. Zona de adaptación y requerimientos edafoclimáticos del trébol blanco.

Clima	Suelo ¹ y ²	Limitaciones
Mediterráneo semiárido a húmedo, con riego. Mediterráneo perhúmedo, en seco. V a IX Región.	Fértil, profundidad medio a delgado, franco a franco arcilloso. pH neutro a moderadamente ácido.	Sequía moderada. Suelos arenosos, muy ácidos y salinos.

¹ Profundidad (m): muy profundo (0,6 o más), profundo (0,6-0,4), medio (0,4-0,25) y delgado (0,20 o menos).

² Acidez o alcalinidad (pH): neutro (6,6-7,3), ligeramente alcalino (7,4-7,8), moderadamente alcalino (>7,8), ligeramente ácido (6,1-6,5), moderadamente ácido (6,0-5,6) y fuertemente ácido (5,5-5,1).

festuca y pasto ovillo, respectivamente. Su siembra puede ser efectuada en otoño o bien temprano en primavera (**Cuadro 16**).

Uso de la pradera: debido a su hábito de crecimiento postrado y a su estrategia de enraizamiento por estolones, le permite una eficiente regeneración por la vía vegetativa y mayor probabilidad de escape de los centros de crecimiento al efecto del pastoreo. En consecuencia se presenta como altamente adaptada a la utilización directa por los animales.

Su crecimiento, si bien comienza con el desarrollo de una corona, una raíz pivotante y un número de estolones primarios; continúa con el enraizamiento de los estolones a partir de sus nudos. Cada estolón, a su vez, emite hojas y presenta una yema axilar, la cual puede dar origen a nuevos estolones o bien permanecer en estado de dormancia. El desarrollo de los estolones secundarios, ocasiona una debilidad de los estolones primarios por el traslado de reservas hacia los primeros. Finalmente, los estolones primarios mueren, facilitando con ello, la reproducción vegetativa y, el desarrollo y crecimiento de nuevos estolones, que en consecuencia pueden originar plantas independientes.

La especie no posee estructuras específicas ni para la producción y asimilación de glúcidos, ni para la acumulación de reservas energéticas, entre otras. Luego, cada rebrote nuevo después de un pastoreo o corte, se manifiesta a partir de la yema terminal de los estolones y de las yemas ubicadas en las axilas de las hojas. Si bien esto ocasiona una importante variación en las reservas de la planta, la buena capacidad de regeneración del tejido fotosintético a partir de los estolones y la alta eficiencia del área foliar en la medida que se desarrolla y crece, favorece enormemente su satisfactoria recuperación.

No obstante, para que ello ocurra en forma apropiada, la altura del residuo de utilización debe ser de 2 a 3 cm, especialmente si se trata de un pastoreo rotativo. Asimismo, tiene la particularidad de producir algunas inflorescencias, cuyas semillas casi en un 80% son duras, y por ende, permanecen en el suelo como reserva para el caso de períodos de sequía o sobrepastoreo, tras los cuales, pueden germinar y sustituir a las plantas perdidas por dichas causas. Esta especie también puede ser usada para la conservación de forraje vía henificación y ensilaje, pero en menor escala que la alfalfa y el trébol rosado.

Estacionalidad del crecimiento y calidad del forraje: es una de las especies de más alta tasa de crecimiento cuando las condiciones ambientales, especialmente de humedad y radiación, se presentan adecuadamente. Estudios realizados en la Región Metropolitana, muestran tasas máximas de crecimiento hacia fines de primavera e inicios de verano (sobre 80 kg m.s./ha/día). Durante la mayor parte del verano, se observa una manifiesta disminución de la tasa de crecimiento, llegando durante el otoño, a valores inferiores a los 20 kg m.s./ha/día.

En esta especie, a diferencia de las leguminosas tratadas previamente y del grupo de las gramíneas; la digestibilidad casi no tiene variación a través de su período de crecimiento. Esto obedece fundamentalmente a su estrategia de generar nuevas hojas cercanas al suelo, que presentan a diferencia de otras leguminosas de hábito erecto (alfalfa y trébol rosado), un mayor valor nutritivo en la base de la planta, que en los tejidos localizados más hacia el ápice de la misma. El rango de variación de la digestibilidad está entre un 80 y 75%, y presenta buenos tenores de proteína.

Cuadro 16. Factores agronómicos a considerar en la siembra del trébol blanco.

Variedad/Cultivar	Mezcla	Época de siembra	Dosis de semilla (kg/ha) ¹
Bounty, Huía, Pitau, Kopu II y Ladino corriente.	Trébol rosado, Ballica híbrida, Pasto ovillo y Festuca.	Otoño o temprano en primavera.	Mezcla leguminosa: 3 - 6 Mezcla gramínea: 3 - 6

¹ Ballica híbrida, Pasto ovillo, Festuca y Trébol rosado.

3.1.4 Lotera (*Lotus corniculatus*)

Características generales: es una especie perenne utilizada como pastura permanente, debido a que presenta una vida útil productiva de seis o más años.

Su hábito de crecimiento es erecto. Está dotada de una raíz pivotante y profunda con una corona en la parte superior y muchas raíces secundarias. Su raíz es menos profunda que la presente en alfalfa, pero más larga que la del trébol rosado, confiriendo a la lotera cierta resistencia a la sequía. Las hojas son sésiles y se componen de cinco folíolos: uno terminal, dos opuestos y dos en la base de los pecíolos, a modo de estípulas desarrolladas. Las inflorescencias constan de grupos de 4 a 8 flores de color amarillo a naranja brillante.

Los frutos están representados por vainas largas y estrechas que se disponen a modo de una “pata de pájaro” y contienen de 10 a 30 semillas. Las vainas se presentan altamente dehiscentes, una vez alcanzada la madurez o bien cuando la humedad en ellas es inferior al 40%, abriéndose longitudinalmente y retorciéndose en forma de espiral. Este es un mecanismo que permite diseminar la semilla en forma muy eficiente. Las semillas son de un color verde oliva a café oscuro y, son más pequeñas que las semillas de la alfalfa y el trébol rosado.

Requerimientos de clima y suelo: se adapta a climas fríos y húmedos, con la presencia de veranos suaves. Es una planta exigente en luz y el rango de temperatura óptimo durante el período estival parece estar comprendido entre los 16 y 27°C. En

Chile se le encuentra preferentemente bajo condiciones de riego en la Región Metropolitana. Sin embargo, se puede cultivar bajo dicho manejo, prácticamente en toda la zona mediterránea central. Asimismo, se recomienda para el secano de precordillera de la región mediterránea subhúmeda (prácticamente, VII y VIII regiones) y para el secano de la costa de la región mediterránea húmeda (prácticamente, VIII Región).

Aunque su adaptación puede darse en una amplia variedad de tipos de suelos, su capacidad productiva es menor que la alfalfa y el trébol rosado. En consecuencia, su cultivo deberá estar orientado a suelos que presenten limitaciones importantes para el cultivo de dichas especies. Este el caso de aquellos que tienen bajos tenores de fósforo, calcio, o presentan una fuerte alcalinidad e incluso, un cierto grado la salinidad. Asimismo, en suelos muy ácidos o que tienen mala permeabilidad para la alfalfa y el trébol rosado, la lotera puede ser un buen sustituto. No obstante, esta especie observa una respuesta favorable al ser cultivada en suelos productivos y con adecuados tenores de fósforo (**Cuadro 17**).

Varietades: en nuestra situación, prácticamente el único material disponible y recomendado es el cultivar Quimey y su selección denominada San Gabriel.

Características agronómicas de la siembra: su establecimiento inicial es lento y difícil (semilla pequeña y bajo vigor de plántula), pero una vez logrado, la persistencia es muy buena si el manejo de la pastura es el adecuado. Esta característica inicial de la lotera, sugiere mayores cuidados que

Cuadro 17. Zona de adaptación y requerimientos edafoclimáticos de la lotera.

Clima	Suelo ^{1 y 2}	Limitaciones
Mediterráneo semiárido a subhúmedo, con riego. Eventualmente secano subhúmedo a húmedo, en costa y precordillera. V a VIII Región.	Fertilidad media, profundidad medio, franco arcilloso a arcilloso, drenaje imperfecto. Tolerancia moderada a la acidez, alcalinidad y salinidad.	Muy altas temperaturas de verano. Sequía muy prolongada.

¹ Profundidad (m): muy profundo (0,6 o más), profundo (0,6-0,4), medio (0,4-0,25) y delgado (0,20 o menos).

² Acidez o alcalinidad (pH): neutro (6,6-7,3), ligeramente alcalino (7,4-7,8), moderadamente alcalino (>7,8), ligeramente ácido (6,1-6,5), moderadamente ácido (6,0-5,6) y fuertemente ácido (5,5-5,1).

con otras especies durante el establecimiento, y más específicamente, en relación con la preparación del suelo, siembra y control de las malezas. Por dicha razón no compete exitosamente con la alfalfa y el trébol rosado. Sin embargo, puede ser asociada a gramíneas, siempre y cuando, no sean especies que tengan un comportamiento muy agresivo durante el establecimiento, como es el caso de las ballicas y el pasto ovillo.

En nuestra situación, en suelos regados con texturas pesadas, drenaje pobre e incluso con problemas de salinidad, la lotera sola o en mezcla con festuca puede transformarse en la mejor alternativa. Este es el caso a modo de ejemplo, de lo que sucede con los suelos arroceros (VI-VIII regiones), para los cuales, existen escasas opciones forrajeras para ser incorporadas en una rotación cultural. En esta situación, la siembra de la lotera sola, cumpliría apropiadamente con los requisitos necesarios. Por su parte, su uso en mezcla con festuca en suelos pumicíticos (por ejemplo en la Región Metropolitana), permitiría establecer pasturas permanentes en situaciones donde prácticamente la única otra opción, es la siembra de festuca con trébol blanco. Asimismo, bajo condiciones muy especiales de suelos de vega, en el secano costero mediterráneo subhúmedo a húmedo, puede llegar a ser una buena alternativa.

La siembra debe ser hecha en otoño (riego y secano) y eventualmente en primavera, en condiciones en que la humedad del suelo no permita su siembra con antelación. Se recomienda una dosis de semilla de 10-20 y de 8-10 kg/ha al ser sembrada sola o asociada a festuca, respectivamente. Por su parte, la dosis para la festuca debe estar entre los 5 y 10 (**Cuadro 18**).

Uso de la pastura: debido a su hábito de crecimiento erecto puede ser utilizada tanto para pastoreo como para corte (heno o ensilaje). Diversas fuentes

indican que el manejo de defoliación de la lotera, es similar al de la alfalfa. Sin embargo, este no deberá efectuarse antes del inicio de la floración; ya que existe una diferencia muy notable respecto a la alfalfa. Mientras en esta última, el rebrote proviene de las yemas basales de los tallos cortados y situadas en la corona, en la lotera, aparecen casi siempre de las yemas axilares, situadas en la parte inferior de los tallos.

En consecuencia, el pastoreo no debe ser muy intensivo, pues reduciría importantemente los puntos de crecimiento o rebrote. Al igual que la alfalfa, se recomienda un pastoreo rotativo, que deje una altura de residuo, al igual que en una instancia de corte, de unos 7-8 cm. La ventaja de esta especie para ser usada bajo pastoreo, a diferencia de la alfalfa, trébol rosado y blanco; radica en que no produce meteorismo al animal. Este comportamiento se debería a la baja solubilidad de las proteínas de las hojas, así como la presencia de taninos. Estos últimos, precipitan las proteínas, evitando con ello, la producción de espuma, principal causante de la hinchazón del rumen.

Estacionalidad del crecimiento y calidad del forraje:

es una especie que ha sido descrita como buena productora de forraje, durante la primavera. Esta situación se prolonga hacia el verano en el caso de disponer de riego. En situaciones de secano (como por ejemplo: la zona de la precordillera andina de la región mediterránea subhúmeda - VIII Región), la producción hacia el verano está supeditada a los contenidos de humedad en el suelo. En esta última situación, el crecimiento se mantiene sólo hasta mediados de enero. Posteriormente, hacia fines de febrero, se observa un nuevo repunte del crecimiento como consecuencia del inicio temprano de la estación de las lluvias. En caso de la presencia de lluvias de verano, la lotera crece ininterrumpidamente al igual que sucede en la situación de riego.

Cuadro 18. Factores agronómicos a considerar en la siembra de la lotera.

Variedad / Cultivar	Mezcla	Época de siembra	Dosis de semilla (kg/ha) ¹
Quimey y San Gabriel.	Festuca y Falaris.	Otoño.	Sola: 10 - 20 Mezcla gramínea: 8 - 10

¹ Festuca y Falaris.

Por su parte, el crecimiento bajo condiciones del secano costero de la VI Región (región mediterránea subhúmeda), corrobora lo anteriormente indicado. Sin embargo, la producción de forraje se concentra prácticamente durante la primavera, no existiendo humedad suficiente en el suelo, como para lograr algún tipo de crecimiento durante la primera parte del verano. Normalmente el rendimiento acumulado de forraje no supera los 6.000 kg m.s./ha. No obstante, el hecho de disponer de un forraje verde hacia fines de primavera, cuando el resto de los recursos forrajeros se encuentran con altas tasas de senescencia o bien secos, debido a la finalización de su ciclo de crecimiento, puede ser estratégicamente de gran importancia. En todo caso, no existe información conclusiva aún, acerca de la persistencia de esta especie en suelos de posición baja o de vegas, en donde por existir una mayor y más permanente disponibilidad hídrica, se podría presumir una mayor y mejor distribución de la producción de forraje, que en la condición de suelos de posición intermedia utilizada en dicho estudio.

Antecedentes obtenidos del mismo estudio, indican niveles máximos de digestibilidad cercanos al 77% durante el período vegetativo en otoño. Durante el invierno (previo a la floración), los tenores disminuyeron hasta aproximadamente un 65%. Luego, durante la floración, fructificación (primavera) y estado senescente del verano; la digestibilidad baja a valores de 60, 56 y 50%, respectivamente. Por su parte, a diferencia de opiniones que señalan que la lotera tiene bajos contenidos de proteína; este estudio registró valores sobre un 30% durante la fase vegetativa en otoño. Asimismo, contenidos cercanos a un 15%, aún se mantenían durante el período de fructificación, hacia fines de primavera (diciembre). Durante el período estival, como consecuencia de la pérdida de gran parte del tejido foliar por efecto del estrés hídrico, los contenidos de proteína bajan hasta un 8%.

3.1.5 Ballica híbrida (*Lolium perenne* x *Lolium multiflorum*)

Características generales: el material es un híbrido obtenido del cruzamiento entre la ballica perenne (*Lolium perenne*) y la italiana (*Lolium multiflorum*), y presenta aspectos morfológicos y de persistencia intermedio, respecto a ellas. Su vida útil productiva

es de unos tres a cuatro años como máximo, lo que permite su utilización en pasturas de rotación corta.

De condición anual y/o perenne. Sus características morfológicas no están claramente definidas, pues dependen de la combinación de los caracteres de los padres y de la selección hacia uno u otro tipo. Sin embargo, existen algunas diferencias morfológicas que permitirían diferenciar un tipo anual de uno perenne. Por ejemplo, en el caso del tipo anual: las hojas se presentan enrolladas en la yema; la vaina no está comprimida, es glabra y de color rosado en la base; la lígula es membranosa y, las aurículas son puntiagudas, a veces romas o con forma de garra. Por su parte, el tipo perenne: tiene las hojas dobladas en la yema; la vaina generalmente está comprimida, es glabra y de color verde pálido y rojizo en la base; la lígula si bien es membranosa, puede ser dentada en la punta y, las aurículas son pequeñas, suaves y con forma de garra.

Requerimientos de clima y suelo: en general, es un híbrido que se adapta muy bien al riego de la zona mediterránea central de Chile, como asimismo, a la zona de las lluvias entre otras. Incluso, existen evidencias de adaptación a condiciones del secano interior y de precordillera andina de la VII y VIII regiones.

Al igual que la ballica italiana, prospera en una amplia gama de tipos de suelos. Sin embargo, persiste mejor en suelos de texturas medias a pesadas y algo húmedo, siempre y cuando, el drenaje superficial sea bueno. Suelos con excesivo drenaje pueden ocasionarle problemas graves por falta de humedad. El rango de pH óptimo para su crecimiento es entre 6 y 7, pero puede persistir en un rango más amplio: 5 y 8 (**Cuadro 19**).

Varietades: las más usadas en el país son: Manawa y Ariki: neozelandesas y, Sabel, Sabrina y Augusta: británicas. Más recientemente se encuentran en el mercado variedades como Belinda, tetraploide de rotación corta (2 a 3 años), con alta capacidad de macollamiento y producción de forraje, mejor calidad estival y, recomendada para corte y pastoreo rotativo y, Nutrapack Activa Plus que consiste en una mezcla física (60:40) de dos ballicas híbridas (diploide y tetraploide), de rotación (3 a 4 años), persistente, con elevada producción de forraje,

Cuadro 19. Zona de adaptación y requerimientos edafoclimáticos de la ballica híbrida.

Clima	Suelo ^{1 y 2}	Limitaciones
Mediterráneo subhúmedo a húmedo, con riego. Mediterráneo subhúmedo a húmedo, en secano interior y de precordillera. VI a IX Región.	Profundidad medio, franco a franco arenoso y arcilloso algo húmedo, pero con buen drenaje. pH neutro a ligeramente ácido.	Sequía prolongada. Muy altas temperaturas de verano. Suelos con mal drenaje.

¹ Profundidad (m): muy profundo (0,6 o más), profundo (0,6-0,4), medio (0,4-0,25) y delgado (0,20 o menos).

² Acidez o alcalinidad (pH): neutro (6,6-7,3), ligeramente alcalino (7,4-7,8), moderadamente alcalino (>7,8), ligeramente ácido (6,1-6,5), moderadamente ácido (6,0-5,6) y fuertemente ácido (5,5-5,1).

alta digestibilidad y, recomendada para pastoreo y corte para conservación de forraje (heno, ensilaje o soiling).

Aspectos agronómicos de la siembra: la dosis de semilla recomendada es de 15-20 kg/ha, cuando es sembrada sola, y de 8-12 kg/ha cuando se asocia a trébol rosado. En este último caso, la dosis del trébol debe ajustarse a unos 10-15 kg/ha. En las ballicas Belinda Nutrapack Activa Plus se recomiendan dosis de siembra de 20 a 30 kg/ha. En el ámbito mediterráneo, es preferible realizar la siembra temprana en otoño, salvo en condiciones de inviernos muy severos y especialmente importante en la situación de una siembra asociada con trébol rosado (**Cuadro 20**).

Uso de la pastura: dadas sus características puede ser utilizada tanto para corte como pastoreo. En el caso del uso de variedades menos persistentes, se recomienda destinarlas a corte más que a pastoreo. Si va a ser pastoreada, la utilización debe ser liviana y controlada. Pastoreos continuos pueden significar que la ballica adopte un comportamiento anual. No obstante, tiene un mejor comportamiento que las ballicas anuales bajo condición de pastoreo intenso. Adicionalmente, restricciones de fertilidad y agua, y manejos de corte con residuos de utilización muy bajos, pueden reducir importantemente su condición de perennidad.

Estacionalidad del crecimiento y calidad del forraje: en general, la ballica híbrida tiene un crecimiento más rápido en el año del establecimiento que la ballica inglesa. Posee una alta tasa de crecimiento en primavera, comparable con la ballica italiana. Sin embargo, su desarrollo presenta un importante descenso hacia el período estival. Durante el otoño, la tasa de crecimiento repunta ligeramente.

La digestibilidad del forraje es más parecida a la de una ballica italiana, que a la observada en la ballica inglesa. Un 70% (base m.s.) de digestibilidad ha sido obtenido alrededor de diez días después de la emergencia del 50% de las espigas, para las variedades neozelandesas: Manawa y Ariki. Como resultado de un mayor consumo animal, esto se ve reflejado en un mejor aprovechamiento del forraje por parte del animal.

3.1.6 Pasto ovilla (*Dactylis glomerata*)

Características generales: es una especie perenne que dada su vida útil productiva de 6 o más años, es considerada adecuada para su utilización como pastura permanente. No obstante, bajo un manejo más intensivo, puede ser usada en rotaciones largas (4-5 años).

Su hábito de crecimiento es erecto y se diferencia fácilmente de otras gramíneas por poseer hojas

Cuadro 20. Factores agronómicos a considerar en la siembra de la ballica híbrida.

Variedad/Cultivar	Mezcla	Época de siembra	Dosis de semilla (kg/ha) ¹
Manawa, Belinda y Activa Plus.	Trébol Rosado y Trébol Blanco.	Otoño o eventualmente temprano en primavera.	Sola: 15 - 20 o bien 20 - 30 Mezcla leguminosa: 8 - 12

¹ Trébol Rosado y Trébol Blanco.

plegadas desprovistas de pilosidades. La lámina de la hoja, con su nervio central muy marcado, se presenta: plana, puntiaguda en su extremo superior y de color verde grisáceo. En la inserción con la vaina adquiere la forma de una V. La vaina tiene una fuerte compresión lateral y está unida en la base formando una especie de tubo. La lígula es muy larga, blanquecina, membranosa y a menudo dentada, y no tiene aurículas. La inflorescencia es una panícula comprimida, con espiguillas aglomeradas al final de ramas alargadas. La semilla está encerrada por una palea y una lema endurecida.

La raíz se presenta similar a la ballica inglesa, es decir, crece muy concentrada en los primeros 15 cm del suelo. Sin embargo, se señala como menos vigorosa que la ballica perenne.

Requerimiento de clima y suelo: en el país su cultivo se extiende preferentemente desde el valle central de riego (VI-VII regiones) hasta la XII Región. El pasto ovillo prospera bien bajo condiciones de riego, o bien en situaciones en que el régimen pluviométrico sea adecuado para su persistencia (sobre 1.000 mm y con un período de sequía no superior a los tres meses). Condiciones especiales (sectores más sombríos) en la precordillera andina (VIII Región al sur), permiten su persistencia, siempre y cuando, el período seco no exceda de los cuatro meses. Esto avala también su resistencia a las bajas temperaturas, en especial a las heladas de suelo como de aire. Asimismo, se presenta tolerante a la sombra, característica que lo hace muy valioso en asociación con vegetación arbustiva y/o arbórea.

Bajo la consideración del clima de tendencia mediterránea, la especie debe ser cultivada exclusivamente con riego. Si bien los cultivares usados en Chile, tienen cierta resistencia a la sequía,

han sido generados para condiciones de humedad. No existen antecedentes en el país respecto a materiales con mayor resistencia a la sequía, los que de acuerdo a la información existente, podrían ser rescatados desde sectores con clima mediterráneo en Europa, especialmente desde España. Esto permitiría en un futuro, incorporar potencialmente el pasto ovillo, a este tipo particular de clima mediterráneo bajo condiciones de secano, especialmente el subhúmedo y húmedo.

Se adapta a una variedad de suelos, incluso delgados y de baja fertilidad, excepto aquellos muy húmedos, pesados y muy ácidos, pero tolera un rango de pH entre 5,5 y 8. Sin embargo, se adapta indudablemente mejor a suelos de fertilidad media a alta, con un pH entre 6 y 7 (**Cuadro 21**).

Varietades: En la zona central de riego, las variedades sobre las cuales se tienen mayores conocimientos son Currie y Montpellier. Ambas han sido probadas bajo riego, con mayor éxito que otras variedades como Apanui y Lucifer, en la Región Metropolitana. Por su parte, si bien las primeras de ellas presentan cierta persistencia bajo las condiciones del secano mediterráneo subhúmedo, como es el sector de la costa de la VI Región; esta no es comparable con el mejor comportamiento que tiene *falaris*.

Pruebas más recientes realizadas a partir de 1997, en el secano costero de la VI Región, muestran una buena persistencia de variedades de pasto ovillo como: Berber y Palestine. No obstante, la producción de forraje es más bien baja y al igual que el caso anterior, muy inferior a la capacidad productiva que tienen algunas variedades de *falaris* como: Holdfast, Landmaster, Siroso y Sirolan. A no mediar la prueba futura de variedades con mayor

Cuadro 21. Zona de adaptación y requerimientos edafoclimáticos del pasto ovillo.

Clima	Suelo ^{1 y 2}	Limitaciones
Mediterráneo árido a subhúmedo, con riego. Mediterráneo húmedo a perhúmedo e incluso en precordillera, en secano. IV a IX Región.	Fértil. Profundidad medio, e incluso delgado, franco a franco arcilloso, con buen drenaje. pH neutro a ligeramente ácido.	Sequía prolongada. Suelos arcillosos y con mal drenaje. Muy ácidos.

¹ Profundidad (m): muy profundo (0,6 o más), profundo (0,6-0,4), medio (0,4-0,25) y delgado (0,20 o menos).

² Acidez o alcalinidad (pH): neutro (6,6-7,3), ligeramente alcalino (7,4-7,8), moderadamente alcalino (>7,8), ligeramente ácido (6,1-6,5), moderadamente ácido (6,0-5,6) y fuertemente ácido (5,5-5,1).

resistencia a la sequía, esta especie deberá seguir siendo cultivada en riego, o bien en condiciones de secano húmedo.

Introducciones más recientes señalan a la variedad Kara, de buen crecimiento en el período crítico de otoño-invierno y mejor adaptada a zonas con períodos de sequía prolongados que otros materiales y, Starly, persistente, con buena producción y distribución del forraje a través del año y, por su hábito de crecimiento semipostrado, altamente recomendado para pastoreo. Ambas variedades se comportan bien en mezclas con otras especies.

Aspectos agronómicos de la siembra: la dosis de siembra recomendada es de 6-10 kg/ha solo, unos 8 kg/ha en mezcla con alfalfa o trébol blanco, y 5 kg/ha con lotera.

Normalmente, la mejor época de siembra es el otoño. El pasto ovillo presenta un lento establecimiento después de la siembra. En consecuencia, se recomienda sembrar temprano, en orden a evitar las más bajas temperaturas y la probable ocurrencia de heladas. No obstante su establecimiento es más lento que el observado en las ballicas, pero superior al obtenido con festuca y falaris. En la segunda temporada de crecimiento, el pasto ovillo se muestra muy agresivo y es capaz de competir eficientemente, incluso con otras gramíneas (**Cuadro 22**).

Uso de la pastura: presenta un hábito de crecimiento erecto a semi-postrado y puede ser utilizado tanto en pastoreo, como para corte. Las reservas de la planta se acumulan en la base de los tallos y vainas de las hojas, y la aparición de los macollos es intravaginal. En consecuencia, si se somete a defoliaciones (pastoreo o corte) muy intensas y frecuentes, en especial bajo pastoreo, las reservas disminuyen importantemente, limitando con ello, su regeneración y persistencia en el medio.

No obstante, presenta una mejor adaptabilidad al pastoreo y se ve favorecido con utilizaciones menos frecuentes. Se recomienda un residuo de pastoreo y corte entre 5 y 8 cm, respectivamente. En el caso de una siembra asociada con alfalfa, el momento de utilización de la mezcla, debiera considerar el estado fenológico óptimo de la leguminosa, es decir, desde botón a 10% de floración en primavera-verano o altura de rebrote de 5-7 cm sin flor en otoño-invierno.

Estacionalidad del crecimiento y calidad del forraje: en general y dependiendo primordialmente de la variedad usada, el pasto ovillo alcanza su máximo crecimiento a finales de invierno o comienzos de primavera, o bien durante ésta última estación del año. Asimismo, presenta un crecimiento más sostenido durante el verano, que disminuye hacia el otoño y se hace mínimo durante el invierno. No obstante, en una mezcla con una leguminosa como la alfalfa, tiene la ventaja de presentar un cierto nivel de crecimiento en invierno que es superior a ella.

En cuanto a su calidad como forraje, tiene la ventaja de presentar mayores tenores de proteína que otras gramíneas (ballica inglesa, ballica italiana, festuca, entre otras) durante su estado vegetativo, sin embargo, pierde rápidamente calidad y digestibilidad con la floración. Valores de digestibilidad cercanos al 80% y 60% han sido descritos para esta especie durante su estado vegetativo y de floración, respectivamente.

3.1.7 Festuca (*Festuca arundinacea*)

Características generales: es una gramínea perenne que dada su vida productiva (seis o más años), puede ser utilizada como pastura permanente.

Su hábito de crecimiento es erecto y crece formando macollas densas, a modo de rizomas. Las hojas son verdes oscuro, glabras, ásperas en la parte superior

Cuadro 22. Factores agronómicos a considerar en la siembra del pasto ovillo.

Variedad/Cultivar	Mezcla	Época de siembra	Dosis de semilla (kg/ha)
Currie, Kara y Starly.	Alfalfa, Trébol Blanco y Lotera.	Preferentemente otoño.	Sola: 6 - 10, o mayores. Mezcla leguminosa: 5 - 8

¹ Alfalfa, Trébol Blanco y Lotera.

de la lámina y, brillantes y suaves en el envés. La lígula es membranosa y corta. Las aurículas son prominentes y ciliadas en sus márgenes. La prefoliación es enrollada. Las hojas (erectas y largas) aparecen como muy numerosas a partir de la base del tallo. En la base de la planta dispone de pequeños tallos subterráneos y rizomas en los cuales acumula sus reservas para el crecimiento. La inflorescencia es una panícula erecta o débilmente caída y muy abierta, con numerosas espiguillas pediceladas. Cada espiguilla presenta de 3 a 10 flores que producen semillas, normalmente sin aristas, de aspecto similar a la semilla de la ballica inglesa. Posee un sistema radical fibroso y profundizador, que dada su estructura, es muy útil para la conservación del recurso suelo.

Requerimientos de clima y suelo: es una especie que se adapta a un amplio rango de situaciones climáticas y edáficas. En nuestro caso particular, crece muy bien desde la Zona central regada hasta el seco de la IX Región. Por el momento, no se dispone de información de tipos precoces con resistencia a períodos de sequía de cuatro meses como máximo, y que sean capaces de prosperar en secanos mediterráneos con precipitaciones superiores a los 600 mm.

Es una especie que prospera en una variedad de tipos de suelos, desde arenosos a arcillosos. Sin embargo, persiste mejor en suelos pesados y tolera en mayor medida el exceso de humedad presente en suelos con mal drenaje, que la restricción hídrica impuesta en suelos secos. Asimismo, se adapta en mejor forma que otras especies de gramíneas forrajeras a suelos de baja fertilidad. Respecto al pH, prefiere el rango entre 6,5 y 8; pero se le ha visto crecer en situaciones extremas entre 4,7 y

9,5. Del mismo modo, presenta cierta tolerancia a la salinidad (**Cuadro 23**).

Varietades: En el país la variedad más difundida es la Kentucky - 31 (K-31). De origen norteamericano, es una de las variedades más antiguas, sin embargo, es reconocida como poco apetecida por el ganado. Últimamente, se señalan otras variedades promisorias de origen Francés como Exella, Manade, Clarine, Demeter, Ludion y Maris Jebel, norteamericano como Fawn y de origen Inglés como S - 170. En general, estas presentan una mejor palatabilidad para los animales. Este último aspecto es uno de los objetivos más importantes considerados en la actualidad por los programas de fitomejoramiento para esta especie. Potencialmente, también existen materiales mejor adaptados a condiciones mediterráneas, que en un futuro próximo, podrían ser cultivados en secanos con montos de precipitación mayores a los 600 mm y con veranos no excesivamente secos.

Aspectos agronómicos de la siembra: en siembras solas, se recomiendan dosis entre 15 y 30 kg/ha. La dosis mayor deberá usarse en condiciones más restrictivas como son la presencia de salinidad y/o mal drenaje del suelo. Al asociar la festuca con una leguminosa como trébol blanco, la semilla de la gramínea debe ser ajustada entre los 8 y 10 kg/ha. Por su parte, la dosis del trébol blanco debe ser del orden de los 3 a 6 kg/ha. Si bien esta especie puede ser también asociada a alfalfa, trébol rosado, trébol frutilla y lotera; su cultivo con dichas especies, no tiene mayor relevancia bajo nuestra situación. No obstante, también se le puede encontrar asociada a tréboles subterráneos, en el seco mediterráneo húmedo de la zona sur del país.

Cuadro 23. Zona de adaptación y requerimientos edafoclimáticos de la festuca.

Clima	Suelo ^{1 y 2}	Limitaciones
Mediterráneo árido a subhúmedo, con riego.	Profundidad medio, desde arenosos a arcillosos.	Sequía prolongada.
Mediterráneo húmedo a perhúmedo, en seco.	No obstante persiste mejor en estos últimos. Tolera el mal drenaje. pH ácido a alcalino.	
IV a IX Región.	Presenta cierta tolerancia a la salinidad.	

¹ Profundidad (m): muy profundo (0,6 o más), profundo (0,6-0,4), medio (0,4-0,25) y delgado (0,20 o menos).

² Acidez o alcalinidad (pH): neutro (6,6-7,3), ligeramente alcalino (7,4-7,8), moderadamente alcalino (>7,8), ligeramente ácido (6,1-6,5), moderadamente ácido (6,0-5,6) y fuertemente ácido (5,5-5,1).

La época óptima de siembra bajo condiciones de riego es el otoño, a no mediar la existencia de períodos de frío tempranos. Es de lento establecimiento y muy vulnerable a la competencia con otras especies más vigorosas. A pesar del tamaño de su semilla, las plántulas presentan un escaso vigor. Sin embargo, una vez establecida y en especial a partir de la segunda temporada, al igual que el pasto ovinillo, aumenta considerablemente su habilidad competitiva (**Cuadro 24**).

Uso de la pastura: la mayoría de las opiniones, coinciden en señalar que festuca tiene mejores aptitudes para el pastoreo, que con otras modalidades de uso. No obstante, puede ser cortada para soiling y confección de heno o silo. Cuando se utiliza en pastoreo, para lograr un adecuado aprovechamiento del forraje producido, se requiere utilizar una alta y frecuente presión de pastoreo. Los intervalos de utilización no deben ir más allá de las tres a cuatro semanas. Ello permite, disminuir las pérdidas por palatabilidad e impide una mayor selección por parte del animal, en especial en mezclas con leguminosas como el trébol blanco, que puede afectar importantemente la persistencia del trébol acompañante. Esto es también válido ante una eventual mezcla con otras gramíneas perennes más palatables, por ejemplo: pasto ovinillo y ballica inglesa. Al respecto, se recomienda dejar un residuo de utilización de 3 a 5 cm.

Este tipo de utilización es posible, debido a que festuca posee una gran rapidez de rebrote como consecuencia de una eficiente reposición de sus reservas de crecimiento. Asimismo, en situaciones en que el manejo no sea lo suficientemente adecuado como para minimizar la maduración de partes de la planta, como hojas y tallos, será necesario recurrir a cortes de limpieza. No obstante,

existe una época crítica de utilización que corresponde hacia fines del otoño. En dicho período, se recomponen las reservas de la planta que le van a permitir rebrotar hacia fines del invierno o primavera. En consecuencia, un pastoreo continuo sobre los rebrotes en dicho período, puede agotar las reservas de la planta y producir su muerte, o bien, la pastura es debilitada, lo mismo que su producción temprana de forraje. Igual situación se advierte en verano cuando existen limitaciones por falta de agua.

Estacionalidad del crecimiento y calidad del forraje: en el grupo de las gramíneas, la festuca posee uno de los crecimientos más uniformes a través del año e incluso, presenta un crecimiento más temprano, hacia fines del invierno. Tiene un buen desarrollo en primavera y un buen rebrote después de su aprovechamiento. Es en esta estación, en donde generalmente se obtienen las máximas tasas de crecimiento. En verano, es la gramínea de clima templado que tiene el mayor crecimiento en sitios calurosos (comparables a pasto ovinillo y ballica inglesa), siempre y cuando, no existan limitaciones de humedad en el suelo. En otoño el crecimiento se mantiene hasta bien iniciado el invierno. A futuro, la posible incorporación de variedades de origen mediterráneo, permitiría favorecer la producción durante el invierno, la cual es muy baja cuando se trata de variedades provenientes de climas más fríos y en consecuencia, con latencia invernal.

La digestibilidad de esta especie es generalmente menor que la obtenida con pasto ovinillo y las ballicas. Con defoliaciones cada tres a cuatro semanas, la digestibilidad varía entre un 65 y 80%. El valor más bajo se presenta durante el período estival, en donde aumentan apreciablemente los contenidos de carbohidratos estructurales o fibra cruda.

Cuadro 24. Factores agronómicos a considerar en la siembra de la festuca.

Variedad/Cultivar	Mezcla	Época de siembra	Dosis de semilla (kg/ha) ¹
Manade, Fawn y Exella.	Alfalfa y Pasto Ovinillo.	Otoño o eventualmente temprano en primavera.	Sola: 15 - 30 Mezcla leguminosa: 8 - 10 Mezcla gramínea: 3 - 6

¹ Alfalfa y Pasto Ovinillo.

3.2 Leguminosas y gramíneas de secano

3.2.1 Trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*)

Características generales: es una especie anual de autosiembra utilizada en pasturas permanentes por presentar una vida útil productiva de seis o más años. No obstante, también puede ser utilizada en rotaciones culturales, con cultivos de secano. La especie se encuentra representada por tres subespecies: spp. *subterraneum*, *brachycalycinum* y *yanninicum*.

De hábito de crecimiento rastrero, posee una raíz principal pivotante, pero con numerosas raíces secundarias. Normalmente, éstas se desarrollan en los primeros 20 cm de profundidad del suelo. No obstante, un buen suelo para trébol subterráneo debe tener una profundidad efectiva de arraigamiento mínima de delgada (> 25 cm) a media (25-40 cm).

Las hojas son trifoliadas, pecioladas, pubescentes y con folíolos de forma acorazonada. Según sea cultivar, los pecíolos, pedúnculos y tallos pueden ser más o menos pubescentes. Del mismo modo, los cultivares difieren en la forma de sus folíolos y en la diversidad de manchas blancas y/o marrones que se presentan en el haz de los folíolos. La intensidad de la coloración está estrechamente vinculada a las temperaturas del invierno. Las más bajas temperaturas de invierno, favorecen las pigmentaciones (antocianinas) más intensas que en primavera. Esta característica puede ser usada como criterio de identificación de algunos cultivares.

Los tallos del tipo rastrero se originan y desarrollan en forma radial y puede alcanzar longitudes variables dependiendo del grado de competencia entre plantas de la misma especie o de otras especies. (intra e interespecífica, respectivamente). Crecen horizontalmente pegados al suelo y no tienen la particularidad, como el trébol blanco, de enraizar a partir de los nudos y formar estolones.

Las inflorescencias del tipo papilionácea presentan de tres a siete flores (normalmente cuatro) que son inducidas desde los nudos de los tallos y dispuestas

en un capítulo sobre un pedúnculo de considerable longitud. Por lo general, la corola de las flores es blanca, pero a veces posee una débil tonalidad rosada. El cáliz puede poseer o no, un anillo de color rojo en su entorno.

Una vez producida la fecundación, el pedúnculo inicia un alargamiento e inclinación hacia el suelo (geotropismo positivo), movilizándolo con él las semillas formadas en los ovarios de las flores fértiles. Si bien cada ovario presenta normalmente dos óvulos, sólo uno logra desarrollarse. Las flores externas del capítulo son estériles, y se encuentran en mayor número que las internas o fértiles, las cuales están circunscritas al cáliz y se transforman en una estructura gruesa, fibrosa y ligeramente espinosa.

Esta estructura morfológica se denomina glomérulo o cestillo, que encierra los frutos (dos a cuatro semillas) provenientes de las flores fértiles fecundadas y, sirve de protección y anclaje de las semillas al suelo. Cada variedad posee diferentes grados de habilidad para producir el anclado o entierre de los glomérulos en el suelo. En dicha habilidad intervienen otros factores determinantes, como la textura del suelo, el contenido de materia orgánica superficial, el nivel de humedad y el manejo de pastoreo, entre otros.

Las semillas poseen una forma oval o redonda y son normalmente de color violeta oscuro o negro. La salvedad se encuentra en la subespecie *yanninicum* que tiene semillas de color amarillento o ámbar.

Requerimientos de clima y suelo: como especie de hábito de crecimiento anual, su persistencia en un sitio determinado estará fuertemente definida por la producción de semilla.

El trébol subterráneo es una especie preferentemente de secano adaptado al tipo de clima de tendencia mediterránea. Es decir, otoños con temperaturas moderadas; inviernos suaves, con temperaturas medias entre los 7 y 13°C y mayor concentración de las lluvias; primaveras lo suficientemente adecuadas desde el punto de vista de suministro de agua para la finalización de su ciclo de crecimiento anual y un período estival seco, con temperaturas medias entre los 20 y 30°C.

En el Chile mediterráneo, los tréboles subterráneos son recomendados entre la V Región (semiárida) y la IX Región (perhúmeda). La característica fundamental para la persistencia de este recurso radica en su grado de precocidad de floración, que se encuentra determinada por las exigencias de frío (vernalización) de cada cultivar. Aquellos más tardíos tienen mayores exigencias de frío que los tempranos. Sin embargo, es el largo del día (foto-período) y el aumento de las temperaturas lo que controla finalmente el período de floración. Factores ambientales como el déficit hídrico y bajas temperaturas durante la floración, contribuyen negativamente a la producción de la semilla.

El principal factor de suelo que condiciona su persistencia, junto con el déficit de fósforo en el suelo, lo constituye la reacción del suelo. Los cultivares correspondientes a la subespecie *brachycalycinum*, por ejemplo: Clare y Nuba, se adaptan mejor a un suelo neutro (pH 6,6-7,3) o ligeramente alcalino (pH 7,4-7,8), de buena fertilidad y buen drenaje. En el grupo de la subespecie *yanninicum*, por ejemplo: Trikkala y Gosse, muestran una buena adaptación desde suelos neutros a moderadamente ácidos (pH 5,6-6) y de textura arcillosa, que permanecen temporalmente con un cierto nivel de anegamiento durante el invierno. Los cultivares de la subespecie *subterraneum*, por ejemplo: Nungarin, Seaton Park, Marrar, Antas, Campeda, Goulburn y Denmark, se encuentran adaptados a un rango más amplio de tipos de suelos. No obstante, prefieren el suelo neutro a ligeramente ácido (pH 6,1-6,5) o ligeramente alcalino, y de textura franca a ligeramente arcillosa (**Cuadro 25**).

Varietades: la clasificación más habitual que se hace con los tréboles subterráneos es por su precocidad. En Chile, dentro de los diversos cultivares probados en el ámbito mediterráneo semiárido a subhúmedo de la VI-VII regiones; se señalan materiales precoces, que inician la floración hacia fines de agosto (29-30): Nungarin, Dalkeith y Daliak; los medio-precoces, que inician la floración durante la primera quincena de septiembre (8-11): Geraldton y Seaton Park; los medio-tardíos, que inician la floración la segunda quincena de septiembre (17-30): Dinninup, Trikkala, Gosse, Marrar o Woogenellup, Nuba, Karridale, Clare, Goulburn, Karridale, y los tardíos, que inician la floración la primera quincena de octubre: Denmark (2).

De acuerdo a antecedentes proporcionados por estudios realizados en los centros experimentales de INIA, Hidango y Cauquenes, se recomiendan los siguientes cultivares de trébol subterráneo para las zonas agroecológicas pertinentes del secano mediterráneo.

- En la zona mediterránea semiárida (V y Región Metropolitana), se recomienda la mezcla de los cultivares Dalkeith + Nungarin + Seaton Park, para el secano de la costa y Nungarin, para el secano interior.
- En la zona mediterránea subhúmeda de la VI y VII Región, hasta el río Maule, las mezclas de Antas + Seaton Park + Goulburn, para el secano de la costa; Nungarin + Seaton Park + Dalkeith, para el secano interior y, Clare o Nuba + Seaton Park, para el secano de precordillera.

Cuadro 25. Zona de adaptación y requerimientos edafoclimáticos del trébol subterráneo.

Clima	Suelo ^{1 y 2}	Limitaciones
Mediterráneo semiárido a perhúmedo, en secano. V a IX Región.	Profundidad medio a delgado, franco a franco arcilloso. Eventualmente arcilloso.	Suelos arcillosos y muy ácidos.
Mediterráneo semiárido a subhúmedo, con riego eventual. V a VII Región.	pH neutro a ligeramente ácido o ligeramente alcalino.	

¹ Profundidad (m): muy profundo (0,6 o más), profundo (0,6-0,4), medio (0,4-0,25) y delgado (0,20 o menos).

² Acidez o alcalinidad (pH): neutro (6,6-7,3), ligeramente alcalino (7,4-7,8), moderadamente alcalino (>7,8), ligeramente ácido (6,1-6,5), moderadamente ácido (6,0-5,6) y fuertemente ácido (5,5-5,1).

- Al sur del río Maule (VII Región), se recomienda la mezcla de Antas + Clare o Nuba + Goulburn, para el secano de la costa y Seaton Park + Clare o Nuba, para el secano interior.
- Más hacia el sur en la región mediterránea húmeda (VII y VIII Región) y perhúmeda (IX Región), cobran importancia los cultivares Mount Barker + Goulburn + Karridale o Denmark, hasta el secano costero de la VIII Región y, Mount Barker + Karridale o Denmark, en el secano costero de la IX Región. En el secano interior de las regiones VIII y IX, se aconseja el cultivo de las mezclas Mount Barker + Goulburn + Clare o Nuba. Por último, para el secano de precordillera de la región húmeda y perhúmeda, los cultivares Clare o Nuba a Seaton Park, hasta el río Maule, VII Región; Clare o Nuba + Mount Barker + Goulburn, desde el río Maule al sur de la VII Región; Karridale o Denmark + Mount Barker + Goulburn (VIII Región), y Karridale o Denmark a Mount Barker, en la IX Región.

En general, en situaciones particulares de suelos que presentan exceso temporal de humedad, preferentemente durante el invierno (secano de la costa e interior de la VI y VII regiones, y secano interior de la VIII Región), se recomienda incorporar a la mezclas indicadas, una proporción de semilla de los cultivares Trikkala o Gosse.

Características agronómicas de la siembra: la recomendación de la dosis de siembra para el trébol subterráneo varía entre 6 y 15 kg/ha, de acuerdo al cultivar o cultivares utilizados, el tipo de preparación del suelo, el método de siembra (en línea o al voleo) y si es sembrado solo o asociado a otra especie. Cuando se siembra solo, se deben utilizar entre 12 y 15 kg/ha. Asociado a falaris en dosis de 9 kg/ha, se recomienda disminuir la dosis del trébol a unos 6 a 8 kg/ha. En esta última situación, dado el escaso vigor de establecimiento de la gramínea, es conveniente realizar la siembra en línea.

Debido a que se trata de una especie que se cultiva en secano, en donde existe una significativa variabilidad interanual de las precipitaciones y situaciones variadas de textura y drenaje superficial

del suelo, entre otras, es necesario seleccionar un número de cultivares de diferentes características que puedan minimizar los riesgos que se puedan presentar. El uso de un 50% de la dosis de semilla con la variedad mejor adaptada y un 25% adicional, con una variedad más precoz y otra más tardía, es una buena forma de afrontar la situación. A modo de ejemplo, se puede señalar para el secano de la costa de la VI Región, el uso de la variedad Antas (50%) con Seaton Park y Gosse (25% cada una). En el secano interior, dependiendo del grado de restricción hídrica y condición del suelo, se deberá privilegiar la variedad Seaton Park, acompañada de una material más precoz como Nungarin y uno más tardío como Antas. Asimismo, en condiciones de una mayor concentración de humedad durante el invierno, se deberá incluir la variedad Gosse, la que junto con ser más tolerante a dicha condición, también se adapta en mayor medida a suelos más arcillosos.

El trébol subterráneo debe ser sembrado en otoño preferentemente después de una primera lluvia efectiva. En el caso del secano mediterráneo costero de la VI Región, los mejores resultados se advierten en siembras realizadas una vez iniciado el período de las lluvias, entre la segunda quincena de abril y el mes de mayo. Mientras más se pueda adelantar la época de siembra, mayores serán las expectativas de lograr una mejor emergencia, desarrollo inicial de las plántulas y posterior establecimiento. Las siembras realizadas con temperaturas más bajas en junio repercuten negativamente sobre los aspectos antes señalados. En la actualidad, se dispone de semilla peletizada en que se ha incluido el rizobio correspondiente, como asimismo, productos químicos para el control de hongos del suelo y elementos nutricionales como boro y molibdeno. La semilla al tener este grado de protección, puede ser sembrada en polvo, previo al inicio de las lluvias (**Cuadro 26**).

Uso de la pastura: esta especie, dado su hábito de crecimiento rastrero, se adapta principalmente al pastoreo. No obstante, sola o en mezcla con falaris puede ser cosechada para la confección de heno o ensilaje. En el caso de una mezcla con falaris, deberán tomarse las providencias del caso que son señaladas a continuación en el análisis realizado para la gramínea.

Cuadro 26. Factores agronómicos a considerar en la siembra del trébol subterráneo.

Variedad/Cultivar	Mezcla	Época de siembra	Dosis de semilla (kg/ha) ¹
Seaton Park, Antas, Gosse, Campeda y Nuba.	Falaris y Ballica Anual.	Otoño.	Sola: 8 - 15 Mezcla gramínea: 6 - 8

¹ Falaris y Ballica Anual.

Porsu condición de especie anual de autosiembra, en el manejo del trébol subterráneo a pastoreo, deben tomarse en cuenta dos aspectos que se encuentran íntimamente relacionados entre sí: primero, se debe asegurar la persistencia de la especie entre años, y segundo favorecer su producción durante cada período de crecimiento. La producción es dependiente en gran medida de la producción de semilla de la temporada anterior y de la regeneración vía establecimiento de las plántulas. La cantidad de semilla producida cada año está sujeta, en gran medida, al rendimiento de forraje generado en ese año.

Una vez establecido el trébol después de la siembra, se recomienda no utilizar la pastura hasta que se haya producida la semilla. Si se ha logrado un buen establecimiento, a salidas de invierno puede efectuarse un pastoreo controlado de corta duración, con el objeto de controlar malezas de crecimiento erecto, como las gramíneas. Posteriormente, las plantas deben dejarse semillar, para volverlas a utilizar, cuando completen su ciclo de crecimiento. En el verano debe evitarse el sobrepastoreo, con el fin de no reducir la reserva de semillas, lo que puede limitar la regeneración de la pastura en la siguiente temporada, una vez reiniciada la estación de las lluvias.

Generalmente la defoliación por efecto del pastoreo del trébol subterráneo hasta el momento del inicio de la floración, es favorable para la posterior producción de la semilla. No obstante, cuando la defoliación se prolonga durante la producción de las flores, este estímulo suele ser desfavorable. Esto último parece estar más bien relacionada con presiones muy altas de pastoreo durante el período de floración. Una utilización muy intensa puede influir en la remoción de las inflorescencias y afectar el crecimiento de nuevas hojas.

Según diferentes estudios realizados en los Estados Unidos y Australia, con un pastoreo más moderado durante el período de floración y formación del cestillo, no disminuye la producción de semilla. Las hojas juveniles en desarrollo, que proveen de sustrato a cada inflorescencia, no quedan sombreadas y, en consecuencia, se incrementa la producción fotosintética para la formación de las semillas.

En resumen, la habilidad del trébol subterráneo para producir altos rendimientos de semilla, aún con una fuerte presión de pastoreo durante el período de floración y formación de la semilla, depende del cultivar y de las condiciones ambientales presentes hacia el término del período de crecimiento, especialmente de la disponibilidad hídrica en el suelo. Una buena provisión de agua durante la primavera suele disminuir en forma importante el riesgo de una baja producción de semilla. No obstante, es aceptable reconocer que en la mayoría de los años y para la mayoría de los cultivares, una utilización intensiva suele ser de alto riesgo.

Una vez completado el ciclo de crecimiento, una importante cantidad de semilla puede ser consumida por los ovinos, especialmente durante el período seco-estival (fines de primavera-verano-inicios del otoño) y, particularmente, cuando la disponibilidad de forraje es baja o, por un atraso en el inicio de las precipitaciones, se genera una extensión del período seco.

Un estudio realizado en Australia con capones a pastoreo -con una densidad de carga equivalente a 50 animales/hectárea por un período de 70 días durante el verano y otoño- sobre una pastura de trébol subterráneo en mezcla con trébol balansa muestra como el número de cestillos y cantidad de semilla del trébol subterráneo durante el período de pastoreo disminuyó de 4.472 a 253/m² y de 1.050 a 45 kg/ha, respectivamente.

La semilla consumida por los ovinos tiene un bajo porcentaje de supervivencia en su paso a través del tracto gastrointestinal de los animales (1,5%) y, en consecuencia, su contribución al banco de semillas viables es muy baja. La semilla que puede germinar incluida en las fecas de los animales presenta un nivel de establecimiento de sólo un 0,13%.

Si bien una disminución tan drástica del banco de semilla no es esperable en condiciones normales de utilización, este aspecto debe ser tomado en consideración, en especial, cuando el manejo se centra en aumentar la participación relativa del trébol subterráneo en la pastura. Sin embargo, en ambientes mediterráneos de Australia, hoy se reconoce la importante incidencia que tiene el consumo de semilla durante dicho período, sobre la persistencia de las leguminosas anuales en las pasturas. En consecuencia, se recomienda reducir la densidad de carga durante el período verano-otoño, o bien asegurar un cierto nivel de residuo de la pastura (300-400 kg m.s./ha), hasta el inicio de la estación de las lluvias.

Sobre esto último, los estudios realizados en el Centro Experimental Hidango, INIA Rayentué, sobre un total de 676 hectáreas de pasturas de trébol subterráneo y *falaris*, señalan que la estimación del banco de semilla, antes de la ocurrencia de la primera lluvia efectiva, es una medida válida para cuantificar el potencial de resiembra natural del trébol subterráneo. Las tres variables medidas (número total de semillas, número de plántulas inducidas artificialmente por medio de riego y número de semillas duras), en especial la segunda de ellas, son buenas estimadoras de la resiembra natural en terreno.

Las predicciones realizadas a través del análisis efectuado sin ajustes y con ajustes por concepto de recubrimiento total del suelo por *falaris*, su rebrote y el promedio de ambos, muestran una gran similitud. No obstante, la predicción realizada sin ajuste presenta mayores coeficientes de determinación en lo que respecta al número total de semillas y el número de plántulas emergidas. Luego, en la práctica, debido al menor costo en tiempo y mayor precisión, lo recomendable es medir sin ajuste por concepto de recubrimiento de la gramínea, el número total de semillas en el banco, previamente a la apertura de la

estación de las lluvias, Este es el mejor indicador de la regeneración potencial del trébol subterráneo en terreno.

En mezcla con *falaris*, el residuo senescente de esta gramínea presente durante la germinación y el establecimiento del trébol subterráneo retarda la germinación de la semilla y el crecimiento inicial de las plántulas de este último. La causa es la interacción negativa (alelopática) que ejerce *falaris* sobre el desarrollo de la raíz del trébol y, en consecuencia, sobre la nodulación de la leguminosa.

En consecuencia, una recomendación general para favorecer la participación del trébol subterráneo en una mezcla con *falaris*, deberá considerar un incremento de la presión de pastoreo durante parte del otoño y la primavera. Esta medida hace disminuir la competencia de la gramínea durante el reestablecimiento de las plántulas y el período de la producción de la semilla de la leguminosa. También podrá reducirse el posible efecto alelopático de *falaris* sobre el trébol.

No obstante, siempre hay que tener presente que uno de los momentos críticos para la regeneración natural del trébol subterráneo se concentra en la etapa de germinación hasta el establecimiento de las plántulas. El descalce mayormente producido por el pastoreo, y el pisoteo de los animales, desfavorece importantemente la capacidad de las plántulas para establecerse adecuadamente. La pastura puede ser pastoreada cuando ya se ha establecido, siempre que la altura del residuo de utilización se mantenga a lo menos a 3 cm sobre la superficie del suelo, hasta el momento previo a la floración. Al inicio de la floración es conveniente reducir la presión de pastoreo para asegurar el desarrollo de las semillas y, por lo tanto, la regeneración en los años subsiguientes. La persistencia de los glomérulos conteniendo las semillas es fuertemente afectada con un manejo de pastoreo inadecuado durante el período seco.

Es conveniente resaltar que durante el período seco, las semillas del trébol subterráneo son escarificadas naturalmente por las fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche. En consecuencia, si se deja una cantidad alta de forraje en ese período, puede

disminuir el número de semillas cuya cubierta seminal sea potencialmente permeable al agua y gases (escarificada), condición indispensable para que se inicie el proceso de germinación cuando corresponda. Del mismo modo, por efecto físico, podrá limitar el posterior desarrollo de las plántulas.

Al respecto, en el Centro Experimental Hidango (INIA Rayentué) se realizó un estudio con grupos de cultivares de origen australiano, español y portugués. Para el primero de ellos, en la primera temporada se determinó valores variables de escarificación natural: en las variedades precoces Nungarin 18% y Daliak 27%; en las variedades medio-precoces Geraldton 30% y Seaton Park 44%, y en las variedades medio-tardías Dinninup 22% y Marrar 46%. Al cabo de tres temporadas de escarificación, la mayoría de los cultivares alcanzaron niveles superiores al 90%. La excepción estuvo dada por los cultivares precoces: Nungarin, Dalkeith y Daliak que acumularon valores de 60, 84 y 87%, respectivamente.

Está claramente definido, que una mayor producción durante el invierno -momento más crítico de la disponibilidad de forraje en los sistemas de producción animal- es directamente proporcional al número de semillas en condiciones de germinar y de establecerse como plántulas.

De acuerdo a ello, para que una pastura pura (mono-específica) de trébol subterráneo sea reconocida como de óptima condición, requiere de al menos 1.000 a 2.000 plántulas establecidas/m². En términos generales, para tener una pastura de productividad aceptable cuando la escarificación anual de la semilla presente en el suelo es del orden de un 30-40%, se requiere la presencia de un banco de semilla de al menos 200 kg/ha, antes del inicio del período de lluvias cada año. Una pastura de alta producción se obtiene sólo con bancos de semilla entre 300 y 500 kg/ha. En la V y VI Región, de acuerdo a un diagnóstico realizado durante la temporada 1994 y 1995, sólo un 25 y un 15% de las pasturas analizadas cumplían con dicho requisito, respectivamente.

En un estudio realizado en el Centro Experimental Hidango (INIA) durante la temporada 1999, en 676 hectáreas de pasturas de una mezcla de trébol subterráneo y falaris, se señala que el 64,7% de la superficie estudiada presenta un banco de semilla

de medio a muy bajo y que la resiembra natural se presenta de media a muy baja en un 60,6%, de la superficie en cuestión.

Para las mediciones se establecieron escalas basadas en estudios realizados en Australia. En el primer caso de la escala relativa al banco de semilla (kg/ha) se consideró un nivel de: Muy Bajo (0-25), Bajo (26-50), Medio (51-80), Alto (81-110) y Muy Alto (>110).

Respecto al establecimiento (plántulas/m²), se consideró una densidad: Muy Baja (0 - 200), Baja (201 - 400), Media (401 - 600), Alta (601 - 800) y Muy Alta (> 800). Como referencia, se acepta que una densidad de unas 500 plántulas establecidas/m² de trébol subterráneo, en una pastura mixta con una gramínea perenne, es una densidad mínima adecuada para la leguminosa.

Para ser consecuente con el nivel de inversión que requiere el establecimiento y mantención de una pastura productiva, esta debería presentar al menos, un banco de semilla alto. Así se asegura la resiembra en un nivel productivo óptimo. En el caso de especies anuales como el trébol subterráneo existe una correlación directa entre el banco de semilla presente hacia fines del período seco-estival, la regeneración natural y el rendimiento de forraje de la pastura, principalmente, temprano en el período otoño-invierno.

En la opción de producir heno o ensilaje, la pastura debe ser rezagada hacia fines de invierno o temprano en primavera, cuando el trébol se encuentra en plena floración. La cosecha debe contemplar un residuo de unos 8 cm, para minimizar la colecta de glómérulos con sus correspondientes semillas. Con el mismo propósito es importante rotar los sitios de cosecha.

Estacionalidad del crecimiento y calidad del forraje: el trébol subterráneo, por tratarse de una especie anual de autosiembra que se adapta mayoritariamente a condiciones de clima mediterráneo, una vez germinadas las semillas inicia un nuevo período de crecimiento cuando comienza la estación de las lluvias.

Si la primera lluvia efectiva se produce temprano en otoño (abril), el trébol presentará un mejor establecimiento de las plántulas y un mayor

crecimiento inicial. En la medida que las precipitaciones sean más tardías, el crecimiento será más lento, a consecuencia de la menor temperatura durante el otoño (abril-junio). Luego, en los meses más fríos de invierno (julio-agosto) disminuye aún más el crecimiento del trébol. A partir del incremento de las temperaturas a salidas de invierno (septiembre) que coincide con la floración de la mayoría de los cultivares comerciales, excepto los más precoces, se incrementan en forma importante las tasas de crecimiento llegando, de acuerdo a la precocidad del cultivar, a un máximo de acumulación de forraje principalmente durante el mes de octubre.

Las plantas luego de cumplido su ciclo de crecimiento (octubre-noviembre), es decir, terminado el período de formación de la semilla, envejecen y mueren. En consecuencia, en la zona central mediterránea, durante el período seco comprendido normalmente entre octubre-noviembre y abril-mayo (6-7 meses de sequía), la pastura permanece sin crecimiento y en latencia. El banco de semilla promoverá la resiembra anual, cada vez que se manifieste una nueva estación de las lluvias.

El estudio en tréboles subterráneos de origen australiano, español y portugués, realizado en el Centro Experimental Hidango (INIA) durante las temporadas 1994 a 1996 señalan a los cultivares australianos: Seaton Park, Woogenellup o Marrar (semiprecoces) y Goulburn (tardío) como los más productivos, con rendimientos de 3.800, 4.250 y 3.950 kg m.s./ha, respectivamente. Los valores indicados representan el promedio del rendimiento acumulado de forraje de las temporadas 1994 (506 mm de agua caída) y 1995 (692 mm). En el grupo de los cultivares españoles destacan Coria, Areces y Gaitán con 4.500, 4.350 y 4.050 kg m.s./ha. Finalmente, los cultivares portugueses Sao Romao y Alter do Chao fueron los más productivos con rendimientos de 4.200 y 4.100 kg m.s./ha, respectivamente.

Durante 1994, a pesar de que llovió menos que en la temporada 1995, la producción de semilla fue altamente favorecida por una mejor distribución de las precipitaciones. En ese año los rendimientos de semilla fluctuaron entre 252 kg/ha en el cultivar Geraldton y 848 kg/ha en Daliak (australianos). En

el grupo de los españoles, varió entre 335 kg/ha, en Areces y 935 kg/ha, en Coria. Por último, en el grupo de los portugueses el rango fue entre 328 kg/ha, en Vinhais y 728 kg/ha, en Sao Romao.

En la temporada 1995, la restricción hídrica durante la primavera afectó la floración y fructificación de los cultivares, en especial en los más tardíos. De hecho, durante esta segunda temporada, se obtuvo una correlación negativa entre la precocidad de los cultivares y el rendimiento de semilla. Por ejemplo, en los cultivares australianos, el rendimiento más alto de semilla se obtuvo con los cultivares precoces (225 kg/ha en Daliak). El cultivar más tardío (Goulburn), sólo produjo un rendimiento de 5 kg/ha.

En conclusión, se advierten nuevos cultivares que presentan una mayor capacidad productiva que los cultivares tradicionalmente utilizados en condición mediterránea. Sin embargo, la variación interanual de las precipitaciones y más específicamente su distribución, afecta notablemente la producción de semilla, en especial, en aquellos cultivares más tardíos. Actualmente, las semillas de trébol subterráneos se comercializan en mezclas con otras especies y cultivares, como trébol balansa (*Trifolium michelianum*) y hualputra (*Medicago polymorpha*).

El trébol subterráneo posee un buen valor nutritivo, que disminuye en la medida que la planta madura, en especial hacia el término del proceso reproductivo o de formación de la semilla. No obstante que las plantas presentan un valor más bajo como forraje, una vez que envejecen, se mantienen importantes diferencias nutritivas entre las partes de la planta. Este hecho puede ser relevante en la persistencia de la pastura, puesto que los animales seleccionan primero las hojas y luego los frutos del trébol que contienen la semilla. Esta última estructura es más digestible en comparación a las otras partes de la planta.

3.2.2 Trébol balansa (*Trifolium michelianum*)

Características generales: el trébol balansa es una especie anual de autosiembra de muy buena adaptación al clima de tendencia mediterránea. Es recomendado para su establecimiento como pastura permanente, o bien puede ser utilizado en

rotaciones culturales cortas (2-3 años) a largas (3-5 años), sola o asociada a trébol subterráneo, falaris, ballica anual (Wimmera), entre otras.

Su hábito de crecimiento es semierecto, sin embargo, se presenta postrado cuando es sometido a pastoreo. Las hojas son glabras y de borde aserrado. Cuando no es pastoreada, produce un tallo grueso y hueco que es palatable y de buen valor nutritivo. Las hojas trifoliadas (al igual que el trébol subterráneo) presentan variadas formas y marcas típicas de las especies obtenidas a través de polinización cruzada. La floración se inicia hacia fines de septiembre y produce un gran número de inflorescencias o cabezuelas. Las flores presentan una corola de color rosado pálido a blanco, de apariencia similar a las del trébol blanco. La polinización es cruzada, por lo que las flores son muy atractivas para las abejas y para otros insectos polinizadores. La semilla una vez formada en las cabezuelas, se desgrana fácilmente y cae sobre la superficie del suelo.

Las semillas son de color amarillo, pardo o negro. Un kilo puede contener hasta 1.400.000 semillas, aproximadamente, con un rango de peso individual de 0,314-0,933 mg. En contraste, la semilla individual del trébol subterráneo de los cultivares australianos estudiados en el Centro Experimental Hidango (INIA) fluctúa entre 1,78 mg, en Goulburn y 4,72 mg, en Dalkeith. En general, un kilogramo de semilla de trébol subterráneo contiene alrededor de 100.000 a 150.000 unidades.

Requerimientos de clima y suelo: el trébol balansa es capaz de crecer en buena forma, en las mismas condiciones que crecen los cultivares de trébol subterráneo, los que para su óptimo desarrollo requieren al menos 450 mm de precipitación anual. Asimismo se comporta bien en suelos que sufren

anegamiento temporal durante el invierno, al igual que los cultivares de trébol subterráneo Trikkala y Gosse (subespecie: *yannicum*).

Se adapta mejor a suelos de textura media a pesada, fértiles y con pH ligeramente ácido a ligeramente alcalino (6-7,2). No obstante, también prospera en suelos de texturas limo-arenosas y limo-arcillo arenosas, de pH 5,5 a 8,5. Esta especie forrajera no es recomendada para su siembra en suelos arenosos, muy ácidos o muy alcalinos.

Su mayor potencial, lo mismo que la mayoría de los cultivares de trébol subterráneo disponibles actualmente en el mercado, se presenta principalmente en el secano de la costa de las regiones V (Provincia de San Antonio) y VI, y en el secano de la costa e interior desde la VII a la VIII Región. Si bien hoy no existe información suficiente respecto a su adaptación al secano mediterráneo de precordillera (VII-VIII regiones), se prevé un buen comportamiento en esa condición (**Cuadro 27**).

Varietades: el único cultivar disponible en el comercio hasta hace un tiempo era Paradana. Sin embargo, hoy en día se encuentran variedades como Bolta y Frontier, de carácter más tardío y precoz respectivamente, que tienen mayores posibilidades de persistir en ambientes con menor y mayor restricción hídrica, por ejemplo: en el secano de precordillera de la VII y VIII regiones y, de la costa sur de la V Región e interior de las regiones VI y VII.

Características agronómicas de la siembra: la siembra debe realizarse temprano en otoño, idealmente no más allá el mes de mayo en el secano de la costa de la VI Región, previa inoculación de la semilla con el mismo inoculante usado para la semilla de trébol subterráneo. Por tal

Cuadro 27. Zona de adaptación y requerimientos edafoclimáticos del trébol balansa.

Clima	Suelo ^{1 y 2}	Limitaciones
Mediterráneo semiárido a húmedo, en secano. V a VIII Región.	Profundidad medio, franco a arcilloso. pH. Neutro a ligeramente ácido o ligeramente alcalino.	Suelos arenosos, muy ácidos o muy alcalinos.

¹ Profundidad (m): muy profundo (0,6 o más), profundo (0,6-0,4), medio (0,4-0,25) y delgado (0,20 o menos).

² Acidez o alcalinidad (pH): neutro (6,6-7,3), ligeramente alcalino (7,4-7,8), moderadamente alcalino (>7,8), ligeramente ácido (6,1-6,5), moderadamente ácido (6,0-5,6) y fuertemente ácido (5,5-5,1).

motivo, no es necesario inocular si el terreno de siembra estuvo, en un pasado cercano, con una pastura de trébol subterráneo. Las siembras tempranas junto con un control apropiado de las malezas, por ejemplo la aplicación de presiembra con trifluralina favorece un rápido establecimiento de las plántulas y, en consecuencia, el logro de una menor mortalidad cuando existen factores ambientales negativos. Esto es crucial en la supervivencia de las plántulas sujetas a estados de anegamiento estacional durante el invierno.

Dado el tamaño de la semilla, la preparación del suelo debe propender a la obtención de una cama muy mullida. Por lo mismo, la profundidad de siembra no debe exceder de 1,5 cm y se debe cuidar que la semilla sea tapada adecuadamente. La dosis de siembra debe ser superior a 2 kg/ha y estará supeditada a la calidad de la preparación del suelo, el método de siembra utilizado (en línea o al voleo) y si el trébol es sembrado solo o asociado (Cuadro 28).

Uso de la pastura: esta especie se adapta muy bien al pastoreo (altura de residuo de 3-5 cm) y se presta muy bien para la henificación ya que, a pesar de poseer tallos huecos, puede ser enfardado fácilmente sin una pérdida excesiva de hojas. Sin embargo, los cortes para heno durante la temporada de siembra (año 1) pueden afectar la producción de semilla.

El trébol balansa ya establecido puede ser pastoreado desde la primera temporada de crecimiento. Esto ayuda al control de las malezas, especialmente cuando el pastoreo se realiza temprano en invierno. Durante el período invernal el pastoreo favorece el crecimiento más postrado de las plantas, no obstante, la decisión de pastorear deberá concretarse siempre que no se perjudique al trébol.

Por ser una especie de autosiembra, durante la primera estación de crecimiento el manejo deberá

orientarse hacia la optimización de la producción de semilla, para lo cual debe excluirse el pastoreo antes del inicio de la floración. Estudios realizados en el Centro Experimental Hidango (INIA), indican que un corte de la pastura (cv. Paradana) una vez iniciada la floración (29 de septiembre) repercute en forma importante en la habilidad de la especie para generar nuevas estructuras reproductivas. Esto es de vital importancia en el primer año de desarrollo de la pastura, debido a que se obtiene la producción de semilla necesaria para asegurar su persistencia.

Una vez que la semilla ha madurado en las cabezuelas, la pastura podrá ser utilizada nuevamente. Sin embargo, a pesar que la semilla es pequeña y más dura, es más consumida por los ovinos que las semillas de trébol subterráneo. Por lo tanto deberán tomarse algunas precauciones, en especial, al inicio del pastoreo del material senescente, pues los animales prefieren más las cabezuelas del trébol balansa que los cestillos del trébol subterráneo. Un estudio de pastoreo realizado en Australia, relativo a la supervivencia de la semilla de leguminosas forrajeras a través del tracto digestivo de ovinos, señala valores de 1,8; 14,9 y 75,6% para el trébol subterráneo, balansa y glomeratum (*Trifolium glomeratum*), respectivamente.

Una vez que se produce el desgrane y las semillas caen sobre la superficie del suelo, es mucho menos probable que sean consumidas por los animales, a menos que sean colectadas y acumuladas en montículos por insectos granívoros, esencialmente por algunas especies de hormiga, a la entrada de sus nidos.

La semilla de trébol balansa se escarifica de la misma forma que la del trébol subterráneo, es decir, naturalmente por efecto de las fluctuaciones de temperatura que se producen entre el día y la noche, durante el período seco-estival. Antecedentes proporcionados por el mismo estudio realizado

Cuadro 28. Factores agronómicos a considerar en la siembra del trébol balansa.

Variedad/Cultivar	Mezcla	Época de siembra	Dosis de semilla (kg/ha) ¹
Frontier, Paradana y Bolta.	Trébol Subterráneo.	Otoño.	Sola: 3 - 4 Mezcla leguminosa: 2 - 3

¹ Trébol Subterráneo.

en el Centro Experimental Hidango, señalan un ablandamiento de la semilla que va desde un 6,8% una vez maduras (noviembre), hasta un 33,3%, cuando se ha iniciado el período de las lluvias (mayo). La disminución progresiva de la cobertura vegetal de la pastura a consecuencia del pastoreo favorece el ablandamiento de la semilla.

Estacionalidad del crecimiento y calidad del forraje: en el Centro Experimental Hidango (INIA), desde 1994, se ha venido estudiando esta especie, entre otras, en un suelo de terraza marina de la serie Rosario. Al igual que el trébol subterráneo, el trébol balansa presenta un tipo de crecimiento sigmoideo, propio de las especies que crecen en ambientes mediterráneos. Las mediciones del crecimiento acumulativo de esta especie realizadas en 1995, señalan que las tasas de crecimiento durante el período otoño-invierno, van desde 2,5 kg m.s./ha/día, en el mes de junio, hasta 8,2 kg m.s./ha/día, en agosto. A partir de septiembre hasta inicios de octubre, las tasas alcanzaron un máximo de 79 kg m.s./ha/día lo que coincidió con el estado fenológico de botón (aproximadamente un 40%). Con posterioridad las tasas se hacen negativas observándose la máxima pérdida de forraje en noviembre (-22,5 kg m.s./ha/día). En Australia, mediciones efectuadas para esta especie, señalan tasas de crecimiento en invierno (julio-agosto) del orden de los 59 a 61 kg m.s./ha/día. Durante la primavera se han reportado tasas de hasta 150 kg m.s./ha/día.

Las tasas de crecimiento tienden a disminuir progresivamente en la medida que avanza la estación de crecimiento. La defoliación de una pastura de trébol balansa, si se realiza antes del inicio de la floración (29 de septiembre) presenta una buena recuperación en crecimiento y es capaz de reconstruir sus estructuras reproductivas. Por el contrario, si la defoliación ocurre una vez iniciada la floración, el crecimiento prácticamente se detiene y por ende la planta no es capaz de florecer.

Esto es consecuente con lo señalado por estudios australianos, que muestran una significativa disminución de la producción de semilla, con la utilización de la pastura una vez iniciada la floración. En consecuencia, se recomienda no pastorear esta especie en esta etapa, en especial cuando se desea lograr una máxima producción de semilla.

Durante las temporadas 1994 y 1995, con 505,5 y 691,6 mm de precipitación anual, respectivamente, se estimó la producción acumulada de forraje del trébol balansa. El porcentaje de materia seca de los tallos más las hojas fue de 63,5%, de las cabezuelas 26,9% y de las semillas de 9,6%. La semilla fue producida en 2.133 cabezuelas/m². Si bien el promedio de producción de forraje de ambas temporadas (3.357 kg m.s./ha) fue inferior al obtenido con algunos cultivares de trébol subterráneo como: Woogenellup o Marrar (4.250 kg m.s./ha), Goulburn (4.250 kg m.s./ha) y Seaton Park (3.803 kg m.s./ha); resultó similar al observado para el cultivar Trikkala (3.509 kg m.s./ha). Este último, al igual que el trébol balansa, y que el cultivar de trébol subterráneo Gosse, son recomendados para suelos con mal drenaje y/o sujetos a inundaciones periódicas durante el invierno.

La producción de forraje del trébol balansa se distribuye en un 3,1 en otoño; 18,3 en invierno, y 78,6% en primavera. Por su parte, los tréboles subterráneos presentan un menor crecimiento relativo que el trébol balansa en primavera. Durante la primavera de la temporada 1995 hubo una fuerte restricción de agua, condición que pudo ser la causa del menor crecimiento del trébol balansa en esa estación. Estudios efectuados en Australia señalan rendimientos potenciales entre los 4.500 y 6.000 kg m.s./ha.

Respecto a la producción de semilla, durante la temporada 1994 se obtuvo un rendimiento de 365 kg/ha, con diámetros desde 0,421 a 0,840 mm (35,5%); 0,841 a 1,000 mm (61,3%) y superior a 1,000 mm (3,2%). El peso individual de la semilla para esas categorías de diámetros fue de 0,488; 0,684 y 0,810 mg, respectivamente. El peso medio de la población de semillas cosechadas fue estimado en 0,665 mg/semilla.

Sin embargo, durante la temporada 1995, a pesar que el agua caída fue mayor que en la temporada anterior, la producción de semilla fue de sólo 26,9 kg/ha. Esto se pudo deber, en parte, a la mala distribución de las lluvias produciéndose un importante déficit hídrico durante el período de floración y fructificación (octubre-noviembre). En gran parte de ese período, el contenido de humedad de los primeros 20 cm del suelo fue cercano al porcentaje de marchitez permanente (P.M.P.=4,75-

5,35% de humedad) debido a que en la estación sólo cayeron 15 mm. En Australia, se han obtenido rendimientos de semilla de hasta 1.000 kg/ha, cifra bastante mayor que las obtenidas en ambas temporadas en Chile.

Al igual que en el trébol subterráneo, la semilla de trébol balansa sufre un proceso de escarificación natural durante el período seco-estival (noviembre-abril), que condiciona que parte de la semilla se encuentre en condiciones de germinar una vez iniciada la estación de las lluvias, entre abril y mayo. En el secano de la VI Región, este valor ha alcanzado un 26,3%, que es similar al encontrado en Australia para semillas con capacidad para germinar al inicio de la estación de las lluvias (32,8%).

Antecedentes también de Australia señalan un alto valor nutritivo del heno de trébol balansa, cuyos contenidos de proteína cruda entre un 12 y 18%, y una digestibilidad de un 76 a 82%. Esto lo hace ser muy similar a un buen heno de trébol subterráneo.

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca varía de acuerdo al estado de madurez fisiológica de la planta. Se indican valores de alrededor de un 67% durante marzo y abril, y de 75 a 80% entre junio y agosto, para volver a declinar en primavera.

Estudios *in vivo* de la materia seca y materia orgánica, de material proveniente de una pastura senescente rezagada y recolectada a partir de enero indican digestibilidades de la materia orgánica del orden de un 56,7 en toda la planta; 50,9 en los tallos; 64,6 en las hojas; 57,7 en las cabezuelas con semillas; 34,1 en las cabezuelas sin semillas y, 97,9% en las semillas. Aún más, en una pastura mixta de trébol subterráneo con trébol balansa pastoreada por ovinos entre enero y abril, la digestibilidad de la materia orgánica de la pastura fluctuó entre un 55,9%, con una disponibilidad inicial de 5.432 kg m.s./ha, y un 39,1%, con una disponibilidad final de 97 kg m.s./ha.

3.2.3 Hualputra (*Medicago polymorpha*)

Características generales: la hualputra es una leguminosa anual de resiembra, que presenta una amplia zona geográfica de naturalización en el país (aproximadamente desde los 30 a los 39° L.S.). En el secano mediterráneo esta especie ha sido

reconocida como un recurso promisorio de establecer en rotación con cereales.

De hábito de crecimiento semierecto, esta especie es capaz de formar pasturas densas con alturas de hasta 50 cm en primavera. Su sistema radical es, en general, más profundo que el de los tréboles subterráneos, lo cual lo hace ligeramente más resistente al déficit hídrico. Posee hojastripladas, igual que los tréboles, más o menos vellosas, de forma acorazonada y a veces con márgenes aserrados. La mayor longitud del pecíolo central respecto a los laterales, permite diferenciar a este género (*Medicago*) del género *Trifolium* (trébol subterráneo y balansa). Las flores, papilionáceas, son amarillas y autógamas igual que el trébol subterráneo; solitarias o conformadas en racimos, generalmente de 2 a 4 flores. Los frutos son legumbres, denominados gloquídeos, en forma de barril o de discos más o menos aplanados y están constituidos por varios espirales. Pueden presentar espinas largas a intermedias, o bien estar desprovistas de ellas. A diferencia del trébol subterráneo, los frutos no presentan la particularidad de ser enterrados naturalmente en el suelo, por lo que son más vulnerables al pastoreo.

Requerimientos de clima y suelo: la hualputra forma parte del pastizal natural mediterráneo desde la IV a la VIII Región, zonas donde llueve entre los 145 mm en la región árida (IV) y los 1.000 mm en la región húmeda (VIII) aproximadamente. No obstante, en términos productivos, requiere de al menos 250 mm de precipitación anual y una estación de crecimiento mínima de unos cuatro meses. Esta situación es más frecuente desde la V Región al sur.

Con respecto a otras especies de medicagos anuales, desarrolladas mayormente en Australia, la hualputra tiene la habilidad para adaptarse a suelos neutros a ligeramente ácidos. Así muestra un buen crecimiento en suelos con pH ligeramente ácidos (6,1-6,5), neutros (6,6-7,3) y ligeramente alcalinos (7,4-7,8). Si bien es sensible a suelos que presentan un mal drenaje, se adapta a una amplia gama de texturas de suelo, desde las francas a las arcillosas (**Cuadro 29**).

Varietades: en el país no existe un programa nacional de producción de semilla de hualputra.

Cuadro 29. Zona de adaptación y requerimientos edafoclimáticos de la hualputra.

Clima	Suelo ^{1y2}	Limitaciones
Mediterráneo semiárido a subhúmedo, en seco. V a VIII Región.	Profundidad medio, franco a arcilloso. pH neutro a ligeramente ácido o ligeramente alcalino.	Suelos de mal drenaje.

¹ Profundidad (m): muy profundo (0,6 o más), profundo (0,6-0,4), medio (0,4-0,25) y delgado (0,20 o menos).

² Acidez o alcalinidad (pH): neutro (6,6-7,3), ligeramente alcalino (7,4-7,8), moderadamente alcalino (>7,8), ligeramente ácido (6,1-6,5), moderadamente ácido (6,0-5,6) y fuertemente ácido (5,5-5,1).

No obstante, los australianos han creado dos cultivares de origen chileno: Serena y Santiago. Estos cultivares son muy precoces para el seco mediterráneo subhúmedo a húmedo, pero si se adecuan, en especial Santiago, para ser cultivados en condiciones de mayor aridez, o bien en territorios más húmedos del seco interior. Asimismo han desarrollado otro cultivar llamado Circle Valley, que a diferencia de los anteriores es de menor precocidad, lo que le confiere una mejor adaptación a condiciones mediterráneas más húmedas.

En 1989 se inició en Chile un programa de investigación orientado a la colecta y selección de hualputras, con el objeto de obtener uno o dos cultivares comerciales. En la actualidad, se dispone de una amplia gama de ecotipos o accesiones con diversos rangos de precocidad, lo cual se expresa en el número de días transcurridos entre la emergencia de las plántulas y la aparición de la primera inflorescencia. La precocidad de estos materiales fluctúa entre los 70 y 109 días (fruto glabro o sin espinas) y entre los 82 a 123 días (frutos con presencia de espinas). También se ha determinado que hay una estrecha correlación positiva entre la latitud de recolección y la precocidad de la accesión. Es decir, los materiales recolectados más hacia el norte son más precoces y más al sur son más tardíos.

Como resultado de los trabajos de selección de materiales naturalizados de hualputra, existen en la actualidad dos cultivares nacionales: Combarbalá - INIA y Cauquenes - INIA, para los cuales aún no existe disponibilidad de semilla en el mercado. A futuro debiera ampliarse la liberación de nuevos cultivares, que presenten mejor adaptación y productividad a las distintas realidades del seco. Por ejemplo, para el seco interior de la VI Región se señalan las ventajas productivas que muestra el

cultivar Cauquenes. Sin embargo, existe una accesión como Rapel, que debiera ser trabajada con dicho propósito.

De acuerdo a estudios regionales realizados por INIA en el ámbito mediterráneo del país, es posible recomendar las siguientes variedades:

- En la zona árida de la IV Región, tanto en el seco de la costa e interior como en la precordillera, los cultivares Serena o Combarbalá INIA.
- En la zona semiárida de la regiones V y Metropolitana, se recomienda el cultivar: Serena o la mezcla Combarbalá INIA y Santiago.
- Para la zona subhúmeda de la VI y VII Región, para el seco costero se propone la incorporación de cultivares en mezcla como: Santiago, Cauquenes INIA y Circle Valley y, Serena o Combarbalá INIA y Santiago, y para seco interior, los cultivares Santiago, Cauquenes INIA y Circle Valley.
- Finalmente, para la zona húmeda del seco de la costa e interior de la VIII Región, se recomienda la mezcla Cauquenes-INIA y Circle Valley.

No obstante, en el caso de los cultivares más precoces recomendados para la zona árida, el grado de incertidumbre producido por las variaciones interanuales significativas de las precipitaciones -en donde la hualputra sólo puede transformarse en un importante recurso forrajero en años normales a lluviosos- hace aconsejable limitar, según sea el caso, el área de recomendación desde el río Choapa al sur. Para la zona semiárida,

con precipitaciones entre los 300-400 mm, se recomiendan cultivares de menor precocidad como Santiago, que requiere de, al menos, 120 días para completar su período de crecimiento. Para la zona subhúmeda y húmeda, los nuevos cultivares incorporados, como Cauquenes INIA y Circle Valley que presentan una precocidad muy similar y requieren condiciones que posibiliten al menos unos 5 meses (150 días) de período de crecimiento.

Características agronómicas de la siembra: la hualputra se siembra en otoño (abril-mayo) dependiendo del inicio de la estación de las lluvias, idealmente, después de una precipitación que permita terminar las labores de preparación de suelo y realizar la siembra con un mínimo de riesgo de sequía posterior. En la medida que se atrasa la siembra, se reduce la capacidad de la semilla para germinar y de la plántula para establecerse adecuadamente. Esto ocurre principalmente a partir de siembras efectuadas en junio, especialmente en la zona subhúmeda a húmeda. La disminución de las temperaturas desfavorece dichos procesos y, en consecuencia, se disminuye el potencial productivo de la pastura. Esta leguminosa anual también pueden ser sembrada en polvo, sin embargo, el riesgo es mayor cuando el período de sequía se prolonga, se desfavorece la efectividad del inoculante o bien se aumenta la pérdida de semillas por acción de animales granívoros.

Independiente de la corrección de los niveles de ciertos nutrientes en el suelo, en especial del fósforo (válido para todas las leguminosas), es indispensable inocular la semilla con el rizobio específico para la hualputra (*Rhizobium meliloti*). En un pastizal natural degradado la contribución de la hualputra es baja o nula. En esas condiciones la población de rizobios está muy deprimida o bien es inexistente. Los resultados de estudios indican que el peletizado de la semilla favorece en gran medida la sobrevivencia del inóculo en siembras en polvo. El peletizado con dolomita o con roca fosfórica, o la simple inoculación de la semilla usando como

adherente agua azucarada, han dado también buenos resultados.

La dosis de siembra con semilla no peletizada de 12 a 15 kg/ha, y con semilla peletizada debe ser mayor, de 15 a 18 kg/ha. En situaciones extremas ya sean climáticas, o bien de no lograr una preparación adecuada del suelo, se recomienda usar hasta 20 kg/ha. Al usar en mezcla con otras especies, se debe definir la importancia relativa de cada cultivar en la mezcla (kg/ha de semilla, por cultivar), de acuerdo a las características del sitio. Se aconseja sembrar en hilera con maquinaria para localizar la semilla y el fertilizante a la profundidad adecuada: 1 y 2 cm, en ningún caso podrá exceder de 3 cm.

Su utilización en rotaciones con cereales por períodos entre 2-4 años, que junto con fortalecer los sistemas de producción ganaderos permite, por ejemplo: mejorar la estructura del suelo; aumentar los tenores de nitrógeno y de materia orgánica; economizar en fertilizantes nitrogenados y romper ciertos ciclos de enfermedades de la raíz de los cereales, en especial del trigo, que disminuyen sus rendimientos (**Cuadro 30**).

Uso de la pastura: aunque la hualputra es de hábito de crecimiento semirrecto, en condiciones de pastoreo desarrolla una estructura de planta más rastrera, forma en la cual es mejor utilizada. Es una especie recomendada principalmente para rotaciones con cereales, en cuyo caso siempre se debe sembrar sola, nunca en mezcla con gramíneas anuales, principio válido para cualquier leguminosa anual considerada en una rotación cultural de este tipo. En primavera cuando la altura de planta ha sobrepasado los 40 cm y la acumulación de forraje es superior a los 2.000 kg m.s./ha, se puede cosechar para conservación de forraje, especialmente en forma de heno.

La hualputra una vez sembrada o regenerada naturalmente, a fin de asegurar su persistencia por un número de años, deberá ser sometida al mismo

Cuadro 30. Factores agronómicos a considerar en la siembra de la hualputra.

Variedad/Cultivar	Mezcla	Época de siembra	Dosis de semilla (kg/ha)
Serena, Santiago y Circle Valley.	-	Otoño.	Sola: 12 - 15

manejo que se le hace al trébol subterráneo. Sin embargo, debido a la posición de sus inflorescencias es muy susceptible a disminuir, en forma importante, su capacidad de producción de semilla al ser sometida a pastoreo durante el período de floración, en especial durante el año de siembra. La utilización que se decida hacer en este primer año debe efectuarse a salidas de invierno, siempre que el establecimiento haya sido adecuado y las condiciones del suelo lo permitan; sólo con el propósito de controlar malezas, especialmente cuando dominan gramíneas altas. En este caso el manejo de pastoreo debe orientarse a favorecer el consumo de las gramíneas y no de la hualputra. No obstante, la mayoría de las veces el manejo general en el año de establecimiento debe considerar un rezago hasta que los frutos estén formados, para asegurar un banco de semilla adecuado.

De acuerdo a un estudio realizado en el secano interior de la VI Región, los cultivares recomendados para el secano de la costa e interior inician la floración entre el 21 (cv. Serena) y el 29 de agosto (cv. Santiago), y los más tardíos el 8 (cv. Circle Valley) y el 9 de septiembre (cv. Cauquenes INIA). En resumen, para asegurar una adecuada producción de semilla, se requiere de al menos un período de cinco meses, en los cultivares más tardíos.

Una vez que los frutos han alcanzado la madurez, caen sobre el suelo, donde son más susceptibles de ser consumidos por los animales, por no tener un mecanismo de enterramiento como el que posee el trébol subterráneo.

En estudios australianos se reitera la importancia de manejar bien el residuo senescente de la pastura de hualputra a través del período seco-estival. Un buen manejo de utilización asegura el resguardo del banco de semilla y posibilita su escarificación natural. Ambos aspectos favorecen que un mayor número de semillas con potencial germinativo, tenga la posibilidad de establecerse como plántula. Lo mismo que el trébol subterráneo, los mayores rendimientos de forraje, en especial temprano en invierno después de la regeneración natural, se obtienen a partir de densidades más altas de plántulas establecidas.

Al respecto señalan que durante el período verano-otoño los ovinos pueden consumir en pocas semanas (durante el período verano-otoño), importantes cantidades de semilla (trébol subterráneo y hualputra) y si no se controla el pastoreo pueden eliminar el banco de semilla en el suelo en una sola temporada. Además la sobrevivencia de la semilla a través del paso por el tracto digestivo del ovino es muy afectada por la masticación y acción del líquido ruminal. De hecho, se han registrado valores de 6,6 y 2% de recuperación de semilla viable a través de las fecas, cuando los ovinos consumieron frutos pequeños con un alto y bajo nivel de semilla dura, respectivamente. Cuando el consumo estuvo referido a frutos de mayor tamaño, la recuperación fue de sólo 4,2 y 1,1%, respectivamente. En conclusión, la supervivencia de la semilla depende en gran medida del tamaño del fruto consumido y del grado de semilla dura presente. Un mayor tiempo de rumia representa una mayor probabilidad de que las semillas duras incluidas en frutos más grandes sean lesionadas por la masticación y posteriormente digeridas por la acción del líquido ruminal.

En la medida que disminuyen los residuos de forraje sobre el suelo, aumenta la escarificación natural de las semillas en el fruto. Un estudio realizado en el secano interior de la VI Región (Comuna de La Estrella) señala valores acumulativos de escarificación de la semilla de cultivares más precoces y más tardíos, en cuatro períodos secos de verano (**Cuadro 31**). De acuerdo a los valores medidos, la normal a baja tasa de escarificación lograda en un primer período, refuerza aún más la necesidad de asegurar un banco de semilla óptimo durante el primer período de crecimiento.

Cuadro 31. Valores acumulativos de escarificación de la semilla de hualputra.

Cultivares	Períodos seco-estivales			
	1	2	3	4
Más precoces				
Serena	7,9	18,8	41,7	70,4
Santiago	2,2	10,1	38,0	61,7
Más tardíos				
Cauquenes - INIA	5,8	13,1	49,2	72,9
Circle Valley	3,0	14,1	35,7	61,0

En estudios de Australia se señala que para obtener una pastura altamente productiva y asegurar una resiembra natural se requiere disponer de un banco de semilla suficiente para obtener unas 1.200 a 3.000 plántulas/m². Se considera que una pastura es buena cuando presenta rangos de densidad de resiembra natural de 600 a 1.000 y una mala de 100 a 250 plántulas/m².

Luego de completado el proceso de resiembra anual e idealmente superada la etapa de establecimiento de las plántulas, la pastura puede ser pastoreada intensamente cuidando que la altura de residuo sea mayor a 5 cm, antes del inicio de la floración. Una vez que ésta se inicie, se debe reducir la presión de pastoreo para favorecer la floración, fructificación y, maduración de los frutos y semillas.

Estacionalidad del crecimiento y calidad del forraje: la producción de forraje de las leguminosas anuales depende de la duración del período de crecimiento. Existe una relación directa entre rendimiento acumulativo de forraje y la extensión del período de crecimiento, por lo que los cultivares más precoces son menos productivos que los tardíos. Sin embargo, en el secano, la siembra de mezclas de cultivares de diversos grados de precocidad favorece la persistencia de la pastura. En años de precipitaciones escasas o de mala distribución de las lluvias, los cultivares más precoces toman ventajas respecto a los cultivares más tardíos. Por el contrario, cuando el balance hídrico en el suelo se extiende por un período suficiente para favorecer al cultivar más tardío, toda la mezcla se beneficia, pero en especial estos últimos.

Las tasas de crecimiento de la hualputra, a menos que la siembra o regeneración sea muy temprana (abril), son más bajas en otoño y aumentan durante el invierno, especialmente hacia fines de la estación, cuando suben las temperaturas y la humedad del suelo aún es adecuada. Durante la primavera cuando ambos factores del medio se presentan en mejores condiciones, se expresa su máximo potencial de crecimiento.

Con los cultivares precoces y la presencia de factores limitantes como la humedad, es posible esperar rendimientos de forraje de 2.000 a 4.000 kg m.s./ha, entre junio y octubre y, con los cultivares más

tardíos y sin mayores restricciones de humedad, el rendimiento puede alcanzar los 8.000 kg m.s./ha, entre mayo y noviembre.

En el secano interior de la VI Región, para el primer período de crecimiento de la pastura, se midió valores de 2.160 kg m.s./ha, en el cultivar Serena, y 4.008 kg m.s./ha, en la accesión Los Mayos. El cultivar Cauquenes-INIA fue ligeramente menos productivo (3.358 kg m.s./ha) que las accesiones Los Vilos (3.488 kg m.s./ha) y Rapel (3.741 kg m.s./ha). Sin embargo, después de tres temporadas de evaluación, los materiales más promisorios resultaron ser la accesión Los Mayos, el cultivar Cauquenes INIA y, las accesiones Rapel y Los Vilos. Los cultivares Circle Valley, Serena y Combarbalá INIA tuvieron los menores rendimientos promedio de forraje. No cabe la duda que, al desarrollar nuevas accesiones, como Los Mayos, Rapel y Los Vilos, se dispondría de mejores materiales para ser utilizados en mezclas, especialmente en el secano interior de las regiones VI y VII.

La calidad del forraje obtenido de hualputra es muy alta, siendo comparable con el tenor de proteína bruta presente en la alfalfa. En los estados de prefloración y senescencia se ha determinado hasta un 25 y 11-12% de proteína, respectivamente. Durante el período de prefloración la digestibilidad ha sido estimada entre un 74 y 76%. La producción de trigo después de una pastura de hualputra también ha sido superior a las logradas en los sistemas tradicionales del secano interior de la VII Región. Esto ratifica la alta capacidad que tiene esta especie de fijar nitrógeno atmosférico.

3.2.4 Falaris (*Phalaris aquatica*)

Características generales: el falaris es una planta forrajera perenne recomendada para su establecimiento como pastura de larga duración o permanente (seis o más años). Se adapta a las condiciones de clima mediterráneo de veranos secos con temperaturas más altas y sin precipitaciones, e inviernos húmedos donde las lluvias normalmente se concentran y coinciden con las más bajas temperaturas.

Crece formando macollas que originan una champa sobre la superficie del suelo. Sus hojas sin pelos son de color verde azulado, con lígula (más alta al

centro, redondeada y con el borde superior aserrado) y sin aurículas, y se ubican en la base de la planta durante el período vegetativo, y en los nudos superiores del tallo cuando la planta empieza a espigar. La prefoliación es enrollada. Las vainas de las hojas presentan una pigmentación rojiza que sirve para la identificación de la especie. La inflorescencia es una panícula alargada y compacta, con espiguillas uniflorales. La semilla es pequeña y presenta un brillo dorado muy característico.

En la base de los tallos, muchas veces en contacto con el suelo, la planta desarrolla unos engrosamientos redondeados, en donde acumula reservas a final de la estación de crecimiento, es decir, cuando la planta ha florecido. Estas especies de tubérculos (macollos) permiten que la planta ya con su follaje muerto soporte el período seco que, normalmente en el Chile mediterráneo comprende parte de la primavera, el verano y parte del otoño. El rebrote en otoño se produce a partir de aquellos engrosamientos que han sobrevivido a esa situación. Puede desarrollar un buen sistema de raíces, aún durante la temporada de establecimiento, que le permite prospectar eficientemente por agua y nutrimentos.

Requerimientos de clima y suelo: en Chile esta forrajera se adapta a zonas del secano mediterráneo con una pluviometría anual superior a los 450 mm (Provincia de San Antonio, V Región hacia el sur), siempre que los suelos sean profundos y fértiles. Las situaciones más desmejoradas, en la V y R.M., sólo permiten una buena persistencia de esta planta en condiciones de riego eventual, idealmente aplicado a inicios de otoño y en primavera. Entre el secano de la costa de la VI Región y la Provincia de Arauco (VIII Región), se encuentra la mejor área para su cultivo. La presencia de un régimen hidrológico más positivo y la ocurrencia de

temperaturas más moderadas favorecen el establecimiento de pasturas permanentes.

En el secano costero de la VI Región (Centro Experimental Hidango, INIA) es posible encontrar pasturas productivas con más de veinte y cinco años de edad. En el secano interior, y sólo a partir de la VI Región al sur, la persistencia de esta especie está más definida por la forma en que se distribuyen las lluvias y por las características de los suelos usados. Asimismo, las condiciones de precordillera que reúnan estas características, y no presenten limitaciones muy severas de heladas, pueden significar una buena perspectiva de adaptabilidad para esta especie.

El falaris se adapta a una gran variedad de suelos, pero persiste mejor en aquellos profundos, fértiles y que presentan una textura más bien media (franca) a pesada (arcillosa). En suelos delgados y/o livianos (arenosos) su persistencia es fuertemente afectada. Tolerancia un amplio rango de acidez de suelo (idealmente un pH no inferior a 5,5) y su sistema radical profundo, entre otras características, contrarresta eficientemente la sequía estival (idealmente no superior a los seis meses), o bien la producida durante el período de crecimiento, como consecuencia de un balance hidrológico negativo.

Esta situación quedó claramente manifiesta en estudios de adaptabilidad y persistencia de cultivares de falaris, ejecutados en el Centro Experimental Hidango (INIA) desde el otoño de 1997. Las pasturas establecidas en dicho año, en suelos profundos con adecuada fertilidad, se sobrepusieron exitosamente a la falta de agua extrema que se presentó en parte del otoño e invierno de 1998. En la época de las lluvias, esta planta puede soportar períodos largos de encharcamiento (**Cuadro 32**).

Cuadro 32. Zona de adaptación y requerimientos edafoclimáticos del falaris.

Clima	Suelo^{1y2}	Limitaciones
Mediterráneo subhúmedo a húmedo, en secano. VI a VIII Región.	Fértil y profundo.	Suelos delgados y arenosos.
Mediterráneo semiárido a húmedo, con riego eventual. V, R.M. a VIII Región.	Franco a arcilloso. pH neutro a moderadamente ácido. Presenta tolerancia al mal drenaje.	

¹ Profundidad (m): muy profundo (0,6 o más), profundo (0,6-0,4), medio (0,4-0,25) y delgado (0,20 o menos).

² Acidez o alcalinidad (pH): neutro (6,6-7,3), ligeramente alcalino (7,4-7,8), moderadamente alcalino (>7,8), ligeramente ácido (6,1-6,5), moderadamente ácido (6,0-5,6) y fuertemente ácido (5,5-5,1).

Variedades: prácticamente los únicos cultivares comerciales disponibles son de origen australiano. Secundariamente, existen algunos cultivares locales utilizados en EE.UU., Israel y Argentina. Los cultivares pueden ser agrupados en dos tipos. Activos en invierno, por ejemplo: Siroso, Sirolan, Holdfast, Landmaster y Perla, y semi activos en invierno, por ejemplo: Australian, Seedmaster y Uneta.

Mientras el grupo de los activos durante el invierno es más palatable y productivo en otoño e invierno, el grupo de los semiactivos está más adecuado para persistir en condiciones desfavorables de suelo y de manejo del pastoreo. Esto último se debe, preferentemente, a su hábito de crecimiento más postrado y un menor grado de sincronización en su desarrollo.

El primer cultivar disponible fue Australian (australiano corriente). Sin embargo, debido a su escaso vigor de plántula, crecimiento invernal lento, fácil desgrane de la semilla, menor resistencia a la sequía y baja dormancia natural durante el período estival (semi-dormante) ha sido desplazado por cultivares como Seedmaster, que si bien es similar a Australian, posee mayor resistencia al desgrane y, en cierta medida, semillas más grandes que propician un mayor vigor de plántula y por lo tanto un mejor establecimiento inicial.

Variedades más recientes a Australian, por ejemplo Sirocco, Sirolan y Siroso, se caracterizan por un hábito de crecimiento más erecto, color de las hojas más claras, y semillas y plántulas más grandes y vigorosas. Presentan un mejor crecimiento en otoño e invierno, mayor latencia y resistencia a la sequía durante el período seco. Respecto a esto último, Sirocco supera a Sirolan y Siroso. Pero, Sirolan y Siroso poseen una mayor capacidad para producir semilla y contienen menos alcaloides que Sirocco. Siroso junto a Sirolan, fueron los cultivares más recomendados para las condiciones mediterráneas subhúmedas a húmedas del país, entre los años 80'. Sin embargo, Siroso sigue siendo hoy un cultivar exitosamente cultivado en dicho territorio.

Desde 1997 a la fecha, se han validado nuevos materiales provenientes de EE.UU. (Perla) y Australia (Holdfast, Landmaster y Uneta). El cultivar Perla destaca por su tamaño de semilla, vigor de plántula y producción temprana de forraje. Es de

hábito de crecimiento, incluso más erecto que Siroso y Sirolan, sin embargo, produce macollos más pequeños y es muy susceptible al desgrane de la semilla. El cultivar Holdfast es de hábito de crecimiento más postrado, mejor macolladura y buena producción de forraje, casi comparables a Siroso y Sirolan. Similar comportamiento muestra Landmaster, pero es menos productivo durante el período otoño-invierno. Uneta es el cultivar menos atractivo de todos, aunque similar a Australian, pero menos productivo.

Características agronómicas de la siembra: el *falaris* es de lento establecimiento y no tolera en buena forma la competencia con malezas u otras plantas forrajeras sembradas en mezcla, debido al pequeño tamaño de la semilla que fluctúa, según el cultivar, entre unas 542 a 710 semillas por gramo. En consecuencia, la plántula es muy pequeña y de escaso vigor, presentando un lento establecimiento en terreno. La excepción está dada por algunas leguminosas anuales, como el trébol subterráneo y balansa, que a mediar una apropiada dosificación de la semilla durante la siembra, no perjudica el establecimiento de *falaris*. Una vez establecido no se comporta como una buena colonizadora por semilla en el lugar de siembra, excepto en terrenos aledaños a la pastura, en donde la semilla es transportada principalmente por las aves. No obstante, si se dan algunas condiciones, especialmente aquellas que tienen que ver con el laboreo o modificación del microrelieve superficial del suelo, pueden enfrentar un menor efecto competitivo con otras especies.

La semilla comercial a usar debe ser la producida durante la primavera anterior, cuya capacidad germinativa es del orden de un 75% o más, ya que la semilla guardada de segundo año, la germinación disminuye en forma importante a niveles de hasta un 50%.

La siembra idealmente debe ser realizada en línea, con maquinaria especializada, utilizando entre 10-15 kg/ha de semilla. Al sembrarlo asociado, por ejemplo con cultivares de tréboles subterráneos, las dosis recomendadas son de: 9 kg/ha de semilla de *falaris* y 6-8 kg/ha de semilla del trébol. En ciertas condiciones favorables, el *falaris* también se puede asociar con *lotera* (*Lotus corniculatus*), ya que ambos presentan un lento establecimiento.

Para el crecimiento óptimo de falaris, no se recomienda su establecimiento asociado a un cereal, en especial con avena, a no ser que la dosis de la avena sea lo suficientemente baja (10-15 kg/ha) como para no afectar, dado su mayor vigor de plántula, el establecimiento del falaris.

En el caso de siembras al voleo, se requiere aumentar la dosis de semilla a unos 20 kg/ha. Sin embargo, en lo posible esto debiera evitarse ya que su establecimiento se ve fuertemente afectado, aún más, si la preparación del suelo no es la adecuada, la siembra se realiza en polvo y el tapado de la semilla no es el apropiado para esta especie.

La época óptima de siembra es el otoño. Las siembras tempranas dan los mejores resultados, siempre que las lluvias sean abundantes y frecuentes. Ello coincide con temperaturas más adecuadas para un mejor desarrollo y establecimiento de las plántulas. Sin embargo, la variabilidad en las lluvias de otoño puede significar una importante mortalidad de plantas por falta de humedad. Si bien lo mejor es sembrar con suelo húmedo, también se puede sembrar en polvo, pero previendo que se producirá una primera lluvia efectiva lo antes posible, para que se induzca la germinación de la semilla. El daño por consumo de semilla por las aves puede ser relevante.

Las siembras más tardías son riesgosas, ya sea por exceso de humedad o por las temperaturas más bajas, condiciones que afectan el desarrollo de las plántulas y las hacen más vulnerables a la competencia con malezas.

En el secano costero central (regiones V, VI y VII), la época más propicia es hacia la segunda quincena de mayo a primera quincena de junio, asegurando la terminación de la preparación del terreno y la siembra cuando las condiciones de humedad y temperaturas son aún las más ventajosas. Las

siembras más tardías sólo son posibles en siembra directa (labranza cero). Lo importante para esta especie es asegurar un período de crecimiento de al menos cinco a seis meses. Con ello se posibilita el desarrollo óptimo del sistema radical que permite a la planta acumular reservas en los macollos localizados en la base de los tallos, para persistir sin inconvenientes durante su primer período de sequía estival obligada (**Cuadro 33**).

Uso de la pastura: dadas sus características, esta especie es esencialmente para pastoreo. En ocasiones puede ser cosechada y acondicionada como heno o silo. Durante el primer año una pastura bien establecida (otoño) podrá ser pastoreada hacia fines del invierno (agosto) sólo en el caso de presentarse una invasión de malezas, en especial de aquellas de crecimiento erecto. Como el objetivo central es el consumo de las malezas, se recomienda un pastoreo breve, no muy intenso, y cuando el suelo esté firme y no muy húmedo, de modo de evitar la destrucción de las plantas y macollos en formación, por efecto del pisoteo de los animales. Lo importante es tener el cuidado de dejar un residuo de pastoreo no inferior a 15 cm. Si el establecimiento ha sido inadecuado, o bien existe algún factor limitante del medio, por ejemplo, algún período de estrés hídrico, se deberán tomar las máximas precauciones, al punto de rezagar su uso para favorecer la persistencia de la pastura.

Durante el período de máximo crecimiento (primavera), lo más conveniente es mantener la pastura sin ser pastoreada, para favorecer el desarrollo de su sistema radical, la conformación de sus centros de reservas (macollos) y así acumular las reservas que le permitan sobrellevar el primer período seco-estival. Es importante hacer notar que sólo aquellos macollos que den origen a una estructura reproductiva (panícula) podrán ser capaces de cumplir dicho cometido. Además, un macollo mejor desarrollado y con mayor

Cuadro 33. Factores agronómicos a considerar en la siembra del falaris.

Variedad/Cultivar	Mezcla	Época de siembra	Dosis de semilla (kg/ha) ¹
Holdfast, Sirolan y Sirosa.	Trébol subterráneo.	Otoño.	Sola: 10 - 15 Mezcla leguminosa: 8 - 12

¹Trébol subterráneo.

acumulación de reservas, podrá rebrotar con mayor vigor durante el otoño siguiente.

La dormancia que inicia esta especie en la primavera y que culmina normalmente a fines de la estación seca, está sujeta a la dominancia apical de los centros de crecimiento debido a la floración, al aumento de las temperaturas, la disminución de la disponibilidad de agua en el suelo, y al sombreadamiento.

Durante el período estival, la pastura senescente podrá ser utilizada con mayor propiedad, hasta el inicio del rebrote en el otoño, cuando disminuyen las temperaturas y aumenta la humedad del suelo debido a las precipitaciones. En la zona mediterránea húmeda el rebrote se inicia en marzo y en la semiárida, en mayo. En una pastura mixta con leguminosas anuales, por ejemplo, trébol subterráneo, el residuo seco de falaris dejado hacia inicios del otoño debe ser entre 300-500 kg m.s./ha, que permita la germinación y el establecimiento de esta última especie.

En las temporadas siguientes el falaris puede ser pastoreado intensamente a lo largo del año. Sin embargo, es aconsejable realizar períodos de rezago para reponer sus reservas. Como norma general, la pastura debe utilizarse cuando tenga al menos unos 20 cm de altura, y dejarse en rezago a los 7-10 cm de altura de residuo de pastoreo o corte, para no perjudicar la formación de los macollos o tubérculos que se forman en la base de los tallos que florecen, y de este modo proteger la persistencia de las plantas.

Este manejo es más importante para el grupo de cultivares activos en invierno que para los semiactivos. Los primeros tienen mayor persistencia al manejar un pastoreo rotacional con períodos de rezago de 4 a 6 semanas, lo que permite pastorear la pastura dos o tres veces, antes de la elongación del tallo floral en primavera, siendo más relevante cuando el pastoreo se realiza con ovinos que con bovinos. Los cultivares semiactivos pueden ser utilizados en forma más intensa, son más tolerantes al pastoreo continuo (residuo de pastoreo: 5 cm) y el beneficio que se obtiene al ser pastoreados rotativamente es muy pequeño. No obstante, se ha demostrado que ambos tipos de falaris pueden sustentar una carga animal similar.

En primavera una vez iniciada la elongación del tallo floral la pastura puede utilizarse continuamente con una carga animal no muy alta, pues de lo contrario, en la siguiente temporada se verá afectado el crecimiento y la densidad de plantas. Cuando se presenten períodos de déficit hídrico, se deberán reforzar las medidas de manejo, bajando aún más la carga animal. De todas formas deberá darse una fertilización adecuada para ayudar a una mejor persistencia de la misma.

En condiciones de riego el falaris no debe regarse durante el verano, pues por la dormancia fisiológica que presenta durante el período estival, no es capaz de aprovechar un suministro de agua adicional. No obstante, riegos eventuales hacia fines de verano e inicio del otoño (marzo-abril), cuando los mecanismos de dormancia han sido desbloqueados, aseguran un importante crecimiento inicial y una estratégica acumulación de forraje durante el invierno. Asimismo, riegos estratégicos durante la primavera, junto con favorecer un mayor crecimiento, fortalecen la acumulación de reservas en la planta y refuerzan la capacidad de la especie para producir semilla. Esto último es especialmente válido para el caso de semilleros, los cuales se recomienda localizarlos en sitios edafoclimáticos (suelo y clima) adecuados y con un manejo agronómico integral, es decir, con manejo del riego, fertilización, control de malezas, entre otros, dada la susceptibilidad de la especie al déficit hídrico durante el período de producción de semilla.

En cuanto a fertilización es una especie exigente, especialmente de nitrógeno, siendo aconsejable sembrarlo en mezcla con leguminosas anuales, de preferencia. Además, la planta responde bien a la aplicación de fertilizantes fosforados y se define como muy sensible a la carencia de azufre. Tanto el nitrógeno como el fósforo son los elementos tradicionalmente limitantes del secano mediterráneo para el desarrollo de las plantas. También, los bajos contenidos de materia orgánica de esos suelos implicarían la necesidad de fertilizar con azufre, en especial cuando se manejan con sistemas de producción extractivos de este elemento, como es el ovino respecto a la producción de lana. Del mismo modo, la insuficiente disponibilidad de potasio en algunos suelos podría llegar a representar un factor limitante.

Estacionalidad del crecimiento y calidad del forraje:

uno de los aspectos más relevantes respecto al crecimiento del falaris es la presencia de una dormancia estival causada, por el aumento progresivo de la temperatura y el déficit de humedad en el suelo. Esta característica es valiosa en términos de persistencia en las condiciones de clima mediterráneo. En condiciones normales, la producción de forraje durante el invierno y primavera es superior a otros recursos probados en esa situación, pero su gran ventaja es su habilidad para rebrotar temprano en otoño, incluso antes del inicio de la estación de las lluvias. Hacia la primavera se inicia el espigado, simultáneamente comienza el engrosamiento de los entrenudos de la base del tallo, y al mismo tiempo desarrolla su sistema radical profundo.

Una vez producida la maduración de la semilla, los tallos y hojas completan su fase de senescencia, se secan y quedan los tubérculos vivos, pero dormantes, hasta que la primera lluvia efectiva y la disminución de las temperaturas de otoño desbloquean la inactividad fisiológica de los macollos y entran en actividad las yemas axilares. Un sistema de utilización que no permita a la planta formar estos engrosamientos, que son la base del rebrote otoñal, o que favorezca la defoliación durante el rebrote, hace peligrar la persistencia de la planta, especialmente a lo largo del período estival.

En el Centro Experimental Hidango (INIA) se midió la tasa de crecimiento máximo durante tres temporadas de establecimiento (1997-1999) en otoño, invierno y primavera, de los cultivares Sirosa, Holdfast y Perla (**Cuadro 34**).

En cuanto al rendimiento acumulado de forraje durante las temporadas de establecimiento (1997/

1999), las variedades más productivas fueron Perla, Sirosa y Sirolan con una producción de forraje promedio del orden de las 10, 10 y 9,6 t m.s./ha, respectivamente. No obstante el rendimiento de forraje, la mayor producción de semilla promedio para las temporadas de establecimiento fue de 277, 222 y 180 kg/ha, para los cultivares Holdfast, Landmaster y Australian, respectivamente

El falaris presenta un buen valor nutritivo mientras se encuentra en su fase vegetativa (otoño e invierno). Pero una vez que se inicia el encañado (inicios de primavera) y posteriormente la espigadura (mediados de primavera), hasta su senescencia total (fines de primavera), este valor disminuye en forma importante. A modo de ejemplo, para el cultivar Sirosa entre el período vegetativo y senescente, ello representó variaciones en los contenidos de proteína total de: 22,3 a 2,6%; digestibilidad m.s.: 91,7 a 45,7%; valor «D»: 83,5 a 41,6%; fibra detergente ácida (FDA): 19,7 a 47,5%; energía metabolizable: 2,99 a 1,63 Mcal/kg y cenizas: 10,0 a 8,2%.

Esta especie contiene alcaloides que lo hacen tóxico para los animales domésticos que, en algunas situaciones, pueden ocasionarles la muerte. La intoxicación se produce por la utilización de la planta a pastoreo en períodos de luminosidad baja; pasturas muy densas; suelos ricos en nitrógeno y, temperaturas elevadas. Sus efectos se pueden prevenir, pero no curar, mediante el suministro de cobalto a los animales. La solución al problema es la utilización de pasturas en las cuales falaris no sea dominante. Sin embargo, aún en el país no se conocen casos de intoxicaciones. Algunos cultivares como Sirolan y Sirosa, como los introducidos más últimamente al país: Holdfast y Landmaster, se han seleccionado por su bajo contenido de alcaloides.

Cuadro 34. Rangos de tasas de crecimiento de tres cultivares de falaris.

Cultivar/Línea	Otoño			Invierno			Primavera		
	(kg m.s./ha/día)								
Sirosa ¹	3,9 - 23,9			8,7 - 47,1			92,4 - 429,7		
Holdfast ¹	1,7 - 16,7			26,8 - 29,9			79,2 - 371,0		
Perla ²	5,9 - 27,2			52,0 - 68,6			40,3 - 441,3		

¹ Cultivar.

² Línea.

3.2.5 Ballica anual (*Lolium rigidum*)

Características generales: es una especie anual de resiembra, que puede ser utilizada en pasturas permanentes, sola o en mezcla con leguminosas anuales, especialmente trébol subterráneo.

Presenta un hábito de crecimiento predominantemente erecto, similar a algunos tipos de ballica inglesa (*Lolium perenne*), aunque sus hojas son más anchas y se presentan en menor cantidad. Su raíz es fibrosa. Por el envés las hojas son muy brillantes, con nervios bien destacados en el haz y, se desarrollan y emergen enrolladas dentro de la vaina. La lígula es membranosa, transparente y corta. Las aurículas son de tamaño variable. Sus tallos son delgados y ascendentes. La floración es una espiga parecida a la ballica inglesa, aunque más larga y con las espiguillas más espaciadas, más largas y estrechas. Las semillas son de tamaño mediano (400-500 semillas/g) y en general sin aristas. Una vez completado su ciclo anual, la semilla se desgrana y cae sobre el suelo, desde donde puede germinar y establecerse fácilmente con la primera lluvia efectiva.

Requerimientos de clima y suelo: al igual que las especies de leguminosas anuales de autosiembra, la persistencia de la ballica anual se basa, en gran medida, en su alto potencial de producción de semilla. No obstante, esta capacidad se ve importantemente limitada cuando las condiciones del medio, especialmente las hídricas, no se manifiestan en forma adecuada. A pesar de ello, presenta una mayor plasticidad respecto a otras especies, como trébol subterráneo, especialmente cultivares intermedios a tardíos y falaris.

En el secano mediterráneo, la ballica anual se adapta a un mínimo anual de precipitación de unos 350

mm, con un período de crecimiento de al menos 5 meses. Se desarrolla bien en distintos tipos de suelos, de preferencia los de textura franca a arcillosos sin excesiva humedad, y con un buen drenaje superficial. Se adapta a condiciones de salinidad y tolera un amplio rango de pH (5,0-8,0), aunque presenta un óptimo crecimiento entre pH 5,8 y 6,8.

Como consecuencia de su ciclo de crecimiento anual, precocidad y resistencia a la sequía, su cultivo se recomienda desde el secano de la costa e interior de la V Región hasta el secano interior de la IX Región. No obstante, hacia el sur donde hay mejores condiciones de humedad, las ballicas italianas (*Lolium multiflorum*), también de ciclo anual, son más productivas (**Cuadro 35**).

Variedades: los únicos cultivares existentes son los australianos Wimmera (actualmente comercializable en el país) y Merredin Early. Este último, es más precoz y más resistente a la sequía que Wimmera. Sólo a partir de 1997, se encuentran en evaluación, con promisorios resultados, algunas accesiones nacionales provenientes de la V y VI regiones.

Características agronómicas de la siembra: dadas las características del secano de la VI Región, la época de siembra es en otoño, idealmente abril y mayo, en dosis de 10 a 30 kg/ha. Cuando es posible sembrarla temprano sola, en un suelo bien preparado y con una máquina especializada, basta con ocupar entre 15 a 20 kg/ha. Si el suelo no pudo ser preparado adecuadamente, la siembra se atrasa o sólo se tiene la posibilidad de sembrar al voleo, se recomienda usar la dosis máxima de 30 kg/ha. En situaciones más extremas, en que se ha mejorado la condición del pastizal natural mediterráneo mediante accesiones de ballica anual, se ha requerido utilizar dosis mínimas de 80 kg/ha. La semilla utilizada proviene de plantas seleccio-

Cuadro 35. Zona de adaptación y requerimientos edafoclimáticos de la ballica anual.

Clima	Suelo ¹ y ²	Limitaciones
Mediterráneo semiárido a húmedo, en secano. V a VIII Región.	Profundidad media, franco a ligeramente arenoso y arcilloso con buen drenaje. pH neutro a ligeramente ácido.	Susceptible a enfermedades fungosas al follaje.

¹ Profundidad (m): muy profundo (0,6 o más), profundo (0,6-0,4), medio (0,4-0,25) y delgado (0,20 o menos).

² Acidez o alcalinidad (pH): neutro (6,6-7,3), ligeramente alcalino (7,4-7,8), moderadamente alcalino (>7,8), ligeramente ácido (6,1-6,5), moderadamente ácido (6,0-5,6) y fuertemente ácido (5,5-5,1).

nadoras de semilla de cereales, y es de bastante menor costo que la comercializada en el mercado.

En mezcla con otras especies, sólo se recomienda su establecimiento en pasturas permanentes e idealmente con leguminosas, como el trébol subterráneo. Debido a su agresividad, especialmente durante la fase de establecimiento, la dosis de siembra debe ser entre 8 y 12 kg/ha (**Cuadro 36**).

No se recomienda sembrar ballica anual en mezcla con especies de leguminosas anuales, como el trébol subterráneo, trébol balansa y hualputra, para incluir en rotaciones con trigo y avena. La presencia de la ballica agrava la incidencia de enfermedades de la raíz en el trigo. Aún más, algunas poblaciones de ballica presentan resistencia a los herbicidas que se usan normalmente para el control de las malezas en trigo. Una de los objetivos más importantes que se persiguen con el uso de leguminosas forrajeras en rotación con cereales, es la obtención de una pastura de leguminosas, libre de gramíneas anuales como la ballica.

No es recomendable su asociación a falaris. Primero, porque esta gramínea perenne, por su mayor potencial de rendimiento de forraje, debe ser sembrada en suelos más productivos que los potencialmente a usar con la ballica anual. En el caso específico de la zona central y centro sur del país (regiones V-VIII), el falaris se recomienda sembrarlo en mezcla con tréboles subterráneos. En cambio la ballica anual, sola o en mezcla con trébol subterráneo, es más aconsejable para sitios del secano costero con limitaciones, por ejemplo, de poca profundidad efectiva de arraigamiento o degradados, o bien, para el secano interior, en que por razones de una menor humedad disponible, el falaris pierde en forma importante su capacidad productiva y su persistencia en el medio (Cuadro 36).

Uso de la pastura: es una especie que se adapta muy bien para ser utilizada directamente por los animales a pastoreo, o bien en corte para heno o ensilaje. Por

tratarse de una especie de resiembra es prioritario promover la regeneración natural de la pastura en las temporadas sucesivas a la siembra. En consecuencia deberá adecuarse el manejo de pastoreo o corte, especialmente durante la fase de floración, fructificación y maduración de la semilla. La cosecha para conservación debe ser hecha temprano en primavera, para asegurar un rebrote orientado a la producción de semilla. En el caso específico de la confección de heno deberá evitarse la extracción de cantidades importantes de semilla con la cosecha.

Durante el período seco-estival, la ballica puede ser pastoreada con menores precauciones que las requeridas para la hualputra, trébol balansa y trébol subterráneo. La semilla madura de ballica se desgrana fácilmente y cae sobre la superficie del suelo y su germinación es potenciada por su exposición a la luz cuando se inicia el período de lluvias. Además, junto con tener una gran habilidad para germinar y establecerse como plántula desde la superficie del suelo, es aún más beneficiada, con el manejo del microrelieve del suelo. No obstante, lo mismo que cualquier especie anual de autosiembra, una vez iniciada la estación de las lluvias, antes de iniciar el pastoreo es necesario esperar que las plantas se hayan establecido adecuadamente.

Estacionalidad del crecimiento y calidad del forraje: tratándose de una especie mediterránea, presenta la misma forma de crecimiento que la de las leguminosas anuales y falaris. En los **Cuadros 37 y 38**, se indican resultados de mediciones de tasas de crecimiento máximas diarias y rendimiento acumulado de forraje durante tres temporadas de establecimiento (1997 a 1999), del cultivar de ballica Wimmera y de las accesiones Hidango y Leyda, respectivamente.

La producción promedio de semilla estimada durante las temporadas de establecimiento, fue de 1.519, 1.475 y 1.663 kg/ha, para los materiales Wimmera, Hidango y Leyda, respectivamente.

Cuadro 36. Factores agronómicos a considerar en la siembra de la ballica anual.

Variedad/Cultivar	Mezcla	Época de siembra	Dosis de semilla (kg/ha) ¹
Wimmera.	Trébol subterráneo.	Otoño.	Sola: 15 - 20 Mezcla leguminosa: 8 - 12

¹ Trébol subterráneo.

Cuadro 37. Rango de tasas de crecimiento diario de la ballica anual.

Cultivar/Accesión	Otoño	Invierno	Primavera
	(kg m.s./ha/día)		
Wimmera ¹	19,8 - 28,7	47,5 - 198,2	86,8 - 365,6
Hidango ²	17,4 - 27,9	34,9 - 165,0	104,0 - 380,2
Leyda ²	20,0 - 33,9	52,8 - 144,4	62,5 - 258,2

¹ Cultivar.

² Accesión.

Cuadro 38. Rendimiento acumulado de forraje de la ballica anual.

Cultivar/Accesión	Año			Promedio
	1997	1998	1999	
(kg m.s./ha)				
Wimmera ¹	19.637	6.290	19.719	15.215
Hidango ²	16.997	9.022	18.115	14.711
Leyda ²	17.961	6.905	14.025	14.025

¹ Cultivar.

² Accesión.

Lo mismo que otras especies, el valor nutritivo de ballica depende del estado fenológico o madurez fisiológica en que se encuentre. Por su parte, ejemplos de análisis hechos a materiales provenientes de siembras realizadas en la localidad de Pumanque (secano interior, VI Región), muestran rangos de proteína total de 27,9%, hacia fines del otoño (estado vegetativo), 7,2% en invierno (inicio del período reproductivo) y 3,3% en primavera (semilla

formada). La digestibilidad del forraje fue estimada en valores de 92,9, 89 y 70,3% y, finalmente, la energía metabolizable entregó valores de 3,05, 2,98 y 2,42 Mcal/kg, para los mismos períodos. Adicionalmente, la calidad nutritiva del forraje también se evaluó en el Centro Experimental Hidango (INIA), en estado vegetativo; inicio y durante el estado reproductivo y, al completar su ciclo de crecimiento (**Cuadro 39**).

Cuadro 39. Valor nutritivo del forraje de ballicas anuales.

Cultivar	Proteína total (%)	Digestibilidad m.s. (%)	Valor D (%)	FDA ¹ (%)	Energía ² (Mcal/kg)	Cenizas (%)
Invierno (estado vegetativo)						
Wimmera	19,1	90,8	81,3	24,5	2,92	10,7
Hidango	16,7	90,1	80,7	23,3	2,90	11,0
Leyda	17,5	91,2	81,9	23,7	2,94	10,4
Fines de invierno (inicio estado reproductivo)						
Wimmera	8,1	79,3	73,2	33,7	2,66	6,8
Hidango	8,1	85,8	79,4	28,4	2,86	7,0
Leyda	7,8	82,1	76,0	31,7	2,75	6,9
Mediados de primavera (plena etapa reproductiva)						
Wimmera	5,2	74,7	70,6	34,4	2,57	5,1
Hidango	6,0	71,8	66,5	36,4	2,44	6,2
Leyda	6,3	74,0	68,6	34,8	2,51	6,6
Fines de primavera (ciclo de crecimiento completado)						
Wimmera	2,9	50,5	46,3	54,4	1,78	7,1
Hidango	3,9	51,0	46,6	51,1	1,97	6,7
Leyda	4,2	53,1	52,1	52,3	1,83	6,6

¹ Fibra detergente ácida.

² Energía metabolizable.

4. SIEMBRA DE RECURSOS FORRAJEROS

El mejoramiento de los recursos forrajeros por medio del uso de especies se siembra es uno de los aspectos relevantes que aseguran una mejor alimentación del ganado. Mediante la incorporación de especies mejoradas a través de la semilla, se favorece en forma importante la disponibilidad de forraje, se reducen los efectos de la estacionalidad de la producción y se facilita un mejor aporte en cuanto a valor nutritivo de la pastura.

A diferencia de la situación en riego, en el secano mediterráneo existen importantes gradientes climáticos y de suelos, siendo el establecimiento de pasturas altamente dependiente de dichas condiciones ambientales. Por tal motivo, para ser exitoso en el establecimiento de una pastura, se requiere en primer lugar, un apropiado conocimiento del sitio en donde se pretende realizar dicho establecimiento.

Resulta evidente que la preparación del terreno de siembra y las normas técnicas de establecimiento difieren de acuerdo a cada sitio. No obstante, existen principios generales que proporcionan las herramientas necesarias para ser exitoso en el cumplimiento de este objetivo.

De igual manera, resulta fundamental por la inversión que significa, contar con objetivos claros de utilización del recurso a establecer, con el fin de que la toma de decisiones se simplifique en pos de un objetivo preciso.

4.1 Procesos que intervienen en el establecimiento de una pastura

En el establecimiento de una pastura intervienen fundamentalmente tres procesos, que son la germinación de las semillas, la emergencia de las plántulas y el establecimiento propiamente tal.

La germinación de una semilla representa un proceso que culmina con la aparición de la radícula en las leguminosas y el desarrollo simultáneo del coleóptilo y radícula en las gramíneas forrajeras, como consecuencia de la ruptura de la testa o cubierta seminal. Este proceso depende tanto de

factores exógenos como la humedad, temperatura, luz, entre otros y, de factores intrínsecos de la semilla como impermeabilidad al agua y gases (semillas duras), latencia o dormancia fisiológica, entre otros.

La emergencia de las plántulas es la aparición de ellas sobre la superficie del suelo a partir de los cotiledones (en número de dos en las leguminosas y uno en las gramíneas). Esta fase, que es mayormente dependiente, entre otros, del tamaño de la semilla, de la profundidad de siembra, de los impedimentos físicos del suelo, la temperatura, la humedad, es de suma importancia para la sobrevivencia de la plántula. La semilla al emerger, previo al inicio del proceso de la fotosíntesis, utiliza sus propias reservas. En consecuencia, en la medida que éstas se agotan, la plántula no podrá emerger (gateo).

El establecimiento propiamente tal se refiere al número de plántulas que persisten inicialmente, es decir, a partir del primer o segundo mes después de la siembra. Normalmente, se expresa como porcentaje sobre el número total de semillas viables sembradas.

4.1.1 Germinación de la semilla

Para asegurar el éxito en la germinación de una forrajera, se requiere disponer de una adecuada humedad en el suelo, cubrir la semilla para certificar un eficaz intercambio de humedad para la germinación (contacto semilla-suelo) y, favorecer la protección de la semilla contra la desecación y animales predadores.

Es conocido que la germinación de las semillas en condiciones controladas (laboratorio) es superior a la realidad observada en terreno. En algunas especies existen relaciones matemáticas sencillas para estimar la capacidad germinativa de las semillas en el suelo. Por ejemplo en *falaris*, ésta es igual a la capacidad germinativa en laboratorio $\times 0,33$. Sin embargo, no es un cálculo válido para todas las especies.

La germinación en o sobre la superficie del suelo es la respuesta a una primera lluvia efectiva, es decir, aquel monto de precipitación que asegura el establecimiento de las pasturas en condición de secano. No obstante, la duración de la lluvia es

más importante que el monto aportado. Más aún, un período posterior de dos a tres días de nubosidad junto a temperaturas no limitantes es muy favorable para la germinación de la semilla.

Los cambios en el suministro de agua durante la germinación que signifiquen ciclos de imbibición y desecación, pueden ser dañinos para el cumplimiento del proceso. Normalmente, las tasas con que las semillas forrajeras absorben agua son similares a las tasas de deshidratación. Sin embargo, en la práctica el hecho de que una semilla que sufre un proceso de desecación durante la imbibición o después, durante la fase de acondicionamiento metabólico previo a la emisión de la radícula; tiene mayores probabilidades de completar su ciclo y germinar. Por el contrario, estudios realizados en lotera señalan que la desecación del embrión durante la tercera y última fase de la germinación, es decir ya al momento de la emisión de la radícula, significa la muerte del mismo.

En consecuencia, el logro de un buen contacto de la semilla con el suelo húmedo es un factor importante para asegurar una buena tasa de imbibición de agua por la semilla, y lograr así una buena germinación final. Normalmente en la literatura se indica que una inadecuada preparación de la cama de semilla es el principal factor que limita la germinación de las semillas en una siembra. Esto es más crítico en texturas de suelos arenosos o en condiciones de sequía. El método de siembra aceptado como más ventajoso es aquel en que la semilla es presionada sobre el suelo en su parte inferior, inmediatamente de localizada, en vez de presionar el suelo sobre la semilla cuando ésta se cubre.

Las semillas de las plantas forrajeras pueden germinar en un amplio rango de temperaturas. No obstante, el rango óptimo para especies de clima templado es entre 15 y 20°C. El mayor efecto de la temperatura radica en su relación con la tasa de germinación.

La capacidad de una semilla para germinar rápidamente, en respuesta a una mayor restricción hídrica, no es necesariamente una ventaja debido a que el embrión o la plántula pueden morir en caso que la restricción se mantenga. Por ejemplo, en esas condiciones, una especie de lenta germinación como el *falaris* puede establecerse en

una forma más eficiente que una especie de rápida germinación como trébol subterráneo.

De ahí que las semillas de especies que normalmente crecen y se desarrollan en ambientes con mayor restricción hídrica, como la hualputra, presentan mayores dificultades para germinar en esas condiciones. Lo contrario sucede con semillas de especies que persisten en ambientes más benignos desde el punto de vista de disponibilidad hídrica (trébol subterráneo). Esto es consecuente con la sobrevivencia de la especie y obedece a un mecanismo evolutivo.

Asimismo, existen evidencias de que los residuos de cultivos dejados sobre la superficie del suelo, en especial aquellos en pie, mejoran la germinación y establecimiento final de las plántulas. La razón estaría relacionada con el mejoramiento de la capacidad de retención de humedad del suelo, la moderación de variables micro-ambientales en la superficie del mismo (como temperatura) y el incremento de la actividad de lombrices. No obstante, una excesiva cantidad de residuos puede crear un impedimento mecánico para la emergencia y desarrollo inicial de las plántulas, o bien, generar la liberación de sustancias químicas tóxicas que depriman la germinación de las semillas forrajeras e inclusive el desarrollo de sus plántulas. En algunas circunstancias menos probables, como la siembra de invierno, la germinación puede verse afectada por la disminución de la temperatura del suelo debido a residuos.

Un ejemplo es el caso del *falaris*, que es muy susceptible a la presencia de compuestos provenientes del lavado de tejidos de gramíneas anuales. Asimismo, el trébol subterráneo se muestra muy disminuido en su germinación ante productos tóxicos derivados de especies de malezas como pasto delgado (*Vulpia sp*) y cebadilla (*Hordeum leporinum*). Incluso dentro de una misma especie, como es el caso de la siembra de alfalfa en un sitio que viene precedido de un cultivo anterior con dicha especie.

Se observan claros indicios del efecto positivo que significa el peletizado de las semillas de especies forrajeras sobre el mejoramiento de la imbibición de agua y, aumento de la tasa de germinación y germinación final.

Del mismo modo resulta importante asegurarse que la calidad de la semilla a usar sea la mejor, es decir, que cumpla con los niveles de germinación y pureza requeridos por norma, para conseguir los objetivos planteados.

4.1.2 Penetración de la radícula al suelo

Respecto al inicio del crecimiento de las plántulas, la deshidratación del ápice radicular durante la penetración al suelo es de vital importancia. Estudios realizados en ambiente controlado señalan que las radículas de algunas forrajeras estudiadas no son capaces de sobrevivir desecaciones que vayan más allá de las cinco horas. Eso indica que las radículas deben penetrar al suelo lo más rápido posible para escapar a esta posible situación. Los suelos bien preparados (mullidos) favorecen eficientemente el cumplimiento de dicho objetivo, más aún, las variaciones del microrelieve y la presencia de residuos de tejidos vegetales son favorables a la penetración de la radícula, al proveer una superficie heterogénea y de protección.

Las radículas de las gramíneas entran al suelo con menos dificultades que las radículas de las leguminosas, debido a que ellas se relacionan físicamente mejor con el suelo (anclaje), presentan un mejor ángulo de penetración y un más pequeño diámetro radicular. Las radículas de las leguminosas tienden a crecer primeramente a lo largo de la superficie del suelo hasta encontrar un lugar adecuado de entrada. Mientras tanto en las gramíneas, la radícula tiende a ingresar al suelo más directamente evitando con ello la exposición a la desecación.

4.1.3 Emergencia de las plántulas

La presencia humedad adecuada en el suelo durante la emergencia favorece consistentemente la expresión de ciertas propiedades del suelo que permiten un crecimiento normal de las plántulas. Algunos suelos forman en su superficie costras que impiden la emergencia. En ellos, la emergencia se produce a través de algunos quiebres producidos en la superficie. Para especies con semillas pequeñas que desarrollan plántulas de menor tamaño es importante el número de quiebres presentes. Por el contrario, en el caso de plántulas más grandes generadas por semillas de mayor tamaño, dicho aspecto es de menor relevancia.

4.2 Consideraciones a tomar previo a la siembra

4.2.1 Elección de la especie y variedad

La elección de materiales para la siembra de pasturas obedece a cada sistema de producción en particular. El criterio de selección más trascendente es aquel que asegura que el material puede persistir adecuadamente, según la vida útil productiva presupuestada. Para ello, la selección del sitio cobra especial relevancia. Las especies y variedades disponibles en el mercado poseen diferentes respuestas a factores limitantes, ya sean de suelo y/o clima. El conocimiento de los rangos óptimos de supervivencia, para cada factor en particular, ayudan a ser consecuentes con el número de años establecidos para cada material en particular.

Diferentes son las estrategias que disponen las especies y variedades para persistir en el medio. Las de hábito perenne, es decir que crecen prácticamente a través de todo el año, con la debida estacionalidad de la producción, pueden recurrir como ejemplo la alfalfa, a mecanismos de dormancia en invierno que le permiten escapar de las bajas temperaturas que ocurren en dicho período. O bien, el ejemplo de falaris, que dada la situación de restricción hídrica en el secano durante el período seco-estival, recurre a un mecanismo de bloqueo del crecimiento, por efecto del aumento de las temperaturas hacia fines de primavera que coincide con la disminución progresiva de la humedad disponible en el suelo.

Otras especies usan su condición de ciclo anual de autosiembra, ejemplo el trébol subterráneo, para asegurar su persistencia en el medio. Dada su precocidad, están supeditadas a la longitud de la estación de crecimiento de cada lugar, como asimismo, a la adaptación de algunas variedades a condiciones específicas de textura, acidez, características del drenaje del suelo, entre otras. Por ser un ambiente físico que muestra variaciones a corta distancia de un sitio a otro, respecto a factores de suelo, balance hídrico, entre otros, se recomienda el uso de mezclas de especies y cultivares de diferente precocidad y/o adaptados, a las condiciones particulares o diversas de suelo encontradas.

Junto a la adaptación al medio físico y la vida útil productiva, es recomendable considerar previo a la siembra, el tipo de utilización que se le va a dar al forraje: pastoreo, silo, heno y forrajeo en verde (soiling), y según sea el caso, si existe alguna ventaja comparativa respecto a algún momento estratégico de producción durante la temporada de crecimiento.

4.2.2 Preparación del suelo

El laboreo de un suelo persigue dos objetivos ampliamente conocidos. El primero de ellos, consiste en minimizar o eliminar la competencia de las malezas con la pastura, a fin de facilitar su establecimiento. El segundo es el de modificar el estrato superficial del suelo, a fin de conseguir una adecuada "cama" para las semillas, es decir los 2 ó 3 primeros centímetros del suelo deben estar mullidos y descansar sobre la capa inferior, que si bien puede quedar menos disgregada, debe ser más firme como para favorecer la penetración de las radículas. Como las semillas de las especies forrajeras son normalmente pequeñas en comparación a otros tipos de cultivos, los agregados del suelo en contacto con la semilla deben ser lo suficientemente finos, pero no demasiado finos, a fin de optimizar las relaciones semilla-humedad.

En consecuencia, un terreno bien preparado es aquel en que la tierra se encuentra firme y ligeramente compacta bajo el sitio de posición de la semilla, con humedad almacenada, pero que en los primeros 3 a 4 cm superiores esté más suelta y ligeramente aterronada (terrones entre 1 y 2 cm). Si el estrato superior queda muy pulverizado (pérdida de la estructura) el peligro de encostramiento es alto. Por el contrario, un estrato ligeramente aterronado reduce las pérdidas de humedad por evaporación y beneficia la germinación de la semilla. Asimismo, el tapado de la semilla es más eficiente, impidiendo entre otros, las pérdidas de semilla por depredación de animales, en especial por las aves.

4.2.3 Fertilización

Junto a una adecuada preparación del suelo, es de importancia conocer el contenido de nutrientes en el suelo que potencialmente puedan ser aprovechados por la pastura. Un análisis de fertilidad realizado en un laboratorio acreditado

permite corregir las deficiencias existentes a través de la ejecución de un adecuado programa de fertilización. También, en ciertos casos se puede ahorrar en fertilizantes si el análisis indica niveles suficientes o por sobre lo requerido por el cultivo. El análisis de fertilidad de suelo, entrega información sobre los contenidos de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) (mg/kg de suelo seco), materia orgánica (%), reservorio potencial de nutrientes, entre otros, y del grado de acidez o alcalinidad presente (pH).

Los macronutrientes señalados son los que inciden mayormente en la respuesta productiva de una pastura, pero también puede ser necesario conocer los contenidos de ciertos micronutrientes como calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), boro (B) y zinc (Zn), que por razones especiales pueden ser limitantes para la producción de forraje.

La disponibilidad de nitrógeno depende fundamentalmente del tipo de suelo, contenido de materia orgánica, fertilización del cultivo anterior y de la rotación de cultivos. Normalmente, los contenidos de nitrógeno en suelos de riego son medios (21-35 ppm), de fósforo también medios (9-12 ppm) y de potasio altos (101-250 ppm). En suelos cultivables y no cultivables de secano el nitrógeno fluctúa entre los 11 y 20 (bajo) y 0 y 10 ppm (muy bajo) respectivamente. La fertilización con fósforo en suelos de baja disponibilidad, beneficia considerablemente la producción de forraje, especialmente en leguminosas. Los niveles de fósforo varían entre los 5 y 8 (bajo) en suelos cultivables y, entre 0 y 4 ppm (muy bajo), en los no cultivables. Si bien para el secano de la VI Región no existe información concreta sobre la respuesta productiva de pasturas a la aplicación de potasio, se recomienda aplicarlo cuando el nivel en el suelo es inferior a los 100 mg/kg (100 ppm) de potasio disponible.

Es los suelos tanto de riego como de secano, es común encontrar niveles de acidez que no son propios de los suelos generados en forma natural, sino que han sido inducidos por labores propias de la agricultura, por ejemplo, un cultivo reiterado promueve la pérdida progresiva de calcio, magnesio, potasio y sodio a través del perfil del suelo, por percolación junto con el agua de lluvia (lixiviación). El uso recurrente de fertilizantes amoniacales también ha contribuido a aumentar los niveles de acidez.

En suelos de riego normalmente se presentan niveles medios de nitrógeno (N) y fósforo (P_2O_5), y altos de potasio (K_2O). Para una pastura de leguminosa en rotación, como ejemplo alfalfa, se debe usar una fertilización base de N-P-K de 15-30, 55-80 y 0-25 kg/ha, respectivamente. Asimismo, en suelos cultivables propios del secano mediterráneo, especialmente aquellos que tienen una mayor antigüedad post aradura; normalmente tienen niveles bajos de nitrógeno y fósforo y, en ciertas ocasiones, niveles medios de potasio. Para una pastura de leguminosas en rotación, como trébol subterráneo, trébol balansa y hualputra, como norma correctiva se recomienda una fertilización base (N-P-K), con dosis entre 20-40, 70-90, 25-50 kg/ha, respectivamente. En el caso de una mezcla de falaris o ballica con trébol subterráneo, las dosis recomendadas son de 40-60, 80-100 y 25-50 kg/ha, respectivamente.

La dosis de nitrógeno en secano para la mezcla, puede dividirse en una mitad a la siembra y la otra mitad a la macolla (20-30 kg/ha). Con dosis de nitrógeno superiores a los 30 kg/ha se puede afectar la germinación de la semilla debido al efecto salino y exceso de amonio (NH_3) presente en el sustrato. El fósforo y el potasio deben ser idealmente incorporados al suelo: 10 o más cm, lo mismo que la porción de nitrógeno previo o durante la siembra, ya se trate de una labor realizada al voleo o con máquina, respectivamente. Las aplicaciones de fósforo al voleo reducen la eficiencia de utilización del nutriente entre un 20 y 30%. En el caso de las leguminosas, se recomienda como obligatorio, usar semilla peletizada que considere el inoculante específico para cada género (*Trifolium Medicago*) en particular.

Respecto al pH es común encontrar en los suelos valores que fluctúan desde moderadamente ácidos (5,6-6,0) a fuertemente ácidos (5,5-5,1). A diferencia de las gramíneas, las leguminosas son menos tolerantes a la acidez, la cual afecta su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, y la persistencia como pastura. Por tal motivo es necesario realizar un manejo de corrección de la acidez del suelo superficial (0-20 cm), idealmente hacia valores ligeramente ácidos (6,1-6,5). De acuerdo a indicaciones suministradas por un análisis de suelo es posible corregir la acidez, aunque sea temporalmente, mediante la utilización de enmiendas calcáreas (cal).

4.2.4 Época de siembra

La siembra de las especies o mezclas señaladas se realiza en otoño, a salidas de invierno o lo antes posible en primavera, pero cualquiera sea el momento, la siembra debe quedar supeditada a la adecuada disponibilidad de agua en el suelo y temperaturas, de modo de facilitar la germinación y emergencia y, en consecuencia, el buen establecimiento de las plántulas. También estará determinada por la factibilidad de realizar o finalizar la preparación de suelo requerida. Del mismo modo, hay que considerar los riesgos producidos por la presencia de malezas, especialmente en el caso de la siembra de especies de lento establecimiento.

En el caso específico de las especies sembradas en riego en la VI Región, se observan mayores ventajas comparativas en leguminosas y mezclas, al sembrar lo antes posible a salidas de invierno (agosto-septiembre) o lo más temprano en primavera (septiembre-octubre), una vez superado el período de ocurrencia de heladas (julio-agosto), o de la presencia sostenida de bajas temperaturas (junio a agosto). Sin embargo, al existir mejores condiciones para la germinación, emergencia y establecimiento de las plántulas sembradas, también se potencia la competencia por parte de las malezas. Controles de pre y pos emergencia con herbicidas favorecen el control de ellas. En gramíneas puras, se observan menores riesgos con siembras realizadas en otoño, que en leguminosas.

En condición de secano, la siembra deberá ser hecha en otoño en orden a asegurar el tiempo mínimo para que las especies completen su ciclo de vida, con la consiguiente producción de semilla y/o acumulación de reservas con presencia de latencia fisiológica durante el período seco.

En esta última situación, la siembra podrá ser hecha temprano en seco, antes de la apertura o una vez iniciada la estación de las lluvias. En el primer caso, existe la ventaja de tener mejores condiciones térmicas para los procesos de germinación, emergencia y crecimiento inicial, que culminan con el establecimiento de las plántulas, pero siempre es necesario que la siembra se haga lo más cercano posible a la ocurrencia de la primera lluvia efectiva.

Sin embargo pueden darse situaciones negativas, como una falsa apertura de la estación de las lluvias (precipitación de una lluvia efectiva seguida de un período de sequía); una mayor competencia de las malezas por efecto de un control ineficaz con el laboreo del suelo; la pérdida de la efectividad del inoculante en leguminosas, por efecto de un período seco que se extienda por más de 20 a 30 después de la siembra; la pérdida de semilla al ser consumida o cosechada por aves e insectos; entre otros.

Las siembras más tardías realizadas con posterioridad al inicio de la estación de las lluvias dan tiempo a una mejor preparación del suelo, a un control más efectivo de las malezas y a una mejor infestación de las raíces de las leguminosas forrajeras con el *rhizobium* específico. No obstante, si el atraso es significativo con relación al comienzo de las lluvias, la siembra no deberá ser hecha más allá de ciertos límites, para no perjudicar el establecimiento de la pastura por efecto de la disminución de las temperaturas, que afectan la germinación, el establecimiento de las plántulas durante el invierno, y disminuyen la actividad simbiótica de las leguminosas durante el invierno. También en algunas circunstancias, el exceso de humedad en la superficie y a través del perfil del suelo retarda importantemente el establecimiento de la pastura.

En conclusión, a no mediar una siembra en polvo, las semillas de leguminosas y gramíneas forrajeras deben sembrarse cuando haya caído la primera lluvia efectiva de otoño, idealmente no más allá de fines de mayo y mediados de junio, respectivamente.

4.2.5 Dosis y calidad de la semilla

En los cuadros específicos para cada especie en particular, indicados en el punto 3, "**Descripción de las especies forrajeras**", se señalan algunos alcances sobre dosis de siembra recomendadas para las leguminosas y gramíneas, sembradas solas o en mezclas, en el riego y seco de la VI Región.

En teoría la dosis óptima de siembra es aquella que permite alcanzar lo más rápidamente posible un índice de área foliar apropiado para el crecimiento de las plantas. Para muchas especies, un buen

indicador del éxito de una siembra o resiembra natural está dado por el número de plántulas o coronas establecidas por m².

Como criterio general, en especies de establecimiento más rápido, como ejemplo: alfalfa, trébol rosado, trébol subterráneo, hualputra, ballica híbrida y anual, es posible lograr una población adecuada de plántulas al establecimiento, aún a partir de densidades iniciales bajas. Por el contrario, en especies de establecimiento más lento, como ejemplo: trébol blanco, lotera, trébol balansa y falaris, es recomendable utilizar dosis más elevadas, con el fin de obtener una cobertura más rápida del suelo y favorecer la habilidad competitiva de las especies de siembra respecto a las malezas, que de por sí tienen buenos atributos para germinar, establecerse y crecer rápidamente.

Ante la opción de usar especies en mezcla que respondan con mayor o menor rapidez de establecimiento, es necesario ajustar las dosis, usando cantidades de semilla relativamente más bajas en aquellas especies más precoces o de mayor vigor de plántula, a fin de obtener al establecimiento una mezcla equilibrada.

Para ello es necesario conocer muy bien el grado de vigor de plántula de cada especie, en función de las condiciones de clima y suelo en las cuales se desarrollarán. El uso de otras normas de manejo acordes con esta realidad, tales como época de siembra, competencia con malezas pueden influir en que estas diferencias sean mínimas.

De acuerdo a los antecedentes de caracterización de las especies, se cita el caso de la mezcla de trébol subterráneo y falaris en seco, donde el trébol subterráneo presenta un mayor vigor de plántula durante el establecimiento. De hecho, esta especie es capaz de emerger entre 1 y 3 semanas y establecerse en un período de 4 semanas. Por el contrario, el falaris presenta una menor tasa de germinación de su semilla, la cual repercute en términos de vigor de emergencia y establecimiento, en una demora entre 3-4 y 6 semanas, respectivamente.

En el caso de especies anuales de autosiembra, por ejemplo el trébol subterráneo, la relación obtenida entre la densidad de plántulas establecidas y el

rendimiento de forraje temprano, especialmente en invierno, es directa a partir de la primera resiembra natural que se produce en la temporada siguiente a la siembra.

En último término, el ajuste que uno haga en términos de dosis de semilla deberá basarse también en los siguientes aspectos (**Cuadros 40 y 41**):

- La capacidad germinativa de la semilla: para poder definir la dosis adecuada de semilla es fundamental conocer el potencial de germinación de la semilla expresada en porcentaje. En el caso de las semillas comerciales con certificación, este antecedente debe estar
- El tamaño y peso de la semilla: este factor determina el número de semillas por kilo, el cuál debe ser ponderado por las semillas con potencial germinativo. Este valor es variable entre especies e incluso entre variedades de una misma especie, y permite estimar el número

indicado en una etiqueta cosida al saco. Cuando se usa semilla corriente (sin certificación), o bien semilla producida en el mismo predio es importante hacer un análisis de germinación. La capacidad germinativa (%) de las semillas comerciales, debe cumplir con un mínimo de 80% en el grupo de las leguminosas, 75 a 80% en falaris y 85% en ballica.

Cuadro 40. Aspectos de interés a considerar en semillas y plántulas de leguminosas.

Especie	Peso semilla (Nº/g)	Germinación (%) ¹	Vigor plántula (g m.s./100) ²	Plántulas (Nº/m ²)
Riego:				
Alfalfa	400 - 700	85	3,59	200 - 300 ³
Trébol rosado	300 - 600	85	2,21	-
Trébol blanco	1.500 - 2.000	80	0,92	-
Lotera	700 - 1.000	75	1,34	-
Secano:				
Trébol subterráneo	100 - 150	80	-	1.000 - 2.000 ⁴
Trébol balansa	1.800 - 2.600	80	-	-
Hualputra	350 - 600	80	-	-

¹ Germinabilidad mínima comercial.

² Corresponde al peso de 100 plántulas medida a los 51 días después de la siembra.

³ Una vez verificado el ajuste poblacional, se reconoce como una pastura productiva, aquella que presenta unos 275 tallos/m² y ⁴Para ello se requiere conformar un banco de semilla de unos 200 kg/ha.

Cuadro 41. Aspectos de interés a considerar en semillas y plántulas de gramíneas

Especie	Peso semilla (Nº/g)	Germinación (%) ¹	Vigor plántula (g m.s./100) ²	Plántulas (Nº/m ²)
Riego:				
Ballica híbrida	350 - 550	85	15,49 ³	-
Pasto ovinillo	700 - 1.000	80	3,84	-
Festuca	400 - 500	85	3,02	-
Secano:				
Falaris	700 - 900	75 - 80	1,30	350 - 400 ⁵
Ballica anual	400 - 550	85	20,37 ⁴	-

¹ Germinabilidad mínima comercial.

² Corresponde al peso de 100 plántulas medida a los 51 días después de la siembra.

³ Considera el promedio de una ballica perenne del tipo inglesa y una anual del tipo italiana.

⁴ Se utiliza valor correspondiente a una ballica anual del tipo italiana y ⁵Apreciación personal.

de plántulas que podrían desarrollarse con una dosis determinada. Las semillas más pequeñas tienen embriones más pequeños, lo que significa un menor vigor de plántula y una menor habilidad competitiva. Por el contrario, especies o variedades con semillas más grandes son más agresivas en su etapa inicial de desarrollo. Por ejemplo, el vigor de plántula (g m.s./100 plántulas a los 51 días de sembrado) medido en ballica anual es 15,7 veces superior al obtenido para *falaris*.

Para las especies analizadas, el número (rango) aproximado de semillas contenidas en un gramo correspondiente al grupo de las leguminosas, como alfalfa, trébol rosado, trébol blanco, lotera, trébol subterráneo, trébol balansa y hualputra es del orden de 400-700, 300-600, 1.500-2.000, 700-1.000, 100-150, 1.800-2.600 y 350-600, respectivamente. En el grupo de las gramíneas: ballica híbrida, pasto ovillo, festuca, *falaris* y ballica anual presentan de 350-550, 700-1.000, 400-500, 700-900 y 400-550 semillas/g, respectivamente.

- El laboreo del suelo: en general es necesario incrementar la dosis de semilla cuando la preparación del suelo no reúne las características adecuadas para un determinado cultivar o cultivares. Cuando se siembran especies de semillas más pequeñas y de menor vigor de desarrollo inicial, debe tenerse mayor cuidado en el laboreo del suelo. El *falaris* cuya semilla es más pequeña, requiere que los terrones que deje la preparación de suelos en superficie no midan más de 2 cm por cara.
- El sistema de siembra: al sembrar al voleo se necesita aumentar la dosis de semilla debido a lo difícil que resulta localizarla con el método a una profundidad óptima. La parte de la semilla que no queda enterrada es consumida mayoritariamente por animales de vida silvestre, o bien si es exageradamente enterrada, no es capaz de emerger debido al agotamiento de sus reservas.

Como norma práctica, en siembras realizadas al voleo se recomienda incrementar la dosis entre un 25 y 30% respecto a una siembra en línea. Cuando se va a sembrar mezclas de diferentes especies, la dosis de cada una de ellas, en muchas ocasiones,

deberá rebajarse hasta en un 50%. Finalmente, en siembras a efectuarse en secano con serias limitaciones, en cuanto a fertilidad y humedad disponible para las plantas, la dosis de semilla puede y debe rebajarse, con el fin de disminuir la competencia entre plántulas y asegurar con ello el establecimiento.

4.2.6 Sistema de siembra y localización de la semilla

Los sistemas tradicionales utilizados para la siembra de pasturas, son al voleo (a mano o con máquinas centrífugas del tipo ciclón), o bien con el uso de máquinas sembradoras específicamente diseñadas para la siembra de especies forrajeras.

En la siembra al voleo, si bien es posible lograr una adecuada distribución de la semilla a un menor costo, tiene una serie de desventajas que no permiten hacer un trabajo consecuente con los objetivos planteados y el costo económico involucrado. Al no poder controlar bien la profundidad de siembra y localización de los fertilizantes, se obtiene una germinación desuniforme y un menor grado de establecimiento. Como consecuencia de aquello, la dosis de semilla debe ser 25 a 30% superior a la comúnmente recomendada para la siembra a máquina. El tapado de la semilla se hace con rastras de "ramas" e idealmente con rastras livianas como las de púas o de clavos. El paso conjunto de rodillos lisos o corrugados favorece la operación.

La técnica más eficiente para disponer la semilla en el suelo es con el uso de maquinaria especializada, que deposita la semilla y fertilizantes en líneas (a unos 20 cm de distancia entre líneas) y localiza la semilla idealmente a una profundidad nunca superior a los 3 cm. La máquina sembradora dispone de una caja para las semillas, y otra para los fertilizantes. Del mismo modo, es posible utilizar máquinas de cereales, a las que se le adapta una tercera caja para semillas de forrajeras y se les acopla una rastra de ramas, sacos, un tablón o un rodillo para tapar la semilla y compactar en cierta medida el suelo.

Estas sembradoras, de gran rapidez de operación, junto con poder ser calibradas para aplicar la dosis óptima de siembra a la profundidad deseada;

favorecen una distribución uniforme de las semillas y fertilizantes que condicionan favorablemente el buen establecimiento de la pastura. Sin embargo, es de mayor costo, presenta restricciones de uso de acuerdo a algunas características del suelo (topografía, pendiente, entre otras) y requiere de una buena preparación de suelo.

4.2.7 Profundidad de siembra

El potencial de extensión del hipocotilo, en una plántula que emerge desde el suelo está limitada por la especie que se trate y el tamaño de la semilla. Ambas determinan la máxima profundidad desde la cual una plántula puede emerger. No obstante, la textura, estructura y humedad del suelo, como la cantidad de residuo de cultivo, pueden ser un impedimento físico para la emergencia de las plántulas.

En suelos arcillosos, la semilla se siembra generalmente a una profundidad máxima de 1 cm, mientras tanto en suelos arenosos, la profundidad de siembra puede ser desde los 2 a 4 cm, dependiendo del tamaño de la semilla y el nivel de humedad en el suelo.

Dentro de las diferentes especies, se ha demostrado que las semillas de menor tamaño como ejemplo: trébol blanco, lotera, trébol balansa y falaris, no deben enterrarse más allá de 1 a 1,5 cm de profundidad, y las especies con tamaños de semillas más grandes como ejemplo: alfalfa, trébol rosado, trébol subterráneo, hualputra y ballica deben ser localizadas idealmente, entre los 2 y 2,5 cm.

5. BIBLIOGRAFÍA

- ACUÑA, H. 1996. Establecimiento de praderas. p. 171-186. In I. Ruiz (ed.) Praderas para Chile. 2^{da} Edición. Capítulo 8. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.
- AEDO, N. 1996. Morfología de una gramínea y leguminosa típica. p. 27-39. In I. Ruiz (ed.) Praderas para Chile. 2^{da} Edición. Capítulo 3. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.
- ANASAC, 1997. Catálogo de forrajeras. Santiago, Chile. 184 p.
- ANASAC, 2010. Catálogo de forrajeras. Santiago, Chile. 30 p.
- ARCHER, K.A. 1991. The effects of moisture supply and defoliation during flowering on seed production and hardseededness of *Trifolium subterraneum*, L. Australian Journal of Experimental Agriculture 30: 515-522.
- BEALE, P., A. CRAIG and E. CRAWFORD. 1985. Balansa clover. A new clover-scorch-tolerant species. Fact. Sheet 6/85. Department of Agriculture, South Australia. 3 p.
- BECERRA, L. y P. SOTO. 1982. Establecimiento de praderas para la zona centrosur. Investigación y Progreso Agropecuario. INIA - Quilamapu. 10:2-5.
- BEWLEY, J.D. and M. BLACK. 1978. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Vol. 1. Development, germination and growth. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 306 p.
- BOLLAND, M.D. 1993. Comparative phosphorus requirements of *Trifolium balansae* and *Trifolium subterraneum* measured at the same plant density. Australian Journal of Experimental Agriculture 33:307-318.
- CAMPBELL, M.H., W.J. HOSKING, D.A. NICHOLAS, E.D. HIGGS and J.W. READ. 1987. Establishment of perennial pastures. Chapter 3. p. 59-74. In: Temperate Pastures their production, use and management. J. L. Wheeler, C. J. Pearson, G. E. Robards (ed.). Australian Wool Corporation/CSIRO, Victoria, Australia.
- CARÁMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Las leguminosas. Ed. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay.
- CARTER, E.D. 1981. Seed and seedling dynamics of annual medic pastures in South Australia. Proc. XIV Int. Grassl. Cong., Kentucky, USA. p. 447-450.
- CARTER, E.D. 1987. Establishment and natural regeneration of annual pastures. Chapter 2. p. 35-51. In: J.L. Wheeler, C.J. Pearson, G.E. Robards (ed.) Temperate pastures their production, use and management. Australian Wool Corporation/CSIRO, Victoria, Australia.
- CARTER, E.D. and M.J. COCHRANE. 1985. The poor subterranean clover status of dairy pastures in the Adelaide Hills. p. 217. In: Proceedings of the 3rd Australian Agronomy Conference, Hobart, Australia.
- CARTER, E., R. PORTER, M. ABABNEH, M., F. SQUELLA, F. MUYEKHO and R. VALIZADEH. 1992. The production and management of annual pasture legumes in ley farming systems of South Australia. p. 418. In: Proceedings of the 6th Australian Agronomy Conference. The Australian Society of Agronomy. University of New England, Armidale, NSW, Australia.
- COLLINS, W.J. 1978. The effect of defoliation on inflorescence production, seed yield and hardseededness in swards of subterranean clover. Australian Journal of Agricultural Research 29:789-801.

- CONROY, F. 1995. Making the most of winter active *phalaris*. Rural Research 168. p. 4-8.
- CULVENOR, R.A. 1993. New cultivars need special attention. Farm Journal. p. 49-50.
- DAGET, P. 1977. Le bioclimat méditerranéen: caracteres généraux, modes de caractérisation. *Végétatio* 34(1): 1-20.
- DE KONING, C. 1990. The ecology and productivity of new cultivars of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.). Ph.D. Thesis, 270 p. The University of Adelaide, Adelaide, Australia.
- DE KONING, C. and E. CARTER. 1989. The survival of seed of subterranean clover following ingestion by sheep. p. 1031-1032. *In: Proceedings of the XVI International Grassland Congress*. Nice, France.
- DEAR, B.S. and B. LOVELAND. 1985. A survey of the seed reserves of subterranean clover pastures on the Southern Tablelands of New South Wales. p. 214. *In: Proceedings of the 3rd Australian Agronomy Conference*, Hobart, Australia.
- DI CASTRI, F. 1968. Esquisse écologique du Chili. *En: Biologie de l'Amérique australe*. Tome IV. C.N.R.S. Paris 7.
- DI CASTRI, F. 1975. Esbozo ecológico de Chile. Lo Barnechea, Chile. Ministerio de Educación, Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas, Sección Biológica. 64 p.
- DURE, L.S. 1975. Seed formation. *Annual Review of Plant Physiology* 26:259-278.
- EVANS, P.M. 1989. The subclover status of permanent pastures in the lower rainfall areas of Tasmania. The Australian Society of Agronomy. p. 409. *In: Proceedings 5th Australian Agronomy Conference*. Perth, Western Australia.
- EVANS, P. 1993. Balansa and Persian clovers can help transform wastelands. *Western Focus*. Department of Agriculture, Western Australia. 2 p.
- EWING, M. 1993. The role and potential for annual pasture legumes in dryland farming systems in the mediterranean climatic region of Chile, a consultancy reports. 18 p.
- GASTÓ, J. 1966. Variación de las precipitaciones anuales de Chile. Universidad de Chile, Facultad de Agronomía, Estación Experimental Agronómica. *Boletín Técnico* N° 24. Santiago, Chile. 24 p.
- GILLESPIE, D.J. 1993. Pasture legume recommendations for sowing in 1993 and 1994. Department of Agriculture, Western Australia, Bulletin N° 4.229. 18 p.
- GRIEVE, A., E. DUNFORD, D. MARSTON, R. MARTIN and P. SLAVICH. 1986. Effects of waterlogging and soil salinity on irrigated agriculture in the Murray Valley: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 26:761-777.
- HALSALL, D.M., J.H. LEIGH, S.E. GOLLASCH and M. HOLGATE. 1995. The role of allelopathy in legume decline in pastures. II. Comparative effects of pasture, crop and weed residues on germination, nodulation and root growth. *Australian Journal of Agricultural Research* 46:189-207.
- HERRERA, A., L. LONGERI, C. OVALLE y J. AVENDAÑO. 1996. Estudio de la efectividad de cepas chilenas nativas de *Rhizobium meliloti* en simbiosis con *Medicago polymorpha*. *Agricultura Técnica (Chile)* 56:36-42.
- HOVELAND, C.S. 1970. Dormancy and seasonal growth of phalaris species in Alabama. p. 608-611. *In: Proceedings of the 7th International Grassland Congress*, Surfers Paradise.
- INE. 1998. VI Censo Nacional Agropecuario 1997. Total Nacional (Chile). 214 p.
- INE. 2002. Estadísticas agropecuarias. Disponible en: <http://www.ine.cl>. Leído el 20 de octubre de 2004.
- KELLY, K.B. and W.K. MASON. 1986. Evaluation of some annual *Trifolium* spp. under irrigation. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 36:79-86.
- KEMP, D.R., D.L. MICHALK and P.M. DOWLING. 1995. Managing pastures to improve composition and quality. p. 113-123. *In: Proceedings of the 36th Conference of the Grassland Society of Victoria*, Albury, Australia.
- KERMODE, A.R., M.Y. OISHI and J.D. BEWLEY. 1989. Regulatory roles for desiccation and abscisic acid in seed development: a comparison of the evidence from whole seeds and isolated embryos. p. 23-50. *In: P.C. Stanwood and M.B. McDonald (ed.) Seed Moisture*. Crop Science, Society of America. Special Publication N° 14. Wisconsin, USA.
- LAMBERT, D.A. 1963. The influence of density and nitrogen in seed production stands of S-37 cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). *Journal of Agriculture Science Cambridge* 61: 361-373.
- LEIGH, J.H., D.M. HALSALL and M.D. HOLGATE. 1995. The role of allelopathy in legume decline in pastures. I. Effects of pasture and crop residues on germination and survival of subterranean clover in the field and nursery. *Australian Journal of Agricultural Research* 46:179-188.
- LEOPOLD, A.C. and C.W. VERTUCCI. 1989. Moisture as a regulator of physiological reaction in seeds. p. 51-67. *In: P.C. Stanwood and M.B. McDonald (ed.) Seed Moisture*. Crop Science, Society of America. Special Publication N° 14. Wisconsin, USA.
- LONGERI, L., M. FIGUEROA y A. CELIS. 1989. Fijación de nitrógeno en Hualputras (*Medicago* spp.). p. 17. *In: XIII Reunión Anual, Sociedad Chilena de Producción Animal* A.G. Osorno, Chile.

- LÓPEZ, H. 1996.** Especies forrajeras mejoradas. p. 41-108. *In* I. Ruiz (ed.) Praderas para Chile. 2^{da} Edición. Capítulo 4. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.
- McWILLIAM, J.R., R.J. CLEMENTS and P.M. DOWLING. 1970.** Some factors influencing the germination and early seedling development of pasture plants. *Australian Journal of Agricultural Research* 21:19-32.
- MARTIN, A.C. 1946.** The comparative internal morphology of seeds. *Am. Midl. Nat.* 36:513-660.
- MITCHELL, G. and J. COOPER. 1989.** Growing Paradana balansa clover. Experience in the mid-north areas of S.A. Department of Agriculture, South Australia. *Bulletin* 3/89. 20 p.
- MUSLERA, E. y C. RATERA. 1991.** Praderas y Forrajes. Producción y Aprovechamiento. 2^{da} Edición. Mundi-Prensa. Madrid, España. 674 p.
- MUYEKHO, F., E. CARTER and G. McDONALD. 1992.** Influence of defoliation intensity and time of final defoliation on seed yield of Paraggio barrel medic. p. 539. *In*: Proceedings of the 6th Australian Agronomy Conference. The Australian Society of Agronomy. University of New England, Armidale, NSW, Australia.
- ORAM, R.N. 1990.** Register of Australian Herbage Plant Cultivars. CSIRO. Third Edition. Australia. 303 p.
- ORAM, R.N. 1995.** Present and future cultivars of *phalaris*. p. 26-29. *In*: Proceedings of the Annual Autumn Seminar of the Central Branch, Grassland Society of NSW. Australia.
- OVALLE, C., y A. DEL POZO. 1994.** La Agricultura del Secano Interior. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Quilamapu, Campo Experimental Cauquenes. Cauquenes, Chile. 234 p.
- OVALLE, C. y F. SQUELLA. 1990.** Los ecosistemas pastorales del área de influencia climática mediterránea de Chile. p. 211-239. *In*: J. P. Puignau (ed.) Introducción, conservación y evaluación de germoplasma forrajero en el cono sur. Diálogo XXVIII, IICA PROCISUR, Porto Alegre, Brasil.
- OVALLE, C. y F. SQUELLA. 1996.** Terrenos de pastoreo con pastizales anuales en el área de influencia climática mediterránea. p. 429-466. *In* Ruiz (ed.) Praderas para Chile. 2^{da} Edición, Capítulo 23. Santiago, Chile.
- OVALLE, C., A. DEL POZO y J. AVENDAÑO. 1998.** Siembra Praderas de Hualputra (*Medicago polymorpha*). Una excelente alternativa para la rotación con trigo en zonas de secano. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile), Centro Regional de Investigación Quilamapu (Chillán). Informativo, Serie Quilamapu N° 93. s/p.
- OVALLE, C., F. SQUELLA y J. AVENDAÑO. 1998.** Fenología, producción y respuesta a la fertilización del Trébol Balansa (*Trifolium michelianum*) en dos áreas del secano Mediterráneo. p. 125-126. *In*: XXIII Reunión Anual, Sociedad Chilena de Producción Animal A. G. Chillán, Chile.
- OVALLE, C., J. AVENDAÑO, A. DEL POZO y D. CRESPO. 1993.** Germplasm collection, evaluation and selection of naturalized *Medicago polymorpha* in the mediterranean zone of Chile. p. 222-223. *In*: Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand.
- OVALLE, C., A. DEL POZO, F. SQUELLA, S. ARREDONDO y R. CUSSEN. 1997.** Leguminosas forrajeras anuales. Recomendación de especies y cultivares para el secano Mediterráneo de Chile. MINAGRI - INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu - ANASAC. Serie Quilamapu N° 79. 32 p.
- OVALLE, C., F. SQUELLA, S. ARREDONDO, A. DEL POZO y J. AVENDAÑO. 1997.** Trébol balansa (*Trifolium michelianum*) una leguminosa forrajera promisoría para sistemas pastorales del secano Mediterráneo de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 57:50-57.
- RODRÍGUEZ, D. y F. SQUELLA. 1982.** Producción y calidad estacional de distintas praderas en el secano. p. 138-143. *In*: Informe Técnico 1981-1982. Área de Producción Animal. Estación Experimental La Platina (INIA), Santiago, Chile.
- RODRÍGUEZ, D. y F. SQUELLA. 1983.** Producción y calidad estacional de distintas praderas en el secano. p. 143-150. *In*: Informe Técnico 1982-1983. Área de Producción Animal. Estación Experimental La Platina (INIA), Santiago, Chile.
- RODRÍGUEZ, D. y F. SQUELLA. 1984.** Producción y calidad estacional de distintas praderas en el secano. p. 95-103. *In*: Informe Técnico 1983-1984. Área de Producción Animal. Estación Experimental La Platina (INIA), Santiago, Chile.
- RODRÍGUEZ, D. y F. SQUELLA. 1987.** Producción y calidad estacional de distintas praderas en el secano. p. 95-120. *In*: Informe Técnico 1986-1987. Área de Producción Animal. Estación Experimental La Platina (INIA), Santiago, Chile.
- RODRÍGUEZ, D. y F. SQUELLA. 1988.** Producción y calidad estacional de distintas praderas en el secano. p. 135-152. *In*: Informe Técnico 1987-1988. Área de Producción Animal. Estación Experimental La Platina (INIA). p. 135-152.
- RODRÍGUEZ, D. y SQUELLA, F. 1989.** Producción y calidad estacional de distintas praderas en el secano. *In*: Informe Técnico 1988-1989. Área de Producción Animal. Estación Experimental La Platina (INIA), Santiago, Chile.

- ROGERS, M.E. and C.L. NOBLE. 1991.** The effect of NaCl on the establishment and growth of balansa clover (*Trifolium michelianum* Savi var. *Balansae* Boiss.). Australian Journal of Agriculture Research 42:847-857.
- ROMERO, O. 1996.** Conceptos básicos relacionados con el crecimiento de plantas forrajeras y con el manejo de praderas perennes sembradas. p. 199-208. In: I. Ruiz (ed.) Praderas para Chile. 2^{da} Edición. Capítulo 10. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago, Chile.
- ROSSITER, R.C. 1961.** The influence of defoliation on the components of seed yield in swards of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.). Australian Journal of Agricultural Research 12:821-833.
- RUIZ, I. 1996.** Introducción: un vistazo a la compleja relación clima-suelo-árbol-pasto-ganado. p. 7-16. In: I. Ruiz (Ed.) Praderas para Chile. 2^{da} Edición. Capítulo 1. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.
- RUIZ, I. 1996.** Frecuencia de utilización y residuo de postutilización. p. 209-217. In: I. Ruiz (ed.) Praderas para Chile. 2^{da} Edición. Capítulo 11. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.
- SANTIBAÑEZ, F., L.M. PARADA y F. ULRIKSEN. 1979.** Distritos agroclimáticos. p. 1-161. In: Instituto Nacional de Investigaciones de Recursos de la VII Región. Publicación N° 25. Santiago. Intendencia de la Región del Maule. IREN – CORFO, Santiago, Chile.
- SILVA, M. y U. LOZANO. 1983.** Descripción de las principales especies forrajeras entre la zona mediterránea árida y la zona de las lluvias. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Departamento de Producción Animal. Publicación Docente N° 9. Santiago, Chile. 139 p.
- SILVA, M., D. RODRÍGUEZ, F. SQUELLA y H. LÓPEZ. 1984.** Recomendaciones de variedades de especies forrajeras para diferentes zonas ecológicas de Chile. Universidad de Chile, Facultad Ciencias Agrarias Veterinarias y Forestales, Departamento de Producción Animal. Asignatura Producción Animal. 26 p.
- SOTO, P. 1986.** Recomendación de especies y variedades forrajeras para diferentes zonas ecológicas del país. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Área de Producción Animal, Programa de Praderas. Boletín Técnico N° 91. 26 p.
- SOTO, P. 1996.** Consideraciones para elegir una especie o mezcla forrajera. p. 140-147. In: I. Ruiz (ed.) Praderas para Chile. 2^{da} Edición. Capítulo 6. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.
- SQUELLA, F. 1992.** The ecological significance of seed size in Mediterranean annual pasture legumes. Ph.D. Thesis. 466 p. The University of Adelaide, Adelaide, Australia.
- SQUELLA, F. 1998.** Uso de prácticas de manejo de la pradera natural y prueba de recursos forrajeros. Guía de Terreno, Pumanque, VI Región. Centro Experimental Hidango (INIA) y Fundación para la Innovación Tecnológica (FIA), Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 12 p.
- SQUELLA, F. 1999.** Evaluación de la productividad de cultivares de *Phalaris aquatica*, *Lolium perenne* y *Lolium rigidum*. p. 150-193. In: C. Pedraza C. Crempien, F. Squella y M. González (ed.). Informe Técnico 1998-99. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina, Departamento de Producción Animal, Santiago, Chile.
- SQUELLA, F. 1999.** Validación de recursos forrajeros y uso de prácticas de manejo del pastizal natural Informe Técnico, 1998. FIA (PRODECOP-SECANO) - INIA, Centro Regional de Investigación La Platina. Santiago, Chile. 56 p.
- SQUELLA, F. 1999.** Validación y difusión tecnológica de sistemas integrados de producción predial, como alternativas para el desarrollo del secano central. Proyecto Fondo de Fomento Productivo, VI Región. Sector Silvoagropecuario. INIA, Centro Regional de Investigación La Platina. Santiago, Chile. 83 p.
- SQUELLA, F. 2000.** Recursos forrajeros para el secano Mediterráneo Central de Chile. p. 5-92. In: C. Crempien (ed.) Curso de Producción Ovina. Serie Actas N° 5. Centro Experimental Hidango (INIA), Santiago, Chile.
- SQUELLA, F. 2000.** Evaluación de la productividad de cultivares de *Phalaris aquatica*, *Lolium perenne* y *Lolium rigidum*. p. 1-64. In: F. Squella (ed.) Informe Técnico 1999-2000. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina, Departamento de Producción Animal, Santiago, Chile.
- SQUELLA, F. 2001.** Estudio comparativo de cultivares de falaris (*Phalaris aquatica* L.) en el secano Mediterráneo subhúmedo de Chile. I. Rendimiento de fitomasa aérea. p. 20. In: 52^o Congreso Agronómico de Chile y 2^o Congreso de la Sociedad Chilena de Fruticultura. Sociedad Agronómica de Chile - Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 17-19 de octubre del 2001. Quillota, Chile.
- SQUELLA, F. 2001.** Estudio comparativo de cultivares de falaris (*Phalaris aquatica* L.) en el secano Mediterráneo subhúmedo de Chile. II. Fenología y calidad nutritiva. p. 20. In: 52^o Congreso Agronómico de Chile y 2^o Congreso de la Sociedad Chilena de Fruticultura. Sociedad Agronómica de Chile - Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 17-19 de octubre del 2001. Quillota, Chile.

- SQUELLA, F. 2003.** Cubiertas Vegetales para la Producción de Forraje y Conservación de los Recursos Naturales en el Secano Mediterráneo de la VI Región. 70 p. Boletín INIA N°104. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Rayentué, Rancagua, Chile.
- SQUELLA, F. 2004.** Praderas para el Secano Mediterráneo. *In* Seminario Internacional de Producción Ovina. PUC de Chile - FIA. IX Exposición Ganadera y Artesanal del Secano. Marchigue, Chile. 8 de octubre de 2004. Litueche, Chile (CD-ROM).
- SQUELLA, F. 2005.** Síntesis de la Investigación-Desarrollo en Recursos Forrajeros. p 21-51. *In* F. Squella, L. González y K. Cordero (ed.) Estado de Avance de las Actividades de Investigación - Desarrollo Centro Experimental Hidango. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Rayentué, Centro Experimental Hidango. Serie Día de Campo N° 4. Santiago, Chile.
- SQUELLA, F. 2007.** Recursos forrajeros para praderas de siembra. p. 37-89. *In*: F. Squella (ed.) Técnicas de Producción Ovina para el Secano Mediterráneo de la VI Región. Boletín INIA N°166. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Rayentué, Litueche, Chile.
- SQUELLA, F. and E. CARTER. 1992.** The significance of seed size on survival of some annual clover pasture species in South Australia. p. 538. *In*: Proceedings of the 6th Australian Agronomy Conference. The Australian Society of Agronomy. University of New England, Armidale, NSW, Australia.
- SQUELLA, F. and E. CARTER. 1992.** Effects of seed size and level of hard-seededness on survival of medic seeds in whole pods fed to sheep or as clean seed exposed in the sheep rumen. p. 537. *In*: Proceedings of the 6th Australian Agronomy Conference. The Australian Society of Agronomy. University of New England, Armidale, NSW, Australia.
- SQUELLA, F. and E. CARTER. 1996.** The significance of seed size on survival of some annual clover seeds in sheep pastures of South Australia. p. 510-513. *In*: Proc. 8th Australian Agronomy Conference, Toowoomba, Queensland, Australia.
- SQUELLA, F. y G. CASTELLARO. 1995.** Producción y calidad estacional de mezclas y cultivares forrajeros p. 173-180. *In*: Informe Técnico 1994/95. Departamento de Producción Animal, Centro Regional de Investigación La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.
- SQUELLA, F. y G. CASTELLARO. 1996.** Producción y calidad estacional de mezclas y cultivares forrajeros p. 85-95. *In*: Informe Técnico 1995/96. Departamento de Producción Animal, Centro Regional de Investigación La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.
- SQUELLA, F. y J.F. FIGUEROA. 1994.** Leguminosas forrajeras de autosiembra. p. 16-30. *In*: Día de Campo. Serie La Platina N° 60. Centro Experimental Hidango, Centro Regional de Investigación La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.
- SQUELLA, F. y J.F. FIGUEROA. 1996.** Trébol subterráneo: nuevos cultivares promisorios para el secano. *In*: Día de Campo. G.T.T. San Antonio. Centro Experimental Hidango, Centro Regional de Investigación La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile. 10 p.
- SQUELLA, F. y J.F. FIGUEROA. 1996.** Trébol subterráneo: nuevos cultivares promisorios para el secano. *In*: Día de Campo. G.T.T. Litueche. Centro Experimental Hidango, Centro Regional de investigación La Platina Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile. 10 p.
- SQUELLA F. y J.F. FIGUEROA. 2004.** Recursos Forrajeros para Suelos Cultivables del Secano Mediterráneo de la VI Región. p 29-70. *In*: H. Vilches (ed.) Estado de Avance de las Actividades de Investigación - Desarrollo Centro Experimental Hidango. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Rayentué, Centro Experimental Hidango. Serie Día de Campo N° 3. Santiago, Chile.
- SQUELLA, F. y J.F. FIGUEROA. 2005.** Praderas de Siembra para el Secano Mediterráneo. p 52-84. *In*: F. Squella, L. González y K. Cordero (ed.) Estado de Avance de las Actividades de Investigación-Desarrollo Centro Experimental Hidango. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Rayentué, Centro Experimental Hidango. Serie Día de Campo N° 4. Santiago, Chile.
- SQUELLA, F. y J. ORMEÑO. 1999.** Las bondades del falaris. Tierra Adentro N° 25. p. 32-35.
- SQUELLA, F. y C. OVALLE. 1997.** Caracterización de cultivares de trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum* L.) para el secano Mediterráneo de la VI Región de Chile. I. Producción de fitomasa aérea. p. 47-48. *In* XXII Reunión de la Sociedad Chilena de Producción Animal A.G. (SOCHIPA), Valdivia, Chile.
- SQUELLA, F. y C. OVALLE. 1997.** Caracterización de cultivares de trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum* L.) para el secano Mediterráneo de la VI Región de Chile. II. Tiempo de floración y escarificación natural de la semilla. p. 49-50. *In* XXII Reunión de la Sociedad Chilena de Producción Animal A.G. (SOCHIPA), Valdivia, Chile.
- SQUELLA, F. y C. OVALLE. 1998.** Caracterización de accesiones de hualputra (*Medicago polymorpha* L.) para el secano interior Mediterráneo de la VI Región de Chile. I. Producción de fitomasa aérea. p. 87-88. *In*: XXIII Reunión Anual, Sociedad Chilena de Producción Animal A.G. (SOCHIPA), Chillán, Chile.

- SQUELLA, F. y C. OVALLE. 1998.** Caracterización de accesiones de hualputra (*Medicago polymorpha* L.) para el secano interior Mediterráneo de la VI Región de Chile. II. Tiempo de floración y escarificación natural de la semilla. p. 89-90. *In: XXIII Reunión Anual, Sociedad Chilena de Producción Animal A.G. (SOCHIPA), Chillán, Chile.*
- SQUELLA, F. y E. RIVEROS. 1996.** Diagnóstico de la reserva de semilla de trébol subterráneo en pasturas establecidas en la V y VI Región de Chile. p. 9-10. *In: XXI Reunión de la Sociedad Chilena de Producción Animal A.G. (SOCHIPA), Coyhaique, Chile.*
- SQUELLA, F. y R. RUIZ. 1998.** Evaluación de la productividad de cultivares de *Phalaris aquatica*, *Lolium perenne* y *Lolium rigidum*. p. 172-227. *In: C. Pedraza, C. Crempien, I. Ruiz y F. Squella (ed.). Informe Técnico 1997/98. Departamento de Producción Animal, Centro Regional de Investigación La Platina (INIA), Santiago, Chile.*
- STEINER, J.J. and D.J. GRABE. 1986.** Sheep grazing effects on subterranean clover development and seed production in Western Oregon. *Crop Science* 26:367-372.
- STILES, I.E. 1948.** Relation of water to the germination of corn and cotton seeds. *Plant Physiology* 23:201-222.
- TAYLOR, B.J. 1972.** The effect of seed size on seedling growth in subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.). *Australian Journal of Agriculture Research* 23:595-603.
- THORN, C.W. and C.K. REVELL. 1987.** The effect of grazing on the seed production of a range of annual medic species. p. 170. *In: Proceedings 4th Australian Agronomy Conference, Melbourne, Australia. Australian Society of Agronomy, Parkville, Victoria, Australia.*
- VERTUCCI, C.W. 1989.** The kinetics of seed imbibition: controlling factors and relevance to seedling vigor. p. 93-115. *In: P.C. Stanwood and M.B. McDonald (ed.) Seed Moisture. Crop Science Society of America. Special Publication N° 14, Wisconsin. U.S.A.*
- VERTUCCI, C.W. and A.C. LEOPOLD. 1987.** Water binding in legume seeds. *Plant Physiology* 85:224-231.
- WATSON, R.W. 1993.** *Phalaris*. NSW Agriculture. Agfact P2.5.1.