
1. POTENCIALES Y ALTERNATIVAS PARA PRODUCIR FORRAJE

1.1. Introducción

1.2. Potenciales de la Región para producir forraje

- 1.2.1. Potencial del medio ambiente
- 1.2.2. Potencial genético
- 1.2.3. Combinación de ambos potenciales

1.3. Alternativas de la Región para producir forraje

- 1.3.1. Pasturas mixtas cultivadas y leguminosas puras
 - 1.3.1.1. Generalidades
 - 1.3.1.2. Características limitantes
- 1.3.2. Verdeos y pasturas temporarias de corta vida
 - 1.3.2.1. Generalidades

1.4. Comportamiento de las diferentes alternativas

- 1.4.1. Producción de forrajes y estabilidad de los rendimientos
- 1.4.2. Distribución mensual del forraje
 - 1.4.2.1. Cantidad
 - 1.4.2.2. Calidad

1.5. Cultivos forrajeros de alta eficiencia

- 1.5.1. Verdeos de invierno: mezcla avena-raigrás
- 1.5.2. Cultivos doble propósito forraje grano, trigo y cebada
- 1.5.3. Verdeos de invierno asociados
- 1.5.4. Verdeos de verano asociados
- 1.5.5. Siembras asociadas a un cereal de invierno
- 1.5.6. Mezclas de especies perennes de ciclos complementarios
- 1.5.7. Siembras sobre rastrojos de arroz
- 1.5.8. Claves para lograr la concreción de los cultivos forrajeros de alta eficiencia

1.6. Nitrógeno, el meganutriente para producir forraje

- 1.6.1. Principales fuentes de nitrógeno para las pasturas
 - 1.6.1.1. Reciclaje por mineralización del suelo, residuos vegetales y animales
 - 1.6.1.2. Aplicación de fertilizantes nitrogenados
 - 1.6.1.3. Asociación con leguminosas
- 1.6.2. Importancia de los fertilizantes nitrogenados en la cantidad y calidad del forraje producido
- 1.6.3. Importancia de las leguminosas en la cantidad y calidad del forraje producido
- 1.6.4. Características diferenciales entre el N del fertilizante y el N de las leguminosas
- 1.6.5. Comentarios generales sobre ambas fuentes de nitrógeno

1.7. Consideraciones finales

1.8. Referencias citadas

1.1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas predominantes de producción se caracterizan fundamentalmente por las cantidades de insumos utilizados, así como por los niveles de producción física logrados.

De esta manera es posible distinguir en la Región dos grandes grupos de sistemas de producción ganadera: *los sistemas extensivos y los sistemas intensivos*.

Mientras en los primeros las necesidades del sistema son muchas veces algo imprecisas y se aplican medidas de manejo, en ciertas ocasiones no muy refinadas; en los segundos las exigencias son globalmente mayores y se necesitan tecnologías más desarrolladas y ajustadas para alcanzar los mejores resultados.

Ambos sistemas comprenden una serie variable de situaciones que presentan distintos grados de extensividad e intensividad, en las que diferentes cultivos forrajeros adquieren mayor o menor relevancia de acuerdo con la importancia que ocupen dentro de aquellos.

No obstante, en todas las circunstancias el objetivo es alcanzar con estos cultivos la mejor utilización de las posibilidades que ofrece el medio ambiente, logrando así una alta eficiencia.

En tal sentido, se dispone de diferentes tipos de mejoras, las cuales, mediante distintos itinerarios técnicos, permiten ampliar la gama de recursos forrajeros.

De esta forma, dichas mejoras incluyen desde los procesos más simples en los sistemas extensivos, como es el agregado a la pastura nativa de fertilizantes y semillas en cobertura, hasta los más complejos en los sistemas intensivos, por los que se reemplaza totalmente la vegetación existente por siembra convencional o sobre rastrojos por siembra directa.

Según Carámbula (1982), el problema forrajero en la Región puede ser definido por algunas características destacables tales como:

- condiciones climáticas erráticas, en particular los factores agua y temperatura,
- suelos con porcentajes bajos a relativamente bajos de fósforo y muchas veces de alto poder de fijación del mismo, lo que condicionaría la presencia de las leguminosas, en áreas importantes de las zonas agrícola-ganaderas y ganaderas de la Región,
- baja frecuencia de especies invernales (templadas), las cuales han sido reducidas posiblemente por efecto del pastoreo irracional y la baja fertilidad de los suelos,
- baja frecuencia de leguminosas nativas, por lo que sería sensiblemente pobre la fijación de nitrógeno y en consecuencia este elemento no sería introducido en forma adecuada al ecosistema.

Ello determina que, la producción de las pasturas naturales presentan altibajos, por lo que no es constante a lo largo del año, con períodos que llevan a insuficiencia o desperdicio de forraje conducentes a continuos cambios en cantidad y calidad, cada año y entre años, como respuesta al clima y al tipo y estado de la pastura.

Esta situación afecta en forma fundamental las producciones animales condicionana y restringiendo básicamente su comportamiento.

A pesar del mencionado estado actual de las pasturas naturales como consecuencia de factores ambientales y de manejos recibidos, la producción forrajera puede ser mejorada sensiblemente debido a tres aspectos básicos que ubican a la Región en una situación privilegiada (Carámbula, 1977).

- a) Las condiciones climáticas permiten utilizar las pasturas todo el año, sin necesidad de estabular los animales.
- b) Bajo las condiciones imperantes prosperan tanto especies de clima templado como de clima subtropical.
- c) El nitrógeno, nutriente limitante de la producción forrajera, puede ser logrado mediante el uso de leguminosas asociadas y la clave está en dar con las leguminosas apropiadas para cada suelo.

Esta situación permite introducir especies que tiendan a enfrentar las deficiencias estacionales de materia seca, fundamentalmente en invierno y verano, períodos en que la pastura natural resulta insuficiente para cubrir la dieta de los animales.

1.2. POTENCIALES DE LA REGIÓN PARA PRODUCIR FORRAJE

Para alcanzar dicha meta resulta primordial considerar tanto el potencial que ofrece el medio ambiente, como el potencial genético de las especies y cultivares que mejor se adaptan a estas circunstancias, teniendo siempre en cuenta que la disponibilidad de nitrógeno es el factor básico y dominante que controla la producción de materia seca de todas las pasturas.

1.2.1. Potencial del medio ambiente

La producción de forraje consiste fundamentalmente en la conversión por la energía solar, del anhídrido carbónico, los nutrientes y el agua del suelo, en materiales energéticos y proteínas. Obviamente, el factor básico es la energía solar aunque su utilización pueda ser limitada por temperaturas desfavorables, sequías y carencias de nutrientes, en especial nitrógeno.

La cantidad de energía disponible a lo largo del año es determinada básicamente por la latitud y la nubosidad. Los valores más altos de energía se registran en las latitudes correspondientes a los climas tropicales y subtropicales (cuadro 1.1).

Cuadro 1.1. Energía estimada y potencial de conversión en regiones climáticas contrastantes (adaptado de Cooper, 1970).

Clima	Localidad	Radiación Kcal/cm/año		
		Total Incidente	Variación estacional	Potencial t/ha/año MS
Templado	Aberystwyth (GB)	85	50-450	27
	Wageningen (Hol.)	90	50-460	29
	Wellington (NZ)	115	120-470	37
Subtropical	Argelia (Ar.)	165	210-660	52
	Buenos Aires (RA)	145	180-560	46
	Ciudad del Cabo (S.Afr.)	145	190-650	46
Tropical	Puerto Rico	160	380-510	51
	Singapur	155	380-420	49
	Townsville (Austr.)	180	300-550	57

La Región a la que se hace referencia en este texto corresponde a las provincias fitogeográficas mesopotámica, pampeana y sudriograndense, entre las cuales Uruguay ocupa un lugar de transición (Chebataroff, 1969; Del Puerto, 1969).

Sus pasturas naturales constituyen asociaciones complejas y heterogéneas de carácter herbáceo con diferentes características biológicas y morfológicas (Carámbula, 1996).

Entre los factores naturales, el clima y el suelo constituyen la base del ecosistema y afectan en forma notable y decisiva el comportamiento de sus pasturas.

En cuanto al clima, si bien los parámetros que lo definen registran valores promedio moderados, estos presentan una gran variabilidad como consecuencia de que la Región se ve afectada, alternativamente, por masas de aire de distinto origen. Esta situación la expone a cambios bruscos en el estado del tiempo, con registros de temperaturas y lluvias sensiblemente alejadas de dichos promedios, por lo que el Dr. Alberto Boerger afirmaba que en las regiones que presentan una irregularidad climática tan sensible, la importancia de este parámetro excede ampliamente a todos los demás factores que determinan el comportamiento de la vegetación.

Elo es tan así, que de acuerdo con Chebataroff (1969) y Del Puerto (1969) a pesar de que los valores promedio de los parámetros climáticos estarían indicando que la vegetación dominante debería ser boscosa, la irregularidad del clima, con periodos

frecuentes de sequías en cualquier época del año, ha llevado al desarrollo de una vegetación de praderas con comunidades herbáceas muy características según el tipo de suelo.

Al respecto la Región presenta un espectro amplio de situaciones diferentes, como consecuencia en primer término de la gran variedad litológica de los materiales geológicos y en segundo lugar por sus características de topografía y drenaje (Durán, 1985).

En este sentido, en la Región es posible determinar un primer grupo de suelos de aptitud de uso agrícola y agrícola-ganadero, con un color oscuro dominante en casi todo el solum y un contenido alto a medio de materia orgánica, un contenido relativamente elevado de arcilla y un pH ligero a moderadamente ácido en los horizontes superficiales; y un segundo grupo que corresponde a suelos de aptitud de uso desde ganadero-agrícolas hasta suelos netamente pastoriles, todos ellos considerados suelos marginales, suelos con limitaciones o suelos con restricciones, lo que determina diferentes tipos de pastizales con características distintas de producción anual y estacional, así como de composición botánica y calidad.

1.2.2. Potencial genético

Uno de los objetivos más importantes es lograr de las pasturas sembradas los máximos rendimientos de materia seca por hectárea explotando las ventajas y bondades que ofrecen las gramíneas y las leguminosas.

El valor que presentan las especies y cultivares de las plantas forrajeras de ambas familias es básico por su contribución a elevar la productividad de las pasturas.

El aporte de la gama de especies y cultivares disponibles se logra a través de diferentes niveles de producción, diversos ciclos y distribuciones estacionales de la materia seca producida, así como de distintas calidades de forraje. En todos los casos se trata de cubrir las necesidades en producción de forraje según las épocas del año y/o los requerimientos animales.

La búsqueda de especies y cultivares adaptados a condiciones ambientales específicas comprende tanto la creación nacional por programas de mejoramiento genético, como la liberación de materiales extranjeros luego de cumplirse distintas etapas de evaluación.

De acuerdo con los estudios de evaluación efectuados y en marcha se puede afirmar que, en general, la diversidad varietal disponible para el productor es razonablemente buena y viene siendo ampliada consistentemente.

El rol de los cultivares en los sistemas intensivos puede ser más importante que en los sistemas extensivos ya que en los primeros no solo existen mayores posibilidades de detectar las diferencias entre ellos, sino de aprovechar mejor los mismos.

Tanto en los trabajos de mejoramiento como en los de evaluación se busca que dentro de las especies, cada cultivar posea características productivas, nutricionales y reproductivas sobresalientes. Entre los caracteres más descolantes se busca cubrir exigencias de precocidad, producción de forraje en épocas críticas, adaptación de manejos específicos, persistencia y fácil multiplicación.

Sin embargo, en la práctica es difícil que cada cultivar posea todas las ventajas a la vez. Por ello, generalmente se debe apreciar cierto carácter como el de más mérito y será éste el que más pese en su elección.

Muchas veces los rendimientos totales anuales pueden ser similares y sin embargo mostrar diferencias considerables en producción estacional, velocidad de rebrote, agresividad, digestibilidad, sanidad y otros caracteres que afectan notoriamente el valor forrajero de un cultivar. Además, se debe tener en cuenta que existen ocasiones donde se observan más diferencias entre cultivares que entre especies.

De ahí entonces, que puede ser posible que el cultivar de mejor rendimiento no sea la única opción para la formación de una pastura.

Por el momento, en la Región, la producción de forraje por pasturas cultivadas se basa en unas pocas especies con grandes posibilidades de éxito (Carámbula, 1991).

Entre las gramíneas merecen destacarse la festuca (*Festuca arundinacea*), el dactilis (*Dactylis glomerata*), el falaris (*Phalaris aquatica*), el bromus (*Bromus auleticus*) y el raigrás (*Lolium* spp.), las cuales presentan rangos amplios de adaptación a suelos y manejos.

Por su parte, las principales leguminosas incluyen algunas especies perennes como el trébol blanco (*Trifolium repens*), el lotus (*Lotus corniculatus*), la alfalfa (*Medicago sativa*) y el trébol rojo (*Trifolium pratense*).

Otras especies que se utilizan para la formación de pasturas intensivas son: avena (*Avena bizantina* y *A. sativa*), avena negra (*Avena strigosa*), holcus (*Holcus lanatus*), sudangrás (*Sorghum sudanense*), sorgos híbridos (*Sorghum* spp.), maíz (*Zea mays*), pasto italiano (*Pennisetum americanum*), moha (*Setaria italica*), trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*), lotus tenuis (*Lotus tenuis*), lotus rizomatoso (*Lotus pedunculatus*), achicoria (*Cichorium intybus*). Muchas de ellas ofrecen alguna opción de cultivares.

Esta disponibilidad de diferentes especies y cultivares permite producir forraje de acuerdo con los requerimientos animales, ya sea a través de cultivos puros o de mezclas apropiadas de especies compatibles.

1.2.3. Combinación de ambos potenciales, medio ambiente y genético

En los sistemas intensivos resulta fundamental combinar en forma eficiente los distintos materiales forrajeros ofrecidos, a los efectos de realizar una mejor utilización del medio ambiente disponible (Carámbula, 1993).

Por lo tanto, la forma de incrementar la producción de forraje de alta calidad por hectárea y por año requiere una planificación acertada de los esquemas forrajeros tendientes a dejar cubierto el suelo el mayor tiempo posible; manteniendo áreas foliares bien distribuidas con las que se impida pérdidas de agua y se haga un uso eficiente de la energía solar y de los nutrientes.

Para ello se deberá evitar la presencia de nichos y barbechos improductivos con lo que se mejorará el uso del suelo, disminuyendo periodos sin vegetación, con la consiguiente disminución del riesgo de erosión o la invasión de especies improductivas.

Al respecto, se debe recordar junto con Dyksterhuis (1951) que también en las pasturas rige una ley fundamental de la naturaleza y es que ésta aborrece los espacios vacíos.

1.3. ALTERNATIVAS DE LA REGIÓN PARA PRODUCIR FORRAJE

Para enfrentar la falta de forraje en cantidad y calidad, la Región cuenta con distintas alternativas desde un manejo ajustado y adecuado del campo natural (objetivo 1), la fertilización e interseembra de especies (objetivo 2) y el reemplazo total de la vegetación hacia pasturas sembradas (objetivo 3).

Actualmente se conocen las limitantes y las ventajas de cada una de dichas alternativas, las que están íntimamente relacionadas entre sí y para las cuales se cuenta con técnicas que permiten encarar, no sin dificultades, los diferentes itinerarios previstos y los distintos objetivos propuestos. Mientras tanto, es imprescindible y aún conveniente la búsqueda y profundización de nuevas tecnologías.

En este texto se considera particularmente los tipos de mejoras aplicadas en sistemas intensivos de producción; sin descartar las mejoras de campo:

- a) pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas (praderas convencionales, permanentes, plurianuales o de larga vida),
- b) leguminosas puras (bancos de proteína y cultivos donantes de nitrógeno),
- c) gramíneas puras con nitrógeno (verdeos y pasturas temporarias o de corta vida).

1.3.1. Pasturas mixtas cultivadas y leguminosas puras

1.3.1.1. Generalidades

Las pasturas cultivadas mixtas suponen la destrucción total de la vegetación presente, la preparación de una buena sementera, el agregado de nutrientes y la siembra de mezclas forrajeras compuestas por gramíneas y leguminosas, lo que da lugar a la formación de pasturas mixtas. Asimismo, las pasturas cultivadas comprenden la siembra directa de dichas mezclas forrajeras en ciertas vegetaciones y rastrojos de cereales, especialmente preparados para tal fin.

Uno de los objetivos más importantes es lograr de ellas los máximos rendimientos de materia seca por hectárea explotando las ventajas y bondades que ofrecen ambas familias.

Esto se logra mediante el uso de especies y cultivares adecuados que, reemplazando la vegetación residente, cubran la demanda mediante caracteres deseables y gran adaptabilidad, buscando no solo disponer de una biomasa mayor y de mejor calidad en momentos estratégicos, sino de incrementos sensibles en la fertilidad del suelo.

Hoy en día es muy común el uso de mezclas forrajeras tipo multipropósito formadas por tres o cuatro especies complementarias, intentando una buena distribución estacional. No obstante, este aspecto se logra solo parcialmente y las pasturas ofrecen forraje con resultados económicos variables sobre la producción animal.

No debe olvidarse que optar por estas pasturas requiere la utilización de insumos costosos, por lo que el forraje producido debe ser utilizado con la mayor eficiencia.

En las pasturas cultivadas sembradas en forma convencional y constituidas por mezclas de gramíneas invernales y leguminosas de ciclo invernal y estival, su menor producción se registra en verano determinado la época de mayor carencia forrajera de las mismas. La máxima producción se alcanza durante la primavera, época en que la mayoría de las especies se encuentran en la etapa reproductiva.

En estas pasturas, la entrega de forraje en invierno es superior a la de verano y está asociada fundamentalmente al nivel de fertilidad de los suelos en cuestión, pudiendo en ciertos casos acercarse en forma apreciable a la producción lograda en otoño. Éste es el caso, por ejemplo, de mezclas forrajeras formadas por trébol blanco, lotus y una gramínea perenne invernal.

Cuando la gramínea perenne es reemplazada por raigrás anual, la mezcla se presenta como más precoz pudiendo ser pastoreada en otoño del primer año, siendo su comportamiento posterior bastante similar a los de la mezcla anterior aunque con rendimientos totales menores y riesgos mayores de enmalezamiento durante el verano.

Cuando el trébol rojo pasa a ser un porcentaje importante de esta última mezcla reemplazando al lotus, si bien la pastura presenta una distribución estacional bastante similar, su persistencia es menor que la de las antedichas como consecuencia de la corta vida del trébol rojo.

En muchas oportunidades, especialmente en las regiones de suelos con aptitud agrícola y donde las pasturas entran en rotación con los cultivos, la siembra se realiza asociada especialmente a trigo con el objetivo básico de reducir los costos del establecimiento de la pradera, lo cual se obtiene mediante las ganancias logradas con la producción del cultivo acompañante. Asimismo, se logra disminuir el tiempo en que la chacra permanece improductiva. Sin embargo, estas pasturas pueden presentar problemas de implantación como consecuencia de la competencia ejercida por el cultivo acompañante, siendo la fracción gramínea la más afectada.

A los efectos de contrarrestar esta situación, se han desarrollado técnicas que incluyen densidades así como métodos de siembra y fertilización adecuados, tendientes a favorecer el buen equilibrio entre las especies componentes de las pasturas.

En varias circunstancias, específicamente en las zonas lecheras, se efectúan siembras asociadas de verano de sudangrás o sorgos con trébol rojo y a veces achicoria. De acuerdo con las condiciones primavera-estivales es posible lograr el éxito y alcanzar elevados rendimientos de materia seca, a la vez que mantener una oferta de forraje importante al año siguiente, una vez desaparecido el verdeo estival. El lotus es otra especie que se adapta bien a este tipo de siembra.

La siembra de leguminosas puras en especial alfalfa o lotus, en forma convencional o asociada, resulta de gran importancia en muchos establecimientos. En este sentido, la posibilidad de disponer de superficies que ofrecen forraje de gran calidad, representando verdaderos bancos de proteína, constituyen una contribución valiosísima al mejor manejo del ganado.

1.3.1.2. Características limitantes

Si bien los datos registrados por diferentes organismos de investigación así como por los propios productores demuestran que las pasturas cultivadas permiten superar ampliamente la productividad y calidad de las pasturas naturales, resulta importante destacar algunas características que limitan su buen comportamiento y motivan especial consideración (Carámbula, 1991):

1. Problemas de implantación
2. Falta de equilibrio entre gramíneas y leguminosas.
3. Enmalezamiento prematuro.
4. Evolución hacia una estacionalidad marcada.
5. Baja persistencia y estabilidad.
6. Problemas en las siembras asociadas.

Problemas de implantación

La fase de implantación es particularmente crítica en el establecimiento y producción de pasturas del Uruguay.

Encuestas realizadas muestran que en años normales el 28% de las pasturas tienen problemas de implantación mientras que en años desastre, esta cifra alcanza el 60%, de la cual la tercera parte se pierde en el primer año.

Este comportamiento pondría de manifiesto la existencia de problemas debido no solo a características climáticas, sino también a baja adaptación ecológica de las especies y poco ajuste de los conocimientos e insumos tecnológicos.

Si bien es cierto que durante el período de implantación influyen e interaccionan entre sí un número elevado de factores, es fundamental partir desde el comienzo con poblaciones adecuadas de plantas y un balance equilibrado entre las especies.

Este objetivo podría alcanzarse manejando algunas variables que resultan ser determinantes para el proceso de implantación (Díaz y Moor, 1980). En este sentido debe destacarse la siembra en líneas y la localización del fertilizante lo que permite no solo un ahorro sensible de semillas y fertilizantes, sino una mayor seguridad y eficiencia final del proceso.

Falta de equilibrio entre gramíneas y leguminosas

La mayoría de las pasturas cultivadas presentan un desequilibrio acentuado a favor de la fracción leguminosas.

Dicho comportamiento aparece desde el momento de la implantación, en que la experiencia general demuestra que es más fácil establecer leguminosas que gramíneas, a tal punto que se podría afirmar que el común denominador de las pasturas cultivadas es el exceso de leguminosas en los primeros años de su vida.

Este hecho determina precisamente los rendimientos más elevados de materia seca, al segundo y tercer año promoviendo las producciones animales más altas en la vida de la pastura, aunque con serios riesgos de meteorismo.

En muchas circunstancias este dominio neto de las leguminosas sobre las gramíneas, se debe a la siembra de pasturas sobre suelos cansados, pobres o degradados, en los que la sola fertilización fosfatada, conjuntamente con la falta de nitrógeno, ocasionada por la demanda de cultivos precedentes y/o prácticas culturales y de conservación inadecuadas, conduce a una mala implantación de las gramíneas e irremediablemente al desbalance de especies.

Si bien esta superioridad de las leguminosas tiene su aspecto positivo, también es cierto que conduce a pasturas de baja persistencia, dado que una vez incrementado el nivel de nitrógeno del suelo, mediante el proceso de simbiosis, y teniendo en cuenta la vida corta de las mismas, la invasión de especies mejor adaptadas pero menos productivas termina dominando las pasturas.

Enmalezamiento prematuro

Las pasturas cultivadas presentan diferentes grados de enmalezamiento como consecuencia de incrementos sensibles en su población dados fundamentalmente por el banco de semillas y/u órganos perennes presentes en los suelos, por el aumento en la fertilidad debido al fósforo del fertilizante y el nitrógeno de la leguminosa y especialmente por los espacios libres que dejan éstas al disminuir su población en la época estival.

Dichos espacios desnudos, que aparecen específicamente durante el verano como consecuencia de la muerte de leguminosas invernales sensibles a las sequías, constituyen los nichos ideales para las especies invasoras, quienes como se ha expresado encuentran en ellos las mejores condiciones para su crecimiento, transformándose en los principales focos de inestabilidad de las pasturas.

La intensidad y velocidad con que se produce el proceso de infestación depende básicamente del tipo de mezcla forrajera en cuestión, ya que aquellas formadas por especies anuales son las más infestadas, mientras que a medida que aumentan los compuestos perennes este efecto se registra con menor frecuencia.

En todos los casos resulta evidente que cuanto más largo es el período de reposo de las especies, mayores son las posibilidades de enmalezamiento.

La autodefensa de la pastura será mayor cuando la misma esté integrada por especies de ciclo complementario, las que no sólo explotan el ambiente en forma más eficiente, sino que le otorgan una mayor productividad, persistencia y estabilidad frenando la invasión latente por parte de malezas.

No se debe olvidar que al sembrar la gran mayoría de las praderas, ésta es realizada con especies templadas (tipo C3) en un ambiente que naturalmente favorece a las subtropicales (tipo C4) lo cual pronto lleva a un desbalance. De ahí la imperiosa necesidad de incluir en las mezclas forrajeras, gramíneas estivales como el pasto miel (*Paspalum dilatatum*).

En este sentido, la presencia de gramíneas perennes, en especial de clima estival, deberían constituirse en un componente obligado en cualquier mezcla permanente, en particular, en las zonas de ganadería extensiva.

Evolución hacia una estacionalidad más marcada

A medida que las pasturas avanzan en su edad presentan una estacionalidad mayor ofreciendo picos de máxima y mínima producción cada vez más acentuados.

Este comportamiento se debería en parte al hecho de que aspectos inherentes al desarrollo de las plantas promueven sucesivamente el crecimiento de sistemas radicales cada vez más superficiales. De esta forma la productividad de las plantas depende en lo esencial del régimen de lluvias y la pastura se vuelve en forma creciente más sensible a los períodos de sequía, en especial los estivales.

A su vez, el decremento registrado en la contribución de las leguminosas de crecimiento invernal como consecuencia de su gradual desaparición, lleva a una menor producción en esta época del año.

Ambos eventos conducen a que las pasturas cultivadas pierdan su función primaria de cubrir los requerimientos animales durante las épocas de penuria y tiendan a presentar, aunque con rendimientos mayores, una distribución estacional del forraje aún más desequilibrada que las pasturas naturales, con un déficit importante en otoño, invierno y verano y un superavit muy marcado en primavera.

Baja persistencia y estabilidad

Si bien es cierto que en la práctica la vida o duración de una pastura cultivada no puede ser mantenida por tiempo indefinido, lo cierto es que como norma general las pasturas de la Región se pierden a temprana edad.

Este aspecto ha sido descrito por Carámbula, Millot y García y publicado por García y otros (1981). Normalmente, las pasturas alcanzan su producción máxima en el segundo año y a partir del tercero comienzan a desaparecer las especies sembradas, produciéndose espacios libres en el tapiz donde avanzan malezas y gramilla.

Es conocido el hecho de que la estabilidad y persistencia de las pasturas cultivadas está relacionado con su mantenimiento en una edad temprana acumulando biomasa e incrementando la fertilidad del suelo, pero a medida que se aparta de dichas etapas la pastura se vuelve más estable y menos productiva.

La aceleración de este comportamiento se debería a numerosos aspectos, tales como factores ambientales, recursos genéticos, factores de manejo, etc., aún del todo no bien comprendidos. Éstos impiden que los cambios importantes logrados por suplantación del tapiz natural no puedan ser estabilizados por el tiempo deseable, con constancia de rendimientos dentro de un equilibrio dinámico entre las especies implantadas.

Este aspecto resulta de gran valor en las zonas de ganadería extensiva, donde las pasturas cultivadas no integran esquemas intensivos de uso del suelo que incluya rotaciones.

Por consiguiente, es innegable la vigencia de un serio problema de estabilidad en las pasturas cultivadas del país, lo que lleva a diferentes producciones con el consiguiente efecto económico.

Dicho problema presenta características diferentes de acuerdo con el tipo de suelo, la historia previa de la chacra y el proceso de implantación de la pastura.

Así, mientras las pasturas instaladas sobre chacras sin historia previa de agricultura tienden hacia campo natural, en aquellas chacras con historia previa de agricultura, la vegetación tiende hacia festucales o gramillares de acuerdo con la buena o mala implantación de las gramíneas perennes, (Carámbula, 1982).

Este comportamiento conduce efectivamente a una disminución marcada en productividad y calidad de forraje, afectando seriamente las producciones animales.

Problemas en las siembras asociadas

Un porcentaje muy elevado de la siembra de pasturas en la región Litoral y Litoral Sur de Uruguay se realiza en forma conjunta con cultivos cerealeros.

Este tipo de siembra, en la que normalmente para el productor tiene más importancia el volumen de cosecha de cereal que la buena implantación y futura vida de la pastura, asume características propias.

En este sentido, la tecnología ha sido adoptada básicamente con criterio agrícola por lo que las siembras asociadas a trigo muestran resultados aleatorios y altamente relacionados con el tipo de preparación del suelo, variedad y época de siembra, competencia, manejo inicial y control de malezas, los que muchas veces no son precisamente los más adecuados para una pastura.

Dado que la instalación de las leguminosas es mucho más fácil que la de las gramíneas, la cual normalmente es deficitaria, el productor opta muchas veces por incluir en las mezclas solo leguminosas. En ciertos casos, una vez realizada la cosecha de grano y al próximo otoño, puede agregarse raigrás anual en cobertura, o simplemente destinarlas en caso de leguminosas puras, a producción de semillas.

Las pasturas logradas con éxito con este tipo de siembra presentan una dominancia total por parte de las leguminosas, las que una vez cumplido su ciclo, generalmente desaparecen dejando el suelo descubierto. De no entrar en rotación un cultivo, esos espacios son ocupados en forma rápida por la gramilla, especie que constituye un enemigo latente dado el alto grado de infestación de los suelos agrícolas.

Si bien la vida corta de estas pasturas tendría poca importancia, dado el tipo de producción intensiva de la zona con rotaciones cortas predominantemente agrícolas, el

citado comportamiento deriva, cumplidos algunos ciclos de rotación, en chacras infestadas de gramilla y raigrás anual. Esto complica el manejo de los suelos y cultivos cerealeros y conduce normalmente a un serio deterioro en la productividad de las chacras.

Por consiguiente, el efecto beneficioso que produce la inclusión de pasturas mixtas de gramíneas y leguminosa no es logrado y cuando dichas chacras son mal trabajadas o simplemente abandonadas, se transforman en verdaderos gramillares, situación que se constata desafortunadamente en grandes extensiones del Uruguay.

Asimismo, este tipo de rotaciones cortas, al cual está íntimamente ligado el uso de leguminosas puras, supone posibles focos de erosión en suelos con pendientes moderadas, así como mayores riesgos económicos al verse incrementada la dinámica de las inversiones, como consecuencia del mayor peso de la actividad agrícola.

Finalmente, en muchas zonas es posible afirmar, y de hecho lo es, que las rotaciones están integradas por períodos alternados de cultivos y gramillas.

1.3.2. Verdeos y pasturas temporarias de corta vida

1.3.2.1. Generalidades

Los verdeos son cultivos forrajeros anuales que constituyen «per se» elementos fundamentales en la producción de materia seca, ya que pretender que una explotación ganadera intensiva dependa solamente de praderas cultivadas no deja de ser una utopía.

En tal sentido, los cultivos forrajeros anuales cumplen exitosamente la misión de reforzar la entrega de forraje en las épocas críticas de invierno y verano, cuando las especies perennes disminuyen su productividad.

Estos cultivos son de fácil implantación y manejo, y constituyen cosechas de alta productividad en un período corto de tiempo. Sin embargo, debe considerarse que los costos de instalación son superiores a los de las pasturas cultivadas, desde que estos últimos son amortizados de acuerdo con la longevidad de la pastura.

Por lo tanto, para que estos cultivos sean realmente rentables deben ofrecer rendimientos elevados de materia seca de gran calidad en momentos en que las pasturas cultivadas son incapaces de cubrir los requerimientos animales.

Este aspecto es fundamental en establecimientos de producción intensiva, como los tambos, donde es imprescindible contar con un nivel sostenido de forraje de calidad durante todo el año.

Si bien los rendimientos totales anuales y su distribución son variables de acuerdo con suelos, prácticas culturales y manejos, es posible afirmar que en términos

generales, la distribución estacional de la materia seca varía notablemente entre los distintos cultivos anuales considerados, lo cual permite programar la entrega de forraje mediante su ubicación en diferentes cadenas forrajeras.

Con referencia a los verdeos de invierno, la avena pura bajo pastoreo hace entrega de un porcentaje importante de su producción en otoño con la máxima oferta en invierno y un decremento notable hacia la primavera.

Este comportamiento contrasta con el del raigrás, el cual ofrece menos de la quinta parte de su producción en otoño, pero sí, muy buenos porcentajes especialmente en invierno y primavera.

El agregado de avena al raigrás permite una entrega más equilibrada de forraje en las tres estaciones, con un ciclo extendido de producción desde el otoño hasta fines de primavera. Este efecto beneficioso que se logra al incluir la avena es tanto mayor cuanto más precoz es el cultivar utilizado, más elevada la densidad de siembra y más altas las condiciones de fertilidad del suelo.

En cuanto a los verdeos de verano, éstos aportan cantidades muy importantes de forraje y su contribución realmente efectiva se produce a partir de fines de diciembre-principios de enero, por ello debe contarse con su aporte forrajero básicamente para el verano, ya que su producción otoñal es bastante menor y expuesta a variaciones importantes de acuerdo con las condiciones climáticas que presente dicha estación. La ocurrencia de otoños secos y fríos limita seriamente sus rendimientos.

No obstante, se debe destacar que normalmente mientras la moha y los sorgos presentan mayor precocidad que el sudán y el pasto italiano, éstos extienden su producción entrado el otoño, comportándose como más tardíos; mostrando especialmente en dicho período una tasa sostenida de macollaje.

En algunas oportunidades se ha comprobado las bondades de las siembras asociadas de verdeos de verano con trébol rojo (Durán, Acosta y Mieres, 1985). Estos cultivos presentan ciertas ventajas técnicas muy importantes entre las que se destacan la mejor calidad del verdeo con porcentajes mayores de proteína, mayor producción de forraje durante la primavera y verano siguientes y una supuesta mejora en la fertilidad del suelo como consecuencia de la presencia de una leguminosa.

El maíz merece un párrafo aparte dado que ofrece una gran flexibilidad de manejo (pastoreo, ensilaje, grano) al tratarse de una especie en que su calidad, medida por la digestibilidad, varía poco al avanzar la madurez. Este margen de maleabilidad en su uso es muy importante en la Región dada la variabilidad de su clima. Asimismo, permite un rango muy amplio de épocas de siembra lo cual unido a su extrema precocidad, lo convierte en una forrajera de inclusión segura en las rotaciones para tambo.

1.4. COMPORTAMIENTO DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS

La información basada en estudios efectuados por La Estanzuela, Uruguay, sobre la productividad de pasturas ubicadas en suelos arables y profundos sobre un amplio periodo de tiempo (7 a 15 años), que comprendió numerosos experimentos (7 a 78 según cada pastura) ha permitido caracterizar la producción forrajera en aspectos básicos tales como producción de forraje y estabilidad de los rendimientos, distribución mensual del forraje y calidad mensual del mismo (Millot, García y Carámbula, s/f).

Si bien la información que aquí se presenta corresponde a pasturas constituidas por cultivares «referentes» de la zona litoral oeste de Uruguay, los resultados pueden considerarse básicos para acercarse al comportamiento de las especies involucradas, y de sus consiguientes cultivares, aunque sus atributos podrán mostrar variaciones, dentro de ciertos rangos, acordes con cada zona y parámetro considerado.

1.4. 1. Producción de forraje y estabilidad de los rendimientos

En el cuadro 1.2 se presentan los rendimientos anuales de las diferentes pasturas tanto del promedio general que incluye todas las procedencias evaluadas (segunda columna) así como de aquellas que se han destacado por su buen comportamiento (tercera columna).

Si bien la mayoría de los cultivos, con excepción de la avena (período abril-agosto) alcanzan rendimientos anuales bastante similares y superiores a 7.000 kg/ha de

Cuadro 1.2. Rendimientos de diferentes pasturas (Millot, García y Carámbula, s/f).

	Años/exp.	Rendimientos (kg/ha MS)	
		Promedio general	Mejores 40% o cv. destacados
Alfalfa	8/16	6.620 (69,3)*	7.500 (67,5)
Avena	7/7	3.230 (27,1)	3.490 (24,5)
Raigrás	8/9	—	7.250 (15,9)
Avena-raigrás	—	9.500	—
Sorgo	9/9	7.660 (30,6)	8.780 (31,3)
Praderas	15/78	—	7.820 (28,6)

* El coeficiente de variación se presente entre paréntesis.

materia seca, los coeficientes de variación indican que es posible que se registren grados amplios de variabilidad en los rendimientos de cada uno de ellos.

En este sentido merece ser destacado el comportamiento de la alfalfa, con coeficientes de variación muy altos, demostrando la baja estabilidad de esta especie dada su gran sensibilidad a diferentes condiciones ambientales de suelo, clima y manejo.

Por el contrario, el raigrás anual muestra las menores variaciones, presentándose como la especie de comportamiento más seguro y confiable.

El coeficiente de variación de los restantes cultivos presentó valores bastante similares.

Asimismo, se ha detectado diferencias importantes no solo entre especies sino también entre cultivares. Así, en avena por ejemplo, mientras cv. Estanzuela 1095a presentó un coeficiente de variación de 18,9, en el cv Buck Epecuén éste alcanzó 33,1.

En las praderas convencionales el rendimiento indicado corresponde al promedio de la producción de numerosas pasturas durante cuatro años.

Se debe tener en cuenta que en dichas pasturas durante el primer año o año de siembra, la producción es menor y se concentra desde fines de agosto en adelante, por lo que de no buscarse específicamente más forraje en invierno con la presencia de especies precoces, los pastoreos que se realicen durante otoño y parte del invierno solamente tienen como función favorecer la instalación de las especies a través de un removido rápido del forraje.

1.4.2. Distribución mensual del forraje

1.4.2.1. Cantidad

La distribución mensual del forraje varía notablemente entre las distintas pasturas consideradas (figura 1.1).

Con referencia a los verdeos de invierno, mientras en los cultivos de raigrás sembrado puro la mayor producción se concentra en invierno y primavera con porcentajes bastante similares, la siembra conjunta de esta especie en mezclas con avena permite elevar la producción otoñal, ofreciendo una entrega de forraje más uniforme a lo largo del año.

Este efecto beneficioso que se logra al incluir la avena es tanto mayor cuanto más precoz es el cultivar utilizado y más altas las condiciones de fertilidad del suelo.

En cuanto a los verdeos de verano, que incluyen casi en forma exclusiva a los sorgos, su contribución realmente efectiva se produce a partir de fines de diciembre-principios de enero, por lo que debe contarse con su aporte forrajero básicamente para

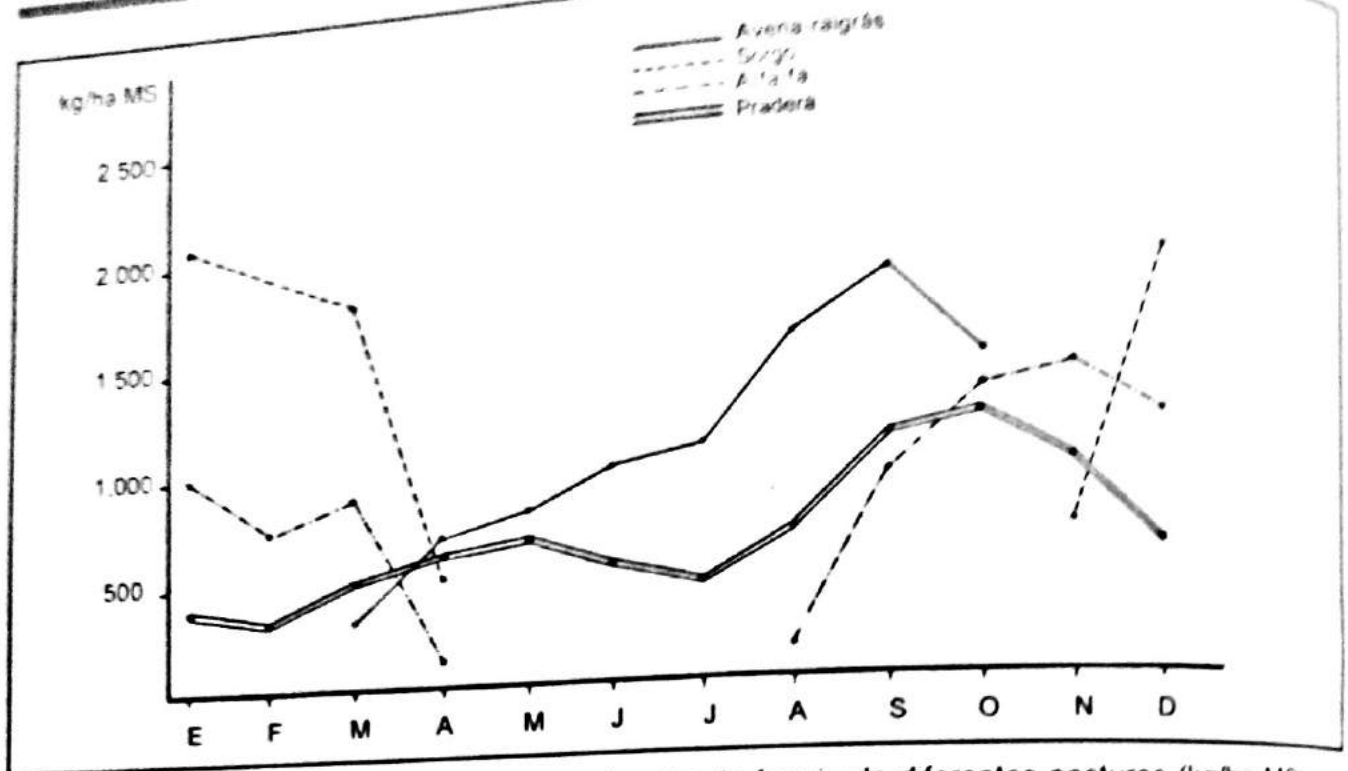


Figura 1.1. Distribución mensual de la producción de forraje de diferentes pasturas (kg/ha MS)

el verano, ya que su producción otoñal es bastante menor y expuesta a variaciones importantes de acuerdo con las condiciones climáticas que presente dicha estación. Otoños secos y fríos limitan seriamente sus rendimientos.

La alfalfa entrega promedialmente la mitad de su producción anual durante la primavera, época en que normalmente las temperaturas y la disponibilidad de agua favorecen su buen desarrollo. Sin embargo, entrado el verano con condiciones climáticas menos favorables, su comportamiento se hace más variable, dependiendo en especial de la profundidad del suelo y de las reservas de agua del mismo. Durante el otoño su producción es relativamente menor, lo cual unido al manejo cauteloso que se le debe aplicar en esta estación para favorecer su supervivencia y productividad, impiden contar con esta especie y por consiguiente se debería descartar como un aporte realmente eficiente para cubrir las exigencias del ganado en dicha época.

Con respecto a las praderas sembradas en forma convencional y constituidas por mezclas de gramíneas y leguminosas de ciclos invernal y estival, su menor producción se registra en verano, determinando la época de mayor carencia forrajera.

La entrega de forraje superior en invierno que en verano y está asociada fundamentalmente al nivel de fertilidad de los suelos en cuestión, pudiendo en ciertos casos igualar la producción lograda durante el otoño.

La máxima producción se alcanza durante la primavera (40%), época en que la mayoría de las especies se presenta en la etapa reproductiva.

Si bien la información registrada muestra que existen variaciones muy importantes entre las diferentes pasturas, en conjunto la entrega de forraje de las mismas

tiende a cubrir con bastante confianza, en gran parte del año, las exigencias de las producciones animales.

Sin embargo, es conveniente resaltar que en otoño, normalmente en el mes de abril, se inicia un déficit forrajero que limita las producciones animales (figura 1.1).

En este momento, mientras las pasturas sembradas se recuperan del período estival desfavorable y la avena inicia su primer desarrollo, la alfalfa y los sorgos finalizan su ciclo productivo.

El mencionado período se extiende hasta mediados-fines del invierno, marcando el mayor déficit de forraje en cualquier establecimiento. Generalmente el productor dispone de dos formas para compensar dicho período: incentivando la producción de forraje "in situ" o utilizando reservas forrajeras producidas en otras estaciones del año (Rebuffo, 1988).

Dadas las complicaciones que presenta el acondicionamiento y la distribución de estas últimas a los animales, los productores prefieren, muchas veces, la producción de forraje en pie, la cual es afectada notoriamente por las especies elegidas y las dosis de fertilizantes nitrogenados aplicadas.

Con respecto a las especies estudiadas, trabajos realizados por Rebuffo (1988) han demostrado que tanto la mezcla tradicional de avena-raigrás anual, como las mezclas forrajeras de ciclo corto formadas por avena, raigrás, trébol rojo permiten alcanzar una alta producción en el primer otoño-invierno. Por el contrario, las mezclas forrajeras de ciclo largo formadas por festuca, lotus y trébol blanco, han mostrado que aunque en ellas se incluya avena, su rendimiento resulta ser notoriamente inferior.

En cuanto al uso del nitrógeno para incrementar las producciones de materia seca en otoño-invierno, los resultados muestran que los kg/MS por kg/N aplicado pueden ser altos tanto en la mezcla tradicional avena + raigrás como en las mezclas de ciclo corto. No obstante, las respuestas residuales de dicha mezcla tradicional fueron superiores a las de las mezclas de ciclo corto, debido probablemente al efecto negativo causado por el nitrógeno aplicado, sobre las leguminosas componentes de la pastura.

1.4.2.2. Calidad

En la figura 1.2 se presenta la evolución de la digestibilidad de las diferentes pasturas a lo largo de su período productivo.

Existen diferencias importantes no solamente entre pasturas sino también dentro de ellas. Los porcentajes mayores de digestibilidad son logrados con las pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas y con la mezcla de avena-raigrás, mientras que los menores son obtenidos con el sorgo. Entre ambos extremos existe un rango de 20 unidades (56 y 76%, respectivamente).

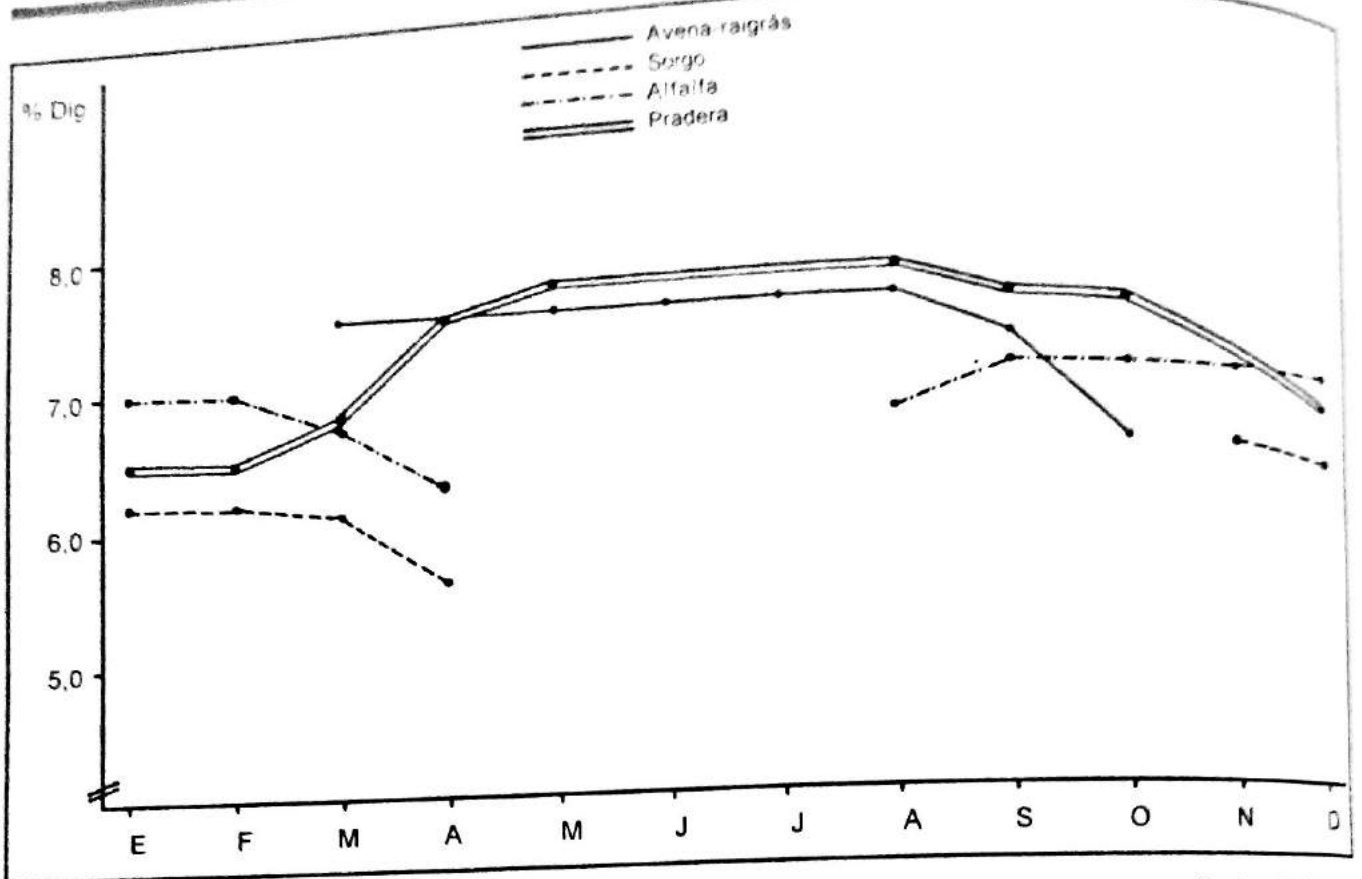


Figura 1.2. Distribución mensual de la producción de forraje de diferentes pasturas (kg/ha MS).

Durante un período largo de tiempo (abril a setiembre), las pasturas en producción y los verdeos invernales presentan un valor nutritivo elevado, decayendo éste entrada la primavera debido a la floración de las especies. En las pasturas la digestibilidad se mantiene baja durante el verano y principios de otoño.

En los cultivos estivales propiamente dichos, sorgos y alfalfa, la digestibilidad decrece a medida que avanza la estación de crecimiento, registrándose en otoño los valores mínimos. Durante todo el período productivo la alfalfa presenta índices de digestibilidad más altos que el sorgo.

Teniendo en cuenta la producción de forraje y su digestibilidad, ha sido posible construir la figura 1.3, en la que se presenta la distribución de la producción de materia seca digestible a lo largo del año y sobre cuya base ha sido posible diagnosticar, por parte de técnicos expertos en producción animal de La Estanzuela, los rendimientos alcanzables en leche y carne en los suelos profundos del litoral del Uruguay.

1.5. CULTIVOS FORRAJEROS DE ALTA EFICIENCIA

La participación de diferentes especies y/o cultivares actuando como componentes complementarios, asociados en forma inteligente en el espacio y en el tiempo, permiten lograr cultivos forrajeros de alta eficiencia.

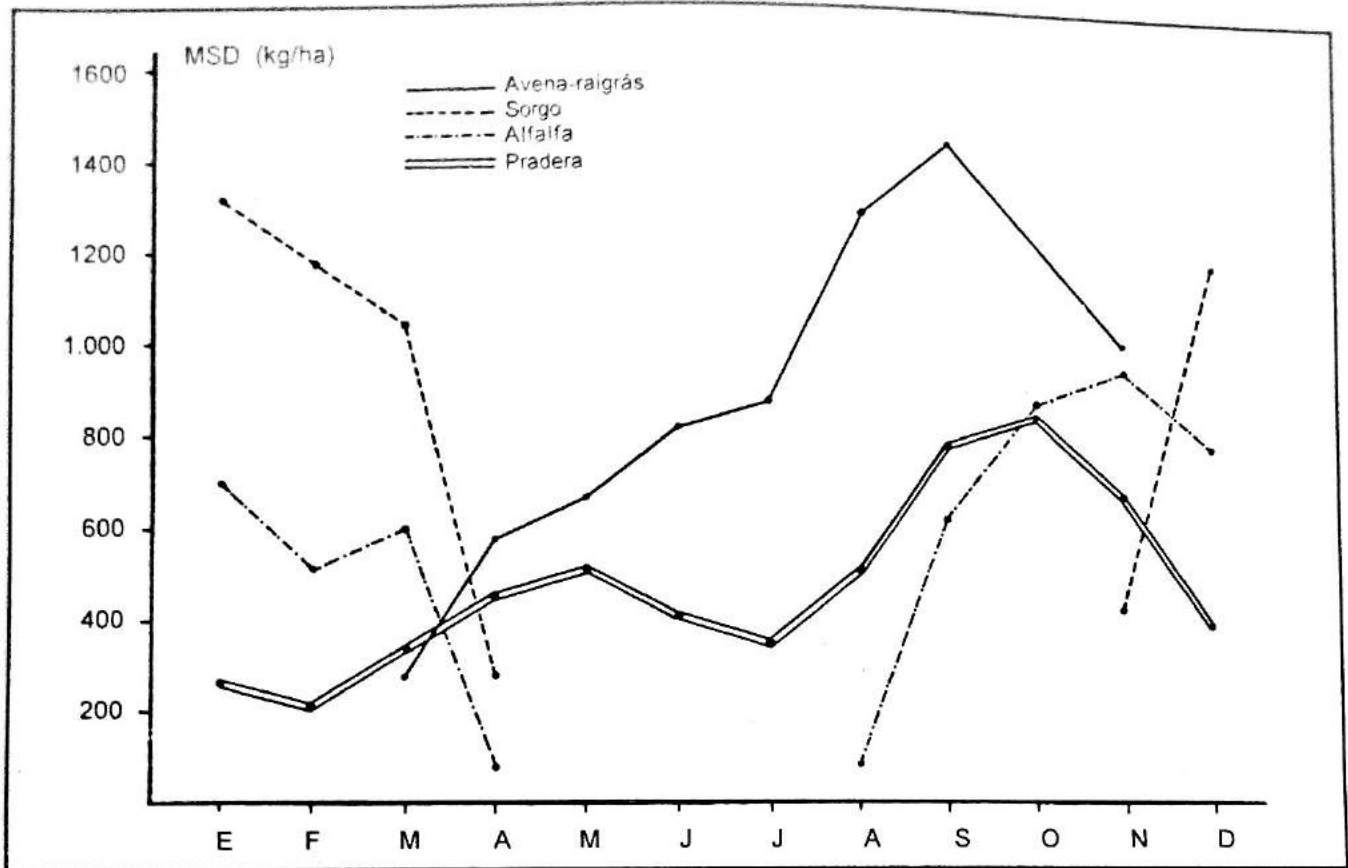


Figura 1.3. Distribución mensual de la producción de forraje de materia seca digerible de diferentes pasturas (kg/ha MSD).

Lo importante es que para lograr este éxito en cualquier establecimiento, la materia seca debe ser producida de tal forma que permita obtener del producto final, carne, leche o lana, un alto margen de ganancias. Por lo tanto, es fundamental disponer de forraje en la forma más económica y con técnicas sencillas que promuevan una rentabilidad segura.

De acuerdo con Carámbula (1993), entre los cultivos propuestos que han demostrado ser exitosos explotando eficientemente el medio ambiente y realizando una mejor utilización de los recursos genéticos, merecen citarse:

1. Verdeos de invierno: mezcla avena-raigrás.
2. Cultivos doble propósito: forraje y granos
3. Verdeos de invierno asociados.
4. Verdeos de verano asociados.
5. Siembras asociadas a un cereal de invierno.
6. Mezclas de especies perennes complementarias.
7. Siembras sobre rastrojos de arroz.

Estos cultivos mayoritariamente escapan a la forma tradicional de producir forraje y si bien en ellos la meta se alcanza con diferentes grados de eficiencia, todos se realizan con miras a elevar la producción, equilibrar la distribución estacional e incrementar la calidad de la materia seca obtenida, haciendo fundamentalmente un mejor uso de la oferta ambiental mediante las especies y cultivares más adecuados.

Entre las ventajas más relevantes de estos cultivos deben destacarse:

- más amplia adaptabilidad ambiental,
- mayor reducción de costos por ahorro de insumos especialmente labores y fertilizaciones,
- mayores rendimientos totales de forraje,
- mejor distribución del suministro de materia seca en el período productivo,
- menor porcentaje de lapsos y espacios improductivos,
- mayor ahorro de tiempo para producir forraje,
- menor susceptibilidad a enfermedades,
- menores posibilidades de empeoramiento de las condiciones del suelo,
- más rápido pasaje de verdeo, reserva o grano, a pastura,
- mayor estabilidad de producción,
- más alta seguridad de éxito.

De acuerdo con Doyle y Elliott (1983), un incremento en la producción de forraje de calidad, como la presentada previamente, puede tener varios efectos económicos importantes:

- mejoras en el comportamiento individual de los animales;
- aumentos en la dotación por hectárea;
- reducción en la dependencia de otras fuentes alternativas de alimentos;
- reducción en la necesidad de comprar forraje (heno) o tener que arrendar pastoreos;
- liberación de suelo para otras producciones.

1.5.1. *Verdeos de invierno: mezcla avena-raigrás*

La vida corta de los verdes hace que éstos tengan que ser amortizados en el año de implantación. Por ello, debe obtenerse de los mismos los máximos rendimientos en cantidad y calidad de forraje, que hagan rentable la inversión realizada. La forma principal de alcanzar dicha entrega de forraje, durante un período amplio de tiempo des-

de temprano en el otoño hasta fines de primavera, es mediante las mezclas de avena y raigrás.

Ambas especies, que constituyen las dos forrajeras anuales invernales de mayor difusión, presentan un comportamiento complementario que ha permitido desarrollar la idea de obtener, en una amplia gama de suelos, una producción elevada de forraje. Este objetivo se alcanza fácilmente ya que se superpone con eficacia la precocidad otoñal de la avena, con la elevada producción del raigrás durante invierno y primavera.

Esta mezcla constituye el ejemplo más sencillo y práctico de utilizar la combinación de especies para aprovechar en forma más eficiente el medio ambiente.

La mezcla de dichas especies no solo permite alcanzar altos rendimientos, sino una mayor estabilidad en la producción dado por una amplia adaptabilidad ambiental y una mejor distribución del suministro de materia seca. Por otra parte, ha sido demostrado que la capacidad productiva de la mezcla puede elevarse aún más mediante la utilización de cultivares precoces de avena y tardíos de raigrás, con lo que se logra también ampliar el período de aprovechamiento de la pastura. Un buen ejemplo de esta meta lo da la mezcla avena negra-raigrás INIA Titán.

Cuando se mide la capacidad productiva de la mezcla avena-raigrás se destaca la utilización exitosa de la misma, la que demuestra que con ella se puede obtener registros elevados por hectárea tanto en leche como en carne y lana.

Esto se logra si se tiene en cuenta algunos factores que resultan básicos, tales como una elección acertada de los cultivares, un laboreo adecuado, densidades de siembra apropiadas que permitan por la estrategia de «falange» cubrir rápidamente el suelo, época de siembra temprana, buena fertilización y un cuidadoso manejo del pastoreo.

En algunas oportunidades esta mezcla puede ser reforzada con el aporte de trébol rojo.

1.5.2. Cultivos doble propósito forraje grano, trigo y cebada

La existencia de cultivares de trigo y cebada de ciclo largo con alta capacidad forrajera y posibilidades de pastoreo, en sus primeras etapas del desarrollo, permite ampliar la oferta de forraje en los predios agrícola-ganaderos y agrícola-lecheros.

Este tipo de cultivos doble propósito, que ofrece cierto período de pastoreo y que además provee rendimientos aceptables de grano, resulta atractivo para muchas explotaciones.

En la planificación forrajera de un establecimiento los cereales doble propósito pueden ocupar un lugar interesante al favorecer nuevas opciones, tendientes a cubrir la demanda de forraje durante el otoño y parte del invierno.

Asimismo, su incorporación a los sistemas de producción permite manejar con mayor seguridad las siembras tempranas, tanto de trigo como de cebada, ya que la variabilidad de las condiciones climáticas de la Región, puede complicar su implantación entrado el período de siembras normales.

Por otra parte, los cultivos doble propósito permiten evitar el riesgo de vuelco en algunos cultivares, así como disminuir la incidencia de enfermedades foliares en aquellos cultivares susceptibles.

Para alcanzar en estos cultivos un buen aprovechamiento del forraje sin afectar en forma marcada el rendimiento en grano, es imprescindible recurrir a medidas adecuadas de manejo preestablecidas.

¿En qué forma pueden integrarse satisfactoriamente ambos objetivos y cuál es el énfasis que debe darse a cada uno de ellos?

Por supuesto que para esta pregunta existen diferentes respuestas, todas ellas relacionadas con el clima, la productividad y los precios, los cuales interaccionan para dar la solución al problema.

No obstante, es importante enfatizar que la inclusión de cultivos doble propósito en un establecimiento, le agrega estabilidad al mismo. Para ello la clave es la flexibilidad en su manejo, buscando aprovechar los cultivos de tal manera que las posibilidades ofrecidas permitan lograr los más altos retornos económicos.

En muchas oportunidades estos cultivos son destinados a lograr reservas forrajeras, ya sea heno, henilaje o ensilaje, para lo cual también como en el caso de destinarse a grano habrá que retirar a tiempo los animales.

Asimismo, los cultivos doble propósito ofrecen la posibilidad de siembras asociadas con una pastura, cuya instalación normalmente se ve favorecida por el pastoreo temprano.

1.5.3. Verdeos de invierno asociados

Una buena eficiencia en la producción de forraje se logra mediante siembras asociadas de un verdeo precoz de invierno con una pastura.

Con esta tecnología se busca adelantar el período de aprovechamiento otoñal disponer de una importante entrega de forraje durante el invierno y prolongar la producción de forraje primaveral.

Mediante dicha siembra no solo se ahorran insumos y en consecuencia se reducen los costos, sino que se mejora el uso del suelo y se acelera el pasaje del verdeo a pradera, ahorrando labores culturales y fertilizaciones.

También se disminuye el lapso improductivo de la pastura, con el consiguiente riesgo de erosión y se prolonga a la vez la utilización del verdeo bajo pastoreo.

Para alcanzar las mayores ventajas de los verdes de invierno asociados es necesario realizar siembras tempranas, luego de la ocurrencia de lluvias efectivas de principios de marzo que promuevan pastoreos adelantados, utilizar densidades de siembra adecuadas que permitan alcanzar rápido tramas densas de hojas, y finalmente aplicar niveles de fertilidad apropiados que permitan ofrecer temprano una producción sostenida.

Estas medidas tomadas a la instalación del cultivo deben ser complementadas por técnicas de manejo de pastoreo acordes con este tipo de siembras.

En este sentido, es muy importante utilizar chacras altas con buen drenaje, con lo que se obtendrá piso firme, impedir por medio de pastoreos oportunos el característico encañado de las especies precoces y mantener el ganado en forma rotativa controlada, evitando arrases y dejando siempre rastrojos muy activos.

Los verdes invernales que mejor se adaptan a este tipo de siembras son la avena, avena negra, cebada, trigo y raigrás y como leguminosas de la pastura, trébol blanco, trébol rojo y lotus.

En cuanto a la fracción gramínea, la festuca presenta un comportamiento vulnerable a la competencia del verdeo asociado. No obstante, hay información de que existen posibilidades que se registre su recuperación aunque más no sea parcial, luego de finalizada la producción de las especies anuales. En realidad, el dactilis sería la especie más adecuada para estas siembras.

Los verdes asociados no solamente constituyen una fuente excelente de materia seca bajo régimen de pastoreo, sino que en primavera es posible lograr volúmenes elevados de forraje que pueden ser conservados en forma de heno, henilaje o ensilaje. En este sentido, con los verdes asociados se puede no solo aumentar la oferta de forraje total, triplicando la producción de los verdes puros, sino también lo que es más importante incrementar considerablemente la producción de forraje en la época crítica de fines de otoño e invierno.

1.5.4. Verdeos de verano asociados

Este tipo de siembras es muy exitoso principalmente en establecimientos lecheros donde resulta fundamental contar con una buena disponibilidad de forraje durante el verano y especialmente en los meses de marzo-abril.

En este último período la mayoría de los cultivos forrajeros ofrece una baja disponibilidad ya que en ese momento los verdes invernales se encuentran en las primeras etapas de su desarrollo, las alfalfas llegan al final de su ciclo y las pasturas sembradas se encuentran en una etapa de recuperación luego de enfrentar el verano.

La utilización de cultivos anuales de ciclo estival como sudangrás, moha, sorgos híbridos y maíz permiten aprovechar al máximo las condiciones del verano,

lográndose en esta época crítica volúmenes importantes de forraje, tanto para pastoreo como para ensilar, en áreas pequeñas y en períodos cortos de tiempo.

Las ventajas son aún mayores cuando estos verdeos son instalados en forma asociada con una pastura formada por especies de buena adaptación a la siembra primavera. En este sentido, tanto el trébol rojo como el lotus y la achicoria presentan muy buen comportamiento, desarrollándose bien bajo la competencia de los cultivos acompañantes.

Si bien la casi totalidad del forraje producido al principio del verano está dado fundamentalmente por el verdeo propiamente dicho, a medida que avanza la estación y aumenta el número de pastoreos, va adquiriendo mayor relevancia el aporte de la pastura asociada. Este comportamiento resulta básico por su contribución a nivelar la demanda de forraje durante el otoño.

Una alternativa interesante es utilizar el cultivo para obtener reservas forrajeras. Una vez cosechado el forraje con este fin, y luego de un período de recuperación de la pastura, se podrá disponer de una cantidad importante de materia seca bajo pastoreo.

Si bien durante el siguiente verano la pastura ofrece rendimientos adecuados, la entrega que hace en la primavera siguiente es muy elevada y de gran calidad, pudiendo ser utilizada para pastoreo y ensilaje.

Finalmente, entre los verdeos de verano asociados es posible mencionar también la siembra de maíz tardío con avena, combinación ésta que permite a través del maíz disponer de forraje de gran calidad tarde en el verano y con la avena contar con una entrega estratégica de pasto iniciado el otoño. Asimismo, en algunas situaciones cuando se necesite forraje hacia el invierno es posible realizar siembras tardías del verdeo estival asociadas con raigrás.

1.5.5. Siembras asociadas a un cereal de invierno

La siembra de pasturas asociadas a cultivos invernales para grano ha adquirido gran importancia en los últimos años como método para implantar praderas, presentándose como una excelente alternativa técnica.

El objetivo principal es reducir los costos en el establecimiento de la pradera, mediante las ganancias logradas con la producción del cultivo acompañante, a la vez que disminuir el tiempo en que la chacra permanece improductiva, acelerando el pasaje de cultivo a pastura.

Con referencia a este último aspecto, las siembras asociadas son un buen ejemplo referido a la necesidad de maximizar el aprovechamiento del medio ambiente, así como la mejor utilización de los recursos de producción.

Sin embargo, no siempre se alcanzan los objetivos finales que suponen un buen rendimiento de grano y una buena implantación de la pastura, capaz de entrar en producción al otoño siguiente.

Ello se debe a distintos factores, entre los que es posible destacar la competencia intra e interespecífica que se desarrolla como consecuencia de los distintos requerimientos y habilidades de las plantas para utilizar los diferentes factores de crecimiento.

Para enfrentar dicha situación se han propuesto prácticas agronómicas variadas, conducentes a lograr el éxito con este método de siembra.

Estas alternativas de manejo comprenden tanto aspectos relacionados al cultivo como a la pastura y son destinados a beneficiar la implantación de esta última, sin afectar en forma considerable los rendimientos del cultivo asociado.

Entre los cereales y oleaginosos utilizados en estas siembras se destacan trigo, cebada y lino, mientras que las forrajeras que mejor se comportan en este tipo de asociaciones son trébol rojo, alfalfa y lotus, las cuales están mejor adaptadas para enfrentar el microambiente que supone la utilización de un cultivo asociado. Trébol blanco y festuca muestran en general un efecto depresivo que de acuerdo con las condiciones establecidas puede o no ser permanente.

Aquí el aspecto más importante a destacar es que dichas siembras asociadas agregan una mayor estabilidad global a la empresa.

1.5.6. Mezclas de especies perennes de ciclos complementarios

La combinación de especies invernales y estivales constituyendo mezclas forrajeras complementarias puede resultar una alternativa para incrementar la productividad de las pasturas.

Este objetivo se logra cuando la inclusión de especies, con distintos ciclos y diferentes respuestas a los principales parámetros climáticos, permite explotar en forma más eficiente el medio ambiente, lo que conduce a lograr una producción elevada, una mejor distribución estacional en cantidad y calidad y una mayor persistencia, al controlar en verano en forma muy positiva, la invasión de malezas, específicamente la gramilla.

En las mezclas complementarias las especies cambian el orden de dominancia a lo largo del año, de tal forma que sus ciclos se superponen solo en períodos variables, minimizando la competencia y evitando que evolucionen a mezclas simples, como lo hacen muchas mezclas complejas.

Entre las especies más utilizadas para este tipo de mezclas se deben mencionar por la fracción invernales festuca, falaris, holcus, trébol blanco y por la fracción estivales paspalum, cloris, setaria, lotus.

Como ya se ha expresado, la combinación de especies de ciclo invernal y especies de ciclo estival puede ser más productiva (productividad transgresiva) respecto de las mezclas simples estacionales sembradas separadamente.

Sin embargo, a pesar de las ventajas citadas en párrafos anteriores, se debe alertar que las mezclas complementarias exigen mayor destreza en el manejo de la pastura.

En este sentido resulta importante destacar que en los períodos de crecimiento superpuesto se debe efectuar pastoreos intermitentes con dotaciones altas, mientras que en los períodos de reposo se realizarán pastoreos cuidadosamente controlados.

En estas pasturas, en general, las especies estivales son las más afectadas por el manejo conjunto de ambos ciclos.

Si bien este comportamiento no permite obtener de las mezclas los rendimientos máximos, de todas maneras es posible registrar muy buenas producciones y lo que es fundamental, imprimir a la pastura una entrega de forraje mejor balanceada y una mayor estabilidad imitando al campo natural.

1.5.7. Siembras sobre rastros de arroz

La siembra se realiza con avión, inmediatamente después de la cosecha, sin efectuarse labores preparatorias al rastrojo de arroz.

Dicha siembra en cobertura presenta ciertas restricciones, ya que para lograr el éxito es necesario que el cultivo de arroz haya recibido una nivelación correcta y que existan vías de drenaje en superficie.

Por lo tanto, previo a la siembra aérea deben ser reabiertas las vías de drenaje construidas durante la preparación del suelo y la siembra del arroz, teniendo como objetivo principal el desagüe total de la chacra para que la pastura se instale adecuadamente. Las especies forrajeras que se comportan mejor en estos mejoramientos son trébol blanco, lotus y raigrás siendo la especie citada en primer término, la forrajera que hace una mayor contribución en los mismos.

Este tipo de siembra presenta ventajas importantísimas entre las que se deben destacar:

- **Bajo costo inicial por ahorro de labores y fertilizante.**

No solo no es necesario realizar labores, sino que además el fósforo residual dejado por la fertilización del arroz hace un aporte interesante para la instalación correcta de la pastura.

- **Alta seguridad de éxito en la implantación.**

La siembra en cobertura con el avión permite alcanzar una independencia destacable sobre las condiciones climáticas y el estado del terreno en la chacra. Asimismo, la siembra sobre el rastrojo promueve mejor emergencia y establecimiento debido fundamentalmente a la protección de la paja del arroz, la cual atempera el desecamiento del suelo y la acción de las heladas.

También la baja o nula presencia de malezas facilita la instalación de la pastura.

- **Ahorro de tiempo para la producción de forraje.**

Se alcanza a producir forraje un año antes que por el método convencional, aspecto prioritario en cualquier sistema de producción.

Por otra parte, los rendimientos en el año de implantación son generalmente superiores a otras siembras en cobertura.

Este mecanismo puede ser también desarrollado antes de cosechar la soja, lográndose muy buenos resultados con las mismas ventajas que para las siembras sobre rastrojos de arroz.

1.5.8. **Claves para lograr la concreción de los cultivos forrajeros de alta eficiencia**

Diversas políticas agronómicas y económicas impulsan la utilización de estas pasturas como una forma de aumentar la eficiencia y los rendimientos de forraje para superar las relaciones desfavorables entre los precios de los insumos y de los productos obtenidos.

En todas ellas la consigna es hacer una mejor utilización de las posibilidades que ofrece el medio ambiente y el material genético disponible.

Desde el punto de vista práctico, las ventajas más relevantes que promueven su adopción son la reducción de los costos de implantación y la disminución del tiempo en que el suelo se mantiene improductivo o con baja capacidad de entrega de forraje.

Para lograr la concreción de los cultivos forrajeros de alta eficiencia se requiere:

- Planificar en forma acertada los esquemas forrajeros.
- Combinar en forma inteligente en el espacio y en el tiempo los materiales forrajeros ofrecidos.
- Dejar cubierto el suelo el mayor tiempo posible a través de áreas foliares bien distribuidas.
- Evitar la ocurrencia de nichos y barbechos.
- Impedir que se concreten riesgos de erosión y enmalezamiento.

En síntesis, se puede afirmar que para el productor, la mejora sustancial lograda por los cultivos forrajeros antedichos consiste básicamente en alcanzar una mayor eficiencia en la utilización del medio ambiente, lo cual se traduce en un aumento de la productividad por hectárea de su establecimiento.

1.6. NITRÓGENO. EL MEGANUTRIENTE PARA PRODUCIR FORRAJE

El nitrógeno es el nutriente vital que limita la producción de forraje de todas las pasturas. No obstante, el fósforo es una de las principales llaves para resolver la disponibilidad de dicho elemento, a través de su efecto beneficioso sobre el crecimiento de las leguminosas. También contribuye a lograr una mejor eficiencia sobre el uso del nitrógeno aportado por ellas a las gramíneas asociadas o por el fertilizante nitrogenado a las gramíneas puras, respectivamente.

1.6.1. Principales fuentes de nitrógeno para las pasturas

Desde el punto de vista práctico, existen tres fuentes principales para aportar nitrógeno a las pasturas: 1) reciclaje por mineralización del suelo y residuos vegetales y animales, 2) aplicación de fertilizantes nitrogenados, y 3) asociación con leguminosas.

1.6.1.1. Reciclaje por mineralización del suelo y residuos vegetales y animales

Este nitrógeno es producido a través de la actividad de las bacterias nitrificadoras sobre residuos vegetales y animales.

El suelo contiene cantidades apreciables de nitrógeno que es liberado lentamente a razón de 50 kg/N/año (Walker y otros, 1954; Green y Cowling, 1961). Asimismo, se produce nitrógeno a través del reciclaje a partir de las deyecciones de los animales, proceso que se realiza con menores pérdidas de átomos de nitrógeno cuando las condiciones ambientales son frescas y húmedas.

Ninguno de dichos procesos alcanza a completar la reposición del nitrógeno extraído por las plantas, por lo que ambos son incapaces de promover niveles altos de producción de las pasturas, dependiendo la cantidad disponible de nitrógeno del manejo que sea objeto el área en cuestión.

Descartado el reciclaje por mineralización como una forma eficiente de disponibilidad de nitrógeno, el hombre debe recurrir al uso de fertilizantes nitrogenados o de leguminosas, con la finalidad de cubrir las necesidades de las pasturas.

1.6.1.2. Aplicación de fertilizantes nitrogenados

Una buena pastura requiere para alcanzar una alta producción de forraje la disponibilidad de cantidades abundantes de nitrógeno. Según Mulder (1952), para producir 10 000 kg de materia seca se necesitan 300 kg/N/ha. Estas dosis deben ser provistas en la forma más eficiente y económica posible.

1.6.1.3. Asociación con leguminosas

El nitrógeno logrado mediante el proceso de simbiosis es transferido a la pastura por varios canales: a) excreción directa desde los nódulos cuando debido a condiciones ambientales muy favorables, la tasa de fijación de nitrógeno excede la tasa de síntesis de proteínas por parte de las leguminosas y en consecuencia el nitrógeno fijado en exceso es exudado (Walker y otros, 1954); b) descomposición de raíces y nódulos ya sea cuando mueren las plantas en los cultivos anuales o por cambios provocados en la relación parte aérea/parte subterránea debido a pastoreos o cortes. La defoliación promueve un descenso en la disponibilidad de hidratos de carbono hacia los nódulos, provocando su muerte (Kutuzova, 1966); c) devolución a través del animal por intermedio de las deyecciones (Walker y otros, 1954).

En Uruguay, García y otros (1994) determinaron que teniendo en cuenta el total de forraje producido en el año, puede considerarse que por cada tonelada de materia seca producida por una leguminosa, se fijan alrededor de 30 kg de nitrógeno. Dichas cantidades de nitrógeno fijado son similares a las obtenidas en otras partes del mundo con rendimientos comparables de leguminosas.

Según Herriott y Wells (1960), la forma clásica para aportar nitrógeno es a través de las asociaciones con leguminosas. Mediante los tres mecanismos citados, el nitrógeno es cedido gradualmente, y será tanto más importante cuanto más elevada es la población de la leguminosa en la pastura, más eficiente es el manejo que se aplica y más alta la población de animales con que se trabaja.

1.6.2. Importancia de los fertilizantes en la cantidad y calidad del forraje producido

El nitrógeno no solamente es el elemento que limita en forma más directa la producción de materia seca de las pasturas, sino que también tiene influencia sobre su contenido en proteínas. Este último aspecto tiene singular importancia desde que cuando un forraje contiene insuficiente nitrógeno, a través de sus proteínas, no sólo es de menor valor nutritivo, sino que el consumo voluntario es reducido por debajo de aquel que permite la distensión del rumen. Según Minson y Milford (1967), el nivel crítico por debajo del cual el consumo es reducido, se estima entre 6,0 y 8,5% de proteínas.

Varios autores han comparado los rendimientos de materia seca producidos por mezclas forrajeras versus gramíneas puras. Cuando las gramíneas no son fertilizadas con nitrógeno, la producción de forraje favorece a las mezclas (Churchill, 1947; Martin, 1960), mientras que cuando se utilizan dosis relativamente altas de nitrógeno sucede lo contrario (Washko y Marriott, 1960; Grable y otros, 1965).

En general se ha observado que cuando se aplican a las gramíneas dosis bajas a medias de fertilizantes nitrogenados, las mezclas superan a dichos cultivos puros (Sears, 1960; Lowe, 1966; Hamilton y otros, 1969).

1.6.3. Importancia de las leguminosas en la cantidad y calidad del forraje producido

Aportar nitrógeno y por consiguiente provocar aumentos en los rendimientos de materia seca de las gramíneas, no es la única función de las leguminosas, ya que su presencia en una pastura incrementa, como se ha expresado, la calidad del forraje producido. En varios trabajos realizados en pasturas de clima templado se ha demostrado que la inclusión de estas plantas en una pradera ofrece ventajas nutricionales sobre el valor de las mismas gramíneas asociadas cuando se encuentran en cultivos puros. Estas ventajas han sido determinadas por varios investigadores quienes han registrado aumentos de peso en novillos cuando se incluyó una leguminosa en pasturas de clima cálido y subtropical (Stobbs y otros, 1966; Norman, 1970; Evans, 1970).

Según Cowling y Lockyer (1967) el porcentaje de nitrógeno (proteínas) del forraje total de una pastura mixta de gramíneas y leguminosas es siempre mayor que el de la gramínea pura sin fertilización nitrogenada e igual al de la gramínea pura con altas dosis de nitrógeno.

Este resultado se debería al hecho de que la presencia de una leguminosa provoca (efecto indirecto) un aumento en el porcentaje de proteínas en la gramínea asociada (Churchill, 1947; Wagner y Wilkins, 1947; Bakhuits y Kleter, 1965; Wedin, 1965). Además, el porcentaje de proteínas de la propia leguminosa (efecto directo) es siempre más alto que el de la gramínea, aun cuando esta última disponga de altas dosis de nitrógeno (Mulder, 1952; Peterson y Bendixen, 1961).

Por consiguiente, el porcentaje de proteínas de una mezcla depende notablemente del balance entre las gramíneas y leguminosas que componen la misma, por lo que generalmente convendría que las mezclas contengan por lo menos 30% de estas últimas (Martin, 1960).

Sin embargo, Minson y Milford (1967) observaron que tan solo la presencia de 10% de leguminosas en una pastura madura, puede aumentar hasta en un 50% el consumo voluntario y promover importantes ganancias de peso en los animales que pasto-

rean la mezcla. Asimismo, Castle y Watson (1974) constataron un consumo mayor de la leguminosa que de la gramínea, aun cuando ambas poseían valores similares de digestibilidad.

Se ha sugerido que este comportamiento por parte de pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas sobre cultivos puros de gramíneas, se debería a que en las primeras se produce una fermentación más rápida en el rumen como consecuencia de una mayor cantidad de hidratos de carbono fermentables, lo cual favorece una velocidad mayor de pasaje por el tracto digestivo.

Estas observaciones hacen reconsiderar el concepto por el cual se piensa que la principal razón para incluir leguminosas como integrantes de una pastura es, fundamentalmente, por su valor como plantas «dadoras» de nitrógeno.

Ya se ha expresado que normalmente una pastura mixta produce menos forraje que la gramínea en cultivo puro con alta disponibilidad de nutrientes, en especial nitrógeno. Pocas mezclas, por lo general, pueden exceder los rendimientos en materia seca de los que se pueden esperar del forraje aportado por la gramínea asociada si se le agrega nitrógeno.

Sin embargo, se debe recordar que si bien el rendimiento en materia seca de una pastura es muy importante, el objetivo final es el producto animal. Ha sido demostrado en infinidad de oportunidades que materia seca-producto animal no necesariamente están correlacionadas.

Cuando se consideran los cultivos puros de gramíneas con altas dosis de nitrógeno pueden presentarse problemas de apetecibilidad y consumo, aunque por lo general el factor que limita es el valor nutritivo del forraje, ya que en algunos casos existe posibilidad de que la salud animal se vea afectada por un balance mineral inadecuado. Dichos aspectos negativos se acentúan aún más cuando la pastura pura es suplementada indiscriminadamente con distintos minerales, sin previo conocimiento de la composición de la especie o cultivar bajo pastoreo.

Cuando se consideran los cultivos puros de leguminosas, el factor limitante es el rendimiento en materia seca. Sin embargo, algunas leguminosas como la alfalfa o el trébol rojo pueden producir en siembras puras rendimientos similares a los que se obtienen en pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas y a su vez de gran valor nutritivo. Estas excelentes cualidades de las leguminosas para aumentar la calidad del forraje, permite pensar en la posibilidad de producir grandes volúmenes de materia seca en base a cultivos puros de estas plantas, aunque deban ser manejadas con niveles tan altos de fertilidad en que el proceso de nodulación pueda verse afectado o deba ser desperdiciado. En este sentido, en Gran Bretaña se han obtenido cepas de rizobios en trébol blanco, con tolerancia a altos niveles de fertilidad.

1.6.4. Características diferenciales entre el N del fertilizante y el N de las leguminosas

En los países como Nueva Zelanda donde el crecimiento activo de las leguminosas ocupa la mayoría de los meses del año, la producción de las pasturas se basa en el nitrógeno fijado por dichas plantas (Sears, 1950), habiéndose registrado rendimientos de hasta 15 000 kg/ha de materia seca en mezclas compuestas por gramíneas y leguminosas.

En los países como Holanda y Alemania Oriental, en que las condiciones ambientales por excesiva humedad o pH bajos son desfavorables para el crecimiento de las leguminosas (Martin, 1960; Kreil y otros, 1965), la producción de forraje se logra casi exclusivamente mediante fertilizaciones nitrogenadas.

Finalmente, en aquellos países como Gran Bretaña, donde el período de crecimiento activo de las leguminosas alcanza un promedio de 6 meses, la situación es intermedia. Allí es posible elevar los rendimientos obtenidos en mezclas con leguminosas variables entre 5 000 y 7 000 kg/ha de materia seca, si en períodos estratégicos se suministran a las pasturas dosis apropiadas de fertilizante nitrogenado. De esta forma se pueden alcanzar rendimientos por encima de 10 000 kg/ha de materia seca (Green y Cowling, 1961; Brockman y Wolton, 1963; Castle y Reid, 1963).

El desarrollo de nuevas técnicas en la producción de forraje y su manejo contempla precisamente el aporte del nitrógeno, tanto de las leguminosas como del fertilizante (cuadro 1.3).

No obstante, la forma clásica de aportar nitrógeno es a través de las asociaciones con leguminosas. Mediante los mecanismos citados previamente, el nitrógeno es cedido gradualmente. Este proceso es tanto más importante cuanto más alta es la población de la leguminosa en la pastura (Herriott y Wells, 1960), más eficiente es el manejo que se aplica, y más alta es la dotación de animales con que se trabaja.

Cuadro 1.3. Comparación entre las principales características del N de la leguminosa y el N del fertilizante.

	Leguminosa	Fertilizante
Origen	Natural	Artificial
Acción	Gradual	Rápida
Estimulo por pH	Alto	Bajo
Requiere más	P y K	K
Frente a otros elementos	No se recombina	Se recombina con ácidos y bases
Frente a sequías	Disponible	No disponible

1.6.5. Comentarios generales sobre ambas fuentes de nitrógeno

En cualquier discusión que se presenta sobre producción de forraje y la utilización del nitrógeno, ya sea a través de fertilizantes o de leguminosas, aparece una gran gama de opiniones acerca de las posibilidades potenciales, muy amplias por cierto, de ambas fuentes.

En la Región, la opción a dicha alternativa puede ser bajo ciertas circunstancias un problema primariamente económico, en otras un problema nutricional, o finalmente un problema de adaptación de especies a determinados ambientes ecológicos.

De acuerdo con los conocimientos actuales sobre el potencial de producción de las especies en uso y del aspecto económico involucrado, es muy poco probable que se generalice la utilización del nitrógeno como apoyo a una mayor producción forrajera. Esto se debería, a la creación de nuevos cultivares de leguminosas mejor adaptados, a la selección de cepas de rizobios más eficientes, a un mayor conocimiento de su manejo y a la aparición en el mercado de herbicidas para controlar plantas invasoras en sus cultivos.

Donde las leguminosas tengan buena adaptación seguirán siendo por mucho tiempo la fuente más económica de este nutriente, debiéndose recurrir primero a incrementar los rendimientos y calidad de las pasturas mediante siembras mixtas de gramíneas y leguminosas, así como al perfeccionamiento de su manejo, antes que considerar viable un sistema de producción basado en la fertilización con nitrógeno.

Es obvio que en las condiciones de la Región, la «gran corrida» hacia el nitrógeno está lejos aún. A pesar de la respuesta aceptable de las gramíneas a la fertilización nitrogenada, se considera que las pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas constituyen la llave hacia más altas producciones. El éxito de alguna leguminosa en la mayoría de los suelos permite incrementar la disponibilidad de nitrógeno en los mismos y por consiguiente aumentar la producción por parte de las gramíneas.

La fertilización de las pasturas mixtas debe encararse en consecuencia con fósforo para cubrir básicamente las necesidades de las leguminosas y lograr así el aumento de fertilidad, mediante el proceso: acumulación de fósforo + nitrógeno de las leguminosas. Cuanto más rápido se alcancen los niveles apropiados de fósforo, más rápido se lograrán poblaciones eficientes de leguminosas y más rápido se elevará la fertilidad del suelo y la productividad de sus pasturas.

El uso del nitrógeno en la Región podrá generalizarse cuando se den condiciones tales como:

- a) producción económica del nutriente;
- b) posibilidad de utilizar dosis altas del fertilizante (arriba de 120 kg/N/ha. de lo contrario usar leguminosas);
- c) utilización de sistemas de manejo más eficientes a través de empotramientos apropiados, dotaciones altas y riego;
- d) rentabilidad alta por hectárea;
- e) disponibilidad de gramíneas de máxima respuesta y producción frente al nitrógeno.

Sin embargo, existen ciertas situaciones en las cuales el nitrógeno a través del fertilizante puede resultar una ayuda apreciable para el productor. Así pueden citarse: la producción de forraje invernal con verdes sembrados mediante siembra directa en rastros y mejor aún en campo natural, o con mejoramientos de campo y pasturas perennes diferidas, ambos bajo pastoreo directo en pie.

Asimismo, dado que en suelos con limitaciones por exceso de agua, debido a un mal drenaje, la habilidad de la mayoría de las leguminosas se ve seriamente reducida para dar nitrógeno, lo cual finalmente afecta la persistencia de las pasturas, se hace imprescindible el uso químico de este nutriente.

De ahí entonces, que si bien el problema forrajero se deberá enfrentar básicamente con la utilización de pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas, se deberá confiar en la eficiencia del fertilizante nitrogenado, para cubrir períodos estratégicos y situaciones especiales. Es muy probable que con dotaciones no tan elevadas como las que se pueden lograr con gramíneas puras fertilizadas con nitrógeno, se alcancen mayores ganancias tanto en términos animales como económicos.

En aquellos casos en que se adopte la producción a base de mezclas forrajeras será necesario, para asegurar rendimientos altos de forraje, una buena población de leguminosas así como favorecer su persistencia a través de un manejo acertado. Se tratará siempre de lograr los máximos rendimientos por parte de las gramíneas, sin afectar desfavorablemente a las leguminosas.

No obstante, en el caso de los sistemas extensivos que generalmente ocupan suelos ácidos, pobres en nitrógeno y fósforo, así como con niveles destacables de aluminio, la opción por la leguminosa más adecuada debe efectuarse con precisión ya que el número de especies y cultivares apropiados para crecer en dichos ambientes no es muy amplio.

Por último, cuando se decida producir forraje en base a gramíneas con dosis altas de nitrógeno, se tendrá en cuenta que la respuesta a este nutriente puede ser extremadamente variable y que el forraje obtenido debería destinarse a producciones muy intensivas. En ellas se debe trabajar con sistemas elaborados de manejo, que im-

pliquen movimientos muy controlados del ganado y una alta eficiencia, mediante fertilizaciones fraccionadas y reciclaje activo, lo cual conducirá al máximo aprovechamiento del nitrógeno aplicado.

1.7. CONSIDERACIONES FINALES

Diversas políticas agronómicas y económicas impulsan la aplicación de tecnologías innovadoras como una forma de aumentar la eficiencia y los rendimientos de forraje para superar las relaciones desfavorables entre los precios de los insumos y de los productos.

En todas ellas la consigna es hacer una mejor utilización de las posibilidades que ofrece el medio ambiente con los mejores cultivares.

Desde el punto de vista práctico, las ventajas más relevantes que promueven su adopción son la reducción de los costos de implantación y la disminución del tiempo en que el suelo se mantiene improductivo o con baja capacidad de entrega de forraje.

Para incrementar la producción de forraje de alta calidad por hectárea y por año se requiere:

- planificar en forma acertada los esquemas forrajeros;
- combinar en forma inteligente en el espacio y en el tiempo los materiales forrajeros ofrecidos,
- dejar cubierto el suelo el mayor tiempo posible a través de áreas foliares bien distribuidas;
- evitar la ocurrencia de nichos y barbechos;
- impedir que se concreten riesgos de erosión y enmalezamiento.

En síntesis, se puede afirmar que para el productor, la mejora sustancial que se logra por la utilización planificada de distintos cultivos forrajeros consiste básicamente en alcanzar una mayor eficiencia en la utilización del medio ambiente, y de las especies disponibles, lo cual se traduce en un aumento de la productividad por hectárea del establecimiento.

1.8. REFERENCIAS CITADAS

- Bakhtuts, J. A. y Kleter, K. H. 1965. Some effects of associated growth on grass and clover under field conditions. *Neth J. Agric. Sci.* 13: 280-310.
- Brockman, J. S. y Wolton, K. M. 1963. The use of nitrogen on grass-white clover swards. *J. Brit. Grassl. Soc.* 18: 7-13.
- Carámbula, M. 1977. *Producción y Manejo de Pasturas Sembradas*. Ed. Hemisferio Sur. 464 p. Montevideo, Uruguay.
- _____. 1982. Reunión Técnica IICA-Cono Sur/BID. 12-16 abril, 1982. La Estanzuela, Uruguay.
- _____. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. INIA Treinta y Tres. Serie Técnica N° 19. 46 p. Diciembre 1991.
- _____. 1993. Cultivos forrajeros de alta eficiencia. INIA Treinta y Tres. Bol. De Divulgación N° 38, 21 p. Agosto 1993.
- _____. 1996. *Pasturas Naturales Mejoradas*. Ed. Hemisferio Sur. 524 p. Montevideo. Uruguay.
- Castle, M. E. y Reid, D. 1963. Nitrogen and herbage production. *J. Brit. Grassl. Soc.* 18: 1-6.
- _____. y Watson, J. N. 1974. Red clover silage for milk production. *J. Brit. Grassl. Soc.* 29: 101-8.
- Chebataroff, J. 1969. *Relieve y Costas. Nuestra Tierra V 3*. Montevideo, Uruguay.
- Churchill, B. R. 1947. Productiveness of Brome grass strains from different regions when grown in pure stands and in mixture with alfalfa in Michigan. *J. Amer. Soc. Agron.* 39: 750-61.
- Cooper, J. P. 1970. Potential production and energy conversion in temperate and tropical grasses. *Herb. Abst.* 40: 1-15.
- Cowling, D. M. y Lockyer, D. R. 1967. A comparison of the reaction of different grass species to fertilizer nitrogen and to growth in association with white clover. II. Yield of nitrogen. *J. Brit. Grassl. Soc.* 22: 53-61.
- Del Puerto, O. 1969. *Hierbas del Uruguay. Nuestra Tierra. V 19*. Montevideo, Uruguay.
- Díaz, J. J. y Moor, J. 1980. Estudio sobre métodos y densidades de siembra de praderas. Tesis Ing. Agr. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.
- Doyle, C. J. y Elliott, J. G. 1983. *Grass and Forage Science* 38: 160-177.
- Durán, A. 1985. *Los suelos del Uruguay*. Ed. Hemisferio Sur. 398 p.
- Durán, H., Acosta, Y. y Mieres, J. 1985. Bases programáticas de los trabajos de investigación en bovinos para leche. Mimeo 43 p. La Estanzuela, CIAAB. MAP. Colonia, Uruguay.
- Dyksterhuis, E. J. 1951. Use of Ecology on Range Land. *Journal of Range Management*, Vol. 4, N° 5, pp. 319-322.
- Evans, T. R. 1970. Some factors affecting beef production from sub-tropical pastures in the coastal lowlands of southeast Queensland. *Proc. 11th internat. Grassl. Congr.* pp. 803-7.
- García, J., Formoso, Risso, D., Arrospide, G. y Ott, P. 1981. Factores que afectan la productividad y estabilidad de las praderas. *Miscelánea* 29. La Estanzuela CIAAB-MAP. Colonia, Uruguay.
- García, J. A., Labandera, C., Pastorini, D. y Curbelo, S. 1994. Nitrógeno en pasturas. INIA, Uruguay. Serie Técnica N° 51, pp. 13-18.
- Grable, A. R., Willhite, F. M. y McCuiston, W. L. 1965. Hay production and nutrient uptake at high altitudes in Colorado with different grasses in conjunction with alsike clover or nitrogen fertilizer. *Agron. J.* 57: 543-7.

- Green, J. O. y Cowling, D. W. 1961. The nitrogen nutrition of grassland. Proc. 8th internat. Grassl. Congr. pp. 126-9.
- Hamilton, R. I., Scholl, J. M. y Pope, A. L. 1969. Performance of three grass species grown alone and with alfalfa under intensive pasture management: animal and plant response. Agron. J. 61: 357-61.
- Hely, F. W. 1966. Basic considerations about nitrogen in plant nutrition. Division of Plant Industry. CSIRO. Canberra. Mimeograf. 13 p.
- Herriott, J. B. D. y Wells, D. 1960. Clover nitrogen and sward productivity. J. Brit. Grassl. Soc. 15: 63-9.
- Kreil, W., Wacker, G. Kaltofen, H. y Hey, E. 1965. Heavy nitrogen fertilizing to pasture. Proc. 9th internat. Grassl. Congr. pp. 1092.
- Kutuzova, A. A. 1966. Utilization of nitrogen from legumes on cultivated pastures in the Central Regions of to forest zone of the U.S.S.R. Proc. 10th internat. Grassl. Congr. pp. 191-4.
- Lowe, J. 1966. Output of pastures under a clover nitrogen regime in Northern Ireland. Proc. 10th internat. Grassl. Congr. pp. 187-91.
- Martin, T. W. 1960. The role of white clover in grassland. Herb. Abs. 30: 159-64
- Millot, J. C., García, J. y Carámbula, M. (s/f). Productividad forrajera en suelos profundos del Litoral. CIAA La Estanzuela. Mimeo. 10 p.
- Minson, D. J. y Milford, R. 1967. The voluntary intake and digestibility of diets containiing different proportions of legume and mature Pangola grass (*Digitaria decumbens*). Austr. J. exp. Agric. Anim. Husb. 7: 546-51.
- Mulder, E. G. 1952. Fertilizer vs. Legume nitrogen for grasslands. Proc. 6th inernat. Grassl. Congr. pp. 740-748.
- Norman, M. J. T. 1970. Relationships between liveweight gain of grazing beef steers and availability of Townsville lucerne. Proc. 11th internat. Grassl. Congr. pp. 829-32.
- Peterson, M. L. y Bendizen, L. E. 1961. Plant competition in relationship to nitrogen economy. Agron. J. 53: 45-49.
- Rebuffo, M. 1988. Jornada de Forrajeras. Teatro Bastión del Carmen. Colonia del Sacramento. CIAAB La Estanzuela. pp. 23-7. Setiembre 9, 1988.
- Sears, P. D. 1950. Soil fertility and pasture growth. J. Brit. Grassl. Soc. 5: 267-80.
- _____. 1960. Grass-clover relationships in New Zealand. Proc. 8th internat Grassl. Congr. pp. 130-3.
- Stobbs, T. H. y Joblin, A. D. H. 1966. The use of liveweight-gain trials for pasture evaluation in the tropics. J. Brit. Grassl. Soc. 21: 49-55.
- Wagner, R. E. y Wilkins, H. L. 1947. The effect of legumes on the percentage of crude protein in orchardgrass and brome grass at Betsville, Md. during 1945. J. Amer. Soc. Agron. 39:141-5.
- Wedin, W. F. 1965. Legume and inorganic nitrogen for pasture swards in sub-humid, microthermal climates of United States. Proc. 9th internat. Grassl. Congr. pp. 800.
- Walker, T. W., Orchiston, H. D. y Adams, H. F. R. 1954. The nitrogen economy of grass legume associations. J. Brit. Grassl. Soc. 9: 249-74.
- Washko, J. B. y Marriott, L. F. 1960. Yield and nutritive value of grass herbage as influenced by nitrogen fertilization in the north-eastern United States. Proc. 8th internat. Grassl. Congr. pp. 137-41.

2. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA PRODUCCIÓN DE PASTURAS Y FORRAJES

2.1. Introducción

2.2. Rendimiento biológico versus rendimiento económico

2.3. Meristemos (puntos de crecimiento, yemas)

2.3.1. Clasificación de los meristemos

2.4. Macollas, tallos y hojas, los determinantes del rendimiento de una pastura

2.5. Desarrollo y crecimiento

2.5.1. Definiciones

2.6. Desarrollo vegetativo

2.6.1. Estructura de una macolla en estado vegetativo

2.6.2. Formación de las hojas

2.6.2.1. Tasas de aparición y de mortandad de las hojas

2.6.2.2. Tasas de alargamiento de las hojas

2.6.2.3. Otras consideraciones

2.6.3. Formación de las macollas. Proceso de macollaje

2.6.3.1. Tipos de macollas

2.6.3.2. Condiciones que afectan el proceso de macollaje

2.6.3.3. Dinámica de la población de macollas

2.6.4. Formación de las raíces

2.6.5. Dominancia apical en el estado vegetativo

2.6.5.1. Vernalización

2.6.5.2. Inducción floral

2.6.6. Formación de hojas, tallos y coronas en las leguminosas

2.7. Desarrollo reproductivo

2.7.1. Alargamiento de entrenudos

2.7.2. Iniciación floral

2.7.2.1. Desarrollo de la inflorescencia en gramíneas y leguminosas

2.7.3. Dominancia apical en el estado reproductivo

2.7.3.1. Teoría hormonal

2.7.3.2. Teoría nutricional

2.7.3.3. Teoría ambiental

2.7.4. Evolución de los sistemas radiculares en gramíneas y leguminosas

2.8. Consideraciones generales

2.9. Referencias citadas

2.1. INTRODUCCIÓN

Para producir Carne, Leche o Lana de forma exitosa, eficiente y competitiva, los ganaderos deben convertirse antes que nada en productores de Materia Seca mediante la siembra de pasturas y forrajes.

En este capítulo se presentan los principios básicos en que debe fundamentarse dicha producción, debiéndose trabajar siempre con mentalidad de empresa, tratando de disponer de la mejor información y aplicarla con el mayor sentido común y la máxima dedicación. Solo así los productores podrán disponer y aplicar los elementos básicos que aseguren a los animales de su establecimiento un abastecimiento constante y adecuado de forraje en cantidad y calidad.

Para ello, resulta fundamental conocer el modelo básico del crecimiento y desarrollo de las plantas forrajeras, los procesos internos que los regulan y de qué manera son afectados por el medio ambiente. Sin estos conocimientos el productor ganadero no podrá lograr un incremento en la producción de forraje, ni mucho menos esperar incrementos significativos en las producciones animales.

Dichos procesos ocurren no sólo en cada planta en particular sino, además, en todas las poblaciones de individuos, aspecto que permite extender dichos conceptos a la producción de forraje de cada pastura.

No obstante, debe aclararse que para cada especie en particular no sólo dichas variables son determinadas genéticamente sino que, además, son modificadas por ciertas variaciones ambientales, como la luz, la temperatura, la humedad, el agua y los nutrientes, y por consiguiente el comportamiento de cada pastura será afectado por la o las especies que la conformen.

2.2. RENDIMIENTO BIOLÓGICO VERSUS RENDIMIENTO ECONÓMICO

El rendimiento biológico de un cultivo está constituido por el total de materia seca producida, pero el rendimiento económico consiste en una fracción particular del total de materia seca producida.

Mientras en los cereales el rendimiento económico es sólo el grano y en la remolacha azucarera la raíz, en las plantas forrajeras el rendimiento económico es toda la parte aérea, las macollas de las gramíneas, los tallos de las leguminosas y las hojas de ambas.

Esta característica tan particular de las plantas forrajeras y por lo tanto de las pasturas, determina que el rendimiento biológico coincida con el rendimiento económico; y por lo tanto las macollas, tallos y hojas que constituyen la fábrica (órganos princi-

pales de fotosíntesis) son perturbados al ser cosechados periódicamente por el pastoreo y los cortes.

Por lo tanto, este efecto nocivo que modifica la capacidad de las plantas para atrapar la energía necesaria para sintetizar los asimilatos responsables de la formación de nuevos tejidos, debe ser enfrentado por la habilidad de éstas para expandir rápidamente nuevas macollas, tallos y hojas. Al respecto, Patel y Cooper (1961) sostienen que esta característica se debería más que nada al comportamiento diferencial de especies y cultivares frente al área foliar, que a su eficiencia para fotosintetizar, existiendo posibilidades de seleccionar en tal sentido.

Por consiguiente, teniendo en cuenta que en las pasturas el verdadero rendimiento económico está constituido por las macollas, tallos y hojas, es fundamental conocer los eventos que se suceden en la formación de estos componentes del rendimiento y los efectos que pueden ejercer diferentes factores sobre los mismos. En este aspecto, la información existente para gramíneas excede ampliamente a la disponible sobre leguminosas.

2.3. MERISTEMOS (PUNTOS DE CRECIMIENTO, YEMAS)

En las plantas, la unidad morfológica básica es el meristemo, también llamado vulgarmente punto de crecimiento o yema (Hodgson, 1990).

El punto de crecimiento es el centro de actividad principal y en él son determinados tanto el número de órganos producidos como su tipo y en cierto grado su tamaño final.

Un punto de crecimiento está formado por el domo o cúpula y por una serie de protuberancias. Estas protuberancias son los primordios foliares u hojas en formación (Fig. 2.1).

El tamaño del punto de crecimiento, el cual es determinado por el número de primordios foliares presentes, varía con las especies, pero es constante para macollas de igual edad y bajo condiciones ambientales similares (Sharman, 1947). Según este autor, se puede distinguir tres tipos principales: tipo largo con 15 a 20 primordios foliares (raigrás anual), tipo intermedio con 5 a 10 primordios foliares (festuca y falaris) y tipo corto con 1 a 3 (avena, cebada, centeno y trigo) (Fig. 2.2).

Esta unidad morfológica provee en primer término la fuente de células para la formación de nuevos tejidos. Su domo o cúpula está constituida por tres capas concéntricas de tejidos diferentes: dermatógena, hipodermis y subhipodermis, las cuales forman la túnica, y por un tejido interno central llamado corpus (Fig. 2.3). Mientras la túnica da lugar a la formación de órganos percederos como hojas, estípulas, glumas,

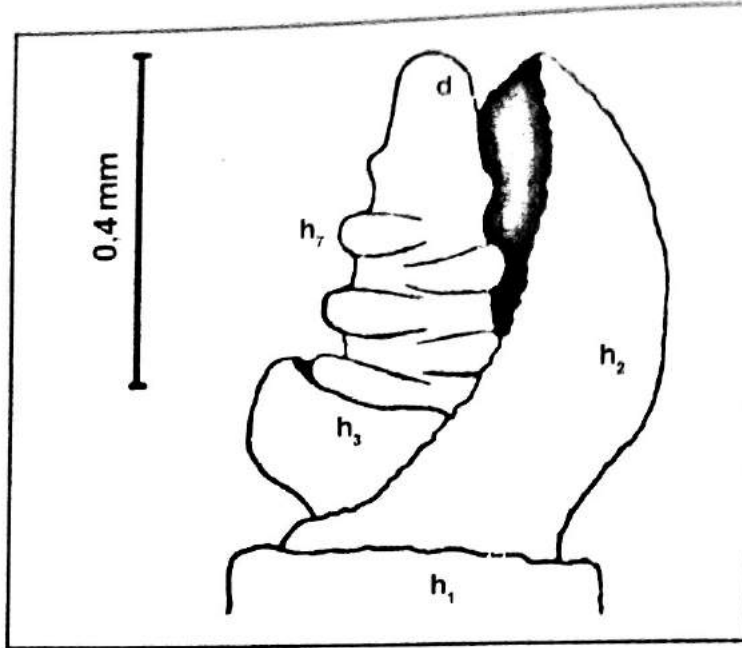


Figura 2.1. Punto de crecimiento de una gramínea en estado vegetativo mostrando: d) domo o cúpula, h) primordios foliares en diversas etapas de desarrollo, h1) primera hoja, h2) segunda hoja, h3) tercera hoja, etcétera.

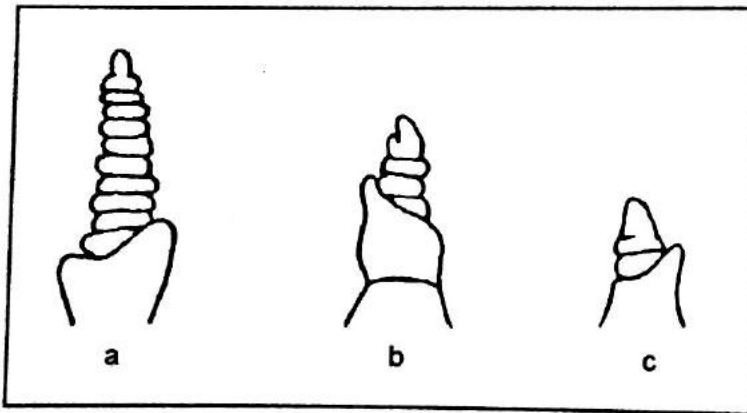


Figura 2.2. Puntos de crecimiento en estado vegetativo: a) raigrás (*Lolium multiflorum*), b) festuca (*Festuca arundinacea*), c) avena (*Avena byzantina*).

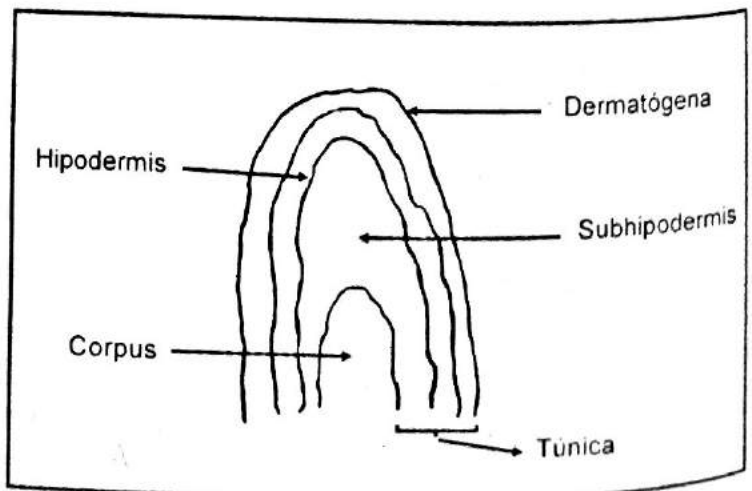


Figura 2.3. Constitución de un domo o cúpula.

etc. (tipo foliar), la túnica junto al corpus dan lugar a la formación de órganos imperecederos como tallos y macollas, inflorescencias, flores y semillas (tipo caulinar).

Pero el punto de crecimiento provee no solamente una fuente de células para la producción de nuevos tejidos, sino que proporciona también sustancias estimulantes u hormonas que regulan el desarrollo de las plantas. Así por ejemplo, la formación de raíces es controlada por auxinas y la de macollas por adeninas, por lo que el balance entre ambas sustancias es muy importante para la determinación de los distintos órganos (Jameson, 1964).

2.3.1. Clasificación de los meristemos

Los meristemos o puntos de crecimiento pueden ser clasificados de acuerdo con su ubicación y funciones en:

- **Meristemos apicales.** Están ubicados en los extremos superiores de los tallos y macollas, así como en los extremos de los estolones, tanto en gramíneas como en leguminosas, dando origen a los restantes tejidos meristemáticos.
- **Meristemos axilares.** Se encuentran localizados en la axila de las hojas y tienen capacidad morfogénica dando origen en la fase vegetativa a macollas, tallos y estolones, y en la fase reproductiva a las estructuras de las inflorescencias.
- **Meristemos basilares.** Se encuentran ubicados en los nudos basales de macollas, tallos y coronas, generalmente localizados cerca del nivel del suelo y se caracterizan por presentar diferentes grados de latencia.

También resulta importante tener en cuenta y definir otros meristemos de valor destacable como:

- **Meristemos foliares.** Se caracterizan por formar pecíolos, peciolulos y folíolos en las leguminosas y láminas y vainas en las gramíneas.
- **Meristemos nodales intercalares.** Se caracterizan por estar localizadas en los nudos y son los responsables del crecimiento de los entrenudos y por lo tanto del crecimiento longitudinal de tallos aéreos vegetativos y reproductivos, así como de raíces, estolones y rizomas.

2.4. MACOLLAS, TALLOS Y HOJAS, LOS DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO DE UNA PASTURA

Para entender el control de los rendimientos económicos de las pasturas en términos agronómicos, se requiere poseer conocimientos amplios sobre cuáles son las partes de las plantas que actúan como fuentes de la materia seca, cómo y cuándo son determinadas esas partes de las plantas, cómo son afectadas por el medio ambiente y cuándo se encuentran activas.

El rendimiento de una pastura puede ser considerado como proveniente de dos fuentes principales: a) el número de macollas y tallos por área de pastura y b) el peso individual de cada macolla y tallo (Fig. 2.4).

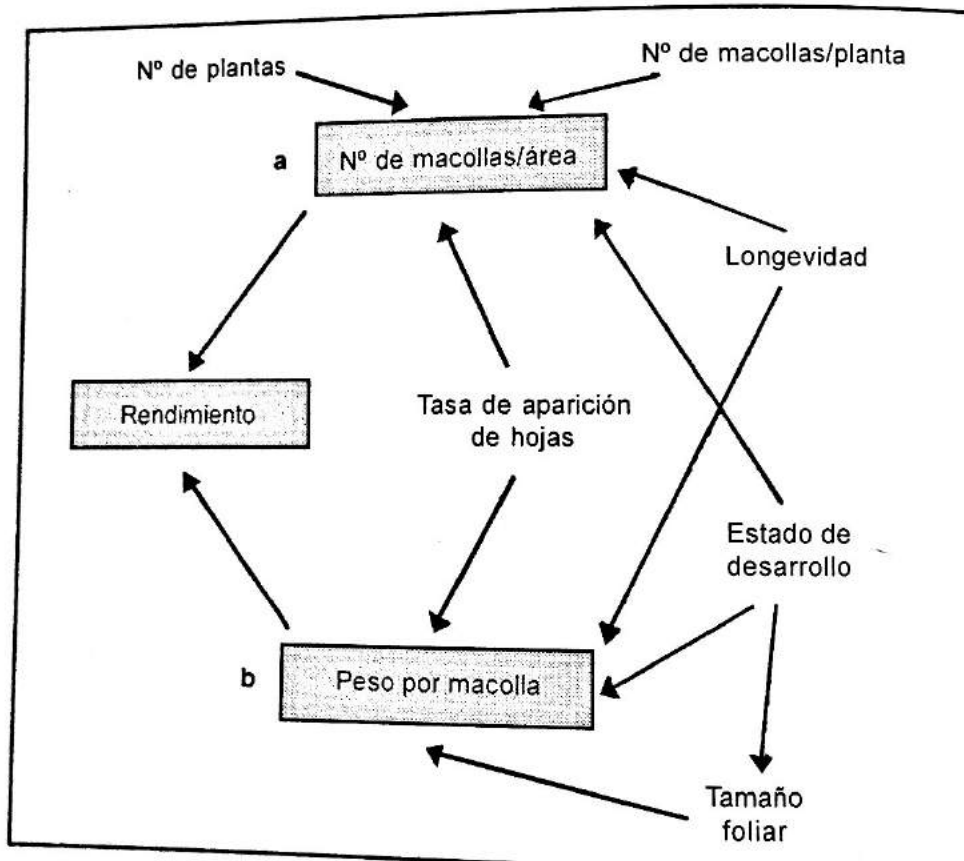


Figura 2.4. Determinantes del rendimiento de una pastura.

El número de macollas y tallos por unidad de superficie es el primer componente del rendimiento. Si se cuentan los mismos en una superficie determinada, se obtiene un censo de la población válida sólo para ese momento, debido al estado de dinamismo en que se encuentra como consecuencia de las diferentes velocidades de aparición y mortalidad de ellos. El segundo componente, el peso por macolla o tallo, aumenta a medida que se desarrollan nuevas hojas durante el ciclo vegetativo y luego cuando la planta inicia su ciclo reproductivo éstas incrementan su tamaño rápidamente y en forma sostenida, hasta la floración y maduración de la semilla.

Mientras que en las plantas que se encuentran en estado vegetativo el peso de las mismas está correlacionado fundamentalmente con el número de macollas y tallos que posean; cuando se inicia la etapa reproductiva, las macollas y tallos fértiles con sus altas tasas de crecimiento comienzan a ocupar un lugar primordial y las plantas son más pesadas cuanto mayor es la relación macollas o tallos fértiles-macollas o tallos vegetativos que presenten.

Por consiguiente, la proporción de forraje cosechado se relaciona en gran parte con los ciclos de crecimiento vegetativo y reproductivo de las diferentes especies que componen la pastura. Así, en las épocas de crecimiento vegetativo, predomina el proceso de formación de macollas y tallos y la proporción de forraje cosechable es menor que cuando las macollas y tallos inician el proceso de alargamiento de entrenudos. En este último período, la pastura es más erecta y presenta un porcentaje mayor de forraje al alcance de los animales.

Por último, en la figura 2.4 se presentan para gramíneas, en forma breve, ambas fuentes y los parámetros que determinan su comportamiento, debiéndose aclarar que el valor relativo de cada una de dichas fuentes varía con el estado en que se encuentran las plantas. Así, mientras que cuando las plantas se encuentran en estado vegetativo, el número de macollas y el peso de las plantas están correlacionados positivamente; cuando las plantas se encuentran en estado reproductivo, el peso de las plantas está correlacionado con el peso de las macollas reproductivas, ya que éstas poseen tasas de crecimiento más altas que las de las macollas vegetativas. Por ello, cuanto más tallos o macollas fértiles posea un cultivar, más elevado será su rendimiento (Knight, 1965).

Por consiguiente, en un momento dado el rendimiento de una pastura estará dado por el número de macollas y tallos por área y el peso individual de cada uno de ellos.

La tasa de aparición de hojas constituye un parámetro de gran importancia puesto que al influir directamente sobre el peso de las macollas, lo hace también sobre la tasa de macollaje (número de macollas por área). Al respecto Langer (1963) sostiene que cuanto más hojas se produce mayor será la cantidad de yemas axilares presentes y por lo tanto se registrará un mayor número de macollas, mediante un proceso eficiente de macollaje.

Los otros parámetros valiosos para fijar el comportamiento productivo de ambos componentes del rendimiento, son el estado de desarrollo de las macollas y su longevidad.

Por último, el tamaño foliar afecta directamente el peso por macolla, conjuntamente con la tasa de aparición de las hojas, su longevidad y el estado de desarrollo (vegetativo en transición o reproductivo) en que se encuentra cada una de ellas.

2.5. DESARROLLO Y CRECIMIENTO

En el curso evolutivo de una planta se puede reconocer dos series de fenómenos cuya distinción es fundamental en el plano biológico: desarrollo y crecimiento.

2.5.1. Definiciones

2.5.1.1. Desarrollo

El desarrollo consiste en una sucesión obligatoria de etapas o fases dadas en un orden riguroso e irreversible. El desarrollo corresponde a la iniciación de órganos nuevos: hojas, tallos, raíces, flores, etc., los cuales se forman a partir de células jóvenes, que provienen de la división activa de otras células que se encuentran en estado juvenil localizadas en los meristemas.

Las causas que determinan la orientación definitiva de los meristemas para formar un determinado órgano, o sea la aparición de un bosquejo bien caracterizado del órgano, hoja, macolla, tallo, inflorescencia, etc., son múltiples y sus interacciones bastante desconocidas.

Por consiguiente, en el término **desarrollo** se engloba una transformación profunda correspondiente a la iniciación de órganos nuevos, que comprende no sólo el acto de aparición de los primeros rasgos, sino también la capacidad potencial del meristemo para adquirir la forma de determinado órgano.

El **desarrollo** es un fenómeno puramente **cualitativo**, llamándose "ciclo de desarrollo" al conjunto de fases que van desde la germinación de la semilla hasta la floración y formación del fruto. Este ciclo de desarrollo comprende dos etapas bien definidas: el desarrollo vegetativo y el desarrollo reproductivo, los cuales serán considerados detalladamente más adelante en este capítulo.

2.5.1.2. Crecimiento

Debido a que en muchas oportunidades se ha visto utilizar en forma indistinta o incorrecta los términos **desarrollo** y **crecimiento**, aquí conviene recordar que una vez que el bosquejo de un órgano ha sido formado por el desarrollo, se produce otra serie de fenómenos que se traduce en la expansión del mismo, es decir, el **crecimiento**, expresando este término, el aumento irreversible de dimensión, dado sobre todo por el aumento del número de células y de su tamaño.

En efecto, el crecimiento es la consecuencia de dos mecanismos: a) multiplicación activa de un número de células al nivel del meristemo, y b) aumento del tamaño de esas células en todas direcciones. Este último representa el crecimiento más notable e importante.

El crecimiento aparece así como un fenómeno fisiológico, medible, o sea **cuantitativo**, utilizándose como criterios de medida, por ejemplo, el aumento de dimensiones en el área foliar o en el peso de materia verde, en el peso de materia seca y en la tasa de crecimiento de un órgano o planta.

2.6. DESARROLLO VEGETATIVO

En las gramíneas, durante la etapa de desarrollo vegetativo dominan fundamentalmente dos procesos: el de formación de hojas y el de formación de macollas, el primero continuo y el segundo relativamente discontinuo (Fig. 2.5).

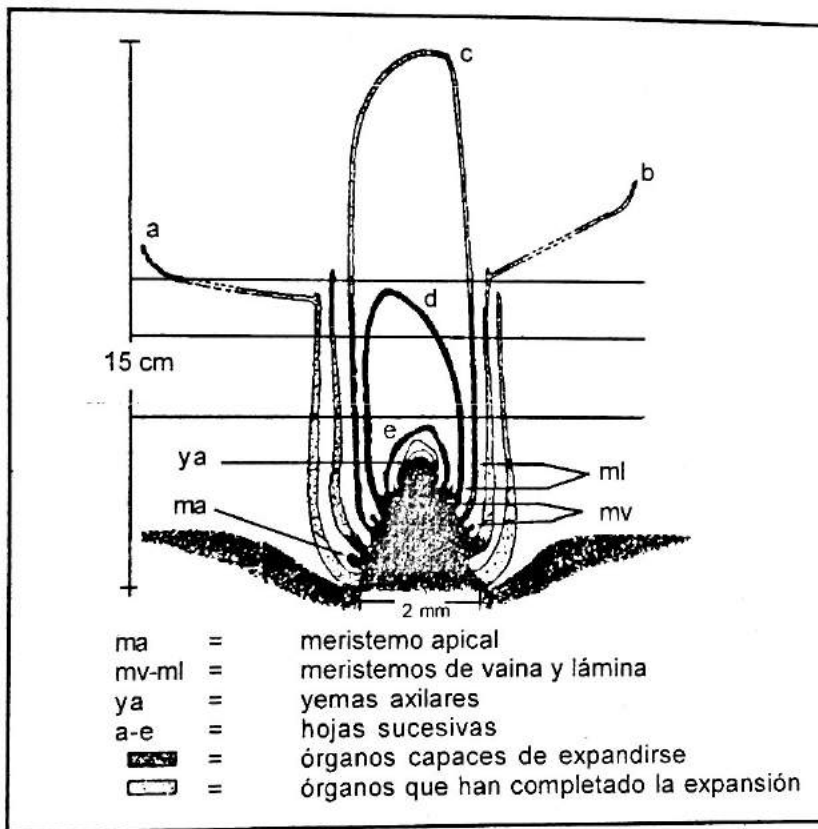


Figura 2.5. Estructura de una macolla vegetativa (Davies, 1972): ma) meristemo apical, mv-ml) meristemo de vaina y lámina, ya) yemas axilares, a-e) hojas sucesivas.

El proceso de formación de hojas puede ser descrito en base a tres parámetros morfogenéticos básicos: tasa de aparición de hojas, tasa de mortandad de hojas (vida media foliar) y tasa de alargamiento de las hojas. Si bien dichos parámetros, en cada especie y cultivar, son determinados por la constitución genética, éstos interaccionan además con las condiciones ambientales bajo las cuales crecen y se desarrollan las plantas en una pastura.

Dichas condiciones ambientales incluyen cambios estacionales y diarios de luz y temperatura, las concentraciones de anhídrido carbónico y oxígeno, la disponibilidad de agua y nutrientes, los microorganismos del suelo, las plantas vecinas y el animal en pastoreo.

Los tres parámetros morfogenéticos básicos citados previamente determinan, según Fernández Grecco (2000), las características estructurales de una pastura en estado vegetativo

- tamaño foliar, determinado por la relación entre la tasa de elongación de las hojas con la tasa de aparición de las hojas, debido a que para cada genotipo, la duración del periodo de elongación es una fracción constante del intervalo de aparición de hojas;
- densidad de macollas, relacionada con la tasa de aparición de hojas, que determina la cantidad de sitios aptos para su aparición ;
- número de hojas vivas por macolla, resultante del producto entre la tasa de aparición de éstas y su vida media.

2.6.1. Estructura de una macolla en estado vegetativo

Durante el estado vegetativo cada macolla está formada por un conjunto de segmentos o fitómeros unidos en los nudos. En la figura 2.6, los fitómeros vulgarmente llamados entrenudos, no se han alargado y permanecen contra el suelo, pero como se ha expresado anteriormente en algunas especies, debido a factores genéticos o a ciertas condiciones ambientales particulares (falta de luz, competencia excesiva, etc.), los entrenudos pueden presentarse alargados.

Por otra parte, si se observa detenidamente el diagrama presentado en dicha figura, se debe destacar el hecho de que si bien a simple vista las macollas en desarrollo

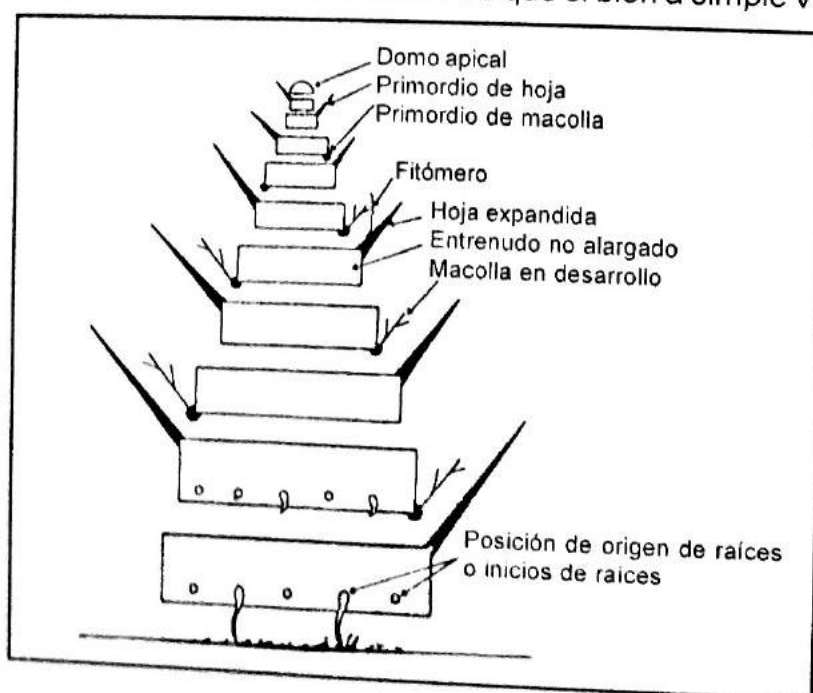


Figura 2.6. Esquema de la estructura de una macolla en estado vegetativo.

están ubicadas en las axilas de cada hoja, en realidad estos órganos están ubicados en fitómeros o entrenudos diferentes. Al respecto, mientras las hojas se forman en el entrenudo inferior, las macollas hijas lo hacen en el superior.

Esta arquitectura se presenta también en las leguminosas, en las que los meristemas axilares de las hojas pueden transformarse, según las condiciones ambientales, en tallos secundarios o en inflorescencias.

Asimismo, obsérvese en dicha figura, que los entrenudos ubicados a nivel del suelo o por debajo del mismo, presentan la capacidad de desarrollar sistemas radiculares, lo cual permite a muchas de las macollas hijas independizarse de la macolla madre. De ahí entonces, que cuando por razones genéticas (*Stipa hyalina*) o por razones ambientales (muchas gramíneas cespitosas) se produce el alargamiento de los entrenudos, aún en estado vegetativo, las macollas hijas que se formen, no sólo no habrán podido desarrollar sistemas radiculares propios, sino que además desaparecerán luego de un pastoreo, con las consecuencias posteriores de un rebrote muy poco denso por parte de la pastura.

2.6.2. Formación de las hojas

El desarrollo de una hoja consiste en el crecimiento de una protuberancia (primordio foliar) hasta tomar la forma de una media luna; luego esa media luna se transforma en un cuello que crece posteriormente en forma de capucha y termina cubriendo el punto de crecimiento (Sharman, 1945). Temprano, al desarrollarse este esbozo de hoja, la actividad está restringida a la zona de células situada en la base del meristemo intercalar. Inicialmente, no hay distinción entre lámina y vaina, y cuando la pequeña hoja tiene aproximadamente 1 cm de largo, se forma la lígula como un crecimiento extra de la epidermis en la parte adaxial. Posteriormente, una banda de tejido parenquimatoso divide el meristemo intercalar en dos partes, una responsable del crecimiento de la lámina y la otra de la vaina.

La división y el aumento del tamaño de las células de ambas partes provoca el desarrollo de la nueva hoja dentro del tubo formado por las vainas de las hojas precedentes y su aparición posterior sobre las mismas.

En este momento, cesa el aumento de tamaño de las células de aquellas partes de las hojas que se van haciendo visibles, mientras que en las partes protegidas por las vainas de las hojas viejas, continúa el crecimiento de las células, así como la división celular en el meristemo intercalar. Este comportamiento resulta muy importante cuando se consideran aspectos de defoliación, ya que ello permite a las macollas poseer un alto potencial de rebrote.

A medida que la hoja se va haciendo visible, se inician en su punta los procesos de fotosíntesis y transpiración. La hoja comienza a independizarse y producir sus pro-

prios metabolitos. De esta manera, la punta de la hoja está formada por los tejidos más maduros de la misma y, en consecuencia, es la parte que presenta siempre los primeros síntomas normales de vejez y la mayor susceptibilidad a factores extremos.

Una vez que la ligula queda expuesta a la luz, toda la hoja deja de crecer, muy probablemente debido a que la zona de crecimiento intercalar comienza a recibir un tipo de radiación diferente.

Mientras crece, la hoja recibe metabolitos de las hojas precedentes, pero una vez desarrollada, es ella quien los aporta tanto a las hojas que le suceden, como a sus macollas hijas y raíces. Sin embargo, a medida que la hoja expandida envejece estos aportes van siendo cada vez menores y aún estando verde, mucho antes de su muerte, puede ser ineficiente (Williams, 1964).

Este aspecto puede ser muy importante en pasturas mal manejadas donde la falta de luz, por una densidad excesiva de la trama o canopia, puede provocar la muerte anticipada de hojas maduras, y su rápida descomposición, con la consiguiente pérdida de materia seca. Sin embargo, es importante aquí recalcar que luego de una defoliación, es muy probable que la velocidad de fotosíntesis de las hojas viejas sea incrementada como resultado de una mayor disponibilidad de luz.

2.6.2.1. Tasas de aparición y de mortandad de las hojas

El desarrollo individual de la macolla continúa al ir apareciendo nuevas hojas. Dicha **velocidad de aparición** es mayor cuando las plantas crecen en un ambiente bien iluminado, a temperaturas apropiadas, y con un nivel importante de nutrientes (Mitchell, 1953; Anslow, 1966).

El número máximo de hojas producidas en una macolla puede ser de 7 a 9 en gramíneas anuales y de 14 a 16 en perennes, y el número de hojas vivas presentes en cualquier momento de su vida es el resultado de la velocidad de aparición y de la longitud de vida de las mismas. Generalmente, la velocidad de mortalidad de las hojas es igual a la de su aparición, pero el medio ambiente puede hacer cambiar esas proporciones. Ryle (1964) ha demostrado que el número de hojas vivas en una macolla varía entre 3 y 6, de acuerdo con las especies y el medio ambiente.

A pesar de que en primavera y otoño la velocidad de muerte de las hojas es mayor que en invierno debido a que en esas estaciones la velocidad de aparición de las hojas es mucho mayor que en el resto del año, resulta que el número de hojas vivas por macolla es más elevado. Asimismo, el número de hojas en crecimiento en una macolla parece ser independiente del número total de hojas aparecidas en ella.

Con referencia a las velocidades de aparición de las hojas relativas a las estaciones del año, es posible considerar que en las especies templadas, mientras en invierno esto sucede cada 3 semanas y pueden tener una longitud de vida de 8 a 10 sema-

nas, en primavera y verano la aparición puede ser de menos de una semana, pero con una longevidad de 4 a 5 semanas, con cambios variables e inexorables en el tiempo, con signos visibles tales como cambios de color del amarillo al marrón oscuro y deshidratación.

Colabelli y otros (1998), citados por Fernández Grecco (2000), determinaron una respuesta distinta por parte de diferentes especies. Así, a una temperatura diaria promedio de 10° C, mientras en raigrás perenne (*Lolium perenne*) la velocidad de aparición de las hojas era de 11 días, en festuca (*Festuca arundinacea*) sería de 22 días. Según dichos autores, si se acepta que el número máximo de hojas vivas es de tres en la primera especie y de 2,5 en la segunda, la senescencia de sus hojas comenzaría a los 33 y 55 días, respectivamente.

Además de los efectos citados, sobre la velocidad de aparición de las hojas (estaciones del año y diferentes especies), el sistema de pastoreo es también motivo de alteraciones sobre dichos parámetros. Así, Chapman y Lemaire (1993) observaron que en raigrás perenne la velocidad de aparición de las hojas y su tamaño eran mayores bajo pastoreo rotativo. Sin embargo, estos autores determinaron una población mayor de macollas cuando se aplicaba pastoreo continuo, habiendo encontrado que ambos parámetros (velocidad de aparición y población de macollas) se equiparaban, lográndose como resultado final un total similar de hojas por unidad de área.

2.6.2.2. Tasas de alargamiento de las hojas. Tamaño

El peso de una macolla no sólo depende del número de hojas y de su longevidad, sino también del tamaño de las mismas. Con referencia al tamaño, se sabe que las láminas de las hojas sucesivas de una macolla se hacen progresivamente más largas hasta que factores externos, tales como la luminosidad y/o las temperaturas, favorecen la iniciación floral y/o el alargamiento de los entrenudos. En este momento las láminas se vuelven más cortas. A pesar de ello, las vainas continúan creciendo y acompañan el alargamiento de los entrenudos del tallo. Como consecuencia de ello, el área total de cada hoja (vaina+lámina) aumenta hasta la aparición de la inflorescencia (Borrill, 1961, citado por Jewiss, 1966). Con respecto al ancho, éste aumenta continuamente en las hojas sucesivas de una macolla, y está relacionado fundamentalmente con la circunferencia del tallo, la cual es mayor a medida que se desarrolla la macolla.

No obstante, de acuerdo con Fernández Grecco (2000), el componente ancho de las hojas ha sido poco estudiado y Nelson y Sleeper (1981), citados por dicho autor, señalan que el ancho es dos veces menos importante a la contribución relativa del crecimiento de las hojas, que el alargamiento de ellas.

De acuerdo con Labreveux y otros (1998), citados por Fernández Grecco (2000), el genotipo es uno de los factores que más afecta la tasa de alargamiento foliar

y, comparando este parámetro entre *Bromus catharticus*, *Lolium multiflorum*, *Festuca arundinacea*, *Stipa neesiana* y *Hordeum stenostachis*, encontraron que la citada en primer término presentaba un crecimiento en el largo de las hojas 12 veces inferior a las otras especies mencionadas.

Por otra parte, Marino (1996, citado por Fernández Grecco, 2000), trabajando con avena y raigrás, observó que si bien diferentes niveles de fertilización nitrogenada afectan fuertemente el alargamiento de las hojas, el ancho de las mismas resulta débilmente afectado. Así, los datos registrados en raigrás mostraron incrementos muy importantes en el largo de las hojas (de 106 a 250 mm) y muy pobres en el ancho (de 7,5 a 9,0 mm) para los tratamientos N0 y N150, respectivamente.

Este incremento provocado por el nitrógeno sobre el largo de las hojas conduce indudablemente a que, a más nitrógeno las mismas presentan mayor tamaño, habiéndose demostrado además que tienen menor espesor.

Aquí, resulta importante enfatizar el hecho de que el alargamiento de las hojas es la actividad del crecimiento que requiere la mayor demanda por nitrógeno y que, por consiguiente, este parámetro muestra la mayor sensibilidad a distintos niveles de nutrición nitrogenada (Gastal y Lemaire, 1988).

Finalmente, se debe considerar el hecho de que la temperatura es otra variable muy importante que actúa sobre el alargamiento de las hojas. Así, Agnusdei y otros (1997) determinaron que en invierno el alargamiento de las hojas de *Chaetotropis elongata*, *Hordeum stenostachis* y *Lolium multiflorum* fue incrementada en un 100% cuando se realizaron estimaciones a temperaturas del aire de 8 y de 15 °C.

Completando dicha reacción por parte de las gramíneas, en el cuadro 2.1 se presentan los cambios que se producen en el tamaño y velocidad de crecimiento de una

Cuadro 2.1. Efectos de un rango amplio de temperaturas en el tamaño y velocidad de crecimiento de la tercera hoja de la principal macolla de *Festuca arundinacea* var. 170 bajo un fotoperiodo de 12 horas y una intensidad de luz de 1.200 FC (adaptado de Robson, 1968).

	Temperatura (°C)				
	10	15	20	25	30
Area foliar (cm ²)	2,4	3,9	4,3	5,8	4,9
Ancho de la lámina (cm)	0,33	0,35	0,35	0,34	0,31
Largo de la lámina (cm)	7,9	12,1	13,6	18,6	17,3
Días desde la aparición a la total expansión	18,4	11,7	10,4	8,8	10,4
Días entre la aparición de dos hojas sucesivas	10,8	6,9	6,1	5,2	6,1

hoja de festuca a medida que la temperatura del aire se incrementa progresivamente de 10 hasta 30° C (Robson, 1968).

En breve, es posible afirmar que a mayor temperatura las hojas son más grandes debido a una mayor longitud, manteniendo prácticamente estable su ancho.

En cuanto al número de días entre la aparición de dos hojas sucesivas y entre la aparición y expansión de las mismas, la ocurrencia de una buena disponibilidad de luz y temperaturas relativamente altas, acelera ambos procesos (Jewiss, 1966; Robson, 1968).

Todos estos efectos provocan un crecimiento total mayor por parte de las plantas y por lo tanto un rendimiento mayor de la pastura.

2.6.2.3. Otras consideraciones

En general, mientras el número de hojas en desarrollo y el número de hojas vivas varía dentro de ciertos límites, la frecuencia de aparición y su tamaño final resultan afectados notablemente por las condiciones ambientales.

En la mayoría de las especies, durante el desarrollo vegetativo, las hojas se encuentran ubicadas unas encima de las otras, formando un tallo cónico muy compacto, debido a que en estas etapas los entrenudos no se han diferenciado. Posteriormente, una vez que las condiciones ambientales son favorables para la floración, éstos comienzan a alargarse. En otras especies como las estoloníferas, rizomatosas y algunas cespitosas erectas, el alargamiento de los entrenudos siempre sucede durante el desarrollo vegetativo e independientemente de la fase reproductiva.

Sin embargo, en las primeras especies y bajo ciertas condiciones, también es posible que el alargamiento de entrenudos se registre durante la etapa vegetativa. Este comportamiento se presenta fundamentalmente cuando un exceso de crecimiento promueve la elevación de los meristemas apicales debido a una densidad alta de hojas y un déficit acentuado de luz.

2.6.3. Formación de las macollas.

Proceso de macollaje

En las axilas de las hojas se forman yemas que bajo condiciones favorables dan origen a nuevas macollas y cuyos puntos de crecimiento son similares en estructura a los que les dieran origen. Estos, a su vez, desarrollan nuevas hojas en cuyas axilas se forman nuevas macollas. Este comportamiento se repite muchas veces, dando así origen al proceso que se conoce con el nombre de macollaje.

Dicho mecanismo, que tiene gran importancia, según Jewiss (1972) cumple tres funciones: a) ayuda al establecimiento de las plántulas asegurando la producción rápida de área foliar suficiente para interceptar luz y competir con las malezas, b) es esencial en la regeneración de la pastura, compensando la mortalidad de plantas vecinas, y c) es esencial para la perennidad de las plantas dada la habilidad para presentar elevada longevidad sin límites definidos.

La población de macollas por unidad de superficie de una pastura, está dada por la densidad de plantas y por la velocidad de macollaje de las mismas. La densidad de plantas es una de las principales variables que el productor puede controlar en las pasturas mejoradas a través de la siembra, y es evidente que con densidades apropiadas logra ajustar con bastante certeza la población del cultivo. Además, la velocidad de macollaje es exponencial, siempre que ningún factor ambiental o intrínseco de la planta lo limite (Patel y Cooper, 1961).

Al respecto conviene puntualizar desde ya que existen algunas variables ambientales que son negativas para el proceso de macollaje, debiéndose citar como trascendentes: la carencia de nutrientes, en especial nitrógeno, la baja intensidad de luz, el balance negativo entre fotosíntesis y respiración, las temperaturas nocturnas altas y la baja disponibilidad de agua.

2.6.3.1. Tipos de macollas

De acuerdo con Rosengurt y otros (1960), las macollas pueden ser agrupadas en dos tipos diferentes según la forma en que se ubican junto a la macolla madre: intravaginales y extravaginales.

"Las macollas intravaginales se alargan dentro de la vaina en cuya axila se han originado paralelamente a ella y después se engruesan ejerciendo presión lateral sobre la vaina tectriz hasta que la separan o la hienden. Es la forma más frecuente" (Fig. 2.7a).

"Las macollas extravaginales se alargan en dirección transversal a la vaina tectriz, perforándola en su base y después continúan creciendo en dirección variable" (Fig. 2.7b).

Esta característica da lugar en general a distintos hábitos de crecimiento y facilita la identidad y la clasificación de las diferentes especies (Fig. 2.8).

Por otra parte, de acuerdo con su comportamiento reproductivo, es posible encontrar tres tipos diferentes de macollas: a) las que florecen en el año de su aparición y se comportan como anuales, b) las que florecen y mueren al año siguiente a su aparición, y c) las que nunca florecen y permanecen vegetativas. El hábito de la planta anual, bianual o perenne está dado precisamente por las diferentes proporciones de dichos tipos de macollas.

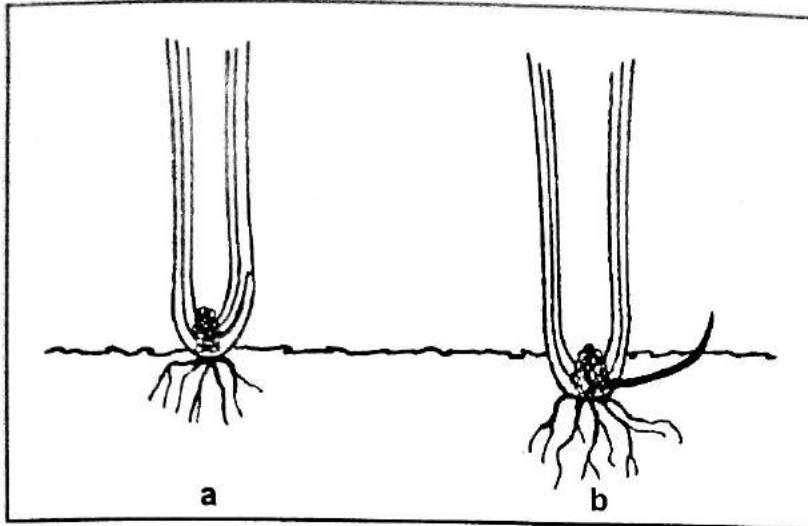


Figura 2.7. Tipos de macolla:
a) intravaginal, b) extravaginal.

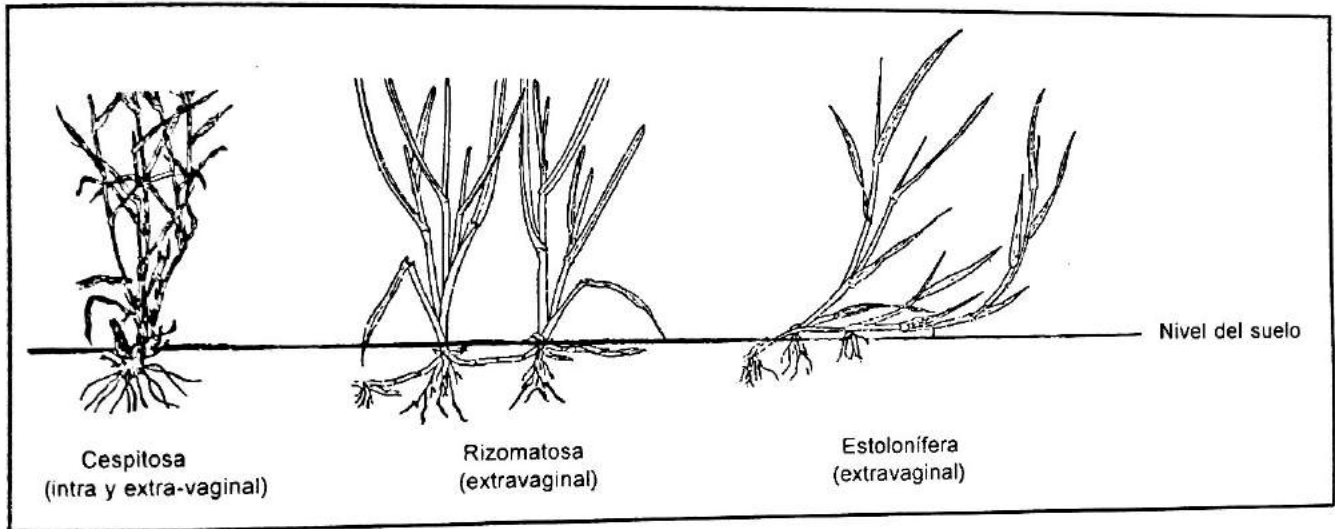


Figura 2.8. Morfología externa y hábitos de crecimiento de las gramíneas, según Águila Castro (1979)

2.6.3.2. Condiciones que afectan el proceso de macollaje

Los cambios que se producen en el **número de macollas** de una pastura, han sido estudiados por varios autores y Langer (1963) efectuó una revisión bibliográfica en la que presenta aspectos de la vida individual de las macollas y de los factores que afectan su formación.

Condiciones intrínsecas (factores genéticos)

El estado dinámico de la población de macollas de cualquier planta es afectado universalmente por ciertas condiciones intrínsecas de la misma.

Con respecto a la velocidad de macollaje, las diferencias entre especies forrajeras dependen del número de hojas que necesita desarrollar una plántula antes de

comenzar dicho proceso. Ryle (1964) observó en festuca, dactilis y timote que la primera macolla hija se formaba en promedio en las hojas 2,8, 3,8 y 5,4, respectivamente.

Se debe recordar que la velocidad de macollaje en cualquier planta adulta depende de la velocidad de aparición de hojas y del lapso entre la formación del punto de crecimiento axilar y la expansión del mismo.

Condiciones extrínsecas (factores ambientales)

El proceso de formación de macollas es más afectado por las condiciones climáticas que la formación de hojas. Al respecto, cuando dichas condiciones conducen a un déficit de carbohidratos, los niveles bajos son aprovechados prioritariamente para la formación de hojas, por lo que cesa la formación de macollas.

A su vez el proceso de macollaje resulta más afectado por la intensidad de la luz (determina la provisión de asimilatos) que por la temperatura, cuyo valor óptimo para que este ocurra es menor que para el desarrollo de hojas. También, debe aclararse que el proceso de macollaje es desacelerado por pastoreos muy aliviados debido a un aumento del sombreado así como, cuando las temperaturas nocturnas son más altas que las diurnas, al ser reducidas de esta manera las pérdidas de asimilatos por respiración.

En cuanto al efecto de los nutrientes, éste es mayor bajo intensidades de luz altas y temperaturas óptimas. El nitrógeno es el elemento que favorece más el proceso de macollaje siempre que los suelos no presenten deficiencias importantes de fósforo y potasio (Langer, 1973).

En las leguminosas, la reducción de la intensidad de luz provoca una disminución en la formación de nuevos tallos (Beinhart, 1963) y una pérdida importante de raíces y nódulos (Butler y otros, 1959).

Asimismo, la formación de nuevos tallos se ve facilitada por temperaturas adecuadas para las diferentes especies, así como por niveles ventajosos de nutrientes y humedad.

En cuanto a los efectos del pastoreo, Chapman y Lemaire (1993) demostraron que en trébol blanco (*Trifolium repens*) su comportamiento se presenta mejor cuando es pastoreado en forma rotativa en verano y en general la velocidad de aparición de los estolones no es afectada por los tratamientos aplicados (pastoreos continuos y rotativos con ovinos).

2.6.3.3. Dinámica de la población de macollas

Numerosos autores encontraron un comportamiento similar entre las diferentes gramíneas de clima templado (Lamp, 1952); Langer (1956, 1958) y Schwass y Jacques (1956) en *Festuca arundinacea*, *Lolium multiflorum* y *Lolium perenne*; Langer y Ward (1957) y Ward (1960) en *Phleum pratense* y *Festuca pratensis*.

En tal sentido, estos autores observaron un aumento de densidad de macollas después del verano, una máxima producción en el otoño, una menor producción en el invierno, un nuevo incremento en la aparición de macollas en primavera con una marcada declinación en el momento de la floración y, finalmente, un restablecimiento del macollaje hasta que, las condiciones ambientales del verano impiden la evolución normal del proceso.

También ha sido demostrado que la mayoría de los factores ambientales que afectan el macollaje en las gramíneas no lo hacen en forma aislada, sino que interactúan entre sí, dando como resultado diferentes balances con las consiguientes reacciones distintas por parte de las plantas.

Así, normalmente, el macollaje en plantas intactas se ve reducido cuando actúan factores limitantes tales como la carencia de nutrientes, en especial nitrógeno (Cooper, 1951; O'Brien, 1960; Elizondo y Carámbula, 1969), el balance negativo entre fotosíntesis y respiración por baja intensidad de luz y temperaturas nocturnas altas, así como la baja disponibilidad de agua o la ocurrencia de sequías (Langer, 1963).

Asimismo, el pastoreo también afecta la población de macollas presentes por metro cuadrado en una pastura. Al respecto, Hodgson (1990) sostiene que las macollas pueden variar entre 10.000 bajo pastoreo aliviado y 60.000 bajo pastoreo frecuente.

Por último, se debe recordar que desde tiempo atrás se ha sostenido que el proceso de macollaje disminuye con la intensidad de pastoreo; no obstante cuando las condiciones ambientales son favorables, éste en general afecta poco dicho proceso.

En cuanto a las leguminosas, según Formoso (1996), en aquellas de porte erecto como lotus y alfalfa el número mínimo de tallos se registra durante el verano. Este comportamiento ocurre principalmente en lotus cuando los sistemas de pastoreo frecuentes e intensos disminuyen la población de tallos hasta valores muy bajos (Fig. 2.9).

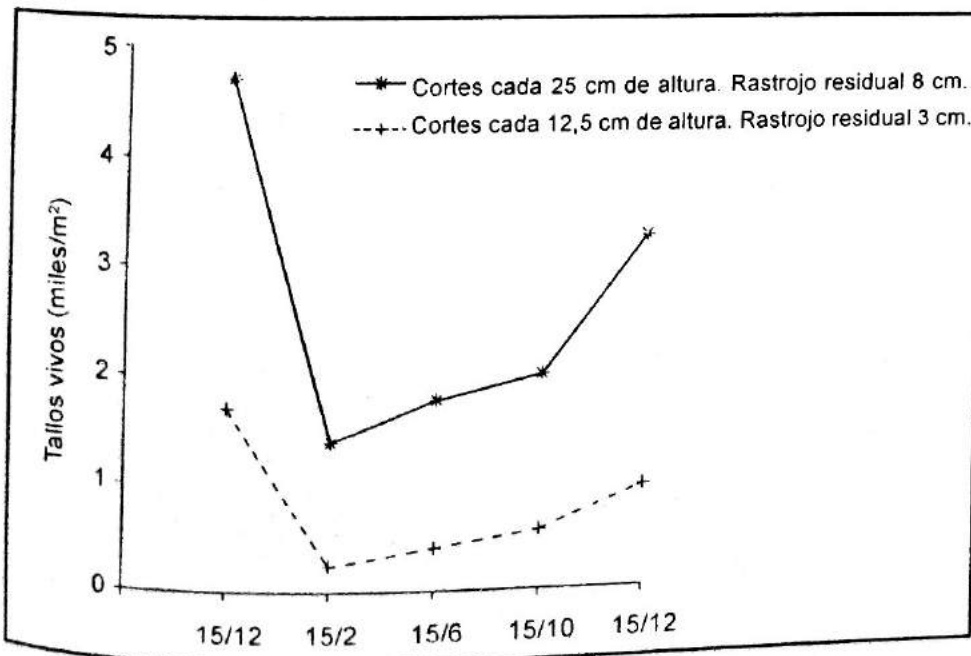


Figura 2.9. Evolución estacional del número de tallos en *Lotus corniculatus* cv. Estanzuela Ganador, en dos manejos de corte (Formoso, 1996).

Asimismo, Chiara (1972) observó en alfalfa que cuando se aplicaba un sistema de cortes frecuentes cada vez que las plantas alcanzaban una altura de 20 cm, el número de tallos por individuo decrecía sensiblemente, ocasionando la muerte de plantas si este manejo se aplicaba por tiempo prolongado. Por el contrario, bajo un manejo menos frecuente, con cortes cada vez que las plantas alcanzaban 45 cm de altura, la disminución en el número de tallos no era tan drástica.

2.6.4. Formación de las raíces

Si bien hasta ahora, al considerar el desarrollo vegetativo se ha otorgado especial atención a la parte aérea de las plantas forrajeras, también resulta imprescindible prestar una atención muy particular a su parte subterránea, aunque desafortunadamente la información disponible sobre este componente es relativamente bastante menor.

Las plantas forrajeras poseen dos sistemas radiculares bien definidos: las raíces seminales y las raíces adventicias (Langer, 1972; Fig. 2.10).

Las raíces seminales se desarrollan a partir de meristemas presentes en el embrión de las semillas y su número es variable de acuerdo con cada especie. Si bien ellas forman en cada planta sistemas radiculares pequeños y de limitado crecimiento son mucho más subdivididas que las raíces adventicias, y Williams (1967) calculó que

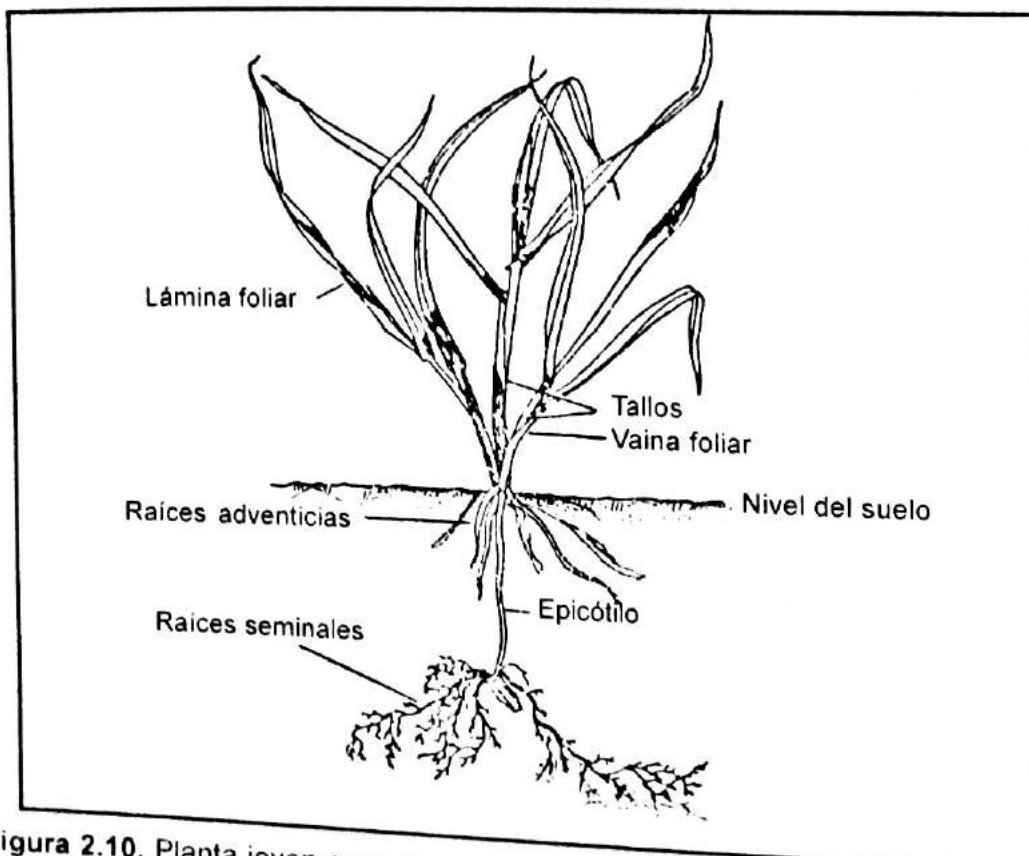


Figura 2.10. Planta joven cuya base se ha elevado al nivel del suelo por alargamiento del epicótilo. Pueden observarse claramente las raíces seminales y las raíces adventicias (Langer, 1972, tomado de Th...

ellas pueden absorber 50 veces más nutrientes que las raíces adventicias, debido a que aquellas exploran volúmenes de suelo mucho más grandes que estas últimas.

A pesar de que ellas poseen vida corta, resultan ser importantísimas en los primeros meses de vida de las plántulas, tanto en especies anuales como perennes, y en algunas especies anuales pueden permanecer activas durante toda la vida de las plantas (maíz).

En cuanto a las raíces adventicias, ellas aparecen en los nudos de los tallos, justo por debajo de los meristemos nodales intercalares.

Mientras en la mayoría de las especies ello ocurre a nivel o bajo el suelo cuando los entrenudos son cortos, en otras especies como maíz y sorgos cuando los entrenudos se alargan al estado vegetativo, algunas raíces adventicias pueden formarse bastante arriba del nivel del suelo, circunstancia en la cual actúan más como órganos de sostén que como órganos de absorción de agua y nutrientes (Fig. 2.11).

Con respecto a los estolones y rizomas, estos órganos también poseen raíces adventicias en sus nudos, lo cual les permite comportarse como unidades independientes y ramificarse a partir de cierta distancia desde la planta madre.

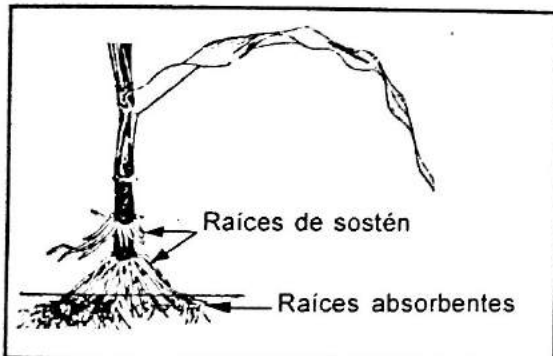


Figura 2.11. Raíces aéreas ubicadas en los nudos basales de un tallo de maíz (Wallace y Bressman, 1949).

En todas las circunstancias la formación y actividad de las raíces de las especies templadas es favorecida por temperaturas bajas e intensidades de luz altas, ya que la provisión de carbohidratos desde los tallos hacia las raíces, bajo dichas condiciones climáticas, es mayor. Por ello, el desarrollo y crecimiento de nuevas raíces se registra básicamente tarde en invierno y principios de primavera. Por otro lado, la defoliación por corte o pastoreo produce, al eliminar las hojas, decrementos bruscos en la provisión de carbohidratos a las raíces y, por lo tanto, su crecimiento y actividad se detienen momentáneamente, hasta tanto el área foliar se va reemplazando progresivamente.

2.6.5. Dominancia apical en el estado vegetativo

Debido a la dominancia apical, mientras las plantas se encuentran en estado vegetativo, los meristemos apicales de las macollas más desarrolladas y las hojas más jóvenes en expansión, controlan la aparición de macollas hijas (Scott, Laidlaw y Berrie, 1974).

Si se tiene en cuenta que en otoño-invierno los rendimientos de forraje están directamente relacionados con el número de macollas presentes, resulta evidente la necesidad imperiosa de controlar dichos efectos negativos, para lograr la mejor producción en el peor período de carencia de forraje.

A tales efectos el productor debería realizar, temprano en otoño, pastoreos aliviados y rápidos con altas dotaciones, que no sólo permitan eliminar las macollas del año anterior más desarrolladas sino, además, las puntas de las hojas en crecimiento. Este tipo de pastoreo, conocido como "despunte", debe realizarse indefectiblemente en los verdeos, si se pretende lograr temprano pasturas densas y productivas.

Asimismo, los meristemas apicales en estado vegetativo ejercen funciones tan importantes que los efectos más condicionantes del medio ambiente son percibidos directamente por ellos (temperatura: vernalización) u otras veces son percibidos por las hojas y se dirigen hacia los mismos (fotoperíodo: inducción floral).

2.6.5.1. Vernalización

Con respecto a la vernalización, este proceso consiste en que para florecer algunas especies no responden al fotoperíodo sin ser antes expuestas a condiciones invernales de días cortos y/o bajas temperaturas durante su estado vegetativo.

Por consiguiente, si estas especies son sembradas en primavera no florecen o lo hacen muy poco, como sucede con *L. multiflorum* var. *multiflorum*, y por lo tanto siguen en estado vegetativo, floreciendo en la primavera siguiente. Un ejemplo lo constituye el raigrás cv INIA Titán.

Asimismo, se debe aclarar que la vernalización no afecta el crecimiento vegetativo de ninguna especie, lo necesiten o no para responder a la inducción del fotoperíodo. De ahí, entonces, que los efectos de la vernalización, en aquellas especies que lo necesitan, recién se detecta durante el desarrollo reproductivo, provocando en ellas un número mayor de tallos fértiles, una floración y una espigazón más tempranas y una semillazón superior.

2.6.5.2. Inducción floral

En cuando a la inducción floral, ésta sucede cuando la macolla se encuentra aún en estado vegetativo y puede ocurrir por factores genéticos y por factores ambientales (temperatura y fotoperíodo).

La inducción floral puede depender: a) exclusivamente del bagaje genético sin que el meristemo apical haya sido expuesto a condiciones invernales, b) puede ser no obligatoria pero es acelerada por condiciones invernales, y c) puede ser obligatoria, sin la cual no existe floración.

Es decir que, mientras en general los rendimientos en otoño-invierno están relacionados con la densidad de macollas en estado vegetativo, en primavera están relacionados directamente con la época de alargamiento de entrenudos (encañazón) y con la población de tallos fértiles que poseen las plantas (Fig. 2.12).

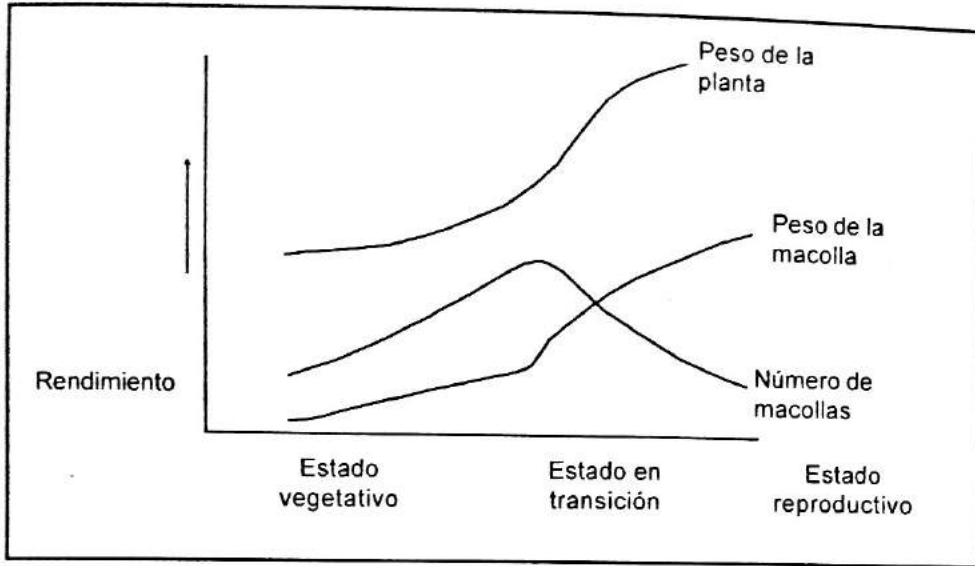


Figura 2.12. Evolución del número y peso de macollas, así como peso de plantas según el estado de desarrollo de las mismas.

No obstante, se debe considerar entonces el hecho de que mientras el rendimiento vegetativo a fines de invierno-primavera depende mucho de las condiciones ambientales imperantes, y por lo tanto es muy variable, el rendimiento reproductivo será "casi" fijo.

A pesar de ello, Knight (1965) destaca que la relación existente entre los rendimientos y la fase reproductiva permite alcanzar producciones de forraje más tempranas con los cultivares que entran antes en su fase reproductiva (Fig. 2.13).

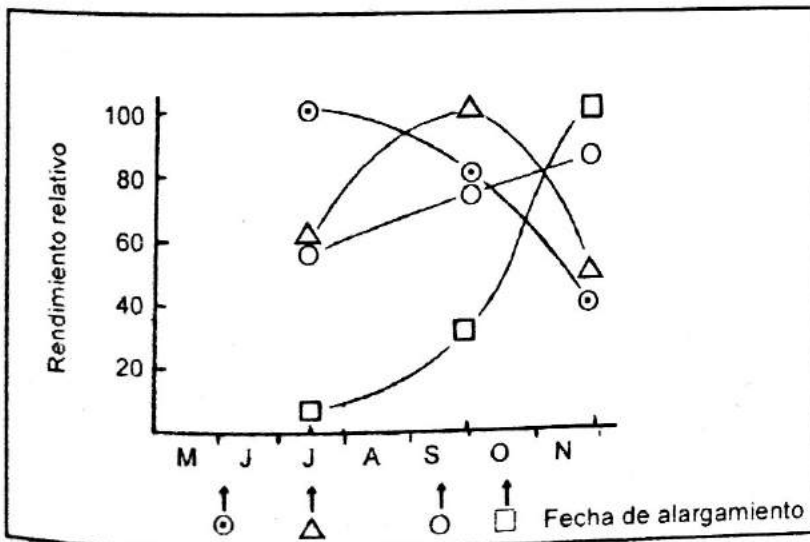


Figura 2.13. Rendimientos relativos (máximo rendimiento en cada defoliación = 100) de 4 genotipos de *Dactylis glomerata* (Knight, 1965).

2.6.6. Formación de hojas, tallos y coronas en las leguminosas

En las leguminosas, la primera hoja visible luego de la aparición de los cotiledones es unifoliada, aunque en algunos géneros como *Lotus* spp. es trifoliada. Las hojas que se desarrollan posteriormente son todas trifoliadas y se presentan en forma alternada en el tallo. En la base de su peciolo, se encuentran las estípulas, cuya forma, color y tamaño resultan una buena ayuda para realizar la identificación de especies y cultivares. Al igual que en las gramíneas, en las leguminosas la aparición de hojas es menos afectada por factores climáticos que la de tallos.

El desarrollo vegetativo de las leguminosas de porte erecto como alfalfa, lotus y trébol rojo consiste en el crecimiento alternado de hojas en el tallo inicial, el cual permanece corto contra el suelo. La aparición sucesiva de hojas se produce en forma tal que dan lugar al porte llamado de roseta. En las axilas de dichas hojas aparecen posteriormente tallos secundarios nacidos desde los meristemas allí ubicados, por lo que al repetirse progresivamente este proceso, da origen a un órgano común a todos los tallos, denominado corona (Fig. 2.14).

La corona es un órgano complejo y de gran valor ya que constituye el asiento de los meristemas axilares desde los cuales se desarrollan nuevos tallos (regeneración), particularmente en ciertas épocas del año y luego de defoliaciones por cortes o pastoreos.

Las leguminosas de porte erecto (Fig. 2.14) como alfalfa, trébol rojo y lotus común, poseen patrones de crecimiento sincrónicos de la mayoría de sus tallos y presentan los meristemas nodales intercalares de los mismos, activos desde las etapas iniciales del crecimiento, razón por la cual alargan continuamente sus entrenudos (Formoso, 1996). No obstante, en los rebrotes que se producen luego de cortes o pastoreos intensos (menores a 4 cm), el crecimiento se produce desde los meristemas axilares y de los meristemas axilares remanentes.

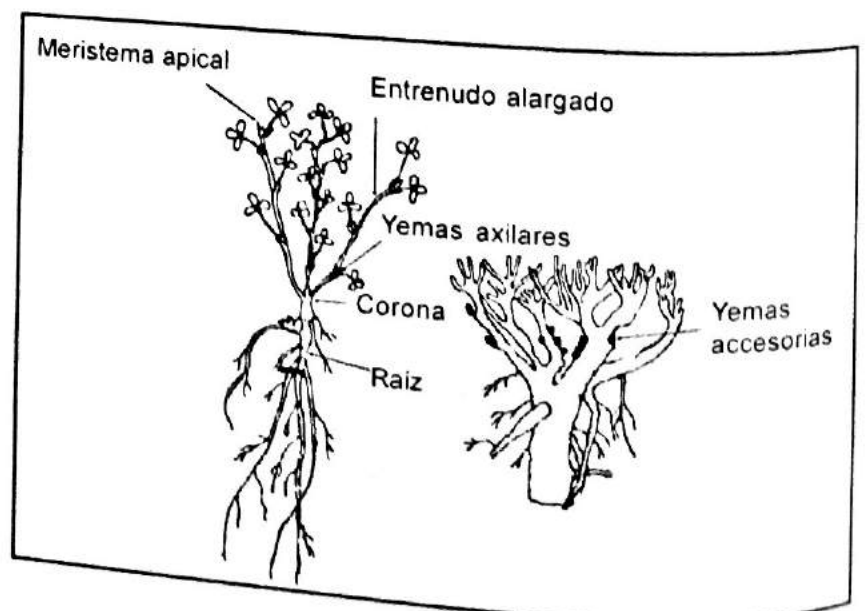


Figura 2.14. A) Morfología externa de una planta de alfalfa en estado vegetativo (cespitosa). B) Detalle de la corona (Muslera y Ratera, 1984).

De acuerdo con Smith (1981), el primer crecimiento de estas especies en otoño, se lleva a cabo principalmente a partir de los meristemos basales de la corona, pero los crecimientos posteriores son originados desde los meristemos axilares nodales residuales presentes en los entrenudos basales remanentes de los tallos pastoreados. Sin embargo, cuando las plantas crecen en un medio ambiente agresivo por falta de agua, altas temperaturas y/o pastoreos intensos, no sólo los rebrotes se producen desde meristemos basales de la corona, lo cual se traduce en la recuperación lenta de las plantas, sino que además puede conducir a una mortandad elevada de plantas.

Con referencia a las leguminosas de porte rastrero como el trébol blanco y el lotus rizomatoso (figuras. 2.15 y 2.16), los citados meristemos axilares de la corona

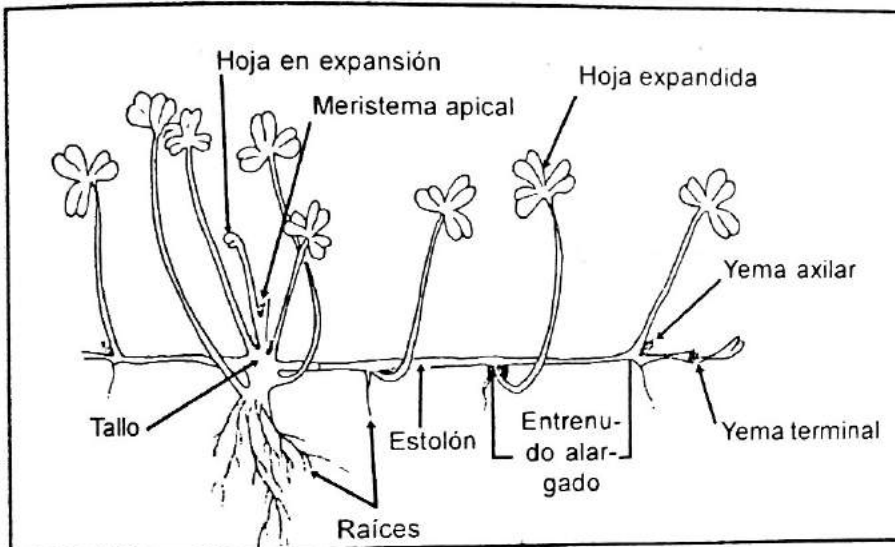


Figura 2.15. Morfología externa de una planta de trébol blanco en estado vegetativo (estolonífera).

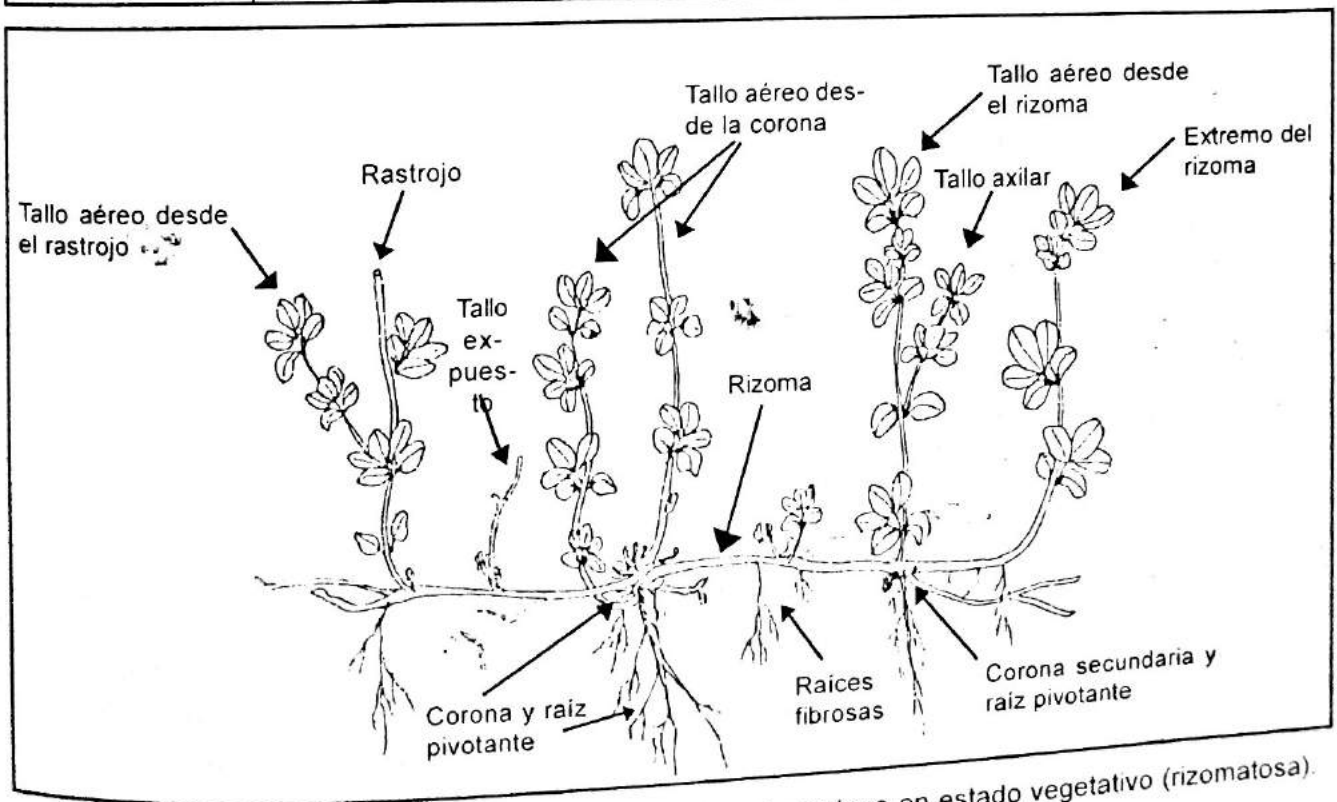


Figura 2.16. Morfología externa de una planta de lotus rizomatoso en estado vegetativo (rizomatoso).

producen tallos horizontales rastreros sobre la superficie del suelo (estolones) o debajo de ésta (rizomas)

En trébol blanco los estolones alargan sus entrenudos, aún en el estado vegetativo, y de los meristemos ubicados en sus nudos se desarrollan hojas cuyos meristemos axilares pueden dar origen a estolones secundarios o a inflorescencias según las condiciones ambientales lo promuevan.

Cuando los nudos que acompañan a los entrenudos han enraizado, éstos pueden independizarse de la planta madre y convertirse en plantas hijas que volverán a multiplicarse de manera similar.

Pero si dichos nudos dan origen a inflorescencias, generalmente no poseen raíces. Este comportamiento afecta de manera negativa la resistencia de las plantas frente a las sequías.

Dado que en el trébol blanco los meristemos axilares nodales, los primordios foliares y los meristemos apicales de la mayoría de los estolones permanecen contra el suelo (Thomas, 1987), la arquitectura de esta leguminosa es considerada ideal ya que permite ser pastoreada sin problemas debido a que todos los meristemos, asiento básico del crecimiento y el desarrollo, no son normalmente afectados por el diente de los animales. De esta forma, sólo las hojas e inflorescencias sobrepasan el horizonte menor de pastoreo.

Siempre se debe recordar que cada nudo de los estolones posee un único primordio foliar en cuya axila puede desarrollarse un único estolón secundario o una única inflorescencia.

2.7. DESARROLLO REPRODUCTIVO

Cuando a una gramínea se le permite crecer libremente, se pueden distinguir dos etapas. La primera ya descrita, ocurre cuando al principio de su ciclo de desarrollo todas las macollas son vegetativas. En esta etapa, el proceso de macollaje es activo y los puntos de crecimiento se encuentran generalmente envueltos por las hojas a nivel del suelo, por lo que no son afectados por cortes y pastoreos (Fig. 2.17).

Posteriormente, en cierto momento determinado por el genotipo y el medio ambiente, se produce el alargamiento de los entrenudos de las macollas, así como la transformación de los puntos de crecimiento de vegetativos a reproductivos, dando origen a la segunda etapa (Fig. 2.17), el desarrollo reproductivo.

En las especies de ciclo invernal, este período llamado de transición transcurre durante un lapso de tres a seis semanas, mientras que en las de ciclo estival en muchos casos el desarrollo reproductivo es muy prolongado y es casi simultáneo con el vegetativo.

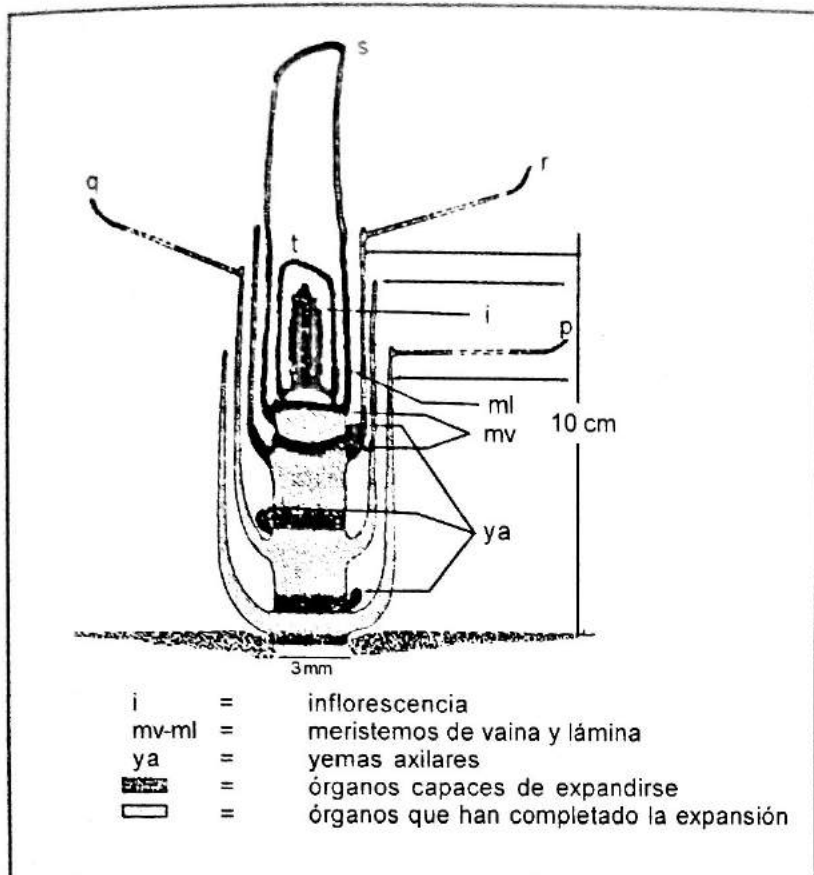


Figura 2.17. Estructura de la macolla 3-4 semanas después de la iniciación reproductiva (Davies, 1972): i) inflorescencia; mv-ml) meristemos de vaina y lámina; ya) yemas axilares.

En este lapso la población de macollas de un cultivo pasa por dicha fase de transición con porcentajes variables de macollas vegetativas y fértiles. Aquí, la pastura comienza a tener hábito erecto y está asociado a las primeras etapas de alargamiento de los entrenudos de las macollas, hecho que vulgarmente se conoce como "encañazón" (Fig. 2.18).

Ambos procesos, la elevación de los puntos de crecimiento a través del alargamiento de los entrenudos y la iniciación floral, parecen ser independientes. La época en

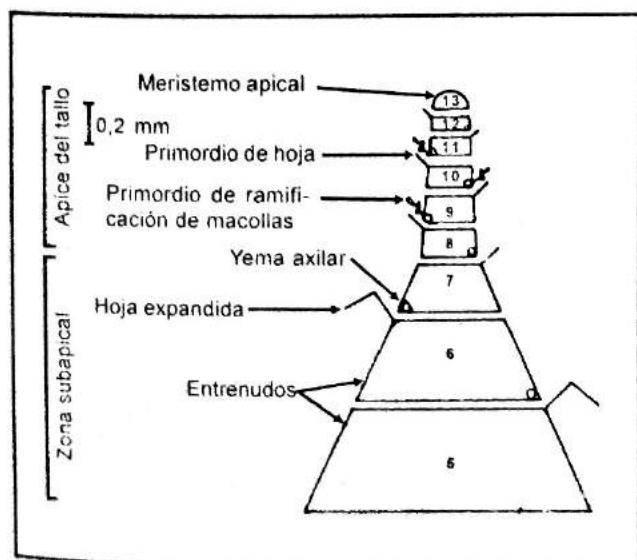


Figura 2.18. Reproducción esquemática del ápice del tallo y zona subapical de una macolla de raigrás. Transición al estado reproductivo.

que se producen depende en forma primaria de factores genéticos y de factores externos como el fotoperíodo, pero pueden ser modificados parcialmente por factores secundarios tales como temperatura, fecha de siembra, densidad de plantas, disponibilidad de nitrógeno, cortes y pastoreos.

Tanto el alargamiento de los entrenudos como la iniciación floral tienen una importancia notable en el manejo de las pasturas.

2.7.1. Alargamiento de entrenudos

El alargamiento de los entrenudos determina el grado de susceptibilidad de las plantas a diferentes épocas e intensidades de cortes o pastoreos.

En las especies de tipo cespitoso, como la mayoría de las gramíneas, el alargamiento de los entrenudos se produce en una época cercana a la de floración y en ella se constatan las mayores velocidades en la producción de forraje. En algunas especies como en raigrás anual, el alargamiento de los entrenudos se produce con anterioridad al comienzo de la formación de la inflorescencia; en otras especies como festuca es casi simultáneo, mientras que en otras como falaris el alargamiento de los entrenudos es posterior (Fig. 2.19) (Carámbula y Elizondo, 1969). En las especies de tipo erecto como

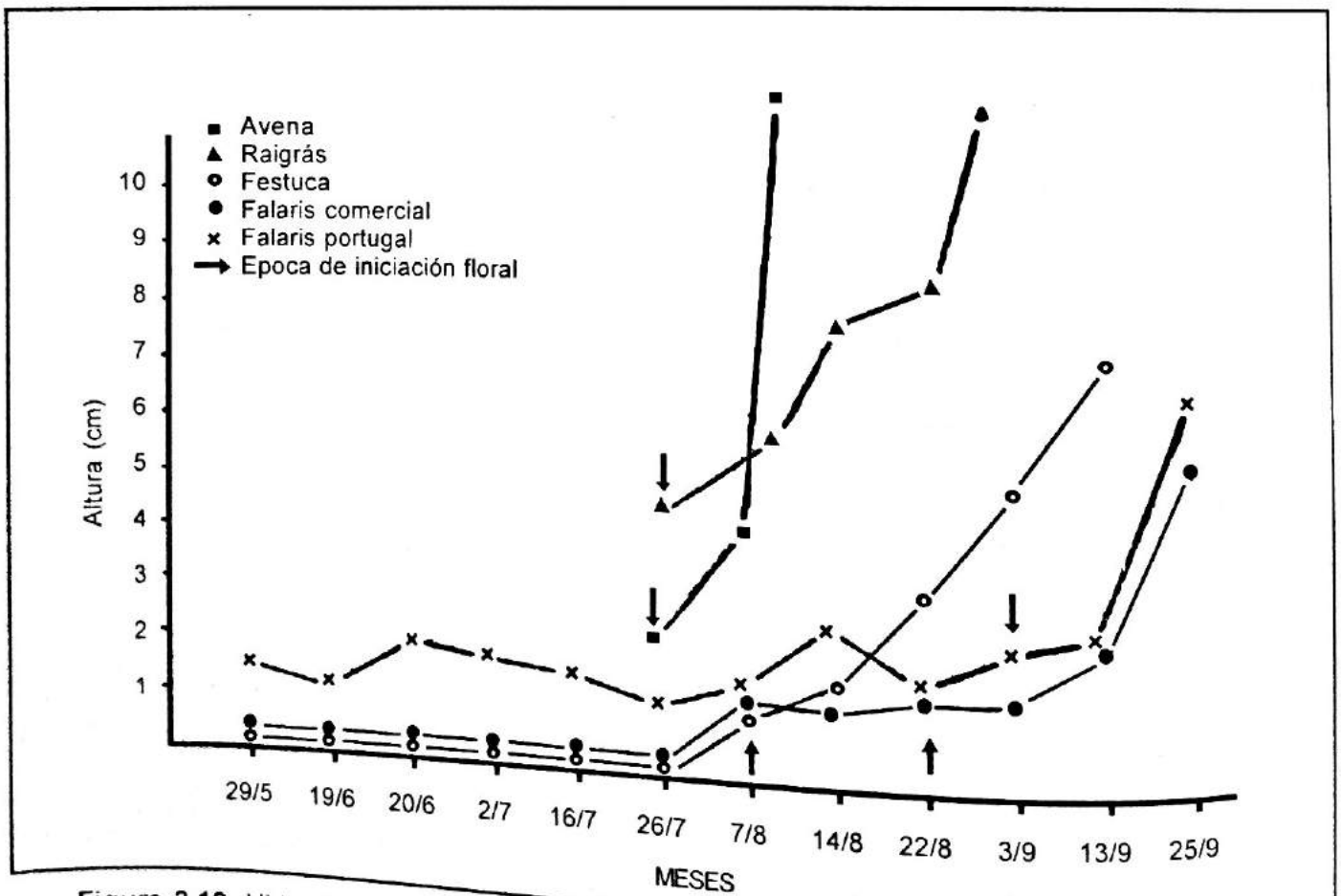


Figura 2.19. Ubicación de los meristemos apicales (cm de altura desde el nivel del suelo) (Carámbula y Elizondo, 1969).

el maíz o de tipo cundidor como pata de perdiz, gramilla brava o gramón (*Cynodon dactylon*), el alargamiento de los entrenudos se produce durante el desarrollo vegetativo.

Por último, resulta importante aclarar que el pastoreo origina una menor longitud de los entrenudos así como una menor altura total del tallo fértil. Al respecto, Cutler *et al.* (1949) observaron que en los cereales, este efecto permitía lograr una mayor resistencia al vuelco.

En la mayoría de las leguminosas el alargamiento de los entrenudos se produce también durante el ciclo vegetativo, pero en muchas de ellas este evento alcanza su mayor expresión previa a la floración.

2.7.2. Iniciación floral

En las gramíneas, la iniciación floral indica no sólo la finalización del período útil del punto de crecimiento como productor de hojas para transformarse en una inflorescencia, sino que marca la iniciación de un período llamado de dominancia apical, el cual se describirá más adelante. En este período, la inflorescencia en desarrollo ejerce un efecto depresivo sobre el proceso de macollaje al inhibir la aparición de macollas hijas.

La iniciación floral no es el simple resultado de procesos independientes determinados exclusivamente por la constitución genética de las especies, sino que además es controlada por una interacción entre éstos y varios factores ambientales.

Los dos factores climáticos más importantes que controlan la iniciación floral son el fotoperíodo (hojas de luz diarias) y la temperatura.

A pesar de que el fotoperíodo es el factor ambiental por excelencia que determina la época de floración, muchas especies de clima templado y crecimiento otoño-inverno-primaveral, no responden al fotoperíodo sin antes ser expuestas a condiciones de días cortos y/o bajas temperaturas. Estas condiciones invernales (vernalización) son percibidas directamente por el punto de crecimiento. De esta forma, si son sembradas en primavera, muy pocas o ninguna inflorescencia aparecerá en el primer año de cultivo.

En algunas especies el punto de crecimiento es inducido genéticamente sin ser expuesto a condiciones invernales, por lo que pueden florecer en cualquier momento luego de su germinación una vez que se dé el fotoperíodo adecuado. Tal es el caso de algunas anuales como *Lolium multiflorum* var. *westernwoldicum*, *Phalaris canariensis* (alpiste), *Trifolium incarnatum* (trébol encarnado) y *Lupinus albus* (lupino), y de algunas perennes como *Medicago sativa* (alfalfa), *Trifolium pratense* (trébol rojo), *Lotus corniculatus* (lotus) y *Paspalum dilatatum* (paspalum).

Otras especies, si bien no requieren obligatoriamente las condiciones invernales para la inducción, ésta es acelerada por el frío. En este grupo pueden citarse *Lolium rigidum* (wimmera) y las variedades tempranas de *Trifolium subterraneum* (trébol subterráneo).

Finalmente, un tercer grupo presenta requerimientos obligatorios de inducción y en él pueden incluirse *Dactylis glomerata* (dactilis, pasto ovillo), *Festuca arundinacea* (festuca), *Phalaris tuberosa* (falaris), *Lolium perenne* (raigrás perenne), *Medicago polymorpha* (trébol carretilla y confinis), *Medicago tribuloides* (trébol barril) y *Trifolium repens* (trébol blanco).

Dicho comportamiento no es totalmente estricto sino que puede haber una variación considerable dentro de géneros y especies. En ambos casos, las necesidades por vernalización son tanto mayores cuanto más pronunciada es la longitud de vida de la especie en cuestión (ver Fig. 2.20 y cuadro 2.2).

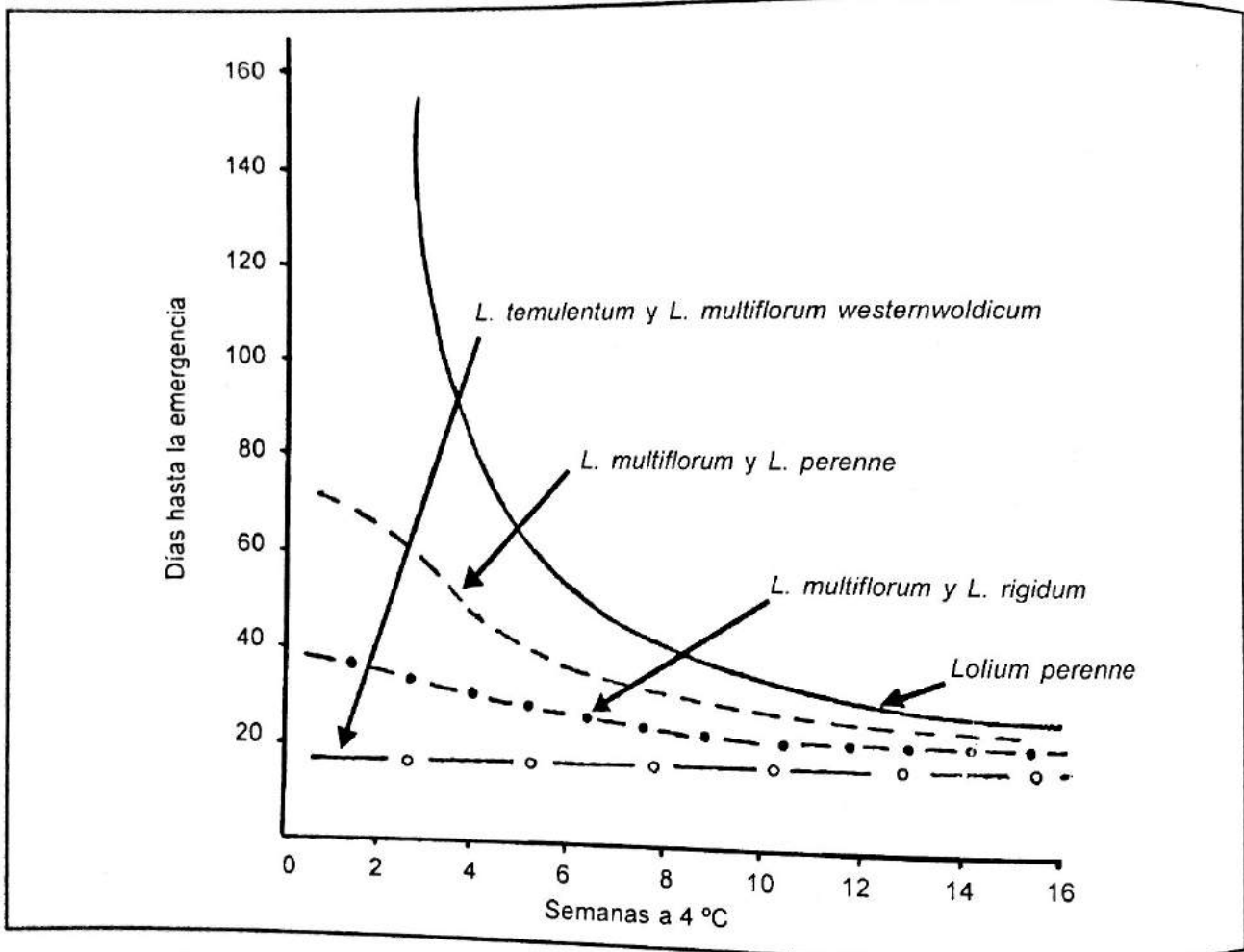


Figura 2.20. Efectos de la vernalización sobre el número de días requeridos por especies del género *Lolium* para florecer bajo luz continua (según Evans, 1960).

Cuadro 2.2. Necesidad de vernalización del trébol blanco.

- a) Sin requerimientos (poco persistentes) Tipo Ladino
- b) Con proporciones variables de plantas de los grupos a y c Tipo Neocelandés y Tipo Holandés
- c) Con requerimientos obligatorios (muy persistentes) Tipo Salvaje

Es muy importante enfatizar el hecho de que, según Sylsbury (1965), no hay evidencias de que la vernalización afecte el crecimiento vegetativo. En otras palabras, en especies que necesitan vernalización, este proceso no es fundamental para su producción forrajera en estado vegetativo, pero a partir de la iniciación, cobra importancia para acelerar la iniciación floral, con lo que se logra una espigazón más temprana así como la inducción de un número mayor de tallos.

Una vez alcanzado el nivel de fotoperíodo necesario para florecer, las hojas perciben dicho cambio y un estímulo floral es traslocado desde las mismas hacia los puntos de crecimiento. Estos dejan de producir hojas para transformarse en inflorescencias.

Los requerimientos necesarios para la iniciación floral varían entre especies y cultivares y generalmente están relacionados con la latitud geográfica de la cual la forrajera es originaria. La mayoría de las especies de clima templado que conforman las pasturas convencionales requieren días largos. Sin embargo, hay diferencias notables dentro de ellas en cuanto al umbral de fotoperíodo al cual cada cultivar comienza su floración. Así, por ejemplo, en lotus los cultivares San Gabriel y El Boyero son más tempranos que Cascade y Goldie; en alfalfa, el cultivar Estanzuela Chaná es más temprano que Fortin Pergamino, y en festuca el cultivar El Palenque es más temprano que K 31.

Muchas de las especies subtropicales presentan requerimientos por días cortos (*Lespedeza* spp.) y otras por días medios (*Sorghum* spp.). Otras son indiferentes (*Poa annua*) (Fig. 2.21), lo que permite a esta especie habitar en todo el mundo.

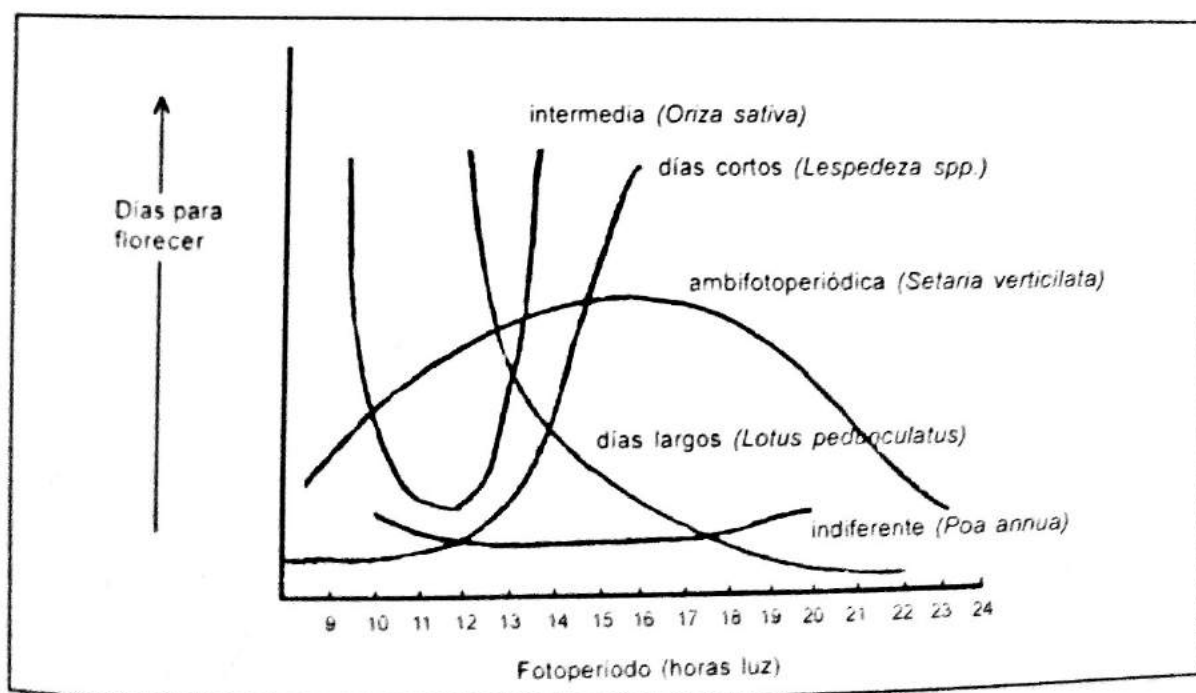


Figura 2.21. Clasificación de plantas forrajeras de acuerdo con el número de horas de luz diarias necesarias para florecer y tiempo para alcanzar dicho estado.

El desarrollo reproductivo de las leguminosas presenta el mismo "modus operandi" que en las gramíneas, ya que en un momento determinado debido a la interacción genotipo-medio ambiente se produce el alargamiento de los entrenudos y la iniciación floral, por lo cual los puntos de crecimiento en estado vegetativo pasan a través de una etapa de transición, al estado reproductivo.

En cuanto al momento del comienzo de la iniciación floral, en las especies con inflorescencias terminales como el trébol rojo, el primer síntoma consiste en la aparición de un pequeñísimo abultamiento en el meristemo apical, en la axila de la última hoja de tallo en formación. Por el contrario, en las especies con inflorescencias axilares como el trébol blanco, el abultamiento aparece en los meristemos ubicados en las axilas de las hojas desarrolladas, mientras los entrenudos continúan su alargamiento (Muslera y Ratera, 1983).

2.7.2.1. Desarrollo de la inflorescencia en gramíneas y leguminosas

El primer síntoma del pasaje del estado vegetativo al reproductivo es el alargamiento rápido del domo del meristemo. En esos momentos, los primordios foliares se forman de manera acelerada, siendo apenas visibles hacia el extremo del ápice. Luego aparecen pequeños abultamientos en las axilas de los primordios foliares, los cuales al alcanzar un desarrollo similar a éste, le confieren al meristemo apical un aspecto especial llamado de "doble arruga" (Fig. 2.22.b).

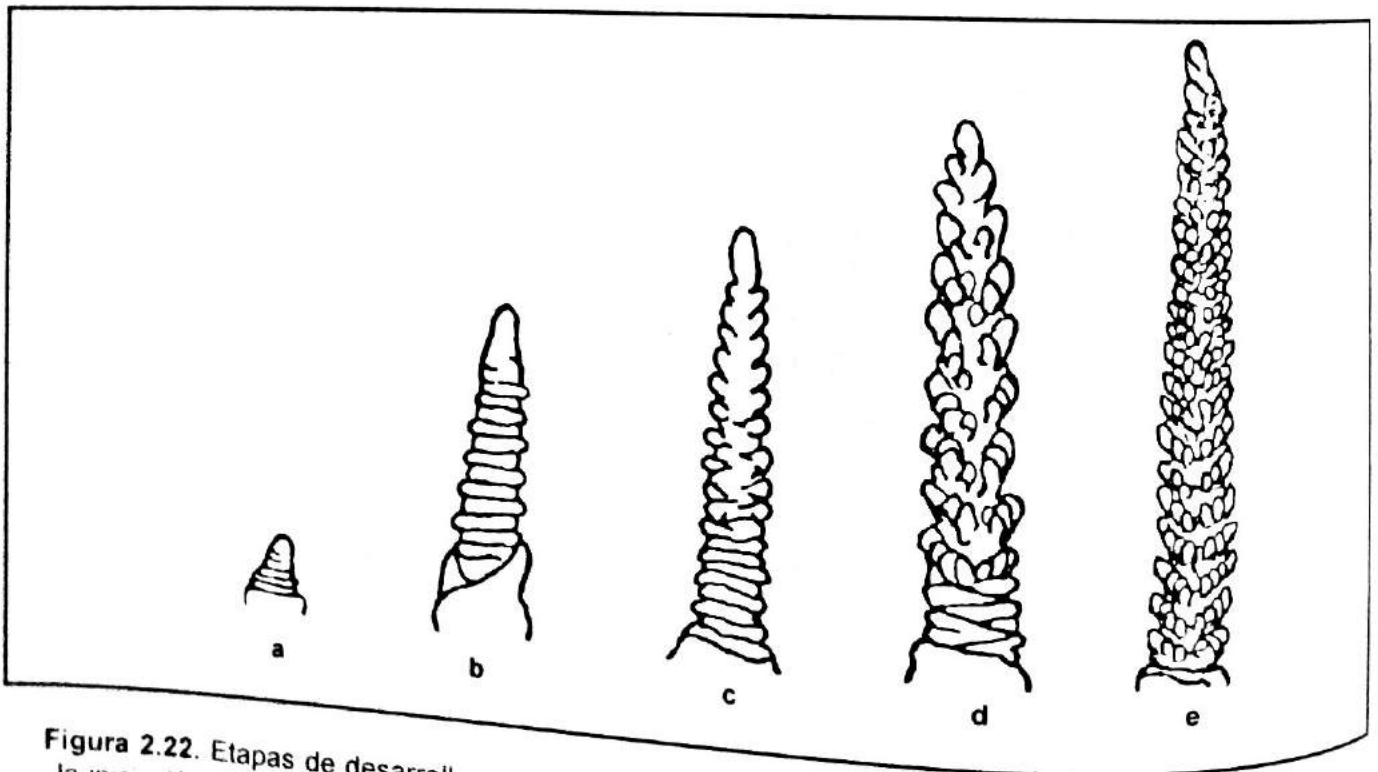


Figura 2.22. Etapas de desarrollo en *Phalaris tuberosa*. a) Ápice vegetativo alargándose previo a la iniciación floral. b) Ápice en etapa de transición (doble arruga). c, d y e) Ápices reproductivos mostrando sucesivas etapas en su desarrollo temprano (Carámbula y Elizondo, 1969).

Posteriormente, esos nuevos primordios continúan su crecimiento de tal forma que muy pronto los primordios foliares quedan inadvertidos y comienzan a dominar los primordios que darán lugar a la inflorescencia (Barnard, 1964).

En especies con inflorescencias simples (espigas) como las del raigrás, dichos primordios corresponden directamente a las espiguillas, pero en aquellas complejas, ellos constituyen las ramificaciones primarias de las panojas para luego formar las espiguillas.

En la espiguilla se forman por orden las glumas y la primera y segunda lemma. Cuando se está formando la tercera lemma, comienza a formarse el primordio de la flor propiamente dicha en la axila de la primera lemma y enseguida un pequeño abultamiento en su parte posterior inicia la pálea. Luego, en el centro del primordio aparecen los dos estambres laterales para ser seguidos por el central y el carpelo. Los lodículos son los últimos órganos florales en hacerse visibles (Milthorpe e Ivins, 1966).

En las leguminosas, el primer síntoma de iniciación floral es la aparición de un abultamiento en la axila de la última hoja en formación (figura 2.23). En las especies que presentan inflorescencias terminales como el trébol rojo, este abultamiento comienza a anular el domo del meristemo apical. En las especies que presentan inflorescencias axilares, como el trébol blanco, los abultamientos se forman en las axilas de las hojas desarrolladas y los entrenudos continúan su alargamiento.

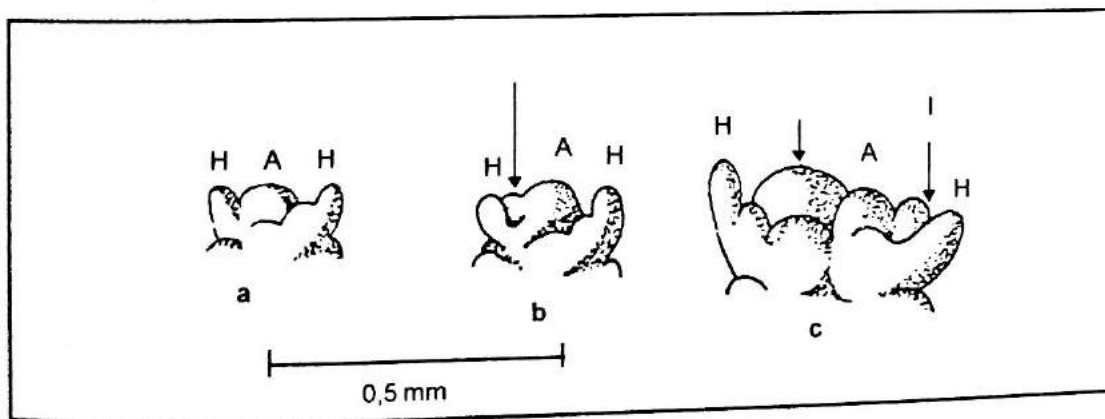


Figura 2.23. Representación esquemática del desarrollo reproductivo de un meristemo apical de alfalfa. a) Apice vegetativo con dos primordios de hojas. b) Apice del tallo en transición del estado vegetativo al reproductivo. En la axila del primordio de hoja más joven se está desarrollando un primordio de inflorescencia y ambos constituyen una doble arruga. c) Primordios de inflorescencia muy jóvenes en dos estados de desarrollo. A) Meristemo apical del tallo. H) Primordio de hoja. I) Primordio de inflorescencia. Adaptado de Thomas (1967).

2.7.3. Dominancia apical al estado reproductivo

El bloqueo producido en la etapa de desarrollo reproductivo por el alargamiento de los entrenudos y por las inflorescencias en desarrollo sobre el proceso de macollaje, es conocido como dominancia apical y ejercido individualmente por parte de cada macolla fértil sobre sus macollas hijas, pudiendo continuar en las macollas vegetativas asociadas de la planta la producción de hojas así como el crecimiento de las yemas basales de las mismas. Por consiguiente, el citado efecto es tanto mayor cuanto más alta es la relación de tallos fértiles-tallos vegetativos que posee cada especie.

Los momentos de alargamiento de entrenudos e iniciación floral también están asociados con un porcentaje grande de mortalidad de macollas, una marcada inactividad de las raíces y una reducción apreciable en el crecimiento de las macollas vegetativas. La importancia relativa de estos efectos depende de la cantidad de macollas fértiles que presente cada especie, y Davies y otros (1971) exponen claramente por ejemplo las diferencias entre *Dactylis glomerata* (relación alta macollas vegetativas/fértiles) y *Lolium perenne* (relación baja macollas vegetativas/fértiles).

Aparentemente, la influencia negativa que se presenta sobre el crecimiento en esta etapa del desarrollo podría producirse por factores internos (teorías hormonal y nutricional) y por factores externos (teoría ambiental).

2.7.3.1. Teoría hormonal

Numerosas investigaciones demuestran que estos "cambios" que ocurren en la pastura en el período de floración se deberían a efectos causados por hormonas producidas por los entrenudos en alargamiento y por las inflorescencias en desarrollo. La producción de auxinas controlaría el desarrollo vascular de las macollas reproductivas asegurándose para sí el suministro de nutrientes y canalizando una corriente importante de los mismos hacia la propia inflorescencia en desarrollo.

A medida que la inflorescencia va completando su desarrollo, este efecto se volvería cada vez más importante, provocando la degeneración de los tejidos que se conectan con los puntos de crecimiento no desarrollados, así como con las macollas encima de la vaina de la última hoja, llamada vulgarmente hoja bandera (espigazón). Ello promovería la latencia en los puntos de crecimiento no desarrollados y la muerte de aquellas macollas hijas que no hayan desarrollado sistemas radiculares propios.

2.7.3.2. Teoría nutricional

La disminución que se produce en el crecimiento de las macollas vegetativas asociadas y en la aparición de nuevas macollas, se debería al menos en parte a compe-

tencia por luz. Al producirse el alargamiento de los entrenudos, los tallos fértiles provocarían en los niveles inferiores del tapiz vegetal una deficiencia acentuada de luz, lo que privaría a las macollas vegetativas disponer de cantidades adecuadas de energía para completar un proceso de fotosíntesis eficiente. Como consecuencia, el pasaje de hidratos de carbono desde las hojas expuestas a las bajas intensidades de luz hacia los puntos de crecimiento sería muy bajo y, por consiguiente, éstos no recibirían las cantidades apropiadas de metabolitos para su desarrollo.

2.7.3.3. Teoría ambiental

Se supone que la competencia por agua podría ocupar un lugar preponderante, pues como el proceso de alargamiento de los entrenudos requiere cantidades muy importantes de ese elemento, su carencia impediría el buen funcionamiento de los sistemas radiculares de las macollas vegetativas asociadas.

La temperatura parece también afectar el macollaje en esos momentos. Generalmente, en la época del año en que se produce la fructificación, las temperaturas cercanas al suelo se presentan más elevadas que aquellas reinantes en los períodos previos del desarrollo de las plantas. Dichas temperaturas actuarían directamente sobre los puntos de crecimiento y macollas en desarrollo, provocando gastos excesivos por respiración, lo que incrementaría aún más la deficiencia de hidratos de carbono ocasionada por una sombra excesiva.

Si se permite a las plantas continuar su proceso de semillazón y maduración, el efecto de dominancia apical promovido va desapareciendo a partir de la espigazón. La muerte sucesiva de las hojas de los tallos fértiles permite una mejor iluminación en los niveles inferiores de la pastura y hay una menor competencia por agua al perder por completo su actividad los sistemas radiculares de los tallos fértiles. Todo esto permite que la pastura se vaya recuperando progresivamente (Fig. 2.24).

En esos momentos se podrá observar en la pastura: a) una serie de **órganos vivos** tales como la base de los tallos floríferos, las macollas vegetativas que hayan escapado al proceso de dominancia apical y las macollas desarrolladas luego de la floración; b) una serie de **órganos muertos** tales como la parte superior de los tallos floríferos y un número importante de tallos vegetativos y hojas.

2.7.4. Evolución de los sistemas radiculares en gramíneas y leguminosas

De acuerdo con Troughton (1957), una vez que la planta se encuentra establecida bajo condiciones naturales, su crecimiento depende de los cambios que se producen en el ciclo estacional del medio ambiente, siendo tanto la parte aérea como las raíces afectadas por dichos cambios.

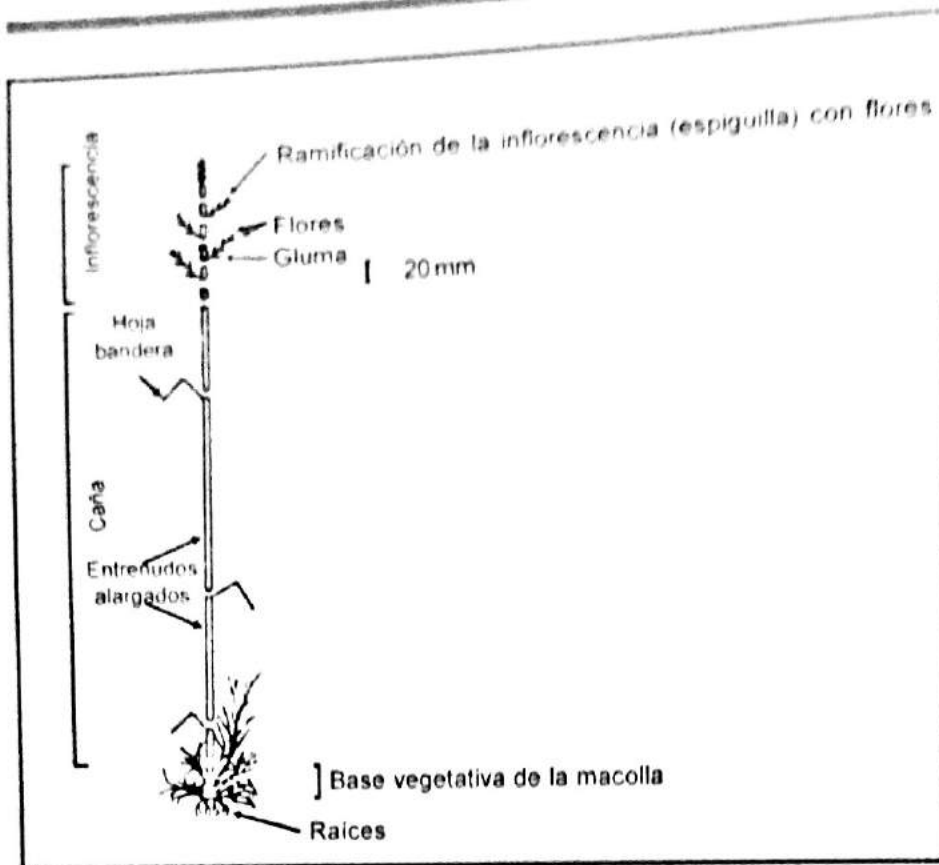


Figura 2.24. Diagrama de estado de la macolla fértil luego del alargamiento de los entrenudos y del desarrollo de la inflorescencia (adaptado de Davies, 1972).

Si bien la iniciación desde los meristemas y el crecimiento posterior de las nuevas raíces ha sido observada en los climas templados durante otoño y primavera, en climas sin grandes fríos invernales se ha registrado también en dicha época. Sin embargo, la producción máxima de raíces ocurre a fines de invierno-principios de primavera, cuando aún el crecimiento de la parte aérea es bajo y lento, para hacerse posteriormente rápido y voluminoso, y cesar antes de la floración. A partir de esa época se detecta un crecimiento muy bajo por parte de las raíces, siendo el momento en que tiene lugar la senescencia y muerte de un volumen importante de ellas.

Dicho comportamiento podría deberse no sólo a los efectos causados por el desarrollo de las inflorescencias en sí (factores hormonales) sino además por los efectos originados por la competencia de una masa excesiva de forraje que demanda altos requerimientos de luz, temperatura, agua y nutrientes por parte de las macollas fértiles, debido a la producción muy elevada de materia seca en apenas algunas semanas.

En tal sentido, conviene recordar aquí que los sistemas radicales son muy sensibles a las reducciones en la intensidad de luz disponible para las hojas, siendo este efecto más nocivo en las raíces que en los tallos y macollas.

En lotus, este efecto puede llegar a ser muy negativo, ya que en estas especies, luego de cada defoliación, las plantas deben reponer, prácticamente en su totalidad, sus sistemas radicales y sus nódulos.

De ahí, entonces, que cualquier manejo de defoliación que promueva decrementos en la intensidad de luz, aunque no se detecten efectos en el crecimiento de la

parte aérea de las plantas, serán de todas maneras negativos para el crecimiento de las raíces y, por lo tanto, de su capacidad para absorber agua y nutrientes.

En cuanto a la temperatura del suelo, la otra variable de gran significancia ecológica como factor de desarrollo y crecimiento de las raíces, ejerce sus mejores efectos cuando son relativamente bajas, pero cuando son elevadas como sucede en verano, pueden ser nocivas. Este comportamiento que se registra particularmente en las especies templadas, permite que ellas ofrezcan precozmente forraje en primavera, al disponer las plantas de sistemas radiculares eficientes desde temprano. Estos son capaces de apoyar un desarrollo y crecimiento voluminoso progresivo de la parte aérea a medida que las temperaturas del aire aumentan al avanzar la primavera.

Por el contrario, en las especies subtropicales son necesarias temperaturas elevadas para alcanzar el mayor desarrollo y crecimiento de las raíces. Así, *Cynodon dactylon* (gramilla) se ve afectado adversamente a temperaturas del suelo de 21 °C, aún cuando la temperatura del aire sea alta.

Por último, se puede afirmar en breve que los momentos de alargamiento de los entrenudos e iniciación floral están asociados a una marcada inactividad radicular, acompañando a un porcentaje elevado de muerte de las macollas hijas de las macollas con inflorescencias, que no hayan desarrollado su sistema radicular propio y a una reducción apreciable en el crecimiento de las macollas vegetativas asociadas en la planta.

Esta dinámica que muestra la parte aérea en cuanto a la población de macollas y tallos presentes, permite asumir entonces que en los sistemas radiculares existe también una evolución continua que involucra la senescencia, muerte y nueva formación de raíces, por lo que se puede asegurar que todas ellas poseen un límite de vida, que como mucho podría alcanzar un año.

2.8. CONSIDERACIONES GENERALES

Durante el ciclo de desarrollo de una planta forrajera se constata, en el curso de todo el año, una competencia muy marcada por metabolitos y nutrientes entre los procesos de macollaje, de formación de hojas y de formación de semillas. La predominancia de uno u otro proceso está regida por factores genéticos (sustancias del crecimiento) y por factores ambientales (luz, temperatura, fotoperíodo y nitrógeno).

En las especies de ciclo otoño-inverno-primaveral, la producción de forraje durante el invierno es pobre debido a que las bajas temperaturas determinan una lenta velocidad de aparición de hojas, lo cual a su vez limita la formación de nuevas macollas. Por el contrario éste proceso se ve favorecido cuando mediante un manejo apropiado se obtiene una mayor exposición del suelo al sol, lo cual permite disponer a nivel de las yemas no sólo de temperaturas más altas, sino también de intensidades de luz más

elevadas. Esto estimula el crecimiento en general y en especial promueve una mayor eficiencia en la utilización del nitrógeno disponible, ya que este nutriente se aprovecha poco en invierno por bajas temperaturas y baja intensidad de luz.

Asimismo en invierno, las hojas presentan tamaño reducido no sólo debido a temperaturas bajas, sino también a los efectos de un fotoperíodo corto.

A fines de invierno comienza un crecimiento radicular activo, por lo que un exceso de humedad en esa época puede impedir la obtención de un buen desarrollo debido a la asfixia.

Llegada la primavera, los registros de temperatura y luz se van haciendo sucesivamente más elevados, permitiendo un crecimiento más activo de la pastura mediante un buen desarrollo radicular, un mayor macollaje y un gran desarrollo individual de cada macolla a través de una alta velocidad de aparición de hojas y un mayor tamaño de las mismas.

A medida que avanza la estación, mientras el proceso de macollaje disminuye drásticamente, debido a la elevación de las temperaturas y al efecto inhibitorio producido por las inflorescencias en desarrollo, el peso por macolla se incrementa en forma notable, debido al mayor tamaño que presentan sucesivamente las hojas y a la influencia de un fotoperíodo creciente en el proceso de iniciación floral y alargamiento de entrenudos.

En verano, las altas densidades de luz y las temperaturas elevadas promueven efectos negativos en el macollaje, mientras la falta de agua provoca detenciones importantes en el crecimiento de las hojas.

Llegado el otoño, las condiciones ambientales favorecen al máximo la producción de materia seca, promoviendo un macollaje activo a la vez que un desarrollo rápido de las hojas. Estas condiciones no se ven alteradas como en la primavera, al no presentarse inducción floral.

En las especies de ciclo primavero-estivo-otoñal, en la mayoría de los casos, el ciclo vegetativo se confunde con el reproductivo, por lo que los distintos eventos que se suceden en el desarrollo de las plantas se encuentran altamente interrelacionados.

En el cuadro 2.3 se presenta, en forma breve y para cada estación del año, los principales parámetros que determinan las variaciones en la producción de forraje de una pastura.

Cuadro 2.3. Factores que influyen en la producción de forraje en una pastura.

Especies de ciclo otoño-inverno-primaveral
<p><u>OTOÑO</u></p> <p>Desarrollo rápido de las hojas Hojas de tamaño normal Macollaje y formación de tallos, activo No hay floración Crecimiento normal de raíces</p>
<p><u>INVIERNO</u></p> <p>Velocidad lenta de aparición de hojas Hojas de tamaño menor Macollaje y formación de tallos, lento Desarrollo y crecimiento radicular activos a fines de estación</p>
<p><u>PRIMAVERA</u></p> <p><u>Primera mitad:</u> Velocidad alta de aparición de hojas Hojas cada vez mayores Macollaje y formación de tallos, activo Gran desarrollo y crecimiento radicular</p> <p><u>Segunda mitad</u> Velocidad alta de aparición de hojas Hojas de tamaño mayor Disminución drástica del macollaje y de la formación de tallos Alargamiento de entrenudos Desarrollo de las inflorescencias Gran actividad radicular</p>
<p><u>VERANO</u></p> <p>Velocidad lenta de aparición de hojas Macollaje y formación de tallos muy poco activos Muerte de macollas, tallos y raíces Poca actividad radicular</p>
Especies de ciclo primavero-estivo-otoñal
<p>Dado que en muchas especies el ciclo vegetativo se confunde con el reproductivo (se producen casi en forma simultánea), los distintos eventos que se suceden en el crecimiento y desarrollo de las plantas se encuentran altamente interrelacionados, por lo que es difícil expresar los diferentes efectos estacionales en forma aislada</p>

2.9. REFERENCIAS CITADAS

- Agnusdei, M. G., Mazzanti, A. E. y Colabelli, M. 1997. Análisis del crecimiento invernal de gramíneas de los pastizales de la pampa deprimida. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 17, Supl. 1 pp. 162-3.
- Águila Castro, H. 1979. *Pastos y Empastadas*. Editorial Universitaria. 314 p. Santiago, Chile.
- Anslow, R. C. 1966. The rate of appearance of leaves on tillers of the gramíneas. *Herb. Abs.* 36: 149-55.
- Barnard, C. 1964. In *Grasses and Grasslands*. Cap. 4 (Ed. C. Barnard). Macmillan, Londres.
- Beinhart, G. 1963. Effects of environment on meristematic development, leaf area and growth of white clover. *Crop Sci.* 3: 209-13.
- Butler, G. W., Greenwood, R. M. y Soper, K. 1959. Effects of shading and defoliation on the turnover of root and nodule tissue of plants of *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* and *Lotus uliginosus*. *N. Z. J. Agric. Res.* 2: 415-26.
- Chapman, D. F. y Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proc. 17 Int. Grassl. Congr.* pp. 95-104.
- Chiara, G. 1972. Comportamiento de variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) bajo dos frecuencias de corte. Tesis Ing. Agr. Universidad de la República. Fac. de Agronomía. Uruguay. 116 p.
- Carámbula, M. y Elizondo, J. C. 1969. Época de iniciación floral y alargamiento de entrenudos en cinco gramíneas. *Bol. Téc. Est. Exp. Paysandú* 6: 1-26. Uruguay.
- Cooper, J. P. 1951. Studies on growth and development in *Lolium* (II). *J. Ecol.* 39: 228-70.
- Cutler, G. H., Pavez, D. S. y Mulvey, R. R. 1949. The effect of clipping to simulate pasturing winter wheat on the growth, yield and quality of the crop. *Agron. J.* 41: 169-173.
- Davies, I. 1972. The pattern of reproductive development. *J. Agric. Sci.* 78: 27-35.
- _____, Davies, A., Troughton, A. y Cooper, J. P. 1971. Regrowth in grasses. *Rep. Welsh Pl. Breed. Sta.* 1971. Pp. 78-94.
- Elizondo, J. C. y Carámbula, M. 1969. Macollaje invernal en *Festuca arundinacea* Schreb y *Phalaris tuberosa* L. *Bol. Téc., Est. Exp. Paysandú* 6: 27-44. Uruguay.
- Evans, L. T. 1960. The influence of temperature on flowering in species of *Lolium* and *Poa pratensis*. *J. Agric. Sci.* 54: 410-6.
- Fernández Grecco, R. 2000. Pastizal natural: marco conceptual y resultados. *The Economist Agrobusiness J. Forrajes y Granos*. Año 5, N° 53, Buenos Aires.
- Formoso, F. 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In *Producción y Manejo de Pasturas*. INIA Tacuarembó. Serie Técnica 80, pp. 1-19. Uruguay.
- Gastal, F. y Lemaire, G. 1988. Study of tall fescue sward growth under nitrogen deficiency conditions. *proc. of the XIth General Meeting of the European Grassl. Federation* pp. 323-327. Dublin, Irlanda.
- Hodgson, J. 1990. Grazing management. *Science and practice*. *The Grazed Sward* 3: 6-24.
- Jameson, D. A. 1964. Effect of defoliation on forage plant physiology. In *Forage Plant Physiology and Soil-Range Relationships*. A.S.A. Special Public N° 5, pp. 67-80.
- Jewiss, O. R. 1966. Morphological and physiological aspects of growth and grasses during the vegetative phase. In *The growth of cereals and grasses* (Ed. Milthorpe e Ivins). Butterworths. Londres.

- _____. 1972. Tillering in grasses. Its significance and control. J. Brit. Grassl. Soc. 27: 65-82.
- Knight, R. 1965. The relation between yield and reproductive phase in cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) in a winter rainfall environment. Austr. J. Agric. Res. 16: 505-515.
- Lamp, H. F. 1952. Reproductive activity in *Bromus inermis* in relation to phases of tiller development. Bot. Gaz. 113: 413-38.
- Langer, R. H. M. 1956. Growth and nutrition of timothy (*Phleum pratense*). I. The life history of individual tillers. Ann. App. Biol. 44: 166-87.
- _____. 1958. Changes in the tiller production population of grass swards. Nature 182: 1817-8.
- _____. 1963. Tillering in herbage grasses. Herb. Abs. 33: 141-8.
- _____. 1972. How grasses grow. The Institute of Biology's. Studies in Biology N° 34. 60 p.
- _____. 1973. Pastures and pasture plants. Reed Book. Wellington. Nueva Zelanda.
- _____. y Ward, S. M. 1957. Studies in the life history of tillers. Exp. Progr. 10, pp. 72. Grassl. Res. Inst. Hurley, Inglaterra.
- Milthorpe, F. L. e Ivins, J. D. 1966. The growth of cereals and grasses. Butterworths. Londres.
- Mitchell, K. J. 1953. Influence of light and temperature on the growth of ryegrass (*Lolium* spp.). II. The control of lateral bud development. Physiol. Plantarum 6: 425-43.
- Muslera Pardo, E. y Ratera García, C. 1984. Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- O'Brien, T. A. 1960. The influence of nitrogen on seedling and early growth of perennial ryegrass and cocksfoot. N. Z. J. Agric. Res. 3: 399-411.
- Patel, A. S. y Cooper, J. P. 1961. The influence of seasonal changes in light energy on leaf and tiller development in ryegrass, timothy and meadow fescue. J. Brit. Grassl. Soc. 16: 299-308.
- Robson, M. J. 1968. The changing tiller population of spaced plants of S. 170 tall fescue (*Festuca arundinacea* L.). J. Appl. Ecol. 5: 575-90.
- Rosengurtt, B., Arrillaga, B. y Sierra de Soriano, B. 1960. Caracteres vegetativos y forrajeros de 175 gramíneas del Uruguay. Revista de la Facultad de Agronomía N° 47. Montevideo, Uruguay.
- Ryle, G. J. A. 1964. A comparison of leaf and tiller growth in seven perennial grasses as influenced by nitrogen and temperature. J. Brit. Grassl. Soc. 19: 281-90.
- Scott Laidlaw, A. y Berrie, A. 1974. The influence of expanding leaves and the reproductive stem apex on apical dominance in *Lolium multiflorum* L. Ann. Appl. Biol. 71: 75-82.
- Schwass, P. H. y Jacques, W. A. 1956. Root development in some common New Zealand pasture plants. VIII. The relationship of top growth to root growth in Perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) and Tall fescue (*Festuca arundinacea*). N. Z. J. Sci. Tech. 38: A (2): 109-19.
- Sharman, B. C. 1945. Leaf and bud initiation in the Gramineae. Bot. Gaz. 106: 269-89.
- _____. 1947. The biology and developmental morphology of the shoot apex in the gramineae. New Phytol. 46: 20-34.
- Smith, D. 1981. Forage Management in the North. Ed. Kendall/Hunt Publ. Comp. Iowa, E.U.A. 258 p.
- Sylsbury, J. H. 1965. Interrelations in the growth and development in *Lolium*. I. Some effects of vernalization on growth and development. Aust. J. Agric. Res. 16: 903-13.

- Thomas, J. Q. y Davies, L. J. 1964. *Common British Grasses and Legumes*. Longmans, London.
- Thomas, R. G. 1967. Vegetative growth and development in White clover. Eds. Baker, M. J. and Williams V. M. pp. 31-62.
- _____. 1987. The structure of the mature plant in White clover. Eds. Baker, M. J. & Williams, V. M. pp. 1-29.
- Troughton, A. 1957. The underground organs of herbage grasses. *C. A. B. Bull.* 44. Farnham Royal, Inglaterra.
- Wallace, H. A. y Bressman, E. N. 1949. *Corn and corn breeding*. Wiley, New York.
- Ward, S. M. 1960. Studies in the life history of tillers. *Exp. Progr.* 13, pp. 92-3. *Grassl. Res. Inst.* Hurley, Inglaterra.
- Williams R. D. 1962. On the physiological significance of seminal roots in perennial grasses. *Ann. Bot. (N.S.)* 26: 126-136.
- Williams, R. F. 1964. In *Grasses and Grasslands* (E. C. Barnard). Macmillan. Londres.