

PUBLICACIONES DE LA «OBRA SOCIAL AGRICOLA»  
DE LA  
CAJA DE FENSIONES PARA LA VEJEZ Y DE AHORROS  
DE CATALUNA Y BALEARES

1. LLOVET, J. : *La producció de llet i de vaques lleteres a l'Empordà*. 1934. (Agotado).
2. — *Vida Social Agrícola*. Boletín de la «Obra Agrícola» Número 1 al 6. 1935-36. (Agotados).
3. SALA-FUIG-LLOVET : *Set lliçons d'Agricultura*. 1936. (Agotado).
4. LLOVET-CLOIET : *La zona agrícola de Santa Coloma de Queralt*. 1936. (Agotado).
5. BARDIA, R. : *Accidents i malures dels cereals a la Segarra*. 1936. (Agotado).
6. — *Servicio de Seguro Mutuo del Ganado*. (Folleto divulgador).
7. — *La Obra Social Agrícola*. (Folleto divulgador).
8. LLOVET-TABERNER : *Aspectos importantes de la alimentación del ganado lanar y de la del bovino lechero en la comarca del Vallés (Barcelona)*. 1944. (Agotado).
9. CABALLERO, C. : *Consejos a los agricultores ante los casos de indigestión que puedan padecer los équidos*. 1941. (Agotado).
10. MARTÍ, A. : *Indigestión en los équidos*. 1947. (Agotado).
11. BALLESTEROS, L. : *Higiene y cuidados generales que requiere el ganado de labor*. 1947.
12. CUESTA, M. : *Principios fundamentales del abonado y normas para el tratamiento racional del estiércol*. 1948. (Agotado).
13. SALA, R. : *Los más frecuentes interrogantes en fruticultura*. 1948. (Agotado).
14. Premio Moragas 1948. *En la zona agrícola de Torroella de Montgrí (Gerona)*. 1949. (Agotado).
15. BOLETÍN AGRO-PECUARIO 1949. (Agotado).
16. BARDIA, R. : *Enfermedades de los árboles frutales en el Ampurdán y su tratamiento*. (1950). (Agotado).
17. BOLETÍN AGRO-PECUARIO 1950. (Agotado).
18. Premio Moragas 1949. *En la zona S. E. de Mallorca*. 1950. (Agotado).
19. RIERA, F. J. : *La poda del olivo en Cataluña*. 1951. (Agotado).
20. Premio Moragas 1950. *En la zona agrícola de Tortosa*. 1951. (Agotado).
21. BOLETÍN AGRO-PECUARIO 1951. (Agotado).
22. CABALLERO, C. : *Defectos duros y blandos en las extremidades de los équidos*. 1952. (Agotado).
23. RIERA, F. J. : *Los herbicidas selectivos en cerealicultura*. 1952. (Agotado).
24. BOLETÍN AGRO-PECUARIO 1952. (Agotado).
25. BARDIA, R. : *Insecticidas Agrícolas*. 1953. (Agotado).
26. BOLETÍN AGRO-PECUARIO 1953. (Agotado).
27. RIERA, F. J. : *Control fitohormonal de la patata de siembra y de consumo*. 1954. (Agotado).
28. BOLETÍN AGRO-PECUARIO 1954. (Agotado).
29. CABALLERO, C. : *La valoración del ganado de las Unidades del Servicio de Seguro Mutuo*. 1955. (Agotado).
30. BOLETÍN AGRO-PECUARIO 1955. (Agotado).
31. RIERA, F. J. : *Máquinas pulverizadoras para herbicidas selectivos*. 1956. (Agotado).
32. BARDIA, R. : *Fungicidas Agrícolas*. 1956. (Agotado).
33. BOLETÍN AGRO-PECUARIO 1956. (Agotado).
34. BARDIA, R. : *Comentarios sobre la campaña maicera 1956*. 1957.
35. LLOVET, J. : *Notas sobre la Agricultura en el Mediodía de Francia y en el Centro y Norte de Italia*. 1957. (Agotado).
36. BOLETÍN AGRO-PECUARIO 1957. (Agotado).
37. RIBERA, T. : *Nuevos horizontes en la lucha contra la mosca de la aceituna*. 1958. (Agotado).
38. BOLETÍN AGRO-PECUARIO 1958.
39. *Notas y estudios sobre el cultivo del Avellano*. 1959.
40. BOLETÍN AGRO-PECUARIO 1959.
41. BARDIA, R. : *Sorgos híbridos para grano*. 1960.
42. BOLETÍN AGRO-PECUARIO 1960.
43. BARDIA, R. : *Una lección sobre mejora de la cerealicultura catalana*. 1961.
44. CARDÚS, J. y LASALA, M. : *Siete años de experiencias en la fertilización del clavel*. 1961.
45. AGUILÁ, J. y ANDRÉS, J. : *La selección del esqueje en el clavel*. 1961.
46. BOLETÍN AGRO-PECUARIO 1961.

54 bis

# LAS BASES DE LA PRATICULTURA MODERNA

POR  
PEDRO MONTSERRAT RECODER

1961



# Las bases de la praticallyura moderna

por Pedro Montserrat-Recoder

Investigador científico del  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
Jefe de la Sección de Praticallyura del  
Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología

## I. Morfología de las plantas pratenses

1961

HACE dos años, a través de las páginas del BOLETÍN AGROPECUARIO de la Caja de Pensiones para la Vejez y de Ahorros, señalé algunos aspectos de nuestra praticallyura. Ahora se me encargan unos artículos coordinados, que faciliten la comprensión de los principales problemas relacionados con la producción de hierba para el ganado.

En la base de la praticallyura se encuentra la botánica, ciencia biológica que trata de las plantas, su forma, desarrollo y producciones; la praticallyura se relaciona íntimamente con la zootecnia y la actividad humana.

Ordenaremos los artículos comenzando por la forma de las plantas pratenses, tanto estática como en desarrollo adaptivo (*morfología vegetal*), para continuar con las peculiaridades de su funcionamiento (*fisiología vegetal*), adaptación al ambiente (*ecología vegetal*) y finalmente su adaptación a los animales y al hombre (*biocenología pastoral*).

Procuraremos adaptarnos al orden expuesto, aunque la complejidad de los fenómenos naturales nos obligue, para lograr una mayor claridad a ciertas interferencias, porque a menudo resulta difícil separar la forma del funcionamiento y éste de la adaptación al ambiente creado por el hombre y sus animales domésticos.

En esta primera parte o primer artículo insistiremos muy especialmente en todo cuanto se refiera a la forma de las plantas pratenses, recordando algunos principios generales de botánica que limitaremos a lo estrictamente indispensable para la mejor comprensión de los capítulos siguientes.

Partiendo de la semilla, veremos su germinación, desarrollo de la raíz, del tallo, de las hojas, para terminar en las flores, inflorescencias y frutos. Estudiaremos tipos de raíces, tipos de tallo y hojas, fijándonos particularmente en la producción de renuevos y el recubrimiento del suelo por las hojas. Destacaremos los caracteres que se utilizan corrientemente para la determinación de pratenses en estado vegetativo (sin flor ni fruto), completado todo ello por unas ideas generales de morfología aplicada.

La planta es un mecanismo biológico, organizado para aprovechar al máximo la energía solar y transformarla en alimentos adecuados a su desarrollo y al de los animales. Las plantas tienen vida independiente y no necesitan otros seres vivos para desarrollarse, les basta sol y agua, con un

suelo estructurado y rico en sales minerales (abonos químicos); los animales, en cambio, morirían sin plantas que comer.

Para aprovechar la energía solar (luz), las plantas disponen de hojas verdes, ensanchadas y delgadas —con las que obtienen la superficie máxima utilizando un mínimo de material—, tallos que las levantan y riegan con savia bruta (agua y sales minerales) y finalmente unas raíces que las fijan al suelo, explorándolo exhaustivamente para absorber dichas sales minerales disueltas en agua. Son esenciales, raíces, tallo y hojas verdes; éste es el esquema más simple de una planta.

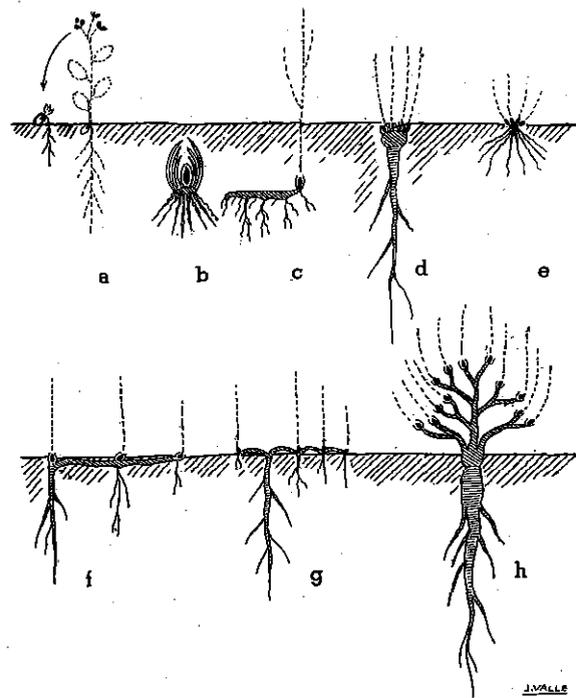


FIG. 1. TIPOS BIOLÓGICOS. — a) planta anual, con semilla germinando a la izquierda; b) geofita bulbosa; c) geofita rizomatosa; d) hemicriptofita del tipo de la alfalfa; e) hemicriptofita cespitosa; f) y g) hemicriptofitas estoloníferas, con estolones algo enterrados (rizomas casi superficiales) o aplicados al suelo; h) camefita.

No todas las plantas son iguales. En ambientes secos predomina el tallo y se reducen las hojas (cactus y arbustos del desierto), mientras en ambientes húmedos y sombríos se ensanchan las hojas reduciéndose el tallo; las plantas de los desiertos poseen raíces enormes en comparación con el tallo y hojas, mientras en la hierba de los bosques encontramos raíces débiles que sostienen hojas grandes.

Nuestro clima se caracteriza por una alternancia entre épocas favorables y épocas desfavorables para la vegetación. La manera elemental de pasar una época desfavorable es produciendo semilla y muriendo la planta; es el tipo

biológico de las plantas anuales (*terofitas*), que, en los desiertos, reciben el nombre de efímeras, por vivir pocas semanas.

Otras plantas viven varios años y pasan la época desfavorable en vida atenuada (vida latente), protegiendo sus brotes en las llamadas yemas. Estas yemas se sitúan bajo el suelo (*geofitas*), a ras del suelo (*hemicriptofitas*), a varios centímetros sobre el suelo (*fanerofitas*). Los árboles y arbustos son fanerofitas, con tallos leñosos que llevan las yemas en su extremidad; las matitas pueden tener ramas leñosas (*nanofanerofitas*) o ramas blandas (*camefitas*). El tipo más interesante para nosotros es el de las plantas perennes con yemas a ras del suelo (hemicriptofitas), tipo biológico dominante en los prados, el que corresponde a la alfalfa y a otras forrajeras fundamentales. Las geofitas (ajos, lirios, orquídeas, etc.) tienen poca importancia para nosotros.

Dibujamos esquemáticamente el tipo de hemicriptofitas, con algunas variaciones (hemicriptofitas cespitosas y estoloníferas), el de las anuales y finalmente las camefitas, con sus yemas algo elevadas (no deben segarse a ras de suelo) y tallos algo permanentes. Indicamos en punteado los tallos que se forman cada año, para distinguirlos de la parte inferior, persistente, o de la semilla en el caso de las anuales.

## 1. La semilla

Las plantas se reproducen normalmente por semilla, aunque exista la multiplicación vegetativa de un individuo, como en el caso de la grama y plantas parecidas, que se realiza mediante rizomas (subterráneos) o estolones (superficiales), que arraigan separándose finalmente de la planta madre.

La semilla es una plántula en vida amortiguada (embrión). No es un huevo del que se formaría la plantita al germinar; es como el huevo incubado y presto para dar el polluelo. Dentro de la semilla podemos distinguir una o dos hojas embrionarias llamadas cotiledones, una yema (plúmula) y la raicilla o raicillas. Presenta dos cubiertas (testas), que protegen al embrión y frecuentemente un tejido de reserva (albumen) lleno de almidón y otros alimentos. En la judía este alimento se concentra dentro de las dos primeras hojas (cotiledones), de suerte que la semilla parece formada por dos mitades que protegen a la raicilla y plúmula situadas entre dichos cotiledones. En el trigo y todas las gramíneas, se encuentra un solo cotiledón aplicado al albumen que llena casi todo el grano. Todas las gramíneas al germinar se parecen al trigo, producen una hoja especial llamada coleóptilo y siempre tienen la semilla cubierta por el fruto seco; el conjunto recibe el nombre de grano.

Todas las pratenses tienen semilla normal, es decir, con el embrión desarrollado y preparado para la germinación; en algunas se retrasa la maduración algunas semanas o meses, pero están preparadas cuando las sembramos. Algunas parásitas (cuscuta, orobancas, etc.) y las orquídeas producen gran cantidad de semilla, en la que apenas se esboza el embrión; dichas semillas no maduran completamente hasta el momento que encuentran una planta apropiada que las estimula. Así, la cuscuta ("sedes", "barbes de caputxi", "cabells") tarda años en germinar si no encuentra una planta de alfalfa en germinación; ésta estimula su desarrollo, con el resultado desastroso de todos conocido. Algo semejante ocurre con el "frare" u orobanca, que ataca las habas y guisantes, con otras especies y razas adaptadas a parasitar tréboles y otras plantas. Se conocen casos de semillas que han pasado más de seis años en el suelo, germinando nuevamente al sembrar alfalfa, trébol, habas, etc., reproduciendo una plaga que se daba por extinguida.

## MODALIDADES DE LA GERMINACIÓN.

Las semillas pueden resistir normalmente varios años en vida amortiguada, si las condiciones son apropiadas. Normalmente conservan su poder germinativo de uno a tres años, pero pueden llegar a diez y rarísimamente cien años; colocadas en condiciones apropiadas y una vez formado el embrión (pocos días después de madurar el fruto hasta varios meses), se desarrollan para dar una nueva planta.

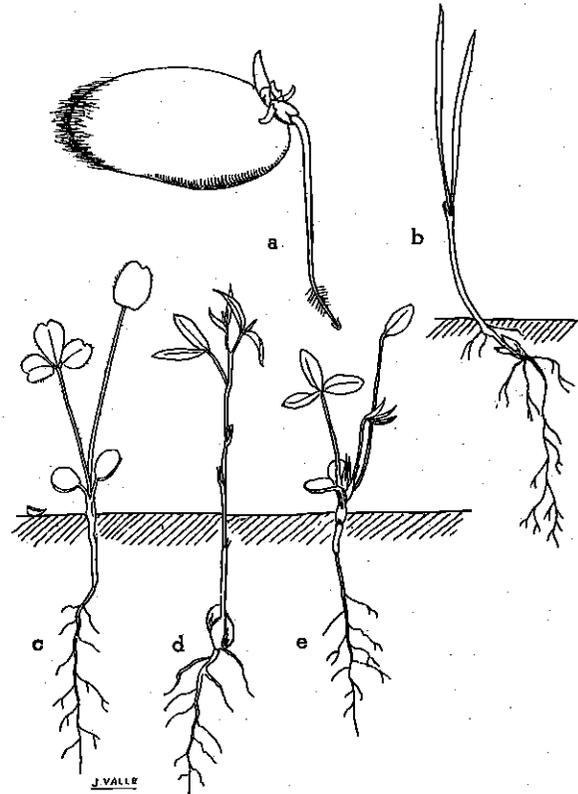


FIG. 2. GERMINACION. — a) y b) distintas fases en una gramínea, observándose la raíz primaria y otras dos secundarias más pequeñas; b) coleóptilo perforado y primeras raíces adventicias; c) a e) plántulas de leguminosas, con germinación epigea (c y e), del trébol violeta y esparceta, con germinación dentro de la tierra (d) de la veza.

Primero aparece la raicilla, que penetra en el suelo (raicilla primaria), levantándose la yema (con o sin cotiledones), que formará el tallo y las hojas; si se levanta toda la semilla, cayendo la cubierta y abriéndose los cotiledones como primeras hojas verdes, tenemos la llamada *germinación superficial*, típica de la alfalfa, tréboles, etc.; si el cotiledón (o cotiledones) quedan dentro de la semilla y no salen del suelo, la *germinación es subterránea*, como en las gramíneas, guisantes, vezas, habas, etc. En los dibujos damos unos ejemplos típicos de cada una.

## 2. Formación de la raíz

Pueden observarse grandes diferencias entre las plantas de grano (gramíneas) y las demás (leguminosas, etc.). En el grano de las gramíneas, pronto aparece la raíz primaria y algunas secundarias que duran pocos meses; en el primer nudo formado dentro del coleóptilo, aparecen pronto raíces adventicias (permanentes o definitivas), que darán nuevo vigor a la planta, muriendo pronto primarias y secundarias. Es fundamental favorecer la formación de raíces adventicias, en los nudos inferiores del tallo y sus renuevos, para dar vigor a las plántulas de gramínea y compensar la pérdida de las raíces embrionarias. En todos los casos se llega a una raíz fasciculada (en forma de brocha), con infinidad de raíces delgadas que salen de la base del tallo y ninguna principal que pueda penetrar hasta el subsuelo.

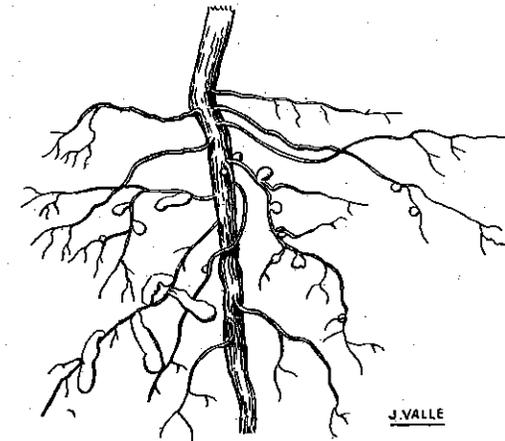


FIG. 3. NODULOS RADICALES. — Grandes nódulos en las raíces laterales de la esparceta ("trepadella").

En la alfalfa y otras plantas parecidas, con flores vistosas y hojas de nervios muy ramificados (las gramíneas tienen hojas con nervios paralelos), sigue desarrollándose la raíz primaria, que penetra verticalmente hasta gran profundidad; esta raíz se ramifica lateralmente, pero muy raras veces (trébol blanco) se producen raíces adventicias. Alfalfa, esparceta, tréboles, *Sanguisorba*, etc., tienen raíz embrionaria persistente, pivotante, robusta y ramificada, que persiste durante toda la vida de la planta.

En los cereales y otras gramíneas, las raíces embrionarias son efímeras (de pocas semanas a dos meses) y muchas raíces permanentes en pincel (fasciculadas) y generalmente cortas. Estas raicillas de las gramíneas suelen penetrar poco, como en los cereales, margallos o ballicos (ray-grass), "panisola", "blat de San Joan", "llepó", etc.; en pocas gramíneas forrajeras, estas raíces adventicias son largas hasta alcanzar casi un metro de profundidad, como en *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, *Phalaris tuberosa* y varios *Bromus*. Se comprende que, por su raíz algo profunda, sean estas gramíneas las más apropiadas para cultivar en nuestros secanos; las de raíz corta son aptas para el cultivo en los regadíos o para formar pasto en climas muy lluviosos.

El extremo de la raíz está protegido por la cofia, especie de dedil o vaina que impide se lastime al contacto con la arena del suelo. Después de una zona lisa, empieza la parte pilifera o absorbente; al cabo de pocos días mueren los pelos absorbentes y se forman otros hacia la punta de la raíz. Las partes viejas se cubren de sustancias impermeables y no sirven ya para la absorción de agua y alimentos.

La actividad absorbente de una raíz depende del número de raicillas laterales formadas, con punta activa y amplia zona pilifera. Las raíces más viejas mueren y contribuyen a la formación del humus y, en definitiva, sirven para la nutrición de nuevas raicillas.

#### SIMBIOSIS RADICAL.

En ciertas plantas falta la zona pilifera; entonces un hongo se encarga de la absorción de agua y alimentos. Tanto esta asociación como la de bacterias pueden producir deformaciones en la raíz, y conviene mencionarlas rápidamente.

Las *micorrizas* son asociaciones de hongos con raíces. El hongo ("floridaura") penetra dentro de la raíz y absorbe sustancias del suelo que cede a la planta. Son muchas las plantas de prado con micorrizas ("camaseques", "carrerolos", "moixarnons", etc.), que influyen de manera decisiva en la vida de las plantas que las poseen.

Los *nódulos radicales* están formados por bacterias, o microorganismos algo parecidos a los hongos por su manera de vivir. El "roldó" y las leguminosas, poseen nódulos radicales capaces de asimilar directamente el nitrógeno del aire, sin estar pendientes de las escasas reservas del suelo en este elemento, proporcionado por los abonos nitrogenados. Los nódulos más eficientes están hinchados, son de un color rojizo al cortarlos y abundan en grupos formados hacia la parte superior de las raíces del trébol, esparceta, alfalfa; los poco eficaces son de color más oscuro, arrugados, esparcidos y escasos en la parte superior de la raíz.

### 3. Formación del tallo y hojas

En la germinación subterránea (guisantes, etc.) el tallo tierno debe perforar la capa superior del suelo sin la protección de los cotiledones; es más corriente la germinación superficial (alfalfa, tréboles, etc.), con los cotiledones verdes que actúan como primeras hojas y han protegido al tierno tallo al perforar la superficie del suelo; con frecuencia es toda la semilla la que sale empujada por la raicilla al desarrollarse y cae la cubierta dejando libres los cotiledones.

En las gramíneas observamos una hoja especial para la protección del tallito (plúmula); es el llamado coleóptilo, de pocos centímetros de longitud; éste asoma poco, abriéndose lateralmente para dar paso a la yema incluida que inicia el crecimiento. Pronto aparecen yemas adventicias en los nudos inferiores del tallo, más abundantes en las gramíneas de pasto, acostumbradas al diente del ganado y adaptadas a retoñar vigorosamente después de las rozas; entonces dan nuevos brotes con raíces nuevas.

#### TIPOLOGÍA DE LOS TALLOS.

El tallo consta de nudos y entrenudos; en los nudos se insertan las hojas, mientras los entrenudos las separan para que no se superpongan, impidiendo el aprovechamiento eficaz de la luz solar.

Las cañas son tallos huecos o con la parte interior blanda y la exterior resistente, con nudos fuertes que las refuerzan; son típicas de las gramíneas. En las demás plantas el tallo es casi homogéneo, distinguiéndose los nudos, por ser el punto de inserción de las hojas.

Rizomas son tallos subterráneos que, si engruesan mucho, reciben el nombre de tubérculos. Algunas gramíneas se extienden mediante rizomas, como *Phalaris tuberosa*, ciertos *Bromus* y la corriente *Festuca rubra*, abundantísima en los pastos pirenaicos y de otros montes peninsulares.

Son frecuentes los tallos rastreros con entrenudos largos, que producen raíces adventicias con yemas en los nudos. Un solo individuo puede extenderse de esta forma, para ocupar grandes áreas del prado.

Las plantas cespitosas (amacolladas) podemos imaginarlas como formadas por rizomas y estolones cortísimos, apretados al tallo principal. Esta densidad de renuevo es característica común a todas las hemipterofitas dominantes en nuestros prados, demostrando que no existe otro tipo más adaptado a las rozas frecuentes, tanto al dale como al diente del ganado.

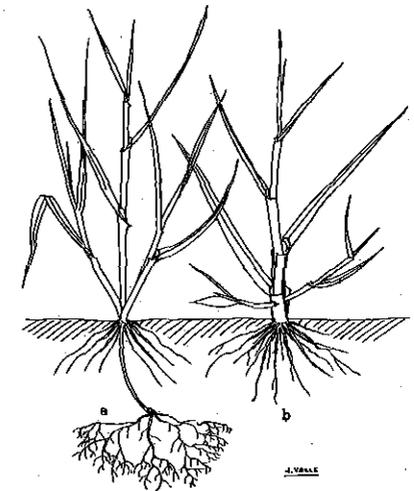


FIG. 4. Renuevos intravaginales (a) y extravaginales (b) de las gramíneas pratenses. Las primeras suelen dar céspedes densos, mientras las segundas proporcionan céspedes laxos y se extienden con gran facilidad.

Al estudiar las plantas cespitosas, interesa mucho distinguir el modo como se forma el renuevo. En céspedes poco densos predomina el tipo de renuevo extravaginal, llamado así porque en las gramíneas perfora la vaina y sale lateralmente. Los céspedes densos se forman con renuevos intravaginales que ensanchan la vaina, abriéndola sin perforarla. El margallo y *Festuca arundinacea* tienen renuevos intravaginales; en *Phalaris* y *Festuca rubra* predominan los extravaginales que forman rizomas o estolones. Tanto los estolones como los rizomas de muchas gramíneas no son más que renuevos extravaginales alargados.

#### EL BROTE COMO ELEMENTO DEL PRADO.

Los renuevos, cortos o largos, se comportan como plantas independientes, con su tallo y raíces propias. Los renuevos arraigados constituyen las unidades elementales de producción en un prado; éste es uno de los conceptos más fecundos adquiridos por la práticamente moderna.

Las plantas que pueden producir mayor cantidad de renuevo a lo largo del año son ciertamente las más productivas; por selección el hombre multiplicó las más prolíferas en formar renuevo, hasta el punto de que ahora se siembran prados con la décima parte de la semilla empleada antaño, y la producción total triplica o quintuplica la obtenida hace sólo cincuenta años.

Ciertas especies dan renuevos que florecen pronto, carácter típico de las plantas de vida corta. En otras, existen tallos robustos que florecen, algunos más cortos con mucha hoja, finalmente algunos cortísimos que se desarrollarán al segar los principales; éste es el tipo de plantas perennes aptas para sembrar prados. En la actualidad se tiende a sembrar estirpes con mucho renuevo, hojas grandes y jugosas, con floración retrasada. Renuevo florido es renuevo poco nutritivo para el ganado selecto que prefiere mucha hoja y tallos tiernos.

#### TIPOLOGÍA DE LAS HOJAS.

Las hojas constan de una lámina verde, el limbo, separada del tallo por un peciolo, raramente falta este peciolo (hojas sentadas) o se ensancha para formar la llamada vaina, tan típica de las gramíneas.

Las hojas nacen en los nudos del tallo. En las plantas de prado las hojas suelen estar aisladas en cada nudo, pero en ciertas plantas se reúnen dos (hojas opuestas) o más de dos (hojas verticiladas). Por su distribución a

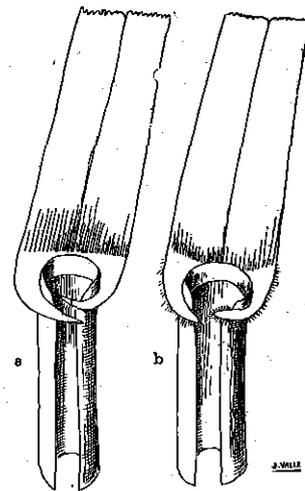


FIG. 5. Plantas muy parecidas pueden distinguirse fácilmente atendiendo a ciertos caracteres. a) *Festuca pratensis*, con orejuelas sin pelos; b) *F. arundinacea*, con orejuelas de borde peludo.

lo largo del tallo pueden ser dísticas (alternando a cada lado) o esparcidas y formando 3, 4 ó 5 líneas principales que ocupan todo el contorno del tallo.

En el punto de unión de la hoja con el tallo, aparece la vaina (en gramíneas) o las estípulas (otras plantas); las estípulas son foliáceas (forma de hoja) y más pequeñas que la hoja normal, salvo en los *Lotus*, que las tienen semejantes, aparentando tener cinco foliolas en cada nudo. En los tréboles, alfalfas, esparceta, etc., las estípulas son muy importantes para reconocer las especies sin flor ni fruto.

La vaina de las gramíneas es generalmente abierta, raramente con la parte inferior soldada, o bien con los dos bordes recubriéndose, como en el ballico italiano; la vaina envuelve el tallo hasta que empieza el limbo.

En la misma axila, entre limbo y tallo, se encuentra la llamada lígula y al otro lado del tallo se forman las orejuelas típicas de algunas especies, por ejemplo, en *Festuca arundinacea*, margallo italiano, cebada, etc. La lígula es membranosa, de forma característica para cada especie; muy raramente falta o está sustituida por una fila de pelos, como en la grama tan corriente.

El limbo de las gramíneas de prado es lineal, es decir, estrecho y largo, con muchos nervios paralelos que sólo se juntan cerca de la punta. El borde

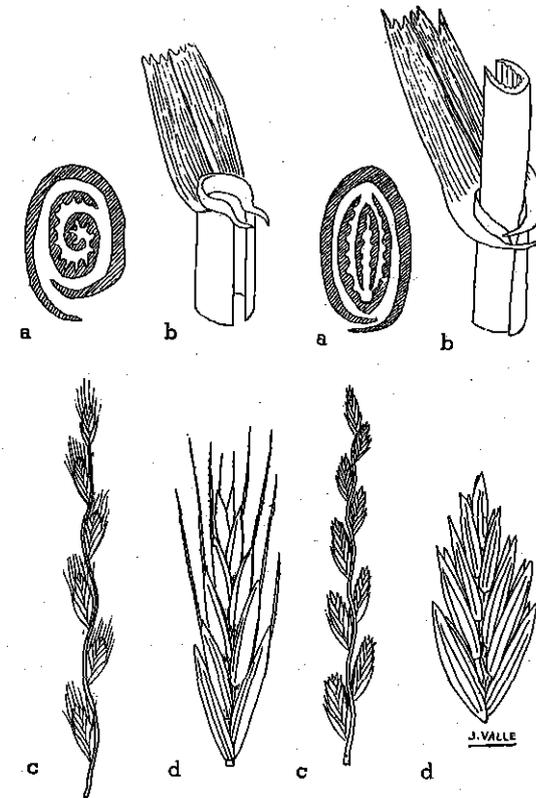


FIG. 6. *Lolium multiflorum* a la izquierda, *L. perenne* a la derecha. Caracteres importantes para la distinción del margallo italiano del inglés: a) prefoliación en el brote tierno cortado al través; b) orejuelas de la hoja; c) terminación de la espiga, y d) detalle de la espiguilla. Obsérvese las aristas en la terminación de las glumillas.

del limbo puede ser áspero (*Festuca arundinacea*), tener pelos (algunos *Bromus*) o ser casi blanco. La forma de la punta de la hoja varía según las especies y contribuye a reconocerlas cuando se encuentran sin espiga.

En la yema las hojas tiernas pueden estar arrrolladas, como en la cebada y el fleo (*Phleum pratense*); al desarrollarse quedan algo retorcidas (una o varias vueltas de espira) hacia la derecha, o sea como giran las agujas del reloj. En *Phalaris tuberosa* la rotación es hacia la izquierda. Este carácter ayuda al reconocimiento.

*Dactylis glomerata* tiene los tallos comprimidos lateralmente, con hojas plegadas longitudinalmente y punta formando una especie de caperuza característica; además presenta una lígula mediana y con una punta especial.

Los margallos se reconocen fácilmente por el color verde brillante de sus hojas. El margallo común o "margall" (*Lolium rigidum*) es anual, florece muy pronto y sus hojas están plegadas en la yema; la base del renuevo es con frecuencia violácea. El margallo italiano (*L. multiflorum*) se distingue por un color algo más claro, grandes orejuelas típicas y hojas arrolladas en la yema; florece pronto y sus glumillas tienen una arista larga característica. El margallo inglés (*L. perenne*), con hojas de un verde intenso, las presenta plegadas en la yema, sus orejuelas son poco salientes y las glumillas sin arista. El primero es una anual de invierno, seca en mayo; el segundo dura año y medio; el tercero puede persistir tres o más años en el prado, sin sembrarlo de nuevo y sin que dé semilla.

Las leguminosas presentan un limbo generalmente dividido en pequeñas hojitas (foliolas), reunidas de tres en tres (alfalfa, tréboles) o en mayor número (esparceta, zulla, vezas). Los tréboles pueden distinguirse bien de las alfalfas por sus tres foliolas reunidas; en las alfalfas, la foliola central está separada de las demás por un corto peciolo. Tanto la terminación de la hoja —en una foliola o en un zarcillo arrollado y prensor— como las estípulas, permiten reconocer perfectamente todas las especies de leguminosas. La práctica normal enseña la manera de distinguir las más frecuentes y una observación somera bastará para diferenciar las nuevas que se cultiven.

#### EL CRECIMIENTO FOLIAR.

Muchas hojas quedan esbozadas en la yema desarrollándose posteriormente por igual en todas sus partes. En los prados es frecuente encontrar hojas jóvenes que conservan durante mucho tiempo la facultad de crecer por su parte inferior; en un prado segado podemos ver hojas con la punta cortada y el borde superior seco, creciendo activamente por su parte inferior.

Este tipo de crecimiento es el más interesante para nosotros, porque produce pasto rápidamente y permite a la planta renovar fácilmente todas sus hojas después de la siega o del pastoreo. El desarrollo se efectúa gracias a las reservas acumuladas en la base del tallo y las raíces; también influye la humedad del suelo, que regula la subida de savia bruta con dichas reservas. No debemos segar ni pastar cuando el suelo está seco si queremos que la hierba crezca rápidamente.

#### EL ÁREA FOLIAR.

Las hojas se distribuyen a lo largo del tallo para interceptar de la manera más eficaz posible todos los rayos solares. Si sumamos la superficie ocupada por cada hoja de un alfalfa, encontramos que el área total puede igualar la superficie del campo, doblarla, triplicarla, etc.; cuando se alcanza de 6 a 10 veces el área del suelo, disminuye el crecimiento, que ya no se reactivará hasta el momento que eliminemos (siega, pastoreo) todos los tallos para reanudar el proceso.

Cada cultivo, en determinadas condiciones de clima, presenta un óptimo para el área foliar, llegando a la producción máxima poco después, para disminuir posteriormente cuando muchas hojas se encuentran cubiertas por las demás y, en vez de asimilar, se convierten en parásitas de la planta; ciertamente puede ocurrir que lo asimilado por las hojas superiores sea consumido por las inferiores, sin que gane nada el cultivo. Es lógico que convendrá segar

precisamente cuando se alcanza la producción máxima; en la alfalfa se conoce este momento por las hojas inferiores que amarillean a la sombra.

Este concepto es de gran aplicación en pratericultura; permite conocer las condiciones de producción de pasto y estudiar sus causas. Está comprobado que generalmente no son las hojas más iluminadas las de mayor producción; con frecuencia acumulan más alimento las situadas ciertos períodos a pleno sol, y, a intervalos, en una sombra poco densa. Por esta causa, la mayor parte de praterenses presentan un óptimo de producción cuando el área foliar ocupa entre 3 y 8 veces la del suelo. En cada cultivo conviene estudiar la densidad apropiada de plantas, para que éstas adquieran un desarrollo normal y alcancen rápidamente su óptimo después de segadas.

Ya dijimos que las praterenses y forrajeras mejores retoñan fácilmente después de las rozas, alcanzando a la semana un área foliar doble o triple a la del suelo. Es ciertamente una característica común a todas ellas esta facilidad extraordinaria en formar rápidamente renuevos y a crecer en céspedes densos.

#### 4. Formación de las flores

Al ocuparnos del funcionamiento (fisiología) de las praterenses, veremos los factores que determinan la floración. Baste saber que depende de características hereditarias (de estirpe, o sea de raza) y además de factores del ambiente, como cierta temperatura en invierno y la duración del día en primavera y otoño (horas de luz).

Las estirpes precoces (que florecen pronto) acostumbran a desarrollarse rápidamente y deben segarse antes de iniciar la floración; con ellas pueden realizarse aprovechamientos a fin de invierno, utilizando a continuación las menos precoces y finalmente las de floración tardía.

El brote crece por una yema terminal en rápido desarrollo; en dichas yemas, cortadas transversalmente, pueden observarse las tiernas hojas plegadas longitudinalmente (prefoliación conduplicada), o bien envueltas en espiral (prefoliación contorta). Ya indicamos que este carácter se utiliza para reconocer muchas gramíneas antes de la floración.

Generalmente cesa la producción de hojas cuando las plantas florecen; en vez de hojas, en las yemas se forman flores distribuidas en inflorescencias más o menos complicadas. Cesa casi completamente la producción de forraje, porque la planta emplea sus energías en las funciones de reproducción. Normalmente no interesa este derroche de energía; conviene segar antes de que se inicie la aparición de las primeras flores, favoreciendo el desarrollo de los renuevos dormidos, que darán más pasto.

Conviene no olvidar que por lo general la floración se produce de manera independiente en cada renuevo. Al segar un brote crecido, puede que el más atrasado aún no haya recibido el estímulo para florecer; la siega en general retrasa la floración y aumenta la producción de hoja, elemento esencial para la producción de buen pasto y forraje. En plantas de vida corta ocurre que llegada cierta época del año es casi imposible evitar la floración en todos los brotes; se comprende que entonces es inútil la siega para alargar la producción.

Normalmente se procura tener pasto con plantas precoces, para aprovecharlo pronto sin perjudicar la producción de los prados normales, que deben producir al máximo en primavera y parte del verano. Modernamente se tiende a la especialización de los prados.

MORFOLOGÍA DE LA FLOR Y FRUTO.

Flor y fruto permiten reconocer fácilmente a todas las plantas. Veamos someramente los rasgos esenciales de su morfología.

Las plantas con flor visible, de color vistoso y frecuentadas por los insectos (abejas, etc.), no son gramíneas. Las leguminosas dan una flor amariposada (papilionácea), generalmente pequeña y formando grupos densos llamados inflorescencias. Todas las especies tienen caracteres de flor y fruto (legumbre) que permiten conocerlas con gran facilidad.

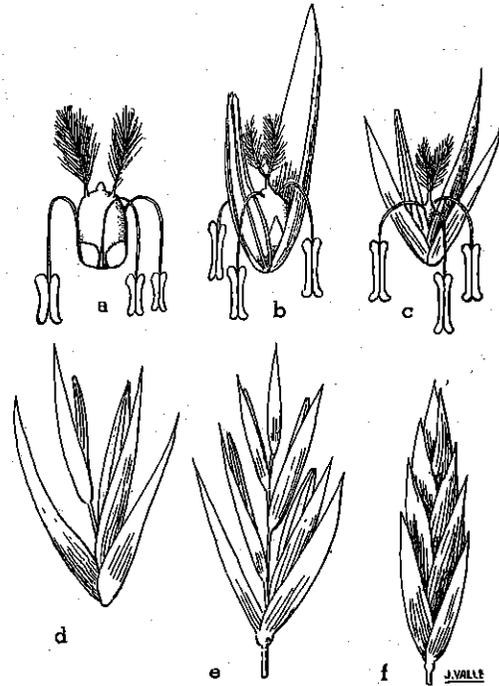


FIG. 7. Composición de las espiguillas en las gramíneas. a) flor desnuda para ver las dos glumélulas en la base de los estambres; b) flor de otra especie con las dos glumillas y una glumédula que las cubren; c) flor con dos glumas que la cubren; d) dos flores cerradas con dos glumas que las cubren; e) espiguilla con cinco flores, y f) espiguilla densa con seis flores cubiertas por sólo dos glumas.

La inflorescencia del trébol es compacta, en racimo corto y aglomerado, con legumbres cortas protegidas por la corola marchita y el cáliz persistente, de suerte que no pueden verse a simple vista. En la alfalfa, los racimos son menos compactos y la legumbre se arrolla en varias vueltas de espira características. En *Lotus* la legumbre es recta y larga, sus flores se agrupan (3 a 7) en el extremo de ramitas laterales, con una hoja trifoliada y sentada junto a las flores amarillas. En la zulla la legumbre no se abre, se rompe a trozos y cada uno contiene una semilla; en la esparceta cada legumbre posee una sola semilla, no se abre, germinando dicha semilla dentro del fruto.

Entre las forrajeras no gramíneas se encuentra la achicoria y plantas semejantes ("xicoies"), caracterizadas por su fruto con una especie de paracaídas plumoso (el vilano), muy apropiados para ser esparcidos por el viento. En la familia de la col (berza, nabo, colinabo, rábano, etc.) la flor es crucifera (cuatro pétalos en cruz) y el fruto se parece a una legumbre (silicua) provista de una telilla central. La remolacha es de flores poco vistosas y la semilla queda dentro del fruto algo carnoso. El trigo sarraceno se cultiva poco como forraje de verano, reconociéndose fácilmente por su fruto seco con tres aristas características.

Algunas plantas de prado, no gramíneas, tienen flores pequeñas dispuestas en densas espigas y las fecunda el viento. Los llantenos tienen el tallo

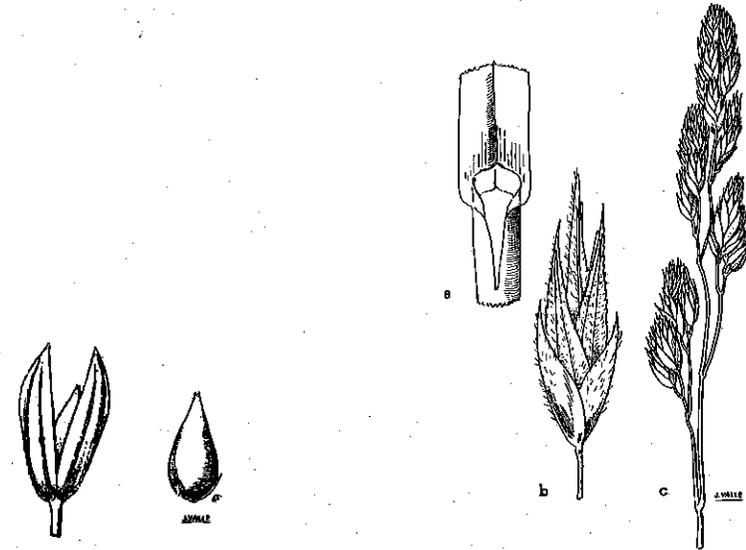


FIG. 8. Espiguilla y fruto de *Phalaris tuberosa*. A la izquierda, las dos glumas que cubren la espiguilla; a la derecha, el grano cubierto por las dos glumillas duras y brillantes que terminan en una especie de pico bidentado.

FIG. 9. Detalles de *Dactylis glomerata*. a) vaina y lígula que presenta una punta corta en su parte central; b) detalle de una espiguilla con tres flores; c) espiga aglomerada y característica.

cortísimo y grandes hojas en la base, formando una roseta; las espigas únicas se encuentran en la terminación de tallos delgados y sin hojas. La *Sanguisorba minor* ("pimpinella", "trepadella borda"), con espigas parecidas a las del llantén y pequeñas flores unisexuales fecundadas por el viento, se reconocen por sus hojas compuestas, algo parecidas a las de la esparceta, pero con foliolas dentadas.

INFLORESCENCIAS DE LAS GRAMÍNEAS.

En las plantas de grano, sus flores poco aparentes se reúnen en espiguillas, que a su vez forman las paniculas o espigas compuestas. Veamos someramente la flor esquematizada de una gramínea, con espiguilla de una sola flor.

Observamos el ovario central, con dos prolongaciones plumosas llamadas estigmas; por debajo del ovario salen tres estambres largos, general-

mente curvados y con las anteras en forma de X característica, disposición apropiada para que el viento arrastre el polen que contienen hasta ponerlo en contacto con los estigmas de otra flor. Más abajo observamos dos pequeñas membranas, las llamadas glumérulas, aplicadas al ovario y extendidas para abrir la flor; esta flor se cierra mediante dos foliolas membranosas y puntiagudas, las glumillas, que constituyen la flor elemental. Normalmente existen otras dos foliolas mayores que protegen la flor descrita y reciben el nombre de glumas. Cuando una espiguilla tiene dos flores, cada una se recubre con sus glumillas propias y tienen en común las dos glumas inferiores. En muchas espiguillas existen varias flores; entonces se tocan, cubriendo la glumilla inferior de cada una a la superior; antes o después de la floración la espiguilla suele ser compacta, cual corresponde al aspecto normal de las mismas. La espiga no es más que un conjunto de espiguillas reunidas en una inflorescencia común; las espigas pueden formar un eje como en los ballicos, o abrirse formando la llamada panícula.

En el trigo y otros cereales no se abre la flor hasta después de la fecundación, de suerte que el polen pasa directamente de la antera al estigma de la misma flor; es la fecundación escondida (cleistógama), poco frecuente en las gramíneas de pasto. La fecundación abierta permite el cruce por el viento y causa la pérdida de las buenas razas forrajeras al cultivarlas sin las debidas precauciones de aislamiento; este problema no tiene importancia en los trigos corrientes.

Espiguillas normalmente con un solo grano se encuentran en *Phalaris tuberosa* (alpistes), en el fleo (*Phleum pratense*), la avena y generalmente el "formental" (*Arrhenatherum elatius*), caracterizado por su arista curvada y más corta que en la avena.

*Dactylis glomerata* presenta las espiguillas reunidas en glomérulos característicos. Los ballicos (*Lolium rigidum*, *L. multiflorum* y *L. perenne*) forman una espiga larga con las espiguillas colocadas en excavaciones del eje. *Festuca arundinacea* y *F. pratensis* tienen espiguillas casi iguales a las de los ballicos, pero éstas forman panículas compuestas y jamás se encuentran aplicadas al eje de la espiga. Los *Bromus* tienen espiguillas grandes, separadas y formando panículas poco densas; su pilosidad y los caracteres de inserción de la arista entre dos orejuelas de la glumilla son suficientes para reconocerlos; además, el grano presenta un mamelón peludo en su extremo.

## 5. Reconocimiento de las gramíneas sin espiga

Para la persona acostumbrada, es fácil distinguir las especies anteriores por la espiga y hasta por el grano; es más difícil reconocerlas cuando brotan en un prado después de los aprovechamientos. Al estudiar la forma de la hoja, ya indicamos que el plegado de las mismas en la yema, sus torsiones, la forma de la punta, la de la ligula y orejuelas, pelos de la vaina, borde de la hoja, etcétera, son caracteres que pueden utilizarse para reconocer especies de gramínea en estado vegetativo. Con estos caracteres, más los del color que se aprecia con algo de práctica, pueden reconocerse todas las plántulas de las gramíneas que normalmente se siembran en los prados, con frecuencia a partir de las primeras semanas de vida.

En nuestros dibujos pueden verse algunos de los caracteres utilizados corrientemente. A los interesados en reconocer pronto las especies que nacen en sus prados, les recomendamos sembrar pocas semillas en macetas, con el nombre de cada una, para familiarizarse con ellas desde un principio. No es nada difícil adquirir en poco tiempo la experiencia necesaria

para comprobar si nacen las sembradas o se nos llena el campo de malas hierbas.

Este diagnóstico precoz del estado de una siembra tiene gran importancia. Por ejemplo, puede observarse cómo la mala hierba domina a la sembrada, pero comprobamos que existe suficiente cantidad de ésta para llenar el prado; entonces podemos segar para eliminar la competencia y permitir que broten las pratenses rápidamente, antes de que nazca más mala hierba. En ciertos casos será recomendable el pastoreo, particularmente con suelo demasiado hueco por labores recientes; de esta forma ayudaremos a la formación de raíces definitivas en los nuevos brotes de las gramíneas; el pateo abrirá los céspedes y destruirá muchas plántulas de mala hierba; con el pastoreo regulado pueden obtenerse resultados sorprendentes.

La experiencia nos demuestra que muchas siembras de pratenses presentan un aspecto desalentador durante los primeros meses, cuando el profano aún no distingue las especies sembradas o las confunde con hierbajos; no son raros los casos de campesinos que han labrado sin tener paciencia para esperar el resultado. Pocas plantas establecidas por metro cuadrado permiten lograr —por encespedamiento progresivo— magníficos prados el segundo año. Se comprende la importancia práctica de reconocer las plantas sembradas, para decidir si conviene dejar la siembra o labrar sin esperar su desarrollo completo.

## 6. Reconocimiento de las leguminosas sin flor ni fruto

La alfalfa presenta unos cotiledones y primera hoja (unifoliada) característicos; cuando aparece la segunda hoja (trifoliada) y las estípulas, ya no puede dudarse de la determinación. Una mata de alfalfa segada es inconfundible.

El trébol violeta presenta cotiledones parecidos a los de la alfalfa, pero se distingue cuando aparece la primera hoja (unifoliada) peluda. El trébol blanco (*Trifolium repens*) tiene cotiledones más pequeños y la primera hoja es lampiña, muy brillante y más pequeña que en *Trifolium pratense* (trébol violeta). Con algo de práctica también puede reconocerse el trébol alejandrino "bersim", (*T. alexandrinum*), desde el momento de aparecer la primera hoja. El trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*) tiene grandes cotiledones, con peciolo muy largo y una mancha característica; al aparecer las primeras hojas trifoliadas pueden reconocerse las manchas negras y estrechas inconfundibles. En el reconocimiento de la siembra de tréboles, las mayores dificultades se presentan cuando nacen otros tréboles espontáneos que dificultan la diferenciación de especies.

La primera hoja de la zulla y esparceta es característica, grande, alargada y de un verde especial; las demás hojas presentan cada vez más foliolas, y entonces pueden distinguirse perfectamente las dos especies; en la zulla las foliolas son más anchas y presentan un reborde sedoso inconfundible.

*Lotus corniculatus* presenta cotiledones parecidos a los del trébol blanco, muy pequeños; se reconoce fácilmente cuando aparece la primera hoja trifoliada y muy particularmente las siguientes, con sus foliolas asimétricas y reunidas de cinco en cinco.

Las plantas citadas se reconocen todas perfectamente cuando están desarrolladas, después de los aprovechamientos, por la forma de sus foliolas, pilosidad, color, manchas, punta de las foliolas, peciólulo de las mismas y muy particularmente por las estípulas. No hablemos del haba forrajera, vezas, "guixes", "favull" y especies afines, todas ellas con hojas inconfundibles. Ciertamente es mucho más fácil reconocer leguminosas que gramíneas.

## 7. Reconocimiento de las forrajeras por su semilla

Ante todo, es facilísimo distinguir el grano de una gramínea de la semilla de una leguminosa. En las leguminosas debe considerarse el tamaño de la semilla, su forma, abultamiento de la raicilla, color de fondo (amarillento hasta avellana o castaño oscuro) y manchas distribuidas en partes de la misma.

Trébol blanco es el de semilla más diminuta, junto con *Lotus corniculatus* que la tiene algo mayor y esferoidal. Alfalfa y trébol violeta con semillas mayores se distinguen por la forma algo más aplastada en la última especie y particularmente por el color violáceo de una extremidad; en la alfalfa es más amarillenta y rolliza.

Esparceta y zulla frecuentemente se venden con la cáscara; la semilla separada es aplastada, mayor que las anteriores y algo curva. No hablemos de las habas, vezas y otras leguminosas forrajeras muy bien conocidas.

Las gramíneas presentan mayores dificultades, particularmente cuando quiere distinguirse el grano de especies muy afines. El fleo (*Phleum pratense*) lo tiene diminuto, denso, brillante y muy limpio; un kilo de esta semilla abulta poco, debido a su gran densidad; nunca se emplea en cantidades mayores de 6 u 8 kg. por Ha. Algunas veces bastan dos o tres kilogramos por hectárea.

*Phalaris tuberosa* es de grano muy limpio, con cubierta brillante, amarillenta y de forma característica (dos pequeños dientes en la punta); se trata de un grano denso e inconfundible, muy parecido al alpiste. Emplear de 4 a 10 kg./Ha.

*Dactylis glomerata*, con grano pequeño envuelto por las glumillas; por ello es poco denso. Es fácil encontrar espiguillas enteras. Emplear de 6 a 20 kg./Ha.

Los margallos (*Lolium* spp.) todos tienen un grano muy parecido. El margallo italiano puede distinguirse por las glumillas con arista, que falta en *L. rigidum* y en *L. perenne*; queda el resto del eje (raquilla) de la espiguilla característico. En siembras puras puede llegarse a los 25 kg./Ha. (30 con el del país); en mezclas con otras especies no conviene sobrepasar mucho los 10-12 kg./Ha., porque sofocan a las demás.

Las *Festuca* grandes (*F. pratensis* y *F. arundinacea*) tienen grano parecido al del margallo inglés; pueden distinguirse por la raquilla. Emplear de 4 a 12 kg./Ha.

Los *Bromus* tienen el grano mayor que las anteriores, protegido por las glumillas (en *B. catharticus*, de forma asimétrica) y cuando se limpia de las glumillas aparece con un mamelón piloso en la extremidad superior. Emplear de 8 a 25 kg./Ha.

Es recomendable a los interesados en sembrar prados con relativa frecuencia, que reservaran una pequeña cantidad de semilla para conocerla bien; esto les permitiría comprobar las semillas que reciban posteriormente, si las sirven sin garantía de pureza; también permite conocer las impurezas en la semilla de *Dactylis glomerata*, que con frecuencia pertenecen a los margallos o ballicos.

\* \* \*

Vistas las ideas generales expuestas anteriormente, vamos a concretar algunos rasgos comunes a los distintos grupos de forrajeras, antes de entrar en el estudio de su funcionamiento (fisiología), que estudiaremos más adelante. Queremos dejar bien sentado, principalmente:

— Que en los prados predominan plantas perennes, hemicriptofitas, o sea con las yemas a ras de suelo y crecimiento rápido después de los aprovechamientos. Las anuales son raras y con frecuencia florecen pronto, antes que se desarrollen las perennes.

— Que entre las gramíneas predominan las cespitosas más o menos densas; son más raras las estoloníferas, aptas para la multiplicación vegetativa fácil. Por sus hojas largas y casi verticales, producen poca sombra a las situadas en niveles inferiores. Forman yemas adventicias y nuevas raíces con facilidad, rejuveneciéndose las plantas repetidamente segadas.

— Que el pasto de gramíneas cespitosas debe aprovecharse a ras de suelo y antes de que aparezcan las espigas; de esta forma evitamos la acumulación de hojarasca y restos de tallo, que podrían impedir el rebrote vigoroso.

— Que por sus raíces fasciculadas, de vida corta, y por su gran facilidad en formar raíces adventicias poco penetrantes, las gramíneas resultan utilísimas para la remoción superficial del suelo. Un prado con gramíneas siempre tiene un suelo mejor estructurado que un campo repetidamente cultivado. Para tener un suelo mullido no es necesario labrar; bastan gramíneas activas en formar renuevos y raíces.

— Que entre las leguminosas predomina el tipo erecto, salvo en pocos tréboles (*Trifolium repens*, *T. fragiferum*, *T. subterraneum*) que son rastrojos; el trébol blanco (*T. repens*) arraiga en los nudos y se extiende mucho al encontrar condiciones favorables; por esta causa sólo se siembra uno o dos kilogramos por hectárea de esta leguminosa. El trébol violeta (*T. pratense*), "fenc" o trébol rojo (*T. incarnatum*) y la alfalfa son erectos y producen abundante renuevo; por su crecimiento rápido y hojas anchas, sombrean intensamente a las plantas dominadas; por esta causa no deben abundar demasiado en los prados, para que no puedan eliminar completamente a las gramíneas.

— Que las leguminosas, por su raíz penetrante y profunda, aprovechan mejor las capas inferiores del suelo, dejando las superiores para las gramíneas. Además presentan nódulos radicales que aumentan la cantidad de nitrógeno del prado, evitando el empleo de grandes cantidades de abono nitrogenado —tan necesario para las gramíneas—, y precisamente el más caro del comercio.

— Que no interesa sembrar prados con gramíneas solas; de esta forma tendríamos raíces poco penetrantes y tipos de hoja muy similares, aprovechándose la luz con menor eficacia. Tampoco interesan prados de trébol o alfalfa aislados, porque se producen menos raíces superficiales y las hojas inferiores amarillean pronto; los tréboles y alfalfa son más exigentes en luz para desarrollarse bien.

— Que con una mezcla equilibrada de gramíneas y leguminosas logramos la superficie foliar máxima, aprovechando la luz solar del modo más eficiente; las raíces se distribuyen densamente por todos los horizontes del suelo, de suerte que las leguminosas —por su raíz más profunda— mantienen la producción durante los períodos secos.

— Que existen otras razones en favor del cultivo equilibrado de gramíneas y leguminosas. Nos basta una observación: En los prados naturales vemos esta mezcla con proporciones casi idénticas a las generalmente recomendadas. La imitación de la naturaleza siempre conduce a buenos resultados, que pueden superarse en el caso de emplear semilla de estirpes seleccionadas previamente, a partir de las que forman los mejores prados naturales. Esta es la razón del éxito rotundo obtenido por los especialistas británicos en la selección de pratenses.

## II. Fisiología de las plantas pratenses

Este Capítulo y el siguiente están dedicados al estudio del desarrollo orgánico con sus funciones elementales y al de los mecanismos más importantes para realizarlas (fisiología), junto con la adaptación de la planta a un ambiente (ecología) en el que ha de desarrollarse. *Fisiología*, que estudia su funcionamiento; *ecología*, que trata de su adaptación al medio que las rodea. Es difícil deslindar los dos campos.

Trataremos todo lo referente a funcionamiento interno (fisiología vegetal), para ocuparnos posteriormente de lo que atañe a sus relaciones con el ambiente exterior (ecología vegetal). Para una exposición más metódica distinguiremos tres partes principales: *fisiología de la nutrición*, *fisiología del crecimiento* y *fisiología de la reproducción*. Antes de entrar propiamente en materia, intentaremos exponer la forma interior de las plantas con su funcionamiento. Las plantas son máquinas biológicas; conviene conocer cómo están construidas y cómo funciona cada una de sus partes u órganos.

### 1. La planta vista por dentro y su funcionamiento

Como una casa está formada por un conjunto de ladrillos bien trabados, el cuerpo de una planta consta de las llamadas *células*; éstas son microscópicas, formadas por protoplasma albuminoideo muy complejo y una tenue membrana de pectina y hemicelulosas. Las células crecen llenándose de líquido (jugo celular) que ocupa las llamadas *vacuolas* y por dilatación de la membrana fundamental que se impregna de unas capas de celulosa. Esta membrana gruesa de celulosa, hinchada por el jugo celular de las vacuolas, da consistencia a las células que se unen para formar el cuerpo de la planta.

Los extremos de tallo y raíces tienen células jóvenes, pequeñísimas; su conjunto recibe el nombre de *meristema*, como el que forma el ápice de las yemas y la punta de las raicillas. El alargamiento y formación de vacuolas determinan el crecimiento de las células y el de las yemas o raicillas; cualquier órgano en crecimiento tiene meristema y una zona de alargamiento.

En el meristema de las yemas se forman unas abolladuras que originan las hojas; éstas crecen y cubren la yema protegiendo al meristema, que es muy delicado. A lo largo del tallo se observan meristemas remanentes, como los que inician las ramas laterales; estas yemas generalmente están inactivadas por secreciones de la yema terminal, pero al cortar dicha extremidad se activa su desarrollo y aparecen ramas laterales en crecimiento activo.

#### EL SISTEMA CONDUCTOR DE LA SAVIA.

Algunas células del interior de la planta se alargan extraordinariamente, adaptándose a la conducción de los líquidos necesarios para la vida de la planta; son los vasos.

Los *vasos leñosos* están formados por células muertas y con membrana muy endurecida por la impregnación con lignina; forman tubos continuos des-

de la punta de la raíz hasta la extremidad del tallo. Conducen la llamada *savia bruta*: agua con sales minerales disueltas.

Los *vasos liberianos* están formados por células vivas, alargadas y con membranas de separación perforadas (*cribas*). En su gran vacuola central se encuentra la *savia elaborada*; ésta circula a través de las cribas en dirección contraria a la que lleva la savia bruta. Los vasos liberianos distribuyen el alimento a toda la planta y muy particularmente a los meristemas que crecen activamente.

#### EL SISTEMA PROTECTOR.

La parte exterior de las plantas se protege por una capa de células bien trabadas y protegidas por una capa impermeable (*cutina*) como si fuera una capa de plástico continua; son los llamados tejidos epidérmicos.

A intervalos se encuentran células apareadas y entre ellas apreciamos una abertura o poro; son los *estomas* o boquitas de la planta; por ellos respira y elimina gases junto con vapor del agua que sube de la raíz.

Las partes de la planta que viven más de un año, forman tejidos protectores con células suberificadas (membranas de corcho); los cambios de gases con la atmósfera se realizan a través de unas aberturas crateriformes, con tejidos laxos en su interior; son las llamadas *lenticelas* que pueden observarse fácilmente en los troncos de los árboles jóvenes.

#### EL SISTEMA DE AIREACIÓN.

Las células vegetales dejan entre sí espacios huecos por los que circula el aire (*meatos aeríferos*); el aire del interior de la planta comunica con el atmosférico mediante los estomas y lenticelas, circulando por toda la planta hasta el extremo de las raíces.

Las plantas sumergidas toman aire disuelto en el agua y lo acumulan en tejidos muy laxos para que no les falte; las medio sumergidas, toman el aire por las hojas aéreas y lo llevan hasta las raíces. Sin aire las plantas morirían.

#### EL SISTEMA EXCRETOR.

Casi todas las plantas eliminan sustancias; unas al exterior de la epidermis (pelos glandulosos) y otras al interior. El líquido lechoso de la higuera y lechifreznas, es irritante para los animales; otras plantas segregan resinas o sustancias venenosas; en las ortigas unos pelos especiales inyectan ácido fórmico, extraordinariamente irritante.

La secreción de sustancias y sus acciones farmacodinámicas, interesan al practicultor porque pueden causar —en determinadas plantas— trastornos graves y hasta la muerte de los animales domésticos.

#### LOS TEJIDOS FUNDAMENTALES.

La masa de células poco diferenciadas recibe el nombre de *parénquima*. Distinguimos el *parénquima asimilador* (verde o clorofílico) del llamado *de reserva*.

El parénquima clorofílico se encuentra en las hojas y tallos tiernos; los de reserva en el interior del tallo y las raíces. En las partes verdes se produce tanto alimento que al acumularse impediría la asimilación activa; por esta causa conviene transportar dicho alimento hacia las partes no iluminadas de las plantas.

En una patatera, vemos una parte iluminada y verde (hojas y tallos tiernos) y otra parte subterránea formada por raíces normales y unos tallos que forman los tubérculos, en los que se acumula el exceso de alimento asimilado. Se trata de un caso exagerado, pero que ilustra bien lo que ocurre en la mayor parte de plantas forrajeras; en ellas se acumulan reservas en la base del tallo y raíces principales, facilitando el retalle después de las rozas.

## 2. Fisiología de la nutrición

Las plantas pueden tomar alimentos minerales —sin energía— para transformarlos en alimentos orgánicos y ricos en energía vital; dicha energía procede del sol y se transmite en forma de luz, acumulándose en los alimentos por medio de la función clorofílica; éste es el origen de la actividad biológica en todos los seres vivos, tanto animales como plantas.

Este alimento energético se utiliza inmediatamente y el sobrante se acumula en órganos apropiados; gracias a dicho sobrante, los animales pueden disponer de alimento orgánico apropiado. Los herbívoros se especializaron para tomar dicho alimento vegetal de la manera más rápida posible, cerrando el ciclo de la energía mucho antes que el resto de los animales; los menos especializados utilizan el alimento acumulado en frutos y semillas, tardando más en cerrar el ciclo.

La utilización rápida de la energía solar acumulada por las plantas, se logra de la manera más satisfactoria cuando la planta puede perder su masa de hojas y tallos verdes, para regenerarlos inmediatamente; por lo que atañe al animal, cuando éste puede digerir fácilmente los alimentos acumulados en dichas partes verdes de las plantas (los rumiantes y los équidos).

### LA FUNCIÓN CLOROFÍLICA.

Para que se realice la función clorofílica es fundamental una *organización adecuada* (cloroplasto vivo), una sustancia (*clorofila a*) capaz de transformar la energía radiante en energía química, sustancias minerales apropiadas (*agua, anhídrido carbónico*, etc.) y finalmente un *sistema enzimático* que regule la transformación de las sustancias sencillas elaboradas, hasta llegar al almidón, grasa u otros alimentos semejantes y fundamentales para las plantas.

La organización del parénquima clorofílico es admirable; sus células aireadas se tocan por varios puntos para poder comunicarse jugos, mientras por los meatos circula aire que penetra por los estomas. Las células verdes poseen unos corpúsculos vivos llamados *cloroplastos* y dentro de ellos los *grana* con pigmentos, entre los que destaca la *clorofila a*; dicha clorofila puede absorber determinadas radiaciones luminosas, pero no elabora almidón más que cuando está organizada dentro de los grana.

Las transformaciones de energía se limitan principalmente a la reducción de compuestos oxidados. Se inicia con la reducción del *agua*, por separación del oxígeno y del hidrógeno; éste reduce al *anhídrido carbónico*, iniciándose una serie de reacciones en cadena que, por intermedio de compuestos fosfóricos y con la ayuda de un complejo sistema de *enzimas* (vitaminas, etc.), conducen a la formación de *almidón* o *frutosana*, glúcidos frecuentes en las plantas pratenses.

Las sustancias minerales proceden de la savia bruta (*agua*, etc.) y del aire (*anhídrido carbónico*); carbono y agua son los alimentos más esenciales para las plantas, procedente el primero de la respiración de los animales que

impurifican la atmósfera y la segunda del suelo. La luz —procedente del sol— proporciona la energía que se condensa en el alimento; una organización eficiente, con sistemas enzimáticos adecuados, transformará el almidón en compuestos útiles a la planta y posteriormente a los animales. La hoja es un laboratorio perfecto, en el que pueden elaborarse sustancias que el hombre no ha logrado obtener hasta fecha muy reciente y siempre por procedimientos complicadísimos.

### NUTRICIÓN DE LOS TEJIDOS JÓVENES.

Cuando una planta se desarrolla normalmente, produce tal cantidad de alimentos que después de nutrir a los meristemos aún sobra para poder acumularlos en órganos de reserva.

Si la savia bruta es pobre en amoníaco o en anión nítrico (pobre en nitrógeno), se formarán pocas proteínas y los meristemos no podrán desarrollarse normalmente; utilizadas las reservas normales, la planta destruye las células viejas —poco útiles para su vida— transportando sus proteínas hasta donde se forman las células jóvenes (meristemas). Lo mismo podríamos decir de los fosfatos, sulfatos, etc., tan necesarios para la síntesis del protoplasma vivo; la planta siempre sacrifica órganos caducos para permitir el desarrollo de las partes tiernas y esenciales. En el caso del ácido fosfórico, si falta en la savia bruta y se agotaron las reservas de la planta, disminuirá notablemente la actividad fotosintética (ya dijimos que el fósforo era esencial en la síntesis del almidón), perdiendo vitalidad hasta morir, a pesar de tener nitrógeno y agua en abundancia.

Para que la planta crezca normalmente, es preciso que pueda absorber del suelo todos los elementos que necesita y transportarlos fácilmente hasta los órganos asimiladores. Si falta uno esencial, disminuye la vitalidad y la planta puede morir. Es la llamada *ley del mínimo*, base de un abonado racional.

### ABSORCIÓN POR LA RAÍZ.

Se realiza fundamentalmente por los pelos radicales, situados alrededor de la punta de las raicillas más finas; esta zona pilifera es muy corta y sus pelos tienen una vida efímera; más lejos de la punta radicular, la epidermis se impermeabiliza y no sirve para la absorción. La planta recurre a la formación de nuevas raicillas que le permiten explotar todo el suelo de las proximidades. Las raíces mayores persisten mucho tiempo y fijan la planta al suelo.

La planta debe formar continuamente raicillas nuevas que, en su conjunto, pueden medir varios kilómetros, para extraer todas las sustancias que precisa; si el suelo es pobre, este trabajo consume mucha energía y la planta no puede realizarlo. La vida de la planta depende del número de pelos radicales y éstos del número de raicillas jóvenes; conviene tener muy en cuenta a la raíz para llegar a la explotación óptima de los prados y cultivos forrajeros.

La membrana de las raicillas más finas —junto con sus pelos radicales— selecciona las sales que penetran hacia los vasos leñosos. Se ha observado que las gramíneas absorben fácilmente el potasio y mal el calcio, mientras las leguminosas absorben peor el potasio y mejor el calcio. En prados donde nos interesa conservar las leguminosas, cuidaremos de un modo especial la aportación de potasio, para que las leguminosas puedan soportar la competencia radical de las gramíneas en la extracción de este elemento.

#### TRANSPORTE DE LA SAVIA BRUTA.

Las reacciones realizadas en las hojas durante la función clorofílica, consumen gran cantidad de agua; la hoja queda flácida y se concentran sus jugos. Mayor concentración y mayor presión osmótica, atraen agua para su dilución; ésta procede de los vasos leñosos que a su vez la extraen de la raíz. Los vasos leñosos se limitan a transmitir la succión de las células verdes hasta las células con pelos radicales de las raicillas. Dentro de dichos vasos se forman hilos de agua continuos, con mucha cohesión interna imposible de romper; el transporte es mecánico y extraordinariamente simple.

En casos de sequía, la planta concentra todos sus jugos; si su concentración es superior a la del suelo puede seguir entrando agua, pero termina cuando el suelo tiene mayor concentración que los jugos de la planta.

#### TRANSPORTE DE LA SAVIA ELABORADA.

La acumulación de reservas en los cloroplastos activos acarrearía trastornos por dificultar la asimilación eficiente. De noche predomina el traslado de sustancias (azúcares, aminoácidos, etc.) a través de las células y de los tubos cribosos, hasta alcanzar las células incoloras de los parénquimas reservantes; una parte se consume en los meristemas.

Existe una circulación doble: savia bruta que asciende por los vasos leñosos hasta las células verdes y savia elaborada que desciende de la hoja para alimentar órganos en desarrollo o bien acumularse en los de reserva. Estas reservas son muy importantes para la regeneración de las partes después de las rozas.

#### ACUMULACIÓN DE ALIMENTOS.

Las especies anuales acumulan sustancias en el grano (cereales); las geofitas en tubérculos o bulbos (patata, cebolla, ajo); varias forrajeras en rizomas, estolones, base del tallo y raíces principales.

Por regla general, mientras una planta crece activamente, hasta llegar a un índice foliar apropiado, la mayor parte del alimento asimilado se utiliza en formar nuevos tallos, hojas y raíces activas. Una vez alcanzada la relación óptima para cada especie o estirpe, se activa la acumulación de alimentos. Esta acumulación depende asimismo del estado fisiológico, o sea de la proximidad de la floración; la mayor parte de plantas que se utilizan en Europa, alcanza una acumulación óptima al iniciarse la floración. Las especializadas a vivir en régimen de pastoreo casi continuo, pueden alcanzar el máximo de acumulación a las dos o tres semanas del último pastoreo.

### 3. Fisiología del crecimiento y movimientos

El crecimiento es una consecuencia lógica de la nutrición que fomenta la producción de partes nuevas de la planta. Cuando los meristemas no reciben alimento cesa el crecimiento; es lo que ocurre cuando la planta se dedica intensamente a las funciones de reproducción.

Las plantas pueden crecer por el extremo de tallos y ramas, ampliando el aparato aéreo; pueden aumentar su masa radical; finalmente pueden engrosar tallos y raíces. Nos interesa el crecimiento en longitud (alargamiento), el más importante en las plantas de pasto que son generalmente herbáceas.

#### REGULACIÓN DEL CRECIMIENTO.

Las células jóvenes de las yemas terminales elaboran sustancias activas que se transmiten lentamente —célula a célula— hacia las partes más viejas.

A una concentración determinada provocan el alargamiento de las células y por lo tanto el crecimiento de las ramas. La hormona (sustancia activa) más conocida es el *ácido indolacético*.

Sustancias químicas parecidas actúan sobre la vida de las plantas y reciben el nombre de *fitohormonas artificiales*, utilizadas para evitar la caída prematura de los frutos, enraizar esquejes, producir frutos sin semillas, etc. Los *herbicidas* son acaso las fitohormonas artificiales más conocidas de los agricultores.

#### ALARGAMIENTO DEL TALLO Y DE LA RAÍZ.

Los meristemas producen células tan pequeñas que millones de ellas darían un alargamiento exiguo; como es más difícil para la planta producir protoplasma que membranas celulósicas, recurre al alargamiento celular formando grandes membranas celulósicas y rellenando la cavidad con líquidos que constituyen las vacuolas; de esta forma apenas aumenta la cantidad de protoplasma albuminoideo. La dilatación de la membrana parece más importante, siendo una consecuencia el relleno de las vacuolas. Al hinchar un globo de goma, la presión del gas provoca su dilatación; si se dilatara la goma entraría aire para rellenar el vacío producido.

El ácido indolacético (fitohormona) producido en el meristema de la yema terminal, desciende lentamente y provoca dicha dilatación de la membrana celular, produciendo el alargamiento de la sumidad del tallo. Se precisa una concentración adecuada, mucho mayor en el tallo que en la raíz. De esta forma, y teniendo en cuenta que la luz contribuye a la destrucción del ácido indolacético, se explican las curvaturas de tallos jóvenes iluminados lateralmente.

#### MOVIMIENTOS DE LAS PLANTAS.

Se producen como acabamos de ver por el desigual alargamiento de las células. Dejando aparte los movimientos reversibles, los provocados por crecimientos diferenciales implican una orientación respecto a un estímulo; en el caso descrito se trata de un *tropismo* que por ser provocado por la luz recibe el nombre de *fototropismo*. Gracias al fototropismo positivo de los tallos, se logra pronto rellenar los huecos del prado hasta llegar a unos índices foliares de 3, 6 y hasta 10 veces la superficie del suelo. Conviene procurar una densidad de siembra adecuada, para que los tallos y sus renuevos se orienten hacia la luz hasta formar varias capas de hojas que filtren toda la luz aprovechable.

También conviene sembrar juntas especies muy tolerantes a la luz filtrada por otras plantas poco tolerantes; de esta forma podremos acercarnos a un índice foliar próximo a 8 ó 10.

La colocación del abono en el suelo, del aire y del agua, pueden dirigir el crecimiento radical hacia las capas profundas, con lo que se logra una mayor resistencia a sequías prolongadas. Este crecimiento de la raíz y su penetración dependen de las especies o razas de las mismas (es un carácter genético); en climas con periodos secos, conviene disponer los prados de suerte que contengan una proporción de plantas con gran desarrollo radical y sembradas en condiciones apropiadas para que lo desarrollen al máximo.

#### TEJIDOS JÓVENES Y TEJIDOS VIEJOS.

Las partes de la planta en activo crecimiento son ricas en células con membrana celulósica y un contenido celular en el que abundan azúcares, aminoácidos, etc.

En los tejidos viejos, engruesa la membrana celular por lignificación o depósito de otras sustancias poco asimilables por los animales. Tratándose de una cosecha forrajera, interesa una gran proporción de tejidos jóvenes y escasez de caducos.

Cuando podemos regar un prado, es posible obtener muchas cosechas cada año de forraje tierno y con escasa proporción de hojas y tallos secos. En el secano ya es más difícil producir forraje de calidad durante todo el año, pero existen siempre épocas en las que la climatología permite aprovechamientos de una masa de forraje tierno sin perjuicio de la vitalidad de las plantas.

El problema principal se centra en lograr una producción activa de tejido joven que pueda segarse sin perjudicar el rebrote. La eliminación de la masa verde debilita a la planta y muy particularmente a las raíces, privadas temporalmente de su sistema proveedor de alimentos. Esta debilidad temporal de las raíces se compensa con los alimentos acumulados en las mismas durante el período de crecimiento activo, que debe ser lo suficientemente largo para asegurar su reposición total.

Las necesidades de los animales deben equilibrarse con las de las plantas; no conviene sacrificar la producción futura con aprovechamientos abusivos, que proporcionarán calidad ahora para no darnos nada a continuación. Sería como lo de la fábula de la gallina de los huevos de oro.

#### LA FISIOLÓGIA DEL CRECIMIENTO COMO PROBLEMA DE PRATICULTURA.

Volvemos a tratar un tema esbozado en el capítulo anterior, el del índice foliar. Su importancia práctica es grande y aumentará cuando se pueda medir fácilmente.

En un prado joven cada planta crece activamente orientando sus tallos para que pronto quede cubierta la superficie del suelo con varias capas de hojas; la luz activa la formación de renuevo en las partes menos densas y dicho renuevo producirá nuevas hojas superpuestas hasta que todo el suelo quede cubierto por una superficie foliar que oscila alrededor de 5 veces la del suelo; es lo que actualmente se llama índice del área foliar (IAF).

Se comprende que mientras no se alcance el IAF óptimo predominará la asimilación con formación de renuevos y hojas tiernas; cerca del óptimo la asimilación de las plantas alcanzará el máximo y pueden acumularse sustancias de reserva en las partes inferiores de la planta (raíces, base del tallo).

Sobrepasado el óptimo, las hojas inferiores amarillean y se convierten en parásitas de la planta, por predominar en ellas la respiración sobre la asimilación. Este es el mejor criterio para conocer el momento de segar un alfalar.

Algunas especies y razas cultivadas (cultivares) toleran más fácilmente una luz filtrada, de suerte que tardan más en alcanzar el IAF óptimo, pero lo alcanzan fatalmente con cifras que pueden aproximarse a 10. Cuando la siembra es más densa de lo normal, es lógico que antes se alcance el IAF óptimo, pero las plantas jóvenes aún no habrán tenido tiempo de acumular sustancias de reserva que aseguren un retalle vigoroso después de la roza; si por el contrario es poco densa, tardará demasiado en alcanzar el IAF óptimo, con parte de las plantas que fructificarán, perdiendo calidad.

Cada cultivar requiere un período de tiempo entre dos siegas consecutivas; dicho período variará algo según sea la densidad de la siembra. El problema se complica más en las praderas de secano, con largos períodos de sequía en el suelo.

#### EL CRECIMIENTO EN CLIMAS ALGO SECOS.

El clima mediterráneo se caracteriza por la alternancia de un período seco estival con otro húmedo invernal. En España es muy frecuente la modalidad de dos períodos lluviosos equinociales (otoño y primavera) que alternan con dos períodos secos solsticiales (invierno y verano). La sequía invernal afecta poco a la vida de las plantas, por estar éstas en vida amortiguada debido al frío y por reducirse extraordinariamente la evaporación; en invierno basta la humedad acumulada durante el otoño. La sequía estival es más acusada; aumenta la evaporación y las plantas —en crecimiento muy activo— agotan pronto las reservas hídricas del suelo. En nuestro secano es casi imposible obtener forrajes estivales, salvo en comarcas montañosas, menos calurosas y con sequía estival corta. En suelos muy profundos, puede obtenerse forraje de alfalfa y sorgo (pasto del sudán, etc.), que tienen una raíz muy potente y pueden crecer activamente con temperaturas muy elevadas.

En estas condiciones, agravadas por sequías anormales conviene cultivar forrajeras con raíz más profunda, activo crecimiento otoñal, verdes en invierno y que puedan crecer en días soleados de los meses fríos. En primavera se produce el crecimiento óptimo que permite cosechar forraje para su conservación (heno y ensilados), frenando algo la tendencia de las plantas a fructificar.

Nuestros estudios y los de otros especialistas, han puesto en evidencia la realidad del crecimiento invernal de muchas forrajeras mediterráneas; otras crecen activamente al alargarse el día (febrero-marzo), con independencia de la temperatura, que sólo activa dicho crecimiento. Acentuando dichas características, es posible encontrar las cultivares más apropiadas para producir forrajes en clima mediterráneo. Si al mismo tiempo logramos retrasar su floración, es posible producir abundante forraje durante toda la primavera, con una calidad aceptable que permita alimentar el ganado económicamente.

La posibilidad de que se presenten años con sequía extraordinaria, obliga a pensar en plantas de profunda raigambre que resistan períodos secos algo prolongados y muy particularmente en sistemas para la conservación de forrajes, entre los que debe ocupar lugar preferente el ensilado.

#### VARIACIONES EN LA COMPOSICIÓN DE LAS PLANTAS.

Se observan grandes variaciones según sea el crecimiento y la fase del desarrollo fisiológico; es óptima en tallos y hojas jóvenes, pasando a ser muy fibrosa en tejidos caducos.

Las hojas contienen mucha proteína, azúcares y otras sustancias importantes para la nutrición animal; lo mismo podríamos decir de los tallos muy tiernos. Un forraje rico en proteína permite alimentar a los rumiantes con una ración de concentrados reducida al mínimo y sin las proteínas que los encarecen.

Actualmente se investiga en Inglaterra el contenido en azúcares solubles en relación con la digestibilidad de las proteínas de la hierba. Se ha visto que varía según las especies, sus cultivares, y de acuerdo con la fase de su desarrollo; es máxima en tallos y hojas tiernas, mientras disminuye al fructificar la planta.

Es igualmente muy importante la cantidad de azúcares solubles en forrajes destinados al ensilado; es bien conocido que los azúcares facilitan la formación de ácido láctico, el conservador ideal para los ensilados. Muchos conocerán la importancia concedida por los fabricantes de piensos a la cantidad de azúcares (melazas) en sus mezclas para rumiantes; todo se debe al mismo

principio general de que la vida microbiana, tanto en la panza de óvidos y bóvidos, como en el silo, precisa grandes cantidades de azúcar soluble para transformar eficazmente las proteínas —hasta el amoníaco— en aminoácidos aptos para su alimentación.

Las gramíneas suelen ser más ricas en azúcares que las leguminosas; las gramíneas de origen tropical (sorgo, maíz, panizo, mijos, etc.) contienen mayor cantidad de azúcar (recuerden los sorgos y maíces azucarados) que las pratenses de climas templados (margallo, *Dactylis*, *Festuca*, *Phalaris*, *Bromus*, etcétera); también se diferencian porque las últimas acumulan gran cantidad de fructosana y poco almidón, mientras las tropicales tienen mucho almidón y sacarosa (el azúcar corriente). La alfalfa es la leguminosa con menos azúcares solubles; conviene por tal motivo darla al ganado junto con maíz azucarado que aumente la digestibilidad de sus proteínas.

Las leguminosas son más ricas en fósforo, calcio y otras sales minerales importantes para el ganado; también contienen, por lo general, mayor cantidad de proteína. Las hierbas de hoja ancha que infestan los prados permanentes son igualmente muy ricas en sales minerales; es conveniente que se encuentren en cantidad moderada, porque el ganado tiene mayor apetito y se encuentra más sano; si abundan demasiado impiden el desarrollo de las gramíneas y leguminosas más productivas.

#### 4. Fisiología de la reproducción

Las plantas tienen una vida limitada; para persistir deben dar semilla antes de morir. Unas producen pronto la semilla y mueren (*anuales*), otras la producen el segundo año (*bienales*), otras viven varios años (pita) y al final florecen (*plurienales monocárpicas*), finalmente muchas pratenses producen semillas durante varios años (*poliárpicas*) hasta que finalmente mueren. Algunas poseen una multiplicación vegetativa muy activa (grama, chufa, junca, etc.) y reducen la producción de la semilla, dando plantas de vida indefinida.

Llamamos desarrollo reproductor al paso de la vida vegetativa de crecimiento a la fase reproductora. Puede darse el caso de un crecimiento vegetativo exuberante que no conduzca a la floración; por el contrario, algunas plantas pueden florecer muy pronto hasta el extremo de unas pocas que florecen en estado infantil, o sea cuando sólo tienen las primeras hojas embrionarias llamadas cotiledones.

*Precocidad* se refiere al paso rápido a la fase reproductora; algunas forrajeras *precoces* espigan tan pronto que dan poca masa verde. Las plantas *tardías* retrasan su floración y producen mucha hoja aprovechable como forraje.

Con la precocidad suele relacionarse el crecimiento activo prevernal (de fin de invierno); ésta es la razón de emplear estirpes precoces para producir forraje al terminar el invierno, reservando las más tardías para fin de primavera. Interesa mucho la selección de forrajeras en tres categorías como mínimo: *precoces*, *normales* y *tardías*.

Las fases del desarrollo reproductor dependen en primer lugar del llamado ritmo interno, determinado por factores genéticos, y en segundo lugar de la acción del ambiente exterior. En el caso más complejo se distinguen dos estadios o fases de maduración reproductora sucesivos: el *termostadio* y el *fotoestadio*.

#### EL TERMOSTADIO.

Es sobradamente conocida la existencia de dos clases de trigo: el normal, llamado de invierno, y el de primavera o estival. Las estirpes primaverales se obtuvieron por selección a partir de plantas que no precisaban de la acción del frío para florecer.

El termostadio provocado por temperatura baja (vernalización) se realiza durante la fase vegetativa y no pocas veces embrionaria (semillas en germinación). La planta, gracias al estímulo de la baja temperatura, queda sensibilizada para que posteriormente actúe sobre ella el estímulo luminoso (fotoestadio) que acabará de provocar su floración.

La intensidad del estímulo térmico varía según las distintas plantas; la mayoría precisan varios días con temperaturas que oscilen entre los 0 y 5° C.

#### EL FOTOESTADIO.

La alternancia de día y noche, más concretamente el mayor o menor número de horas que ininterrumpidamente la planta queda privada de luz, constituye el estímulo más decisivo para provocar la floración de muchas plantas. La mayoría precisa noches cortas para florecer: son las de floración primaveral; otras requieren noches iguales o más largas que el día: son las de floración estival o autumnal.

Termostadio seguido de fotoestadio o bien un fotoestadio adecuado, proporciona el estímulo para la floración dentro de la norma heredada genéticamente. En cada especie se observa una variabilidad por lo que se refiere a la respuesta ante el estímulo térmico y luminoso; esto indica que no existe homogeneidad genética y evidencia, por lo tanto, la posibilidad de seleccionar estirpes que respondan a distintas intensidades de dichos estímulos, es decir estirpes precoces y estirpes tardías; se ha llegado a seleccionar estirpes que no precisan del estímulo térmico para iniciar su floración (por ejemplo, el caso del trigo primaveral).

#### FECUNDACIÓN.

Es la unión del núcleo masculino con el femenino en el interior de la flor. El polen transporta el núcleo masculino hasta el órgano femenino. La liberación del polen recibe el nombre de *polinación*. Al ponerse en contacto el polen en el órgano femenino (estigma) se realiza la *polinización*, que puede ser *anemógama* (por el aire) o *entomógama* (por los insectos); algunas veces el polen germina en el interior de la flor, fecundándola cuando aún está cerrada (*polinización cleistógama*).

El grano de polen revienta y forma el tubo polínico que transporta al núcleo masculino hasta la oosfera que fecundada se transforma en el origen del embrión. La polinización dirigida por el hombre recibe el nombre de *fecundación artificial*, muy utilizada en trabajos de genética.

#### MADURACIÓN DE LA SEMILLA.

El polen suele transportar dos núcleos masculinos: uno forma el cigoto y otro se une con los dos centrales para formar inmediatamente la almendra de la semilla. Dentro de la almendra crece el embrión; en muchas leguminosas dicha almendra queda completamente digerida y entonces los cotiledones (primeras hojas) del embrión son muy grandes (recuerden las habichuelas), o bien persiste junto a un embrión muy pequeño (caso de los granos de cereal).

Existen dos cubiertas que protegen a la semilla; con frecuencia la protección aumenta por los restos del ovario, y es lo que llamamos fruto. Unos

frutos, como las legumbres, se abren y diseminan las semillas; en los granos quedan formando un cuerpo con la semilla, como el salvado del trigo.

Muchas veces no coincide la maduración del embrión con la caída del fruto o de la semilla; otras el embrión entra en un letargo y la semilla sembrada no germina hasta pasado cierto tiempo más o menos largo. Las semillas corrientes pueden conservarse vivas durante uno o dos años; en las leguminosas es frecuente que se conserven durante cinco o seis años, pero debe desconfiarse de las semillas muy viejas de las que germinan sólo un 20 o 40 %.

#### LA GERMINACIÓN.

Las pratenses silvestres poseen gran cantidad de semillas que no germinan inmediatamente, haciéndolo paulatinamente en años sucesivos a pesar de estar en condiciones que nos parecen óptimas para su germinación. La existencia de estas *semillas duras* es uno de los problemas que encuentran los que intentan introducir una pratense al cultivo.

Muchas semillas precisan un estímulo luminoso para iniciar su germinación, de suerte que germinan antes las superficiales, quedando las más enterradas en el suelo para germinar mucho más tarde. Otras veces las heladas activan la vida del embrión y facilitan su germinación. También puede acelerarse rompiendo las cubiertas de la semilla o bien tratando las semillas por ácidos y álcalis (escarificación mecánica o química); en todos estos casos se facilita la permeabilidad de las cubiertas, tanto para el oxígeno como para el agua.

Las semillas duras tienen gran importancia para explicar la persistencia de ciertas plantas que han de soportar años malos; pasados éstos quedan aún las semillas duras que darán nuevas plantas al año siguiente e impedirán la extinción de la especie. Todos nuestros agricultores conocen las dificultades que ofrece limpiar los campos de determinadas malas hierbas. La existencia de semillas duras entre las especies forrajeras poco mejoradas, que son todavía muchas, ya hemos dicho que complica la siembra de praderas temporales y obliga en determinados casos a proceder a la escarificación. El cultivo durante muchas generaciones, elimina paulatinamente las semillas duras y se llega a razas productoras de semilla que germina rápidamente (esta etapa está ya completamente alcanzada, por ejemplo, en el trigo y en las plantas cultivadas desde la antigüedad).

### 5. Genética

#### EL MECANISMO DE LA HERENCIA.

Hace un siglo MENDEL descubrió el mecanismo de la herencia de caracteres estudiando la disyunción de los mismos en la descendencia de monohíbridos (híbridos entre padres que varían por un solo carácter). Actualmente los caracteres hereditarios reciben el nombre de *genes*, que se distribuyen independientemente en generaciones sucesivas, salvo en el caso de los llamados genes ligados. Muy raramente se rompe la unión de los genes ligados.

Esta teoría se materializa en los cromosomas y los genes se sitúan linealmente a lo largo de los mismos; actualmente disponemos de mapas de cromosomas —con localización exacta de los genes a lo largo de los mismos—, para un cierto número de plantas bien estudiadas genéticamente.

Se trabaja en dos sentidos. Por una parte según la técnica de MENDEL perfeccionada, o sea estudiando descendencias híbridas; por otra se estudian

los cromosomas, su forma, guarnición y meiosis. Dos ramas de la genética que reciben el nombre de *genética experimental* y *citogenética*.

Estos estudios —en pleno desarrollo actualmente— permitirán alcanzar resultados insospechados en la mejora de las plantas pratenses, como se está logrando en la de los cereales (maíz, trigo, etc.).

#### LA GENÉTICA DE LAS PLANTAS PRATENSES.

Los trabajos de JENKIN, en Aberystwyth (País de Gales), son clásicos y dan una idea de las posibilidades más generales.

Dicho autor se dedicó principalmente a la mejora del raigras inglés y otras especies del género *Lolium*, precisamente las de fecundación cruzada por el viento (anemógamas). Partió de las poblaciones naturales en prados antiguos y muy productivos del Reino Unido; el cultivo de muchas plantas en líneas separadas permitió la selección en masa de individuos que reunían determinadas características: época de floración, densidad de renuevo, porte erecto o postrado, etc. En generaciones sucesivas acentuó dichas características, logrando estirpes homogéneas. Partiendo de varias poblaciones naturales, independientemente, logró fijar los caracteres que juzgó fundamentales. Las cultivares (semillas de Aberystwyth), numeradas y precedidas de la letra S, proceden de la hibridación de varias estirpes que reúnen unas características determinadas. De esta forma se logra mantener una cierta variabilidad genética, conservando un tipo vegetativo homogéneo y una precocidad determinada; la variabilidad genética permite conservar las posibilidades de adaptación que disminuirían en el caso de estirpes obtenidas por multiplicación vegetativa, de composición genética idéntica.

En genética de pratenses interviene la selección masiva para homogeneizar poblaciones por determinados caracteres, la multiplicación vegetativa de las estirpes obtenidas para acortar el proceso de homogeneización y finalmente la síntesis de la nueva cultivar por hibridación entre varias estirpes análogas.

La selección genética que se sigue en la obtención de cultivares de cereales, aún no ha llegado a proporcionar cultivares comerciales de pratenses.

Conviene no perder de vista que las pratenses son casi todas de fecundación cruzada: las gramíneas por el viento y las leguminosas polinizadas por los insectos. Algunas alverjas (vezas) y pocas leguminosas más, presentan un tanto por ciento elevado de autofecundación, como las cultivares corrientes del trigo, de suerte que puede mantenerse su pureza genética durante mucho tiempo. Las pratenses alógamas (fecundadas por el polen de otras plantas, ya sea transportado por el viento o por insectos) pueden contaminarse con polen de plantas espontáneas u otras cultivadas en los campos próximos.

Actualmente, los organismos internacionales fijan las condiciones requeridas para la obtención de semilla certificada, con garantía de pureza mayor o menor según el número de generaciones a partir de la semilla madre; la semilla reproducida muchas veces, lejos del centro productor, ya no puede certificarse.

#### IMPORTANCIA DE LA SELECCIÓN DE LAS PRATENSES.

Hasta hace muy poco —entre nosotros aún en la actualidad— los prados eran todos naturales; poco puede hacer el hombre para dirigir su producción, salvo en todo lo que se refiere a los aprovechamientos y abonado.

La siembra de praderas temporales con semilla especializada, permite lograr resultados que hasta hace muy poco parecían inalcanzables. Podemos sembrar praderas aptas para una producción óptima en determinada época del año; cuando podamos disponer de cultivares adecuadas, será posible conseguir una producción forrajera más regular a lo largo del año. En nuestra patria, cuando se realicen estos trabajos con todo el rigor científico, podremos obtener producciones rentables en ambientes que hasta ahora parecían hostiles a la producción forrajera, ya sea por sequía, frío extremado, etc.

No concebimos una pradericultura científica sin trabajos de selección bien dirigidos y utilizando plantas españolas. Deberán acentuarse las adaptaciones ecológicas y el crecimiento en determinadas épocas, para lograr una adaptación al ritmo climático de cada región y a las necesidades del tipo de ganado más apropiado a cada zona.

Estos trabajos requieren organizaciones científicas y técnicas que aún estamos lejos de poseer actualmente, junto con la ayuda de personal especializado en cuestiones ecológicas, entre las que destacan el conocimiento de la vegetación natural, fitosociología de pastos y climatología aplicada. Naturalmente es indispensable la colaboración de genéticos especializados, la de zootécnicos y la de bioquímicos, que proporcionen datos para dirigir la selección en el sentido de que la producción forrajera sea idónea para el ganado.

## 6. Problemas de fisiología aplicada a la pradericultura

### EL CICLO DEL NITRÓGENO.

La atmósfera contiene mucho nitrógeno gaseoso, pero no puede ser utilizado en esta forma por las plantas cultivadas. El nitrógeno sube con la savia bruta en forma de nitratos, nitritos o bien amoníaco; cuando las raíces tienen micorrizas, pueden tomar del suelo compuestos nitrogenados orgánicos directamente del mantillo en descomposición.

Normalmente el mantillo formado por restos de hojas, tallos y excrementos de animales, sufre una descomposición lenta por acción de los microorganismos del suelo, liberándose gran cantidad de anhídrido carbónico y compuestos nitrogenados simples. Una bacteria destruye la urea y forma amoníaco; otras bacterias nitrificantes convierten el amoníaco en nitritos; finalmente otras convierten los nitritos en nitratos solubles que son absorbidos ávidamente por los pelos radicales de las plantas.

Si todo el nitrógeno procediera de los restos orgánicos en descomposición, el progreso agrícola y hasta la vida de los bosques y prados naturales sería imposible, porque existen pérdidas de nitrógeno que forma el cuerpo de los animales o se extraen en las cosechas. Deben existir algunas fuentes de nitrógeno que actúen con independencia del mecanismo descrito.

Las *descargas eléctricas* fijan cantidades pequeñas de nitrógeno atmosférico que llega al suelo disuelto en las gotas de lluvia y copos de nieve. Algunas *bacterias del suelo* tienen la propiedad de fijar igualmente nitrógeno atmosférico utilizando la energía que les proporciona la descomposición del mantillo y otros restos orgánicos del suelo; unas pocas destruyen la materia nitrogenada y eliminan pequeñas cantidades de nitrógeno gaseoso que se pierde para las plantas y animales. Normalmente predominan los procesos fijadores que pueden calcularse aproximadamente como equivalentes a 100 kilogramos de sulfato amónico por hectárea.

*Bacterias que viven en simbiosis* con las raíces de algunas plantas (leguminosas, "roldó", aliso, etc.) pueden fijar cantidades enormes de nitrógeno.

Se calcula que un buen campo de trébol puede fijar el equivalente a más de una tonelada por hectárea de sulfato amónico; pueden calcular el precio actual de lo que fijan estos seres microscópicos utilísimos, percatándose de la importancia de mantener este equipo de trabajo que no cuesta nada, o sea las leguminosas con sus bacterias radicales.

Un prado con leguminosas producirá un forraje rico en proteína que, digerida por los animales, pasará una parte a carne y otra por los excrementos volverá al mismo prado; de esta forma se incrementa paulatinamente la cantidad de nitrógeno del suelo utilizable por las plantas, gracias a la fijación del nitrógeno atmosférico por las bacterias que viven en simbiosis con leguminosas.

### EL EQUILIBRIO ENTRE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS.

Normalmente conviene tener prados con gramíneas que producen muchas raicillas y con leguminosas de raíz más profunda y que gozan de la propiedad de fijar nitrógeno atmosférico.

Las gramíneas responden muy bien al abono nitrogenado y crecen tan vigorosamente que comprometen el desarrollo de las leguminosas. La bacteria radícula precisa mucho azúcar elaborado por la leguminosa para desarrollarse normalmente, de suerte que si sus hojas están sombreadas por las gramíneas disminuye la fotosíntesis, asimila menos almidón y azúcares, con lo que las bacterias simbióticas pierden vitalidad.

Podemos expresar fácilmente esta relación de azúcares con nitrógeno de las leguminosas empleando el índice llamado relación carbono : nitrógeno (C/N). En un prado abonado con nitrosulfato amónico (500 Kg/Ha.) y bien regado, las gramíneas sofocarán a las leguminosas; éstas asimilarán poco carbónico y por otra parte tomarán nitrógeno del suelo, llegándose a una relación C/N muy baja. En leguminosas bien iluminadas, la asimilación del carbónico es intensa, se forma almidón y azúcares, con lo que aumenta la relación C/N en los jugos de las leguminosas y por lo tanto se activa la vida de las bacterias radicales que fijan gran cantidad de nitrógeno atmosférico completamente gratis.

Evitados los desequilibrios provocados por exceso de abono nitrogenado, conviene prestar atención preferente al uso del abono fosfórico (superfosfato). Las leguminosas son más exigentes que las gramíneas en este abono y precisan grandes cantidades (200 a 500 Kg/Ha.) de superfosfato cada año para que se mantengan perfectamente en el prado. Posteriormente debe cuidarse el equilibrio del potasio, porque las leguminosas lo toman con mayor dificultad que las gramíneas.

Corregida la fertilidad del suelo, pueden favorecerse las leguminosas con aprovechamientos adecuados. En los prados regados, el verano caluroso puede favorecer a las leguminosas, mientras la primavera fresca activa el desarrollo de las gramíneas; en primavera conviene no retrasar la siega o el pastoreo, para frenar el desarrollo de las gramíneas y proporcionar a los tréboles una oportunidad para dar hojas a plena luz.

Para fines determinados, conviene disponer de cultivos forrajeros de gramíneas apropiadas que respondan bien al abono nitrogenado y al riego ("ryegrass" italiano); de esta forma podremos forzar la producción preprimaveral y autumnal, para salvar los baches de producción de los prados con leguminosas y gramíneas mezcladas. También el maíz o sorgos permiten producciones interesantísimas, en verano y en otoño, de un material azucarado indispensable para la perfecta digestión de la alfalfa; se sabe que la alfalfa estival tiene una digestibilidad muy baja por falta de azúcares solubles.

## LA PRODUCTIVIDAD DE LOS PRADOS.

Depende fundamentalmente de la producción de renuevo y del vigor en desarrollarse.

Ya dijimos que el renuevo es la unidad fundamental de los prados; ningún renuevo vive más de un año, porque la mayoría mueren al formar el fruto. Los renovos formados cerca de la base del tallo, nacidos vegetativamente, se comportan como plantas independientes; en las gramíneas pueden separarse de la planta madre, comprobándose que reciben independientemente el estímulo luminoso para iniciar su floración. La productividad dependerá del número de renovos y de su vigor.

Al segar un prado o bien al pastarlo, parte de las yemas terminales se despuntan, cesando el crecimiento terminal y activándose la formación de renuevo. Las yemas intactas crecen activamente estimuladas por la gran cantidad de luz; del mismo modo las hojas despuntadas crecen por su parte inferior apresurándose en interceptar lo antes posible el máximo de luz; los renovos se desarrollan más lentamente cuando la planta no los tenía todavía iniciados. Es bien conocido el caso de los alfalfares que pronto forman el renuevo; si éste es muy alto y queda despuntado al segar, retrasamos la próxima cosecha. En general conviene prestar mucha atención a la talla del renuevo, es decir, a la altura que alcanzan la mayoría de sus yemas al realizar un aprovechamiento.

Además de la abundancia de renuevo que no pueda despuntarse, conviene que éste goce del máximo de luz. También los alfalfares nos prestan un ejemplo clarísimo: los renovos cubiertos por la alfalfa segada que se henifica, quedan ahilados y se desarrollan posteriormente con mucho retraso con respecto a los renovos iluminados inmediatamente después de la siega, pudiéndose reconocer hasta con alfalfa que alcanza los 30 cm. En los prados poco abonados, observamos con frecuencia restos de pajuz dejado por el ganado que impide la formación de un renuevo vigoroso; también al terminar el invierno, este pajuz y las plantas que iniciaron pronto el desarrollo, dificultan la instalación de un renuevo vigoroso. Todo esto nos indica que conviene realizar aprovechamientos intensos, dejando pocos restos en la superficie del prado, para que no impidan la formación de un renuevo vigoroso. Este principio debe tenerse muy en cuenta cada vez que las plantas inicien un crecimiento importante (fin de invierno, fin de verano).

Ya hemos hablado de la acumulación de reservas en raíces y parte inferior de los tallos; cada planta necesita un tiempo entre dos aprovechamientos para reponerlas. Se comprende que activando los aprovechamientos podemos favorecer a unas plantas y dificultar la vida a otras que acumulan con mayor lentitud; en el caso de prados con margallo inglés y dactilo, se favorece al primero a expensas del otro si los aprovechamientos son a ritmo corto (15-25 días) y a diente; se favorece al segundo a expensas del primero si lo son a ritmo largo (40-60 días) y por siega. La defoliación a ritmo corto puede favorecer a las leguminosas, particularmente al trébol blanco, proporcionándole luz con frecuencia y disminuyendo la competencia de las gramíneas acompañantes.

El abono nitrogenado facilita la formación de renuevo en las gramíneas y su desarrollo vigoroso. Un exceso de nitrógeno puede alterar la relación C/N, particularmente en plantas segadas muy frecuentemente, agotando rápidamente las reservas hidr carbonadas y debilitando en definitiva a las gramíneas de la pradera sembrada. El abono fosfórico activa la vitalidad de las leguminosas y también de las gramíneas. La potasa actúa favorablemente en la asimilación y movilización de sustancias hidr carbonadas, permitiendo gra-

cias a ella el empleo de una mayor cantidad de nitrógeno sin que lleguen a presentarse los inconvenientes de dicho abono, si los aprovechamientos son adecuados.

El aprovechamiento normal de las praderas sembradas, consiste en la alternancia de aprovechamientos a diente y por siega. Atendiendo a las condiciones climáticas más generales en España, que son las de Baleares y la mayor parte de Cataluña, conviene pastar en invierno y en verano; en otoño puede dejarse crecer la hierba para segar o bien para aprovecharla al empezar el invierno; en primavera parece que lo mejor es dejar crecer la planta hasta que el levantamiento del tallo inicia la floración, si el producto segado ha de ensilarse, o hasta que se abran las flores, si el forraje debe henificarse. De esta forma se mantiene la vitalidad de la mayor parte de especies que vamos recomendando y pueden abonarse intensamente. Conviene tener muy presente que a mayor desarrollo aéreo corresponde un mayor desarrollo radical, con mayor penetración de las raíces. Es obvio que interesa formar raíces largas en primavera para aprovechar al máximo la humedad del suelo al llegar el verano. Los margallos necesitan aprovechamientos más intensos porque reponen sus reservas con mayor facilidad y forman renuevo con gran rapidez. La alfalfa y el formental (*Arrhenatherum elatius*) resisten mal el pastoreo y el aprovechamiento más adecuado es el de la siega, que se retrasa algo en primavera y en otoño.

El grado de humedad en el suelo es muy importante para la formación de un renuevo vigoroso; en la montaña no se siegan los prados si el suelo está muy seco. En regadío conviene prestar mucha atención a este factor, regando unos días antes de segar la hierba o el alfalfar.

## LA INSTALACIÓN DE GRAMÍNEAS.

Al sembrar praderas temporales conviene prestar mucha atención a que las gramíneas arraiguen fácilmente.

Ya dijimos, al hablar de morfología, que las gramíneas presentan unas raíces embrionarias primarias y secundarias; su vida es efímera, sobreviviendo como máximo unos pocos meses, hasta que al final degeneran. Es fácil comprender, por lo tanto, que el vigor de las gramíneas pratenses depende fundamentalmente de la formación rápida de raíces adventicias en los nudos inferiores del tallo.

La mayor parte de fracasos en la siembra de pratenses deben atribuirse a un suelo demasiado mullido, bien labrado pero poco asentado. El pase de un rulo al realizar la siembra, puede favorecer la humedad superficial y la formación rápida de raíces adventicias. Existen tierras ligeras en las que difícilmente se logra una humedad superficial capaz de estimular la formación de dichas raíces adventicias que originarán el haz radical permanente; en este caso el pateo con ganado puede enterrar la base de los tallos y activar el enraizamiento. La pezuña de la oveja actúa como plantador de huerta que comprime los nudos inferiores del tallo contra el suelo.

El despunte de las tiernas hojas y de la yema terminal, estimula por otra parte la formación de renuevo y particularmente de raíces adventicias tanto en la base del tallo principal como en la de los laterales. De todo ello se deduce que con el pastoreo precoz del prado conseguimos el despunte de las plántulas, el apisonado del suelo y la penetración de los nudos inferiores de los tallos, todo ello favorable al establecimiento del prado. Al mismo tiempo las ovejas comen con fruición las plántulas de hierbajos que sombrearían a

las que intentamos establecer, eliminando de esta forma a la competencia que no puede brotar con la celeridad que lo hacen las pratenses. El pastoreo precoz es corriente en los países con práticamente avanzada.

#### LA INSTALACIÓN DE LEGUMINOSAS.

Las de pasto (tréboles, etc.) resisten las rozas desde un principio y producen abundante renuevo que compensa rápidamente la pérdida del brote principal. Se frena algo el desarrollo de la raíz pivotante, pero continúa inmediatamente al producirse nuevas hojas.

La alfalfa joven tolera muy mal un despunte precoz y se debilita, pero ciertos autores han observado que, en estado de plántula, es poco apetitosa para el ganado lanar y por tal motivo cabe intentar el pastoreo con ganado menor de los tiernos alfalfares, para frenar el desarrollo de la mala hierba sin comprometer grandemente la instalación de esta leguminosa tan valiosa.

\* \* \*

Hemos intentado dar una visión general de los conocimientos actuales sobre fisiología vegetal y los que tienen más directa aplicación en práticamente.

Ciertamente hasta hoy se han aplicado poco los conocimientos de la fisiología a la práticamente. Esta rama de la agronomía es quizá la que más carece de base científica, no pasando de un nivel de arte técnico con muchas experiencias inconexas a las que falta encontrar una generalización a la luz de las ciencias biológicas. Fisiología y genética pueden contribuir poderosamente a crear una práticamente más científica. La escuela inglesa de Hurley, bajo la dirección de W. Davies, se esfuerza en llenar este bache; a ella debemos muchas de las ideas expuestas.

Hemos abordado en este capítulo muchos aspectos que propiamente debieron reservarse para el próximo que dedicaremos a ecología, pero su relación estrecha con los problemas de la fisiología vegetal nos ha obligado a anticiparnos.

Así como el primer capítulo, publicado en julio-septiembre de 1960, pudo despertar el interés de los práticos en el sentido de animarles a observar las variaciones morfológicas más importantes de sus plantas forrajeras y de prado, esperamos que éste les estimule a observar las peculiaridades del funcionamiento de estas mismas plantas; área foliar (IAF), renuevo, precocidad, enraizamiento, etc., son acaso las observaciones de mayor interés para los que viven de la producción de sus plantas forrajeras.

El deseo de no pasar por alto ningún concepto fundamental ha motivado que llegáramos a presentar un texto casi telegráfico. Hemos procurado plantear aquí los problemas bajo distintos aspectos, quizá incluso con reiteraciones excesivas, para dejar bien claro que si bien las plantas forrajeras actúan como máquinas biológicas complicadas, responden sin embargo a unos principios comunes y relativamente sencillos.

Más adelante iremos dando cuenta de cómo estos principios y los nuevos descubrimientos que puedan hacerse, son capaces de conducir al desarrollo de nuevas e interesantes técnicas aplicables a la mejora de los pastos, praderas sembradas y de los cultivos forrajeros.

### III. Ecología de las plantas pratenses

La ecología —o tratado de la casa— es una rama de la biología que se ocupa del ambiente en relación con los seres vivos. Localización geográfica, clima, suelo y relaciones con otros seres vivos, son elementos esenciales de cualquier estudio ecológico, de plantas, de animales o del hombre: *ecología vegetal, ecología animal y antropoecología*.

Podemos imaginar una planta aislada que recibe directamente los estímulos procedentes del mundo inanimado —factores climáticos y del suelo—; estamos dentro de la llamada *autoecología vegetal*. Por otro lado, la *sinecología vegetal* estudia las relaciones de plantas entre sí y las de toda una comunidad (bosque, prado, etc.) con su ambiente; como puede comprenderse, la sinecología es más completa y natural, pero su estudio es algo complejo, mientras la autoecología —relacionada íntimamente con la *fisiología vegetal*—, permite analizar mejor la actuación de cada factor ambiental sobre unas plantas determinadas. Los estudios autoecológicos son algo artificiales, por prescindir del ambiente comunitario; si los tratamos antes, es por su mayor sencillez y por la facilidad de su estudio.

A partir de comunidades vegetales —con su ecología comunitaria— pasaremos a las más complejas de animales y vegetales (biocenosis) estudiadas en la llamada *biocenología*. Cada biocenosis se sitúa sobre un ambiente inanimado, formando con él un sistema equilibrado que recibe el nombre de *ecosistema*, unidad elemental del estudio ecológico moderno.

El hombre —con sus animales domésticos—, altera el equilibrio natural del ecosistema y origina el que podríamos llamar *antropoecosistema*, que nosotros preferimos denominar *agrobiosistema*. La compleja vida social humana, produce agrobiosistemas relacionados (con necesidades de abonos, piensos y mercado, comunes) que podemos denominar *agrobiosistemas cooperativos*; finalmente las necesidades de gobierno, harán necesario el estudio de los que podemos denominar *agrobiosistemas políticos*, unidades elementales y básicas de la futura política agronómica.

Damos estas ideas generales, antes de entrar en materia, para que se vea lo difícil que resulta aislar el estudio de la ecología vegetal, del biocenológico y bioagronómico, tan relacionado con la economía y política agrarias; la actividad humana modifica profundamente el ambiente, crea situaciones nuevas y es un factor decisivo en la ecología de todas las comunidades de interés agronómico.

Sin ninguna duda, la ecología moderna es la única ciencia biológica que permitirá estudiar científicamente la productividad agrícola; la ecología constituye la base de una agricultura científica.

#### 1. — La planta aislada y su ambiente. (Autoecología vegetal)

Veamos cómo actúan sobre una planta aislada, los cuatro principales factores ambientales:

*Luz, calor, agua y suelo.*

## ACCIÓN DE LA LUZ

La luz proporciona energía solar para la fotosíntesis; sin ella no sería posible la vida de las plantas. Vimos anteriormente como las pratenses son muy exigentes en luz; sombreadas crecen poco y apenas si son apetitosas para el ganado.

En un bosque puede observarse una estratificación de plantas: en el suelo las más tolerantes a una escasa iluminación, con musgos, helechos y otras hierbas de hojas tiernas y muy verdes. Una capa discontinua de maleza localizada donde la sombra es menos densa, matas, arbustos y finalmente los árboles que disfrutan la plena luz. En bosques muy densos, los musgos y plantas del estrato inferior, deben vivir con una centésima parte de la luz normal.

Las plantas de prado pueden tolerar iluminaciones que no llegan a la mitad de la luz normal; las gramíneas suelen ser más tolerantes que las leguminosas y algunas pueden desarrollarse perfectamente con 1/5 y hasta 1/10 de la luz normal. Como se comprende, en prados densos, éstas se localizan en la parte baja del prado, mientras las exigentes forman el estrato superior.

En las regiones intertropicales varía poco la iluminación diaria a lo largo del año; en el otro extremo —dentro del círculo polar— el verano se caracteriza por un día continuo que dura varios meses y un invierno con oscuridad completa. En España se notan diferencias entre verano e invierno, pero nunca son tan acusadas como en el norte de Europa.

Ya hablamos del *índice del área foliar* (IAF); se comprende que los renuevos crecerán mal con una iluminación que es aproximadamente un quinto de la normal; en invierno aún se acusa más esta debilidad del renuevo —muchas veces cubierto por restos del pajuz estival— y se comprende que interesa eliminar esta protección para que se active un retalle vigoroso.

La luz estimula la germinación de muchas semillas, por ello y por el desarrollo de las plantitas, conviene remover todo el forraje para facilitar el establecimiento de nuevas plantas. La luz provoca igualmente la formación de renuevo, prepara la floración (fotoestadio) y, por lo tanto, regula la vida vegetal de un prado. Consideramos fundamental la idea de que conviene iluminar periódicamente el suelo, para permitir la renovación eficiente de todo el forraje.

## ACCIÓN DEL CALOR

La temperatura es el índice térmico utilizado normalmente. La vida vegetal se desarrolla entre unos límites precisos de temperatura: para cada planta existe un límite inferior (más o menos próximo a los cero grados), es la *temperatura mínima*. Aumentando la actividad hasta un máximo, llegamos a la *temperatura óptima*, y finalmente, nos encontramos con que cesa el crecimiento a una temperatura más elevada que llamamos *temperatura máxima*, en cuyo momento por respiración pierde más que lo asimilado por fotosíntesis. También se determinan las *temperaturas letales*, que causan la muerte por frío o calor excesivos.

Estos puntos críticos de temperatura no son idénticos para todas las especies vegetales, ni aún en las distintas razas de una misma especie; esta variabilidad permite la selección de plantas cultivadas para adaptarlas a los límites de temperatura frecuentes en cada región.

Es conveniente distinguir dos temperaturas: la del aire y la del suelo. Nuestras estaciones meteorológicas suelen dar la temperatura del aire, pero

para la planta es decisiva la del suelo. Durante el verano es frecuente observar temperaturas del suelo muy elevadas, de suerte que mueren muchas plantas perennes por haber sobrepasado la temperatura letal superior, ya en las raíces, ya en el cuello de la planta o en las yemas bajas.

En el sur de España y Baleares, con veranos secos y soleados, mueren la mayor parte de pratenses que se recomiendan por su resistencia a la sequía; la causa reside en las temperaturas elevadas del suelo. En experiencias que vimos en Baleares, observamos que algunas plantas persisten a la sombra de los árboles (algarrobos, olivos, etc.) y rebrotan vigorosamente en otoño, precisamente por la diferencia de temperatura del suelo en verano a pleno sol o a la sombra. Es lógico que las pratenses perennes apropiadas para su cultivo en estas condiciones, deben buscarse entre las propias de la región, que ya resisten dicha temperatura elevada del suelo.

Por lo que respecta a bajas temperaturas, conviene distinguir entre las que pasan el invierno cubiertas por la nieve y las que viven sin dicha protección. En nuestros montes mediterráneos secos durante el invierno (solana del Cadí, Montsec, Teruel, etc.), las plantas deben soportar en invierno temperaturas que con frecuencia alcanzan los  $-20$  grados. Bajo la nieve las plantas pasan el invierno a una temperatura próxima a los cero grados, como ocurre en Noruega y Finlandia. Como es lógico, encontraremos plantas más resistentes al frío en nuestros montes sin nieve en invierno, que en los países del norte de Europa.

Por lo que se refiere a la tolerancia al frío, cabe distinguir entre *hemicriptofitas* típicas, secas durante el invierno, con las yemas enterradas en el pajuz, y las que persisten verdes con temperaturas bajas. Algunas hojas jóvenes resisten perfectamente y con vitalidad, temperaturas de menos cinco grados (hasta  $-10^{\circ}$  C.). Mientras las hojas nacidas en verano y al empezar el otoño, quedan secas con las primeras heladas, las más tiernas de fin de otoño persisten verdes con temperaturas extraordinariamente bajas. El estudio del comportamiento de distintas especies y sus razas de cultivo (cultivares), permitirá lograr un alargamiento del pasto de otoño (*pasto extremo*) y aprovechamientos de invierno (*pasto invernal*), si las temperaturas no son excesivamente bajas.

Ya indicamos que utilizando la misma planta, pero en distinto estado vegetativo, puede variar la resistencia del pasto verde al frío; siempre resisten más las hojas en plena actividad que las adultas con vitalidad reducida. Una planta joven, en igualdad de condiciones, resiste más frío que una planta de dos o tres años; el brote de un mes, muchísimo más que un brote de tres o cuatro meses.

La explicación fisiológica de la resistencia al frío en hojas que están en plena vitalidad, debe buscarse por una parte en la adaptación progresiva al frío (mayor en brote de octubre que en uno de agosto), pero fundamentalmente en la movilización rápida de azúcares por la planta, aumentando la presión osmótica del jugo celular y evitando la pérdida de agua por congelación. El potasio (aportado por la potasa) facilita dicha movilización de azúcares, de suerte que conviene no escatimar dicho abono en otoño si interesan los aprovechamientos invernales; el fósforo (superfosfato) y muy particularmente el nitrógeno (nitrato, nitrosulfato amónico), activan la formación de brotes tiernos en otoño, permitiendo disponer de renuevo en plena vitalidad cuando llegan las primeras heladas invernales.

Entre las forrajeras de las que disponemos actualmente, destaca por su resistencia al frío la esparceta, ciertamente útil para el pastoreo invernal en nuestras comarcas montañosas. Donde son raras las heladas, la zulla produce más forraje de invierno que la esparceta.

El estudio de crecimientos a distintas temperaturas y en muchas especies de praderas, permitirá lograr estirpes (cultivares) que produzcan abundante forraje con temperaturas poco elevadas. Entre las corrientes, actualmente destacan las del bersim, zulla, esparceta, "fenc" (*Trifolium incarnatum*), vezas (*Vicia villosa* y razas de *V. sativa*), con *Phalaris tuberosa*, *Bromus catharticus*, *Festuca arundinacea*, margallo italiano, cereales y el margallo corriente.

Por lo que se refiere a temperaturas óptimas en las gramíneas torrajeras, conviene distinguir bien las llamadas de invierno de las de verano. Las de invierno (cereales, *Phalaris*, *Festuca*, *Dactylis*, *Bromus*, etc.) la tienen entre 15 y 22 grados, las de verano (maíz, sorgo, etc.) entre 25 y 30 grados. Por lo que respecta a *Phalaris tuberosa* se conocen datos precisos que demuestran el cese de su actividad cuando la temperatura del suelo sobrepasa los 20° C., al final de primavera, brotando intensamente cuando en otoño la temperatura del suelo descende por debajo de esta temperatura máxima (despertador ecológico).

Con frecuencia y en plantas normales de prado, la producción máxima se logra con temperaturas variables, algo elevadas durante el día y relativamente bajas por la noche; en el suelo estas variaciones siempre son menores, pero se notan en el horizonte superior con bastante intensidad. Muchas semillas germinan mejor si la temperatura varía entre unas horas a 25° C., por ejemplo, y varias horas a 15° C. Temperaturas elevadas constantes, suelen favorecer a las que llamamos gramíneas tropicales (de verano).

Finalmente, para terminar esta breve reseña de fenómenos de adaptación debidos a la temperatura, conviene destacar que el calor elevado activa la respiración —el gasto de material por la planta—, hasta que en la temperatura máxima se compensa la producción con el consumo. En la práctica conviene utilizar en primavera las plantas que tienen su óptimo a temperaturas relativamente bajas y en verano las que lo tienen a una temperatura más elevada, como gramíneas tropicales (pasto del Sudán, otros sorgos, maíz, mijo, panizos, etc.) y alfalfa. Existen leguminosas tropicales, pero de ellas, tenemos muy poca experiencia en España.

#### ACCIÓN DEL AGUA Y DE LA HUMEDAD

Sin agua cesa la vida vegetal. En los desiertos, viven plantas muy aisladas, con raíz potente que explora las reservas hídricas de un gran volumen de suelo; resisten temperaturas muy elevadas y se protegen contra el exceso de luz, reduciendo sus hojas a la mínima expresión o bien recubriéndose de pelos lanosos que la reflejan casi totalmente.

Cuando alternan períodos húmedos y secos, las plantas se adaptan al ritmo climático creciendo al disponer de agua y aletargándose al sobrevenir la sequía. Entre nosotros el verano es seco y coincide con el período de reposo; donde no podemos regar se pierde la estación más adecuada para una producción elevada. En el secano conviene aprovechar al máximo la producción de otoño, reservando algo para el invierno, y muy particularmente la primavera, que permitirá reservar (ensilados, heno) para los períodos críticos.

Conviene distinguir entre humedad del suelo y humedad del aire; veremos la primera al estudiar el suelo, veamos ahora la segunda. Se llama *humedad relativa* al índice que mide el grado de saturación de vapor de agua en la atmósfera; en climas húmedos, la evaporación es menor y las plantas viven con poca agua en el suelo; en climas muy secos aumenta la evaporación y las plantas precisan grandes cantidades de agua en el suelo para poder vivir normalmente. Un índice muy empleado actualmente es el del *coeficiente de evapotranspiración potencial* (del suelo con sus plantas), que se puede conocer mi-

diendo el agua perdida por recipientes especiales con plantas o bien calcularse con datos que relacionan la precipitación con la temperatura y la humedad (mejor el déficit de saturación). Siempre, a temperaturas elevadas la evaporación es mucho mayor; por eso la sequía de nuestros veranos es casi total, debido a las lluvias escasas y principalmente a la temperatura elevada. En este caso vemos como dos o tres factores actúan simultáneamente en la vida de las plantas; en esta exposición simplificamos la realidad para que podamos tener una idea de los factores ecológicos principales.

Una consecuencia de la humedad atmosférica es la *formación del rocío*. Muchas mañanas la hierba está más fría que el aire y el rocío se condensa sobre sus hojas (escarcha cuando la temperatura es próxima a cero grados); en climas muy húmedos y poco lluviosos, esta aportación de agua por el rocío puede ser decisiva, como en las costas de Almería, donde el rocío mantiene la hierba tierna hasta el mes de abril.

Cuando las nieblas son frecuentes, sus gotas finísimas se fijan en las hojas y forman gotas mayores que pueden caer al suelo. El aire húmedo penetra en el suelo más frío y puede depositar parte de su humedad (rocío en los poros del suelo). Las *precipitaciones horizontales* y *precipitaciones ocultas*, junto con el rocío, pueden contribuir grandemente a mantener el aporte hídrico a las plantas de pasto.

#### ESTUDIO DEL CLIMA

Nuestras estaciones meteorológicas, proporcionan datos sobre lluvia y temperatura; son más numerosas las estaciones pluviométricas y ello se debe a que la distribución de la lluvia es muy irregular. En las comarcas montañosas la temperatura tiene una distribución más regular que se relaciona con la altitud (restar unos 0,6° cada 100 m., aproximadamente), descendiendo aproximadamente dos grados al subir 300 m. en altitud.

Como la humedad del suelo depende por una parte de la lluvia y por otra de la temperatura, conviene relacionar estos elementos climáticos de acuerdo con su distribución estacional. En las obras divulgadoras de la FAO y en el Atlas climático mundial (en publicación), se adopta el *diagrama ombrotermico* de GAUSSEN y BAGNOULS, que representa la temperatura media mensual en grados centígrados (ordenadas verticales) y en las mismas la lluvia pero a una escala 1/2 de la utilizada por los grados centígrados: la cota de 10 grados corresponde a la de 20 mm. de lluvia. Las dos curvas se cortan con frecuencia, indicando claramente los meses cuya temperatura media es superior al doble de la lluvia ( $T > 2P$ ). Son las épocas de sequía.

Ya hemos hablado del coeficiente de *evapotranspiración potencial* de TORNTHWAITTE; en los trabajos de la UNESCO para zonas áridas, se emplea mucho para construir diagramas parecidos a los mencionados, con la diferencia de que en vez de la temperatura emplean la evapotranspiración potencial mensual; como ésta depende fundamentalmente de la temperatura, se observa cierto paralelismo entre las dos representaciones; para nosotros es más fácil construir los diagramas de GAUSSEN.

Conviene que los dedicados a explotaciones agropecuarias, construyan su diagrama anual, con datos de la estación pluviométrica más próxima y datos calculados de temperatura. Interesa principalmente saber los períodos secos seguidos (días seguidos sin lluvia), temperatura media mensual (mejor decenal, con lluvia también decenal), días de lluvia, períodos lluviosos seguidos; probabilidad de que se presenten éstos y los secos en determinadas estaciones del año; temperaturas mínimas a ras del suelo (se encuentran termómetros de

máxima y mínima) y período del año en el que son probables. En estudios de varios años, conviene anotar la mínima absoluta, los períodos secos más largos, los períodos secos más frecuentes en determinadas estaciones y las temperaturas máximas en verano a ras del suelo. Estos datos permitirán deducir si alguna vez el clima puede limitar el desarrollo de algunas especies, evitando perjuicios en años sucesivos. El Servicio Meteorológico Nacional puede dar facilidades en comarcas deficientes en Observatorios de lluvia y temperatura; para ello lo mejor es hablar con algún observador de la comarca o de comarcas próximas.

## ESTUDIO DEL SUELO

El suelo es la parte de superficie terrestre alterada por acciones meteorológicas y muy particularmente por la actividad de los seres vivos. El progreso de la edafología permitirá desarrollar una agricultura cada vez más científica. No podemos dar ni una idea sucinta de las posibilidades enormes de la edafología; nos limitaremos a señalar algunos factores que pueden tener gran importancia en la explotación de pastos.

*Estudio de un suelo natural.* — Se realiza excavando calicatas que permitan estudiar los distintos horizontes del llamado *perfil*. Observamos unas capas con distinta coloración y estructura, llamadas *horizontes*.

En suelos de bosque bien conservado, observamos una capa superficial de hojarasca seca ( $A_{00}$ ), otra de hojarasca en descomposición ( $A_0$ ) normalmente llena de mohos blanquecinos, finalmente una capa con restos vegetales muy alterados, con una especie de pasta negra llamada *húmus* ( $A_1$ ) y en bosques muy húmedos una capa lavada, casi sin color, y algo arenosa ( $A_2$ ); todas ellas forman el horizonte A o superior del suelo forestal.

Sigue un horizonte más compacto, formado por partículas finísimas, normalmente coloreadas (B) que algunas veces puede diferenciarse en varias capas; es el horizonte de acumulación de substancias del horizonte A por lavado de la lluvia. En el fondo encontramos restos de la roca madre (horizonte C) más o menos alterada.

Además de los suelos formados "in situ" existen los de arrastre: *suelos de vega*, los más fértiles en nuestro país, formados sobre aluviones de los ríos, *suelos de ladera*, por depósito de elementos procedentes de los cerros próximos, *suelos de loes*, depositados por el viento y *suelos arenosos* (dunas, etc.) depositados por el viento o por las aguas. En los suelos de vega, conviene conocer las oscilaciones del nivel del agua (nivel de los pozos), porque si se aproxima mucho a la superficie podría "ahogar" las raíces de las plantas, por dificultar la entrada de aire.

*Alteraciones agrícolas del suelo.* — En los suelos agrícolas mezclamos las capas superiores; se comprende que en suelos poco profundos (decapitados por la erosión), no interesa levantar las capas arenoso-pedregosas que retienen poco el agua de lluvia. Estos suelos poco apropiados para el cultivo normal, pueden dar producciones de pasto muy aceptables siempre que la climatología no sea muy adversa; el pastoreo enriquece el suelo y, a la larga, es probable que logre rescatar para el cultivo unos suelos erosionados y poco productivos.

Es fundamental dejar bien claro que las plantas de pasto no precisan labores tan cuidadosas como los cereales, dando rendimiento varios años seguidos sin necesidad de labrar de nuevo el suelo. Estos suelos con hierba —pasada por lo menos en invierno— retienen más agua de lluvia que los suelos

labrados cada año, mejorando con gran rapidez, con lo que logramos evitar gastos de laboreo en fincas extensas que, por su topografía y suelos, no permiten una mecanización racional.

Las labores de arado deben realizarse siempre pensando en su necesidad y en las exigencias del cultivo que pretendemos obtener; en general, se abusa del arado en perjuicio del capital suelo que deberíamos dejar incrementado a nuestros herederos. Nunca puede labrarse profundo si con el arado levantamos un subsuelo de mala calidad.

*Textura y estructura del suelo.* — Los elementos minerales del suelo tienen distintos tamaños; se clasifican por el diámetro del grano en *gravilla* (hasta 2 mm.), *arena* y *arenilla* (hasta 0,2 mm.), *limo* (partículas finas) y *arcillas* que son finísimas, persistiendo mucho tiempo en suspensión (aguas turbias). La *textura* indica el tanto por ciento de elementos que forman un suelo, clasificándolos por tamaños y separando los menores por decantación de aguas turbias; una clasificación menos científica pero muy corriente, es la de suelos: *arenosos*, *francos*, *limosos* (en algunos deltas) y *arcillosos*, nombres que pueden combinarse para expresar texturas intermedias.

La *estructura* se refiere al modo como están trabados los elementos anteriores, formando los llamados agregados estables. En una casa, los ladrillos y arenas con cemento formarían los elementos de la textura, mientras la manera como se agrupan en paredes, etc., sería su estructura.

Los suelos arcillosos son poco permeables, porque las arcillas se hinchan con la humedad e impiden tanto la penetración del agua como del aire; en suelos fértiles, la arcilla se apelmaza con limo y arenas, dando unos aglomerados que dejan galerías por las que circula el agua y los gases del suelo. En suelos muy salinos es difícil la formación de dichos aglomerados (tienen mala estructura) hasta que se elimina el exceso de agua, las sales alcalinas y se aumenta la cantidad de calcio; entonces se activa la vida en el suelo y se forman agregados, con lo que mejora notablemente la estructura. La estructura depende mucho de la actividad de raíces y de los animales del suelo, particularmente las lombrices; los excrementos de lombriz, están formados por una mezcla de arena, limo, arcilla y restos orgánicos (humus), que forman unas pelotitas muy estables en el suelo; también las raíces se alargan y contraen, amasando el suelo y dejando vías para la penetración de aire y agua.

Un suelo que se encharque con facilidad es siempre un suelo con mala estructura que debe corregirse. Actualmente se realizan en España análisis de textura y se inician los de estructura; estos análisis son con frecuencia tan importantes como los de fertilidad (análisis químicos). Cuando no sea posible obtener buenos análisis físicos y por el químico se deduzca que dicho suelo es demasiado ácido o muy alcalino (salino), conviene pensar en drenes para sanearlo, encalando a continuación; la siembra de pratenses apropiadas, junto con un enyesado, mejorará el suelo y contribuirá a edificar una estructura apropiada.

*Correcciones del suelo.* — Los suelos arcillosos, tanto si son excesivamente ácidos como muy alcalinos (salobres) deben corregirse por el encalado y muy particularmente por un buen saneamiento, con nivel de agua regulable en lo posible.

El encalado es una enmienda necesaria en climas excesivamente lluviosos, donde el agua atraviesa el suelo y se lleva la cal hacia las capas profundas. Existe el peligro de encalar rápidamente, con cantidad excesiva de cal activa, y para ello parece más conveniente emplear el polvo calizo de las trituradoras o arena fina de las playas con muchos restos de conchas; este encalado puede ser de muchas toneladas por hectárea y su efecto dura más de 10 años,

realizándose durante las labores preparatorias. Antes de la siembra, si se utilizaron arenas poco finas o sin polvo, conviene añadir cal apagada (nunca más de una tonelada por hectárea) y bien aireada en el mismo campo, sembrando a continuación. El yeso puede utilizarse con plantas ya establecidas, en cantidades moderadas y esparciéndolo sobre el césped. El encalado-enyesado, es tan importante como la construcción de drenes en el saneamiento de marismas salobres.

Los correctores normales en todos los suelos son los abonos, que por su importancia los trataremos aparte.

**Abonado.** — El abono orgánico (estiércol, etc.) es ciertamente el básico, y el más parecido al abono natural de los pastos; con él conseguiremos varias cosas importantes y sin él los abonos químicos se aplican con cierta dificultad.

En los pastos explotados a diente, el mismo ganado aporta excrementos y orines; las raíces de las plantas y restos de hojas, contribuyen igualmente a mantener elevado el contenido en materia orgánica de los pastos. El ganado extrae fósforo (huesos, leche, carne, etc.) que ya no vuelve al pasto; la potasa se recupera casi íntegramente, por los orines y restos vegetales; el nitrógeno queda detenido en parte, pero normalmente se compensa en exceso por el fijado en las leguminosas. En pastos corrientes se comprende que el abono fundamental debe ser el superfosfato y la potasa en menor proporción; el nitrógeno (nitratos, nitrosulfato, sulfato amónico) debe reservarse para los pastos pobres en leguminosas.

Los prados segados necesitan más abonos. Al sembrarlos conviene utilizar mucho estiércol (de 20 a 60 toneladas por hectárea), en cantidades que variarán según la profundidad del suelo y la productividad previsible; de 600 a 1.500 kg. de superfosfato y 300 a 500 kg. de potasa. En los suelos de huerta, bien estercolados normalmente, puede reducirse la cantidad de estiércol (o prescindir de él), supliéndolo por sulfato amónico, superfosfato y cantidades elevadas de potasa.

Los abonos compensan las sustancias extraídas por las plantas, estimulan el desarrollo de microorganismos (microbios) y gusanos en el suelo, pero principalmente sirven para acumular fertilidad, que podrá ser aprovechada en cultivos sucesivos. Con mucho estiércol y abundantes raíces en el suelo (varias toneladas produce un prado por hectárea), junto con superfosfato, difícilmente se desequilibra dicha fertilidad; por el contrario, los suelos pobres en materia orgánica, mal abonados con superfosfato, con abuso de nitrogenados (nitratos, sulfato amónico), se desequilibran fácilmente, bajando la productividad y muy particularmente la calidad de los productos obtenidos. Un suelo con buenos cultivos forrajeros, generosamente abonados, tiene mayor capacidad para retener el agua de lluvia que los mismos suelos explotados reiteradamente con cereales.

**La humedad en el suelo.** — Se debe a la lluvia y al depósito de las formas de rocío descritas anteriormente. La capacidad de retención hídrica varía según los suelos. Se comprende que los suelos que almacenan mucha agua, permiten el desarrollo de plantas aun con lluvias muy irregulares. Con suelos de escasa capacidad para el agua, son necesarias unas lluvias muy regulares para obtener una producción aceptable.

Es muy importante el concepto denominado *capacidad de campo*, agua retenida después de lluvias intensas y a los pocos días de escurrirse (1-5 días); si la lluvia no ha sido suficiente, la capacidad de campo bajará mucho en días sucesivos, indicando que no se alcanzó la saturación; en el laboratorio

se obtiene experimentalmente la *capacidad capilar*, o sea el agua retenida entre los poros del suelo (es algo más alta que la anterior). El *equivalente de humedad* se mide en el laboratorio, centrifugando el suelo para someterlo a una fuerza 1.000 veces mayor que la de la gravedad. Es fundamental el concepto llamado *punto de marchitez permanente*, que se mide en tanto por ciento del contenido hídrico del suelo en el momento que las plantas se marchitan sin recuperarse después; puede calcularse o bien se puede obtener directamente por procedimientos algo complicados. Es importante el *agua disponible* inmediatamente por las plantas, o sea, el tanto por ciento de agua en el suelo que supera el punto de marchitez permanente.

Como vemos, los suelos retienen siempre una parte del agua que no es asequible a las raíces de las plantas (el suelo la retiene con más fuerza que la raíz); tiene una parte que oscila entre el *punto de marchitamiento* y la *capacidad de campo*; el exceso desciende a niveles inferiores del suelo y alimenta las fuentes (agua sobrante). El máximo de *agua disponible* es la resta entre capacidad de campo y punto de marchitamiento, expresando la *capacidad del suelo* en agua para las plantas. Esta capacidad del suelo para la planta es máxima en los arcillosos bien estructurados y mínima en los arenosos.

Con el agua entran en la planta los alimentos minerales; estas sales minerales pueden alcanzar concentraciones muy elevadas, dificultando la entrada de agua por los pelos de la raíz. Los saladares, a pesar de estar casi continuamente húmedos, tienen unas plantas muy especiales que recuerdan las más frecuentes en los desiertos; es una sequía por dificultad de penetración del agua. En los prados y cultivos forrajeros de secano, si abonamos excesivamente al aproximarse el verano, al disminuir el agua del suelo pueden concentrarse las sales excesivamente, agravando los efectos de una sequía temporal (aumenta el agua retenida en el punto de marchitez). En el secano deben emplearse abonos químicos cuando la humedad del suelo está asegurada.

**La fauna y flora del suelo.** — Los seres vivos del suelo contribuyen fundamentalmente a estructurarlo (formar agregados), para permitir su aireación y la penetración rápida del agua. Otra función importantísima es la de destruir los restos orgánicos (excrementos, raíces muertas, hojas caídas), para convertirlos en *humus dulce* (la pasta de color negro) y finalmente en sales minerales o abonos de las plantas.

Los pastos y prados, contribuyen al aumento de fauna y flora del suelo, activando la acumulación de humus, tan necesario para la fertilidad edáfica; por todo ello deben tener un lugar importante en la rotación de cultivos, encaminadas a lograr una fertilidad elevada.

## 2. — La comunidad vegetal. (Fitosociología)

La fitosociología estudia comunidades vegetales (fitocenosis) formadas por plantas que conviven en una localidad, modificando mutuamente su ambiente colectivo. En fitosociología se estudia fundamentalmente la ecología de comunidades vegetales (*sinecología vegetal*) y secundariamente la de los individuos (*autoecología vegetal*).

La vida de una comunidad vegetal viene regulada por la competencia: las plantas conviven porque pueden soportarse mutuamente, de suerte que las no adaptadas desaparecen ahogadas por las demás.

Sembramos un prado, nacen muchas plantitas que pronto luchan entre sí para disponer de un espacio vital. Unas crecen rápidamente y sombrean a las

más lentas en desarrollarse, o bien forman muchas raíces que roban el alimento a sus vecinas menos arraigadas. Competencia en el suelo, competencia por la luz, he aquí los factores principales que regulan la vida de las plantas en un prado; plantas con exigencias complementarias pueden convivir en el mismo espacio; de esta forma una gama de plantas muy diversas permite la producción de una masa vegetal mayor.

El problema en la práctica no reside en mantener una masa vegetal enorme, interesa aumentar, acelerar, la productividad en un momento dado y que dicha productividad se mantenga todo el tiempo que sea posible; más adelante insistiremos en estos aspectos. Actualmente se tiende a sembrar dos o tres especies (prados ultrasimples) que se complementen (p. ej., una gramínea o dos, junto con una leguminosa) y produzcan forraje rápidamente, alcanzando IAF de 4 a 8 en pocas semanas, retoñando rápidamente después de las rozas reiteradas.

#### ESTRUCTURA DE UNA COMUNIDAD VEGETAL

En un prado de guadaña, como los de Seo de Urgel, encontramos un estrato superior formado por "formental" (*Arrhenatherum elatius*), hasta 1,5 m. y otras plantas parecidas (*Festuca pratensis*, *Dactylis glomerata*), 0,8-1,1 m. Un estrato medio, 0,25-0,6 m., formado por hojas de las anteriores y otras gramíneas menores. El estrato inferior formado por un fieltro de hojas de las anteriores, "trebolet" (*Trifolium repens*) y principalmente por *Poa trivialis* (muy tolerante a poca luz). El trébol violeta se encuentra en el estrato medio y parte del superior. En prados mal cuidados, aparecen musgos en la capa del suelo.

En verano se invierten los estratos: el trébol, muy tolerante a temperaturas elevadas y amigo de la luz, forma el estrato superior (50-90 cm.) y las gramíneas poco tolerantes a temperaturas elevadas forman el estrato medio-inferior, junto con llanthenes y otras plantas de hoja ancha que viven mejor en verano.

En otoño, el "trebolet" (*Trifolium repens*) llena los prados junto con retoños de todas las plantas, formando un pasto que se explota cuando alcanza los 20 cm. aproximadamente. Todas las plantas del prado tienen una época propicia para desarrollarse y persistir a pesar de la competencia. Más adelante insistiremos en la tolerancia.

Dentro del suelo veríamos una estratificación de raíces, iniciada por las de las plantas más débiles (*Poa trivialis*), 1-4 cm., seguida por la mayor parte de gramíneas, 5-15 cm., y finalizada por tréboles, gramíneas más robustas ("formental", *Dactylis*) y malas hierbas de hoja ancha, "xicoyes", llanthenes, etc.

Cada planta se sitúa, en el tiempo y en el espacio, en el hueco que le dejan las demás (nicho ecológico); la estructura es ciertamente la expresión clara de una lucha y colocación de cada elemento en su lugar apropiado.

En los prados sembrados y explotados por siega, conviene utilizar pocas plantas muy frondosas, con hojas bien distribuidas a lo largo del tallo y con cierta tolerancia de las inferiores a una iluminación reducida. Cuando el prado debe pastarse, interesan estirpes con mucho renuevo de rápido desarrollo, para que pronto se alcance el IAF próximo a 5; no importa tanto la tolerancia a la luz escasa, porque el pastoreo abre nuevas ventanas a la luz. Son intermedios los prados que se siegan antes de la floración, para dar en verde o para ensilar; hemos descrito los dos tipos extremos para dar ideas generales claras.

### 3. — La comunidad de plantas y animales. (Biocenología)

Hasta ahora consideramos comunidades de plantas, pero estas viven íntimamente relacionadas con animales. Por una parte los consumidores de hierba (rumiantes, équidos), junto con plagas y sus parásitos, por otra parte los animales edáficos que consumen restos orgánicos y dan vida al suelo, con plantas inferiores como bacterias y hongos. El estudio de comunidades vegetales junto con el de sus animales relacionados, constituye la rama de la ecología llamada *biocenología*.

Para mayor comodidad, separaremos las biocenosis aéreas de las edáficas; limitaremos el estudio a la biocenosis pascícola.

#### LA COMUNIDAD DE PASTO Y GANADO

Está formada por la comunidad vegetal, pasto, y por comunidades de herbívoros que la pastan, junto con plagas y parásitos de plantas o animales. Es una comunidad anterior al hombre, que éste domesticó parcialmente, formando unos rebaños que siguen unos pastos determinados.

Por la Biblia conocemos la vida de las tribus nómadas de pastores, siempre pendientes del pasto jugoso —por la escasez de lluvias regulares— y con una agricultura rudimentaria. Entre nosotros existe una modalidad que llamamos *trashumancia*: los pastores, con sus rebaños, se desplazan cada invierno al llano y suben en verano a las montañas, siempre siguiendo los pastos apetitosos en cada época del año.

El progreso moderno dificulta los desplazamientos; claro que no existirá otra posibilidad más que la trashumancia restringida para el aprovechamiento de los pastos pirenaicos, pero fuera de las comarcas con innivación prolongada (3-8 meses) puede lograrse una ganadería más estante y de ella nos ocuparemos ahora.

La producción de pasto es muy irregular, lo mismo que la de forrajes; si el ganado debe permanecer en la finca o en sus proximidades, no existe otra posibilidad más que la de regular la producción de pasto, si no quiere recurrirse a la compra de piensos y forrajes, siempre onerosa tratándose de una explotación de herbívoros normalmente rumiantes.

Ya indicamos algunas soluciones posibles, como utilizar plantas apropiadas para producir en otoño y conservarlas en pie, de suerte que el ganado pueda cubrir parte de sus necesidades con la hierba reservada en otoño. La conservación del exceso de hierba producido en primavera (ensilado, henificado), puede proporcionar una parte importante de la alimentación invernal. En verano debe prolongarse la producción verde por medio de la alfalfa, completada con pasto del Sudán, otros sorgos, maíz (donde sea posible) y ensilados o heno; la solución ideal es disponer de una parte en regadío, produciendo forrajes de verano que alivien la penuria de pasto estival.

Se comprende que en los montes elevados el problema fundamental será de invierno, mientras en los llanos y cerca de la costa el problema es de verano; en las zonas intermedias es fácil regular la producción si la pluviosidad es algo elevada y está bien distribuida.

El animal se adaptó multisecularmente a estas fluctuaciones del pasto; en invierno perdía peso comiendo hierbajos medio secos y algún retoño verde, para recuperarse rápidamente en primavera, época de mayor producción de leche para las crías; en verano probablemente emigraban hacia los montes. El hombre quiso forzar la producción de sus animales domésticos, alterando la época de producción de crías, prolongando la lactación, y para ello tuvo que

completar las deficiencias del pasto natural, en muchos casos con piensos que ciertamente encarecen la producción.

En un pastizal, el ganado toma hierba a medida que va produciéndose, mezclando por *pastoreo selectivo* las partes tiernas con las más viejas según las necesidades fisiológicas del animal; los excrementos y orines se incorporan rápidamente al ciclo productor por medio de la fauna y flora edáficas muy activas, y se produce nueva masa verde. La utilización es rápida (en poco más de un mes puede cerrarse el ciclo descrito), los gastos en labores se reducen al mínimo (puede incluso evitarse el pastor, con el cercado eléctrico) y el capital invertido en fertilidad se recupera rápidamente, trabajando con la mayor eficiencia.

No siempre se dan las condiciones ideales descritas; en climas con inviernos poco fríos, el pisoteo reiterado puede estropear la estructura del suelo (el problema es grave en climas tropicales); las boñigas cubren la hierba y la que después se desarrolla es poco apetitosa para el ganado, etc. Además, para lograr la regulación descrita anteriormente, conviene segar algunas veces la producción del prado, para lo que interesa un césped regular y un suelo lo más liso posible, cosas difíciles de obtener en prados pastados y jamás cultivados. Los prados temporales deben sembrarse con especies selectas y no podrán pastarse continuamente, salvo en períodos favorables del invierno. A pesar de lo dicho, el pastoreo es muy natural y en muchas ocasiones será más rentable, en particular tratándose de ganado lanar. En fincas pequeñas, donde importe poco la mano de obra, con vacuno lechero, puede segarse para dar en verde; en otros casos parece recomendable el aprovechamiento mixto, muy sano para los animales.

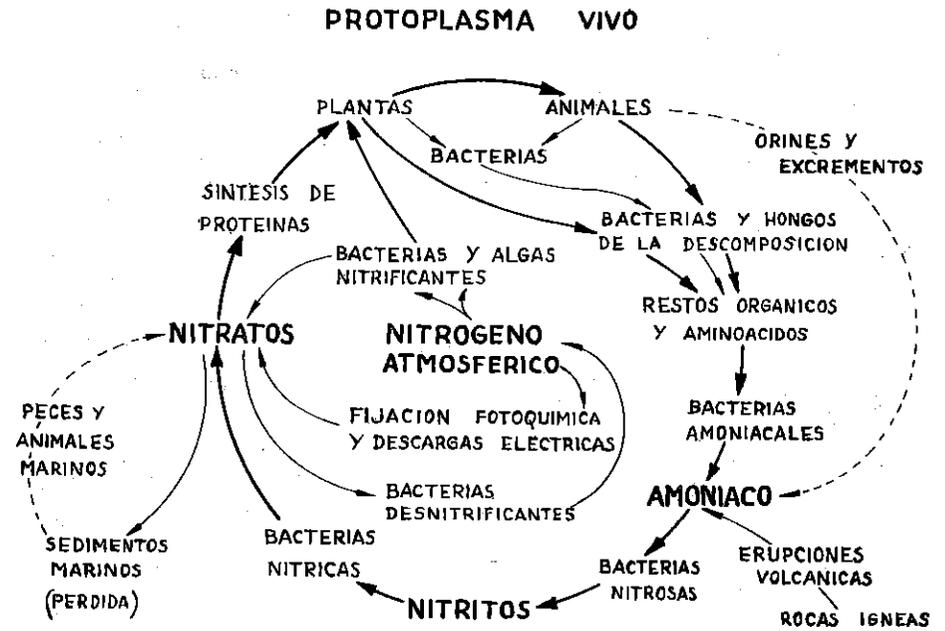
Las plantas de pasto se adaptaron al diente de los herbívoros retoñando rápidamente después de las rozas; también el ganado se adaptó progresivamente a su pasto; pasto-ganado forman una biocenosis equilibrada.

Tenemos un ejemplo clarísimo del equilibrio existente entre pasto y herbívoros. Los rumiantes europeos y équidos, adaptados a un pasto que retoña fácilmente, se adaptaron mal al pasto de la pradera americana —con plantas sometidas al pastoreo nómade del bison—, y apuraron excesivamente una hierba que no podía soportar el pastoreo intensivo; las consecuencias fueron una erosión enorme que motivó el estudio científico de cómo podía restituirse el equilibrio por regulación del pastoreo. Tanto si se cambia la hierba como el ganado, debe estudiarse el procedimiento para conservar el equilibrio entre pasto y ganado; por esta causa debe estudiarse la regulación del pastoreo al intensificar los aprovechamientos.

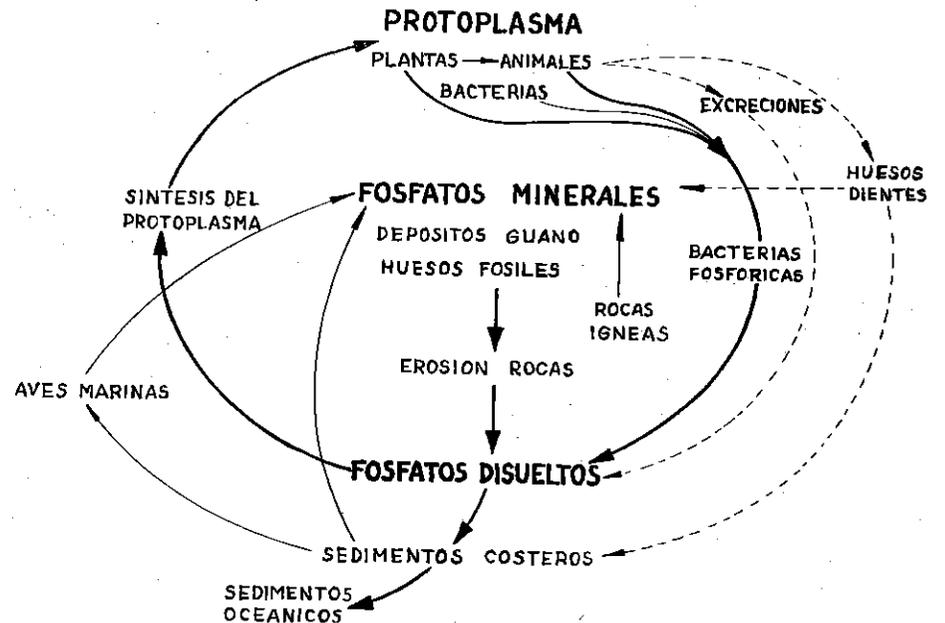
Dejamos a un lado las plagas de la hierba, los parásitos de dichas plagas que naturalmente frenan su virulencia, la adaptación de las plantas a sus plagas frecuentes, por desarrollo de la resistencia al ataque de bacterias, nemátodos, ciertos hongos y al pulgón, como se ha logrado en muchas cultivares de alfalfa y trébol. También las plagas del ganado pueden vivir eventualmente sobre la hierba. Todo este conjunto de organismos forma la *biocenosis pas-cícola*.

#### LAS COMUNIDADES DEL SUELO Y SU INFLUENCIA SOBRE LA FERTILIDAD

Dentro del suelo la vida es muy compleja. Por una parte las plantas forman raíces que duran poco (de unos meses a poco más de un año), producen otras nuevas y dejan alimento para una infinidad de animales diminutos. En las boñigas del ganado vacuno y sirlé de los ovinos, viven muchos organismos que aceleran su descomposición y permiten un desarrollo exuberante de la



CICLO DEL NITRÓGENO EN LA MATERIA VIVA. Puede observarse que es completo y las pérdidas quedan equilibradas con las entradas producidas por volcanes en erupción; además existe una reserva inagotable en la atmósfera que evita la pérdida definitiva mientras abundan las bacterias de los nódulos de leguminosas que pasan el nitrógeno atmosférico a las plantas.



CICLO DEL FÓSFORO. Es menos completo que el del nitrógeno por pérdidas irreparables al acumularse fosfatos en el fondo del mar, no compensadas por la escasa cantidad aportada por el pescado que comemos y por las aves marinas.

hierba en las proximidades de la deposición. Restos de hojas y rizomas (tallos subterráneos) se descomponen también rápidamente, dejando espacio para el desarrollo de renuevos y otras plantas.

En el suelo viven animales relativamente grandes, como topos y ratones de campo, que excavan galerías y sólo salen de noche, momento aprovechado por sus depredadores (aves de rapiña nocturnas, pequeños carnívoros), que también entran —junto con las comunidades edáficas— en la que llamamos biocenosis pascícola.

Otros animales, como lombrices, larvas de insecto, miriápodos, arácnidos, gusanos, etc., excavan galerías en el suelo que facilitan su aireación, destruyen rápidamente los restos orgánicos que al acumularse dificultarían el desarrollo de las plantas de pasto y con sus excrementos forman los agregados más estables del suelo, contribuyendo de manera decisiva a la formación de una buena estructura edáfica. Estos animales, visibles a simple vista, forman el mejor humus dulce.

Existen igualmente infinidad de animales pequeños, menores de un milímetro, como ácaros, colémbolos y otros insectos sin alas, tardígrados, nemátodos y otros gusanos diminutos, que junto con rotíferos y protozoos, aceleran la descomposición de la materia orgánica para dar humus dulce.

Los hongos, con sus filamentos blanquecinos (como mohos) abundan en determinados suelos, donde pueden llegar a ser los principales degradadores de la materia orgánica; en suelos normales, parece que las bacterias juegan el papel principal y mineralizan el humus formado por los animales antes citados. Es fácil observar una mineralización más lenta en suelo de pastizal que en suelo forestal, acumulándose humus en suelos de prado, precisamente más negros que los suelos correspondientes a bosques de la misma comarca. Los hongos micorrízicos (en simbiosis con raíces de los árboles), son acaso los responsables de la mineralización rápida en suelos de bosque. En los prados, puede ocurrir que pequeños animales vivan a expensas de las bacterias y frenen su propagación excesiva, retardando la mineralización del humus. La tierra negra de la estepa rusa y pradera americana, se ha formado en una biocenosis pascícola.

Todo el conjunto de seres diminutos enumerados anteriormente, realizan el trabajo de fragmentar, humificar y mineralizar los restos orgánicos, con lo que permiten la utilización rápida del alimento (sales minerales), liberado precisamente en el lugar donde se encuentran las raíces de nuestras pratenses.

El estudio del *bioedafon* (seres vivos del suelo) está en pleno desarrollo, es muy complejo, pero con seguridad permitirá actuar de una manera más científica sobre la fertilidad del suelo.

#### 4. — La comunidad de plantas y animales, en su ambiente. (Ecosistema)

Las biocenosis, con su ambiente inerte (suelo mineral, clima) forman el *ecosistema*. En el ecosistema, sus elementos esenciales —clima, suelo, plantas, animales— actúan recíprocamente, con interacciones que conducen finalmente a una cierta estabilidad funcional o equilibrio dinámico.

Al considerar el componente vivo, distinguimos dos categorías principales: organismos que aprovechan energía solar (plantas verdes) y organismos que precisan alimento elaborado por plantas verdes (herbívoros, parásitos), llamados respectivamente, *autótrofos* y *heterótrofos*.

Precisando más, distinguimos cuatro componentes esenciales de cualquier ecosistema: a) *substancias sin vida* (minerales), b) *elaboradores*, c) *consumidores* (animales transformadores) y d) *destructores*.

#### LOS CICLOS FUNDAMENTALES (CICLOS TRÓFICOS)

Podemos considerar el ciclo de los elementos químicos. El *carbono* se encuentra en la atmósfera, en cantidad prácticamente constante, como anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>); por fotosíntesis forma compuestos orgánicos en plantas y de ellas pasa a los animales; por respiración, una parte vuelve a la atmósfera (tanto el respirado por plantas como por animales); la actividad de los destructores, restituye a la atmósfera la misma cantidad sustraída por las plantas que iniciaron el ciclo. Es un ciclo perfecto.

Ya vimos el del *nitrógeno*, en cantidades inagotables en la atmósfera pero en forma no utilizable por las plantas corrientes. La energía proporcionada por descargas eléctricas, y la de algunos microorganismos del suelo (bacterias libres y simbióticas, etc.), combinan el nitrógeno para que pueda entrar a formar parte del protoplasma de las plantas, que ceden proteínas a los animales; en el suelo existen microorganismos que forman amoniaco y nitratos, aptos para ser absorbidos nuevamente por las plantas. Se pierde algo de nitrógeno gaseoso por unas bacterias denitrificantes, pero se compensan por la síntesis de nitrógeno combinado. Es un ciclo casi perfecto, pero con posibilidad de pérdidas.

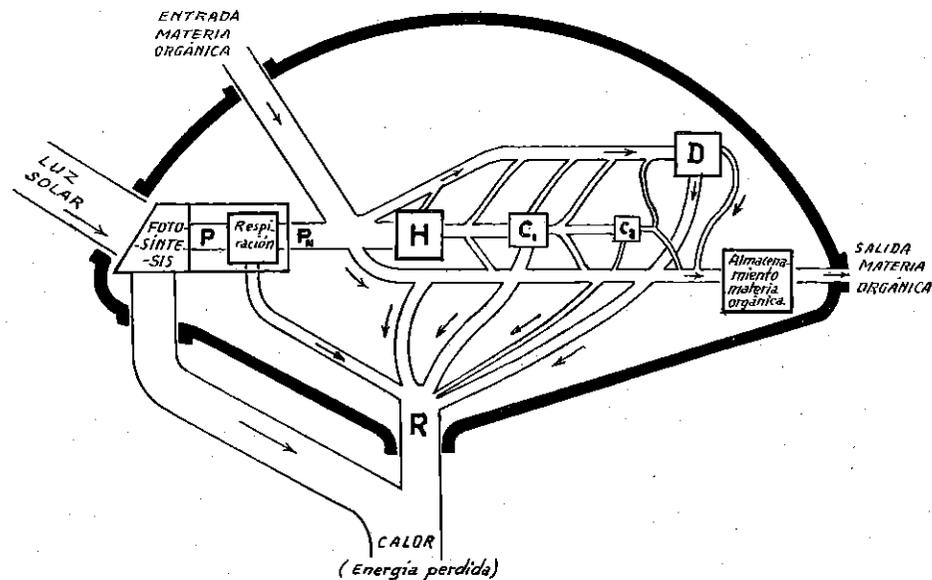
El *fósforo* se encuentra en fosfatos naturales y escaso; por erosión se solubiliza paulatinamente dicho fósforo mineral, ingresa en los seres vivos y se libera por acción de unas bacterias del suelo que lo devuelven a las plantas. Parte del fósforo edáfico se lava por el agua de lluvia y por los ríos desciende hasta el mar, donde se fija en los sedimentos del fondo, con merma para los seres vivos terrestres. Es un ciclo imperfecto; el hombre debe corregir estas pérdidas con abonos fosfóricos.

Es importante el *ciclo de la energía*; la fuente es el sol y llega en forma de radiaciones luminosas (con infrarrojo y ultravioleta), de las que las plantas fijan una pequeña parte (alrededor del 2 %) para utilizarla posteriormente en su respiración; el producto neto (alimento vegetal disponible por los animales) puede considerarse alrededor del 1 % de la energía recibida del sol en los prados más eficientes. El resto de la energía se degrada en forma de calor. El alimento vegetal es transformado por los herbívoros y finalmente por los carnívoros; la respiración de todos estos seres consume la energía que acumularon las plantas, hasta que por descomposición de excrementos y cadáveres llegamos a los minerales sin energía (anhídrido carbónico, agua, sales, etcétera). En la masa verde de los vegetales constructores se acumula el máximo de energía, los herbívoros ya han perdido mucha; finalmente los carnívoros disponen de muy poca, hasta que los destructores del suelo liberan el resto y cierran el ciclo. Toda la energía acumulada mantiene la vida en los organismos del ecosistema; pasa energía que da vida, pero al final se difunde al espacio en forma de calor. Este ciclo necesita una fuente continua de energía luminosa, que al final se pierde en calor no recuperable; el sol mantiene la vida en la tierra.

#### EL ECOSISTEMA PASTORAL

Es próximo a los naturales, pero en vez de carnívoros el hombre se convierte en consumidor del alimento acumulado en el cuerpo de los herbívoros (leche, carne, etc.).

Las plantas producen cada año una masa verde, precisamente la que regula la cantidad de alimento disponible por los herbívoros; la masa de éstos será menor que la del pasto y aún menor la de los hombres que podrían man-

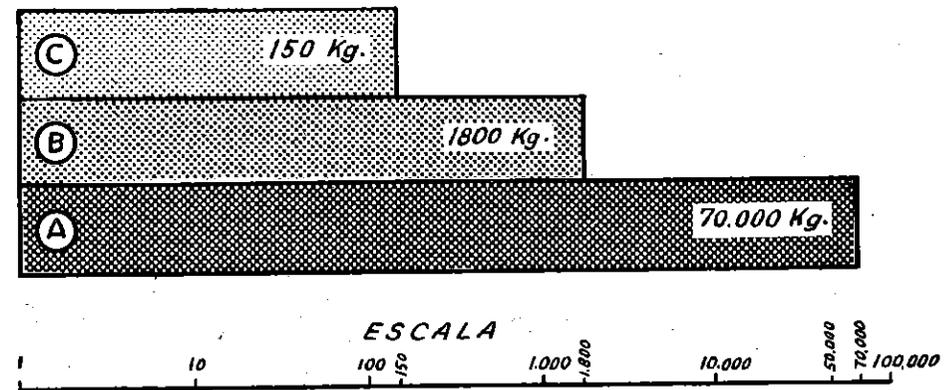


EL FLUJO DE ENERGÍA EN UNA COMUNIDAD CERRADA QUE BIEN PUEDE SER UN ECOSISTEMA. La luz solar proporciona energía y por la función clorofílica (fotosíntesis) pasa una parte a las plantas (P) que respiran y pierden una parte, quedando la producción neta vegetal (PN) para el alimento de los herbívoros (H); existe una entrada de materia orgánica acumulada en años anteriores, parte de la cual es descompuesta por los hongos y bacterias (D). Los carnívoros comen herbívoros (C<sub>1</sub>) y son comidos por otros carnívoros (C<sub>2</sub>). La actividad (respiración) de todos estos organismos libera una cantidad de energía igual a la recibida del sol. En el suelo se almacena materia orgánica que es el humus o materia negra del suelo; una parte puede perderse arrastrada por las aguas y por los ríos descender al mar.

tenerse con su producción. Para que este concepto sea intuitivo, suelen utilizarse las llamadas *pirámides de biomasa* que representan la cantidad de energía acumulada en cada eslabón por unidad de tiempo o flujo de energía (*pirámides de energía*). Conviene un flujo rápido de energía y que se pierda el mínimo en pasos sucesivos.

Los minerales utilizados por plantas y animales se sustraen al suelo, hasta su incorporación por actividad de los destructores; importa el paso rápido de minerales a las plantas y animales, con recuperación por el suelo gracias a los destructores; entonces aprovecharemos al máximo la fertilidad edáfica. Las técnicas agronómicas deben tender hacia esa actualización rápida de fertilizantes (capital suelo), para sacarle el máximo partido económico. Deben restituirse los elementos perdidos definitivamente, como ocurre con el fósforo, parte del potasio y parte del nitrógeno donde escaseen las leguminosas. Puesto en marcha el ecosistema pastoral, conviene restituir lo que se extrae y elevar la fertilidad hasta el punto preciso de la eficiencia máxima de todo el sistema.

En el esquema teórico de la explotación pastoral que acabamos de describir, los problemas fundamentales son: mantener la fertilidad y procurar que los herbívoros aprovechen al máximo la energía acumulada por las plantas



PIRÁMIDE DE BIOMASAS. Construida con escala logarítmica, pone de manifiesto la disminución de peso vivo en los escalones sucesivos de un ecosistema agronómico: A. — Masa verde de alfalfa producida por hectárea y año; B. — Masa viva de las vacas y sus terneros que viven de la alfalfa; C. — Masa de hombres y niños que viven de la carne y leche producidas.

Se comprende que se trata de un esquema hipotético; ni las vacas comerán sólo alfalfa de la hectárea cultivada, ni los niños u hombres tomarán únicamente la leche o comerán los terneros producidos. Conviene destacar que hemos prescindido de la biomasa de destructores; éstos actúan sobre restos de alfalfa, huesos de terneros, excrementos de las vacas y de los hombres. También prescindimos de las plagas de la alfalfa y parásitos de vacas y hombres. Esta parte, con los esquemas, se inspiran en la obra del ecólogo americano E. P. ODUM, publicada en 1959.

en forma de alimento. Cuando podamos dominar las biocenosis edáficas (parte del ecosistema), existirá la posibilidad de lograr la actualización rápida de fertilizantes sustraídos temporalmente al suelo.

En este ejemplo abstracto, vemos claramente un equilibrio que se mantendría al dejar que los cadáveres volvieran al suelo con todos los productos extraídos; esta pérdida constante de fertilidad debe compensarse, para que los abonos mantengan el ciclo cerrado y en plena producción.

#### EL ECOSISTEMA MÁS EFICAZ

Sería ciertamente el que en el menor tiempo sintetizara alimento suficiente para mantener una gran masa de ganado, formada por herbívoros pequeños, precoces y prolíficos, con poco esqueleto y elaboradores de productos muy apreciados; además debe disponer de unos destructores del bioedafon extraordinariamente activos.

No interesan platos con hierba muy madura, que se pasa; interesan plantas que formen renuevo muy nutritivo, con rápido desarrollo y que los herbívoros puedan consumir a medida que se forma; animales que con poco peso vivo produzcan cantidad de producto apreciado y se reproduzcan con rapidez. De esta forma se aprovecha al máximo el capital invertido. Este esquema teórico nos indica el sentido de algunas selecciones de plantas, como *Lolium perenne* S. 23, y vacuno del tipo *Aberderen Angus*.

Este máximo teórico puede alcanzarse en ambientes favorables. En climas algo secos, con períodos sin lluvia, conviene dejar desarrollar a las pratenses;

los animales deben ser robustos para que puedan resistir períodos desfavorables; la actividad del bioedafon (seres vivos del suelo) se dificulta por la sequía estacional.

#### LA PRODUCTIVIDAD DEL PASTO

Se mide normalmente pesando la hierba producida durante un tiempo determinado; se analiza dicha hierba y ensaya su valor nutritivo en animales determinados. Es el *método de la cosecha* (peso de biomasa) que se expresa en *materia seca, unidades forrajeras* (energía acumulada en el alimento) y *proteína asimilable*.

No existen diferencias fundamentales entre la productividad del pasto y la de un lago o del mar; en oceanografía se han encontrado relaciones muy interesantes entre clorofila A y productividad; cuando predomina sobre las demás clorofilas y sobre los carotenos (color anaranjado), las algas producen más alimento por hora; las comunidades viejas tienen algas amarillentas (muchos carotenos) y disminuye la productividad.

Cuando en el pasto aún no se llegó a un IAF excesivo, predomina la clorofila A; las hojas sombreadas amarillean (aumentan los carotenos), respiran más intensamente y producen menos. La relación clorofila A a carotenos, puede ser un índice de la productividad actual del pasto.

Varios autores midieron la cantidad de clorofila que se encuentra en un metro cuadrado de prado, bosque o cultivo, encontrando casi siempre cantidades próximas al gramo; si en un prado se encuentran valores algo superiores y predomina la clorofila A sobre la B, con pocos carotenos, será un indicio de que "trabaja a pleno rendimiento".

Este método, aún en mantillas por lo que se refiere a práticamente, es muy prometedor y parece el más apropiado para medir el potencial de producción en un momento dado. Es obvio que se relaciona íntimamente con la fuente productora primaria.

No es difícil medir la cantidad de pigmentos en plantas de pasto: segamos una parte de prado, hasta convertir en papilla fina toda la hierba, tratando una parte con acetona que disuelve los pigmentos; por el espectrofotómetro podemos medir la concentración de cada pigmento.

Hemos realizado ensayos con ciertas forrajeras cultivadas en campos experimentales; utilizamos el método de la cosecha (peso de materia seca producida en tres semanas) junto con este método (en colaboración con los Profesores R. MARGALEF, A. CABALLERO y el Departamento de Física de la Universidad). Existe correlación entre producción de clorofila A y carotenos, con máximos y mínimos de producción estacional.

Afinando los métodos, creemos posible seleccionar pratenses por su contenido estacional en pigmentos, con lo que podríamos lograr una gama de pratenses (cultivares) adecuadas para su cultivo en ambientes muy variados.

#### FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCTIVIDAD

Las comunidades de un ecosistema natural presentan distintos grados de eficiencia. Por lo que se refiere a la producción neta en un momento dado (almacenada en forma de alimento para el escalón superior), aumenta cuando disminuye el tamaño de los organismos y se simplifica la estructura de la comunidad. En un lago, una biomasa de algas puede alimentar otra mucho mayor

de animales (crustáceos y peces); la eficiencia de dichas algas es muy superior a la de una masa diez veces mayor de plantas en un prado.

También en un prado, plantas jóvenes y apenas estratificadas, es decir, con mucha clorofila A y pocos carotenos —o sea con un mínimo de complejidad estructural—, producen alimento más rápidamente que las plantas viejas de un prado alto, bien estratificado y con gran cantidad de pigmentos, entre los que abundan precisamente los carotenos. Si queremos aumentar la eficiencia debemos tender hacia una simplificación estructural, de organismos y de sus comunidades. La agricultura tradicional tiende ciertamente a eso: se labra y sembramos pocas especies, para mantener las comunidades agronómicas en su punto de mayor eficiencia, en un estado lo más simple posible.

Como actualmente se perfilan los principios científicos que pueden explicar este proceder empírico de nuestra agricultura, es posible pensar en la orientación científica de la selección de plantas y de la estructuración de comunidades, para que en un tiempo dado produzcan el máximo de producto útil para el hombre y sus animales.

Por matices de color, es posible distinguir en el campo las plantas forrajeras que trabajan con la mayor eficiencia.

Todo lo dicho vale para condiciones óptimas, por ejemplo, en regadíos de zonas no muy frías ni excesivamente calurosas. Cuando intervienen factores limitantes —que frenen el desarrollo óptimo de las comunidades de nuestros agrobiosistemas—, debemos contentarnos con rendimientos menores, estacionales, pero que durante los períodos favorables del año, puedan rendir con eficiencia máxima; de esta forma contribuyen a lograr la vitalidad máxima en todos los eslabones de la cadena que forma el ecosistema de nuestro agrobiosistema.

Creemos conveniente reunir ahora algunos principios generales que se refieren a factores limitantes, aprovechando parte de los ya mencionados, pero enfocándolos con la perspectiva global que nos da el conocimiento de la economía dentro de un ecosistema.

#### LOS FACTORES LIMITANTES

Intentaremos dar a continuación, una idea de los principales factores limitantes.

*Ley del mínimo.* — El crecimiento de una planta depende de la cantidad de alimento mineral disponible en cantidad mínima. Puede ser nitrógeno, fósforo y algunas veces oligoelementos, como boro, manganeso, cobalto, etc. Es una ley clásica en todos los tratados de agricultura. La producción de un prado depende del abono que se encuentra en cantidad mínima; si lo añadimos en cantidad suficiente, el factor limitante puede ser otro. En la nutrición de pollos, se conoce muy bien la limitación del crecimiento producida por la ausencia de ciertos aminoácidos; estamos ante una ley biológica de amplias aplicaciones.

*Ley de la tolerancia.* — Podemos ampliar el número de factores limitantes (factores del clima, competencia dentro de la comunidad, etc.), considerando al mismo tiempo el efecto limitante de los máximos, tendremos que entre máximo y mínimo se encuentran los límites de tolerancia para una especie o para toda una comunidad. Esta ley es utilísima en ecología aplicada a la explotación agrícola; sin nombrarla, a ella nos referimos al estudiar los efectos de la temperatura.

Es conveniente completarla con los siguientes enunciados:

- 1) Los organismos pueden tener amplio margen de tolerancia por lo que se refiere a un factor y estrecho para otro.
- 2) Son seres de amplia distribución geográfica, si toleran muchos factores.
- 3) Cuando un factor no está en el óptimo, puede reducir la tolerancia para otros factores (falta de nitrógeno, reduce, la resistencia a la sequía).
- 4) El óptimo para un factor físico suele variar geográficamente (p. ejemplo el *Dactylis glomerata*, en cada región, se adapta a un óptimo de temperatura); estas estirpes adaptadas geográficamente a factores del ambiente, se llaman *ecotipos*.
- 5) Con frecuencia una planta no se encuentra en su estado óptimo por lo que se refiere a un factor; entonces otros factores son limitantes.
- 6) La reproducción es el período más crítico para muchos organismos (por ejemplo, las plántulas de trébol en un prado; la competencia primaveral puede ahogarlas).

Muchas veces el factor limitante es difícil de encontrar; se comprende la importancia de este problema en una explotación de pastos con ganadería. Cuando se conoce el factor limitante, podemos actuar para corregirlo o modificar los que influyen sobre él (principios 3 y 5), para elevar el rendimiento de todo el sistema.

La selección suele reducir los límites de tolerancia, dando organismos muy especializados que producen mucho cuando se encuentran en condiciones óptimas, pero apenas toleran los factores límite que algunas veces pueden presentarse. Es muy instructivo el caso de las vacas lecheras muy especializadas (holandesa frisona, p. ej.) que requieren un cúmulo de circunstancias favorables para que su rendimiento sea óptimo; si no podemos proporcionarles tantas "comodidades", es probable que una vaca menos especializada nos proporcione rendimientos más seguros. La especialización de las plantas prateras no es tan exagerada, porque normalmente seleccionamos varias líneas —procedentes de varias comarcas alejadas—, para que por síntesis nos den un tipo homogéneo en su forma, pero adaptado a las condiciones más corrientes en un país o región determinados.

Como norma general, conviene tener muy presente que los tipos más selectos deben reservarse para ambientes con unas condiciones muy favorables y estables. Los seleccionadores tienen muy en cuenta atender a la selección por adaptación a condiciones favorables en un período y desfavorables en otra estación, como venimos diciendo siempre.

**Combinación de factores limitantes.** — La presencia de un organismo y más aún su abundancia relativa en un ambiente determinado, depende de un cúmulo de factores ambientales: unos debidos al clima, otros al suelo y a la concurrencia de otros organismos. Cualquier condición que se aproxime o rebase el límite de tolerancia puede ser limitante.

El éxito de los organismos en plena naturaleza, viene controlado por *factores externos* (extrínsecos) que dependen tanto de los materiales asequibles como de otros factores ambientales, y por *factores internos* (intrínsecos) que se refieren a los límites de tolerancia del organismo a éstos y a los muchos factores del ambiente.

Merecen particular atención los *factores variables* —como humedad, temperatura, fósforo y nitrógeno en el suelo, etc.—, en especial si se conoce la escasa tolerancia de algunas plantas o animales por determinado factor variable. Conviene encontrar el factor ambiental operante en cada caso determinado, el que limita o el que *despierta* a los organismos.

Vimos algunos despertadores, como la luz para la floración (fotoestadio) y una temperatura determinada en la brotación autumnal de *Phalaris tuberosa* (alrededor de 20° C). En los desiertos muchas semillas duermen hasta que reciben el estímulo de un despertador, en este caso concreto una lluvia intensa que lava las sustancias que impedían la germinación.

Conviene:

- a) Descubrir —por observación o experimentación— los factores significativos.
- b) Determinar el momento preciso que ejercen una influencia decisiva, tanto sobre el individuo como sobre la comunidad.

Con frecuencia la observación de praderías y ganado ya basta para deducir el factor limitante de la producción; unas veces el suelo con sus fertilizantes, otra la distinta humedad edáfica, otra la presencia de una plaga, etcétera. Creemos conveniente avivar este espíritu observador y a ello tienden nuestras publicaciones; conocidos los factores que pueden ser limitantes, conviene estudiarlos a fondo, ensayando su corrección en parcelas limitadas y deduciendo reglas de buena explotación. En los cultivos, por tradición y por el contacto continuado con técnicos especialistas, ya se conocen muchos factores limitantes; por lo que se refiere al ganado, el contacto con el veterinario ya despertó el interés y espíritu observador; falta observar todos los procesos en conjunto, especialmente la producción de hierba y su aprovechamiento por el ganado.

Son corrientes los análisis del suelo; en ellos se da la cantidad de fósforo liberado por un reactivo determinado, pero esta cantidad no corresponde a la que la planta puede tomar realmente. En verano la alfalfa de secano muestra signos evidentes de falta de fósforo, en suelos que los análisis indican cantidades suficientes. Conviene saber que la sequía en suelos algo alcalinos, puede dificultar la entrada de fósforo en las raíces de las plantas; lo que realmente importa es cómo se libera el fósforo del suelo y la velocidad de dicho proceso; con seguridad es más rápido en primavera, cuando la humedad es óptima y la temperatura en aumento activa el metabolismo del bioedafon, estimulando la movilización de fósforo. Se trata de procesos muy complejos, poco conocidos actualmente, pero que tendrán una importancia enorme en el progreso agrícola del futuro.

Una cosa podemos asegurar con certeza: nuestros pastos y toda la agricultura en general, adolecen de falta de humus, poco fósforo, poco nitrógeno y normalmente poco potasio. El *humus* aumenta cultivando prados —en rotación con los cultivos— y manteniendo mucho ganado en la finca; el *fósforo* aumenta si en la cuadra utilizamos superfosfatos para la desinfección (aumentamos fósforo en el estiércol) y aplicando superfosfato una o dos veces al año (antes de cada período vegetativo intenso); el *nitrógeno* aumenta en el estiércol si cultivamos muchas leguminosas, o bien aplicando nitrosulfato amónico, sulfato amónico, nitratos, urea, etc., a los cultivos sin leguminosas o a los prados con leguminosas durante los meses fríos (nitrosulfato amónico en febrero y acaso en octubre); el *potasio* aumenta aprovechando los orines y "purín"

del estercolero, aplicando potasa al sembrar y al abonar con nitrogenados y potasa en invierno.

Corregidas las deficiencias más corrientes, puede pensarse en otros limitantes, como sequía temporal, frío-calor excesivos, etc. Finalmente debe atenderse a las plagas (factor limitante muy frecuente), adoptando siempre que sea posible las cultivares resistentes a las más frecuentes o bien luchando contra ellas con sustancias químicas.

Conviene observar la influencia de años lluviosos o secos en la composición de los pastos naturales; especies en aumento durante años húmedos y su retroceso —reemplazadas por otras más resistentes— durante varios años seguidos de sequías excepcionales. La observación atenta de todas sus producciones, es indispensable al que quiera convertirse en agricultor-ganadero, la única profesión posible en muchos ambientes rurales con agricultura desfasada y rutinaria.

*Expresión cuantitativa de los factores limitantes.* — Existen en algunos países estudios encaminados a determinar las zonas óptimas para cada cultivo. Las que acusan una *producción media*, más elevada y un *coeficiente de variación* más reducido (diferencia entre años extremos), resultan ser siempre las más propicias para el cultivo estudiado.

Cuando se presume que un abono es limitante, puede añadirse en distintas cantidades dentro de parcelas iguales y distribuidas con muchas réplicas; de esta forma pueden estudiarse estadísticamente los incrementos de producción debidos a la aplicación de un abono (véase por ejemplo lo dicho en relación con la potasa, en *Boletín Agropecuario*, 1958, página 126).

*Los indicadores ecológicos* — La observación y ensayos biológicos realizados por especialistas, muestran una serie de plantas y animales que pueden indicar la ausencia, nimiedad o abundancia de un determinado factor ecológico limitante. Veamos algunas reglas generales.

Organismos con estrecho margen de adaptación a un factor ambiental, son indicadores mejores que los de amplio margen de adaptación.

Las especies grandes —plantas perennes, rumiantes, etc.— son mejores indicadores que las pequeñas especies de ciclo muy rápido; las últimas no pueden indicar condiciones estables.

Antes de señalar especies indicadoras, conviene realizar experiencias de campo, para ver si responden al factor limitante. Conviene tener presente la existencia de *ecotipos*.

##### 5. — La comunidad de plantas y animales intervenida por el hombre. (Agrobiosistemas)

Desde siempre el hombre actúa sobre los ecosistemas naturales, dirigiendo a sus animales, labrando, sembrando, etc. Esta penetración humana en los ecosistemas conduce al que podría llamarse *antropoecosistema* que quedamos en denominar *agrobiosistema*.

La finalidad que persigue el hombre al actuar sobre los ecosistemas es precisamente la de subvenir sus necesidades. Además del alimento, existen una serie de necesidades y las satisface con disponibilidades monetarias; para ello es necesario comercializar las producciones de su finca. En el concepto de agrobiosistema deben incluirse las exigencias de los mercados, regional, nacional e internacional.

Las exigencias del mercado afectan con una misma tendencia a toda una región productora y conviene simplificar las operaciones de compra-venta por medio de la asociación: no son otra cosa lo que denominamos *agrobiosistemas cooperativos*.

En este capítulo intentamos dar una idea de la posible aplicación de los principios ecológicos modernos a la explotación de *agrobiosistemas familiares* y a la de los *agrobiosistemas cooperativos*, con todos los factores limitantes del ciclo productor y comercial primario. Nos parece que este camino puede permitir el desarrollo de una verdadera *agrobiología* científica que ayude a desplazar el empirismo de la agricultura actual.

Nuestro concepto de agrobiosistema familiar coincide normalmente con el de finca agropecuaria explotada unitariamente, es la empresa agraria familiar. La única diferencia está en que aquí partimos de un *punto de vista* y de unos *métodos ecológicos*, para ensamblar las relaciones biológicas entre todos los elementos que contribuyen en el ciclo productor. En este terreno debemos intentar la aplicación y generalización de los principios que regulan la economía de los ecosistemas.

Existen dos producciones básicas: la de tipo agrícola y la ganadera. Los productos ganaderos alcanzan mayor valor en el mercado, pero los agrícolas producen mayor masa de producto por hectárea. Para aumentar la fertilidad del suelo conviene simultanear las dos producciones, acentuando la importancia de la que en cada región es más rentable. Esta alternancia en las producciones, encaminada a obtener unos ingresos máximos con aumento de fertilidad de todo el sistema productor, forma un sistema ecológico sometido a las leyes generales de los ecosistemas.

##### ECONOMÍA DE LOS AGROBIOSISTEMAS

La eficiencia de un agrobiosistema depende de la que poseen sus ecosistemas básicos; la de éstos depende fundamentalmente de la rapidez en cerrar sus ciclos tróficos, para que se libere la fertilidad que permita el desarrollo de una nueva masa vegetal, con detención corta en plantas y animales para volver a iniciar el ciclo.

Una explotación adecuada de los prados, pondrá alimento abundante a disposición de los herbívoros; éstos pueden transformarse con mayor eficiencia esta hierba si por selección disponemos del ganado adecuado. Por selección pueden mejorarse las producciones de la hierba y las del ganado, pero se llega finalmente a un límite.

Como en los agrobiosistemas no interesa la producción bruta sino la que alcanza un elevado valor comercial, cambia completamente el sentido del rendimiento productor; se intenta obtener productos que con un gasto mínimo alcancen los precios más altos del mercado.

Agrobiosistemas equilibrados que funcionen con un mínimo de intervención humana, serán los que ocasionarán menos gastos. El incremento en ingresos debe compensar el aumento de intervención humana en los agrobiosistemas menos naturales.

El principio ecológico de los factores limitantes, es precisamente el que debe orientar en la elección de las acciones humanas más rentables. Removido un factor aparecerán otros, hasta que finalmente se puede llegar al límite teórico de eficiencia productiva o sea al potencial productivo del agrobiosistema.

## FACTORES LIMITANTES DEL AGROBIOSISTEMA

Además de los propios de sus ecosistemas, intervienen factores relacionados con la actividad humana: horas de trabajo disponibles, compra de abonos, de piensos, dispersión de parcelas, utillaje disponible, variaciones del mercado, etc.

En fincas poco accesibles el predominio será ganadero, con producciones cárnicas o ganado de vida, que es posible trasladar al mercado regional por su propio pie; en alta montaña el ganado equino resultó el más adaptado hasta fecha muy reciente, pero su depreciación en el mercado limita actualmente esta producción. El ganado lanar le sigue en movilidad, pero existen problemas graves para la invernada; el vacuno es más exigente, pero cuidando los prados y conservando hierba para el invierno (ensilados, heno), puede prosperar en fincas de montaña aisladas y con suelos de mediana fertilidad.

En las huertas suburbanas las posibilidades de producción son muy grandes; el mercado y la disponibilidad de mano de obra pueden ser los factores limitantes de tipo humano que regularán los cultivos más adecuados y menos sujetos a dichas limitaciones. Las posibilidades de elección son muy grandes y nos encontramos ante un tipo de explotación de carácter casi industrial, como por ejemplo las huertas de la Maresma, con sus claveles y hortalizas.

La mayoría de las explotaciones agropecuarias se encuentran entre los dos extremos citados, pero para todas ellas rige la necesidad de obtener mercancías de valor, reducir la mano de obra y mantener o elevar la fertilidad de sus tierras. En todas ellas conviene alternar los cultivos explotadores —la mayoría de cultivos agrícolas— con períodos dedicados a cultivos elevadores de fertilidad —praderas temporales sembradas—, junto con ganado en el que predominen los herbívoros que con sus excrementos incrementen la fertilidad del suelo, hasta el máximo de ingresos por unidad de superficie.

Resuelto el factor limitante de la fertilidad escasa, que es ciertamente el fundamental, aparecen los de tipo humano (trabajo necesario, ocupación permanente, dificultades para la mecanización, dispersión parcelaria, oscilaciones periódicas del mercado, etc.), que limitan el rendimiento económico de todo el sistema explotador. Este debe adaptarse al ambiente físico-biológico y al humano-económico.

Los agrobiosistemas completos —con rotación de cultivo explotador y pradera regeneradora—, adaptados al hombre que explota y equilibra y al mercado consumidor, gozan de una extraordinaria flexibilidad; ligeras modificaciones en los detalles permiten adaptarlos rápidamente a las circunstancias más imprevistas, logrando una agricultura de tipo industrial, con mayor capital de explotación y una renta por hectárea más elevada.

Para el debido conocimiento de los factores limitantes de tipo económico, es indispensable un plan ordenado de registros y anotaciones contables, conocer la producción en leche o en carne de una hectárea de pradera temporal, conocer si las distintas producciones compensan los gastos y las horas de trabajo que exigen en cada época del año, etc. Son todo ello temas y aspectos familiares a cualquier productor, pero conviene insistir en la conveniencia de tener una idea cabal del proceso productor y de los factores que lo regulan. No existen problemas aislados de producir hierba, ni de aumentar el ganado, ni de vender en condiciones ventajosas; los tres van íntimamente ligados. La empresa agropecuaria constituye un todo, en el que cada sección debe trabajar a pleno rendimiento adaptada a las otras si se quiere lograr una producción final económica. Si producimos mucha hierba pero el ganado la aprovecha mal o viene a destiempo, si el ganado no produce lo que podría por

fallos en la alimentación, si no producimos lo que paga bien el mercado, fallará la renta de la finca en su conjunto. Deben equilibrarse las producciones y aprovechar al máximo la fertilidad del suelo y las circunstancias climatológicas. Donde interesen preferentemente los productos agrícolas, se reducirá la superficie destinada a praderas y alfalfa, y se cultivarán forrajes de ciclo corto intercalados entre los cultivos fundamentales; en tal caso conviene completar el ganado con consumidores de piensos concentrados (cerdos, gallinas), procurando un aprovechamiento integral de los residuos vegetales de la finca. Sin ganado productor de estiércol faltaría un elemento esencial para el mantenimiento de la fertilidad del suelo.

## LOS AGROBIOSISTEMAS COOPERATIVOS

En una región concreta, con agrobiosistemas familiares muy semejantes, en condiciones de clima y mercado comunes, interesa ordenar las compras y las ventas de suerte que distraigan lo menos posible al empresario responsable. Las cooperativas agrícolas, ganaderas o agropecuarias surgieron espontáneamente para atender esta necesidad.

El hombre —con su familia—, agrupa ecosistemas más o menos artificiales y forma la unidad de explotación regulada por su actividad; el hombre es el aglutinante de un agrobiosistema. Los agrobiosistemas comarcales tienen por aglutinante unas necesidades comunes de mercado y su unión lógica parece la cooperativa. Tales unidades sociales-económico-biológicas, permiten multiplicar la eficiencia comunitaria, las disponibilidades de capital y la gestión técnica. Es comprensible que los técnicos muestren poco interés por fincas de extensión limitada y con escasos problemas de interés general; en los agrobiosistemas cooperativos se ordenan los problemas y destacan los más generales, los que requieren mayor atención de los técnicos responsables del progreso agrícola-ganadero. La unión cooperativa permitirá destacar los factores limitantes, tanto del mercado como los propios del ambiente ecológico comarcal; a través de la cooperativa pueden divulgarse las técnicas de mayor repercusión en la economía de las producciones fundamentales. El progreso agropecuario danés se debe en gran parte a unos agrobiosistemas cooperativos muy bien estructurados y eficientes. Es el camino para lograr la eficiencia económica máxima de nuestras empresas agropecuarias; respeta la libertad individual y la completa por la asociación.

\*

\* \*

No quisiéramos cerrar esta exposición de teorías y hechos algo abstractos sobre explotaciones agropecuarias, sin unas recomendaciones finales de orden general.

Hemos expuesto algunos de los conocimientos biológicos más útiles al agricultor preocupado por las producciones de pasto y ganado. El deseo de utilizar un lenguaje más comprensible nos ha llevado a simplificar los hechos biológicos en esquemas que acaso podrían interpretarse mal; hemos citado ciertos aspectos que aún no salieron del campo netamente biológico, pero que indudablemente alcanzarán gran repercusión en las técnicas de los próximos años; sería aventurado llevarlos a la práctica sin contar con el asesoramiento técnico indispensable.

Como reiteradamente hemos repetido a lo largo de los tres artículos, pretendemos dar normas que ayuden a crear una mentalidad más progresiva entre nuestros agricultores, que éstos vean las posibilidades y se percaten de los límites teóricos alcanzables en el aumento de sus producciones agropecuarias. Nos hemos esforzado en ayudar a interpretar correctamente hechos de observación corriente, para que el agricultor vea los que pueden limitar sus producciones y realice pequeños ensayos que confirmen lo que puede deducir de la observación directa de los hechos.

Esta tercera y última parte de nuestro estudio dedicada a ecología resulta fundamental; las anteriores constituían la base para hacerla más comprensible. La observación de los factores limitantes interesa a todos; agricultores y ganaderos. Tal observación forma parte de las mejores rutinas que se siguen en el campo; una observación atenta, con conocimientos fundamentales, permitirá alcanzar rutinas más perfectas; el logro de rutinas más perfectas, simplificará el trabajo del agricultor y lo hará más productivo. Aguzar el espíritu observador, constituye la mayor aspiración de este modesto biólogo preocupado por la productividad agropecuaria.



## INDICE

### I. — MORFOLOGIA DE LAS PLANTAS PRATENSES

	Págs.
1. <i>La semilla</i>	5
Modalidades de la germinación	6
2. <i>Formación de la raíz</i>	7
Simbiosis radical	8
3. <i>Formación del tallo y hojas</i>	8
Tipología de los tallos	8
El brote cómo elemento del prado	9
Tipología de las hojas	10
El crecimiento foliar	12
El área foliar	12
4. <i>Formación de las flores</i>	13
Morfología de la flor y fruto	14
Inflorescencia de las gramíneas	15
5. <i>Reconocimiento de las gramíneas sin espiga</i>	16
6. <i>Reconocimiento de las leguminosas sin flor ni fruto</i>	17
7. <i>Reconocimiento de las forrajeras por su semilla</i>	18

### II. — FISILOGIA DE LAS PLANTAS PRATENSES

1. <i>La planta vista por dentro y su funcionamiento</i>	20
El sistema conductor de la savia	20
El sistema protector	21
El sistema de aireación	21
El sistema excretor	21
Los tejidos fundamentales	21
2. <i>Fisiología de la nutrición</i>	22
La función cloroflica	22
Nutrición de los tejidos jóvenes	23
Absorción por la raíz	23
Transporte de la savia bruta	24
Transporte de la savia elaborada	24
Acumulación de alimentos	24
3. <i>Fisiología del crecimiento y movimientos</i>	24
Regulación del crecimiento	24
Alargamiento del tallo y de la raíz	25
Movimientos de las plantas	25
Tejidos jóvenes y tejidos viejos	25
La fisiología del crecimiento como problema de práticamente	26
El crecimiento en climas algo secos	27
Variaciones en la composición de las plantas	27
4. <i>Fisiología de la reproducción</i>	28
El termostadio	29
El fotoestadio	29
Fecundación	29

	Págs.
Maduración de la semilla . . . . .	29
La germinación . . . . .	30
5. <i>Genética</i> . . . . .	30
El mecanismo de la herencia . . . . .	30
La genética de las plantas pratenses . . . . .	31
Importancia de la selección de las pratenses . . . . .	31
6. <i>Problemas de fisiología aplicada a la praticanura</i> . . . . .	32
El ciclo del nitrógeno . . . . .	32
El equilibrio entre gramíneas y leguminosas . . . . .	33
La productividad de los prados . . . . .	34
La instalación de gramíneas . . . . .	35
La instalación de leguminosas . . . . .	36

### III. — ECOLOGIA DE LAS PLANTAS PRATENSES

1. <i>La planta aislada y su ambiente (Autoecología vegetal)</i> . . . . .	37
Acción de la luz . . . . .	38
Acción del calor . . . . .	38
Acción del agua y de la humedad . . . . .	40
Estudio del clima . . . . .	41
Estudio del suelo . . . . .	42
Estudio de un suelo natural . . . . .	42
Alteraciones agrícolas del suelo . . . . .	42
Textura y estructura del suelo . . . . .	43
Correcciones del suelo . . . . .	43
Abonado . . . . .	44
La humedad en el suelo . . . . .	44
La fauna y flora del suelo . . . . .	45
2. <i>La comunidad vegetal (Fitosociología)</i> . . . . .	45
Estructura de una comunidad vegetal . . . . .	46
3. <i>La comunidad de plantas y animales (Biocenología)</i> . . . . .	47
La comunidad de pasto y ganado . . . . .	47
Las comunidades del suelo y su influencia sobre la fertilidad . . . . .	48
4. <i>La comunidad sobre la fertilidad de plantas y animales en su ambiente (Ecosistemas)</i> . . . . .	50
Los ciclos fundamentales (ciclos tróficos) . . . . .	51
El ecosistema pastoral . . . . .	51
El ecosistema más eficaz . . . . .	53
La productividad del pasto . . . . .	54
Factores que influyen en la productividad . . . . .	54
Los factores limitantes . . . . .	55
Ley del mínimo . . . . .	55
Ley de la tolerancia . . . . .	55
Combinación de factores limitantes . . . . .	56
Expresión cuantitativa de los factores limitantes . . . . .	58
Los indicadores ecológicos . . . . .	58
5. <i>La comunidad de plantas y animales intervenida por el hombre (Agrobiosistema)</i> . . . . .	58
Economía de los agrobiosistemas . . . . .	59
Factores limitantes del agrobiosistema . . . . .	60
Los agrobiosistemas cooperativos . . . . .	61