

Evaluación química de especies pratenses durante el crecimiento primario

B. GARCÍA CRIADO y A. GARCÍA CIUDAD

Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca. C.S.I.C.

RESUMEN

Se aborda la evaluación química de diez especies pratenses cultivadas en los regadíos de la cuenca media del río Tormes. Para ello fue preciso conocer las variaciones que experimentaron CC, NDF, ADF, hemicelulosa, celulosa, lignina, DCC, DNDF y DMD en cada una de las especies en tres fases fundamentales (estado de hoja, floración y madurez) a lo largo del crecimiento primario controlado durante dos años consecutivos.

Asimismo, en dichas especies se estima la disminución diaria de digestibilidad con la edad de la planta, en tres periodos distintos del crecimiento primario.

En la actualidad se dispone relativamente de poca información que relacione la producción y la calidad de nuestra propia producción forrajera, durante su ciclo de crecimiento, pese a la gran importancia que éstos suponen en la producción animal. En éste, anteriores [GARCÍA y GÓMEZ (6) (7) (8) (10), GARCÍA y GARCÍA (4) y GARCIA, DUQUE y GARCIA (5)] y posteriores trabajos en preparación, se intenta hacer un aporte de conocimientos en esta dirección.

La evaluación química de pastos y forrajes comprende el estudio de cuantos componentes químicos ejercen influencia sobre la calidad de la hierba. Esto lleva implícito el conocimiento del valor nutritivo de dicho alimento, factor éste esencial del cual depende todo programa de evaluación de especies pratenses.

El índice principal que modernamente se viene utilizando como medida del valor nutritivo de los forrajes es su digestibilidad, la cual debe ir acompañada del conocimiento de componentes y factores que puedan ejercer influencia sobre ella. Así pues, si bien se presupone que los contenidos minerales no son limitantes, éstos se encuentran en cantidades requeridas o bien es

factible, añadirles para lograr su equilibrio; los componentes que afectan a la digestibilidad de la materia seca del forraje (DMD) son los contenidos de: protoplasma celular (CC), pared celular (NDF), fibra ácido-detergente (ADF), hemicelulosa, celulosa y lignina.

De otro lado se encuentran los factores: fase de crecimiento o estado vegetativo, clima, taxón, tipo de suelo, etc. A este respecto, GARCÍA y GARCÍA (4), GARCÍA, DUQUE y GARCÍA (5), GARCÍA y GÓMEZ (6) (10) y GARCÍA (9) describen ciertos aspectos de los efectos de la época y frecuencia de corte sobre crecimiento, producción y calidad de los forrajes. De ahí que, tratando una vez más de profundizar y matizar aspectos de tal relevancia en la producción prático-la, se aborde en este trabajo la evaluación química de diez especies pratenses cultivadas en los regadíos de la cuenca media del río Tormes.

El objetivo principal radica en conocer las variaciones de CC, NDF, ADF, hemicelulosas, celulosa, lignina, DCC*, DNDF* y DMD* producidas a lo largo del crecimiento primario de especies pratenses, durante dos años consecutivos de control. Asimismo, posteriormente se estima el decrecimiento diario de digestibilidad con la edad de la planta.

EXPERIMENTAL

Seleccionadas las especies pratenses, *Medicago sativa* "Europe FD-100", *Trifolium pratense* "Comercial Prodes", *Trifolium repens* "C.P.I. 1942", *Phalaris tuberosa* "Comercial Prodes", *Lolium perenne* "V 807", *Lolium italicum* "Tetrone", *Dactylis glomerata* "Tardus II", *Dactylis glomerata* "Comercial Prodes", *Festuca arundinacea* "C.P.I. 18952" y *Festuca elatior* "Comercial Prodes", se montó un experimento cuya normativa, manejo y controles fueron ya expuestos en publicaciones anteriores [GARCÍA y GÓMEZ (6) (10), GARCÍA, DUQUE y GARCÍA (5) y GARCÍA (9)].

Para el control del crecimiento primario se tomaron muestras de plantas distintas mensualmente, desde abril hasta agosto, durante el primer año (supuso cinco tomas) y desde marzo hasta julio, con toma de muestras cada diez días, para el segundo año (supuso nueve tomas).

En el trabajo, sin embargo, sólo se consideran tres de las muestras más representativas correspondientes a las fases de crecimiento, floración y madurez. En cada año de control se procuró realizar la toma de muestras en idéntica fase de desarrollo para las distintas especies. Aunque, como es lógico, varió la fecha en que se tomaron las muestras. Estas fechas y estados vegetativos específicos a cada una de las especies estudiadas se encuentran expresados en la tabla I.

Para las determinaciones analíticas se utilizaron los métodos propuestos por VAN SOEST (27) (29) (31) y VAN SOEST y WINE (33), así como sus sistemas sumativos de predicción de la digestibilidad. TREVIÑO y CABALLERO (25) y GARCÍA (9), entre otros, también han puesto de manifiesto la utilidad y alcance de dichos sistemas de evaluación química.

Los períodos durante los cuales se controló el decrecimiento diario de

-
- * DCC = Contenido celular digestible.
 - * DNDF = Pared celular digestible.
 - * DMD = Sustancia seca digestible.

TABLA NUM. 1

FECHAS DE CORTE Y ESTADO VEGETATIVO EN QUE SE ENCONTRABAN LAS ESPECIES ESTUDIADAS

ESPECIES PRATENSES	FECHAS DE CORTE Y ESTADO VEGETATIVO		
	10-IV-1971 6-IV-1972	15-V-1971 6-V-1972	15-VI-1971 5-VI-1972
<i>Medicago sativa</i>	Estado de hoja	Gemación avanzada	Floración-fructificación
<i>Trifolium pratense</i>	Gemación avanzada	Floración en un 5 %	Fructificación avanzada
<i>Trifolium repens</i>	Estado de hoja-Gemación	Floración en un 15 %	Fructificación
<i>Lolium perenne</i>	Espigado en un 25 %	Floración en un 80 %	Fructificación avanzada
<i>Lolium italicum</i>	Principio de encañado	Espigado en un 20 %	Floración-fructificación
<i>Phalaris tuberosa</i>	Principio de encañado	Encañado-espigado	Floración-fructificación
<i>Dactylis glomerata</i> "Tardus II"	Encañado	Espigado en un 40 %	Fructificación avanzada
<i>Dactylis glomerata</i> "Comercial"	Encañado	Espigado en un 50 %	Fructificación avanzada
<i>Festuca arundinacea</i>	Encañado avanzado	Espigado en un 60 %	Fructificación avanzada
<i>Festuca elatior</i>	Encañado avanzado	Espigado en un 60 %	Fructificación avanzada

la digestibilidad fueron: 35, 31 y 63 días y 30, 31 y 61 días. Espacios éstos de tiempo entre las correspondientes fases de crecimiento-floración, floración-madurez y crecimiento-madurez, respectivamente, para los dos años estudiados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las figuras 1 y 2 se han representado a escala los porcentajes de CC, NDF, ADF, hemicelulosas, celulosa, lignina, cenizas insolubles, DCC, DNDF y DMD, para los estados de *crecimiento*, *floración* y *fructificación* correspondientes a cada uno de los crecimientos primarios; las fechas de corte, expuestas en la parte superior de las figuras, varían de un año a otro, pero a cada muestra del primero le corresponde, en su estado vegetativo, otra del segundo. Cada uno de los rectángulos de las citadas figuras son equivalentes a 100 partes de sustancia seca, y corresponden a cada uno de los estados vegetativos en que se encontraban las diferentes especies. En ellos, cada entidad química antes enumerada está representada por una porción de superficie señalada con diferente rayado, y su localización se indica mediante flechas.

Asimismo, en la tabla II se expresan los decrecimientos diarios que experimentan los contenidos celulares digestibles (DCC), de pared celular digestible (DNDF) y la suma de ambos, que representa la digestibilidad de la sustancia seca (DMD) a medida que avanza la madurez de las plantas, para tres períodos distintos y en dos años consecutivos de control.

A continuación se discuten a nivel de familia, género y especie, primero la variación individual de cada componente con la madurez y después el decrecimiento diario de DCC, DNDF y DMD.

VARIACIÓN CON LA MADUREZ

a) *Contenido celular y fibras neutro y ácido-detergente:*

Según VAN SOEST (29), la fibra neutro-detergente (NDF) constituye la pared celular de los forrajes y está compuesta esencialmente de hemicelulosas, celulosa, lignina y cantidades menores de cutina y sílice. Mientras que la porción restante representa el contenido celular (CC), que lo integran azúcares, líquidos, proteínas, almidón y pectina, principalmente; la fibra ácido-detergente es la fracción de NDF sin hemicelulosas, por tanto, la diferencia entre NDF y ADF representa las hemicelulosas [VAN SOEST (31)].

La representación gráfica y porcentual de la variación que experimentan los contenidos de CC, NDF y ADF con la madurez, se muestran en las figuras 1 y 2. En ellas, los rectángulos se dividen horizontalmente en dos partes; la superior representa los contenidos celulares y la inferior la pared celular (parte ensombrecida). La fracción de pared celular (NDF) está constituida por hemicelulosa (rayado inclinado), celulosa (rayado horizontal), lignina (zona punteada) y ceniza insoluble (minúsculo espacio en blanco situado debajo de la lignina). Las tres últimas entidades juntas representan la fibra ácido-detergente, siendo $NDF-ADF = \text{hemicelulosa}$.

Las diferencias entre los respectivos estados de crecimiento de ambos años para una especie determinada son mínimas, aunque importantes entre

TABLA NUM II

DECRECIMIENTO O CRECIMIENTO (—) DIARIO DE LOS PORCENTAJES DE DCC (a),
DMD (b) Y DNDF (c) EN TRES PERIODOS DEL CRECIMIENTO PRIMARIO
CONTROLADO DURANTE DOS AÑOS CONSECUTIVOS

ESPECIE	INTERVALOS DE TIEMPO					
	Año 1971			Año 1972		
	10-IV a 15-V	15-V a 15-VI	10-IV a 15-VI	6-IV a 6-V	6-V a 5-VI	6-IV a 5-VI
<i>Medicago sativa</i>						
a	0,46	0,03	0,26	0,17	0,45	0,31
b	0,14	0,23	0,18	0,23	0,23	0,23
c	—0,31	0,19	—0,08	0,07	—0,23	—0,08
<i>Trifolium pratense</i>						
a	0,06	0,06	0,06	0,30	0,35	0,32
b	0,09	—0,13	—0,02	—0,13	0,32	0,10
c	0,03	—0,19	—0,08	—0,43	0,03	—0,23
<i>Trifolium repens</i>						
a	0,20	0,03	0,12	0,07	0,17	0,11
b	0,14	0,00	0,08	0,10	0,00	0,05
c	—0,06	—0,03	—0,05	0,03	—0,16	—0,07
<i>Phalaris tuberosa</i>						
a	—0,03	0,90	0,40	0,10	0,33	0,22
b	0,20	0,26	0,24	0,30	0,03	0,17
c	0,23	—0,64	—0,16	0,20	—0,30	—0,05
<i>Lolium perenne</i>						
a	0,09	0,23	0,15	0,40	0,07	0,23
b	0,26	0,03	0,15	0,13	0,23	0,18
c	0,17	—0,19	0,00	—0,27	0,16	—0,05
<i>Lolium italicum</i>						
a	0,17	0,00	0,09	0,10	0,57	0,33
b	0,14	0,13	0,14	—0,10	0,57	0,23
c	—0,03	0,13	0,05	—0,20	0,00	—0,10
<i>Dactylis glomerata</i> "Tardus II"						
a	0,20	0,42	0,31	0,27	0,33	0,30
b	0,20	0,32	0,26	0,27	—0,10	0,08
c	0,00	—0,10	—0,05	0,00	0,43	—0,22
<i>Dactylis glomerata</i> (Comercial)						
a	0,37	0,13	0,26	0,33	0,35	0,35
b	0,40	0,10	0,26	—0,10	0,32	0,12
c	0,03	—0,03	0,00	—0,43	—0,03	—0,23
<i>Festuca arundinacea</i>						
a	0,37	—0,03	0,18	0,23	0,19	0,21
b	0,09	0,13	0,11	0,43	0,47	0,44
c	—0,29	0,16	—0,08	0,20	0,26	0,23
<i>Festuca elatior</i>						
a	0,43	0,03	0,25	0,17	0,10	0,13
b	0,43	0,00	0,23	0,03	0,07	0,05
c	0,00	—0,03	—0,02	—0,13	—0,03	—0,08

las diferentes especies, especialmente entre las de leguminosas y de gramíneas.

En gramíneas existe un marcado paralelismo entre especies de un mismo género, mientras que en las leguminosas el parecido es casi insignificante. Destacan de manera especial *Trifolium repens*, en que el tanto por ciento de NDF y ADF sobre el total es muy bajo, frente a *Lolium perenne*, los *Dactylis* y *Festuca*, que poseen los máximos contenidos. En *Phalaris tuberosa* los contenidos son relativamente cercanos a los de leguminosas.

En las figuras 1 y 2 puede verse con claridad cómo las concentraciones de NDF y ADF crecen de forma muy marcada a medida que avanza la madurez de las plantas; en consecuencia, el contenido celular disminuye de la misma forma. Sin embargo, existe un notable paralelismo entre las representaciones de los tres estados de desarrollo, en ambos años y dentro de la misma especie.

Por lo general, las gramíneas siempre presentan mayores porcentajes de NDF y ADF que las leguminosas, pero menores de CC. En leguminosas las diferencias entre NDF y ADF son muy pequeñas, en tanto que para gramíneas resultan notables. No obstante, *Trifolium pratense* se asemeja más a las gramíneas que a las especies de su propia familia. Mientras que *Trifolium repens* es la especie que presenta los menores contenidos de fibra y mayores, por tanto, de CC en los tres estados vegetativos estudiados.

b) Hemicelulosas:

La denominación general de hemicelulosas comprende a todos los polisacáridos no celulósicos y distintos de la pectina. Estos polisacáridos forman dos grandes grupos de sustancias: pentosanas, formadas principalmente por pentosa y hexosanas, que se componen de pentosa libre.

Anteriormente ya se indicó que, de acuerdo con el fraccionamiento químico de la materia seca de forrajes propuesto por VAN SOEST (29), el contenido de hemicelulosas corresponde a la diferencia entre las fibras NDF y ADF.

En las figuras 1 y 2 puede verse la proporción porcentual de hemicelulosa sobre el total de los demás componentes de los forrajes. Dicho componente químico, de aportación insignificante en *Trifolium repens* y *Medicago sativa* (figura 1), es verdaderamente importante en *Trifolium pratense* y principalmente en especies de gramíneas.

Las concentraciones de hemicelulosas para algunas especies presentan cierta tendencia a aumentar con la madurez de las plantas. Pero en otras no existe cambio apreciable alguno o quizá un ligero descenso. Por todo ello se puede asegurar que las hemicelulosas son el constituyente químico de la pared celular de los forrajes que menos fluctuaciones presenta con la edad de dichas plantas. Esto no es más que una confirmación de los resultados a que también llegó SULLIVAN (23), entre otros.

En cuanto a fluctuaciones se refiere, las especies de *Dactylis* y *Lolium perenne* presentan las mayores diferencias entre los estados de crecimiento. Sin embargo, cabe destacar que, en líneas generales, las gramíneas poseen casi siempre de tres a cinco veces más hemicelulosas que las leguminosas. *Trifolium pratense* destaca con concentraciones más parecidas a gramíneas que

a leguminosas, mientras que los géneros *Festuca* y *Dactylis* alcanzan contenidos superiores a las especies del género *Lolium* y *Phalaris tuberosa*.

c) *Celulosa*:

El principal componente de la pared celular de los forrajes lo constituye la celulosa. Esta, a su vez, está íntimamente asociada con la lignina y hemicelulosas, ya que principalmente estas últimas son los precursores de aquella. Las tres entidades forman parte de la NDF, y su separación se puede realizar satisfactoriamente usando el sistema de fraccionamiento propuesto por VAN SOEST (27) (29) (33).

La celulosa es la fracción que en mayor proporción se encuentra en NDF y más aún en ADF; por tanto, esto condicionará comportamientos muy similares entre dichas entidades.

Representando porcentualmente a escala la concentración de celulosa sobre el total de los demás componentes del forraje (figuras 1 y 2), a primera vista se aprecia un estrecho paralelismo entre las variaciones de fibra y celulosa. Es decir, en todas las especies, como se ha dicho, aumenta la concentración con la madurez, aunque menos que lo hacían NDF y ADF.

El aumento de celulosa casi nunca sobrepasa el 15 % desde los primeros a los últimos estados de crecimiento. También aquí pueden apreciarse escasas diferencias entre ambos años, como para los otros componentes estudiados. Sin embargo, existen grandes diferencias entre gramíneas y leguminosas. Estas últimas, junto con *Phalaris tuberosa*, son las que muestran concentraciones más bajas.

Las gramíneas presentan gran similitud entre estados de crecimiento correspondientes, de manera especial entre especies de un mismo género. Pero de manera general todas las especies manifiestan un progresivo aumento desde el primero al último estado de crecimiento en ambos años; *Medicago sativa*, *Phalaris tuberosa* y *Dactylis glomerata* "Tardus II" son las especies donde más se manifiesta el incremento de celulosa con la edad.

Las especies con variaciones mayores de concentración de celulosa son las de los géneros *Dactylis* y *Lolium*, respectivamente. Mientras que en leguminosas las variaciones son menores y ligeramente próximas a las que aparecen en el género *Lolium*. Sobresalen de todas las especies las de los géneros *Festuca* y *Dactylis*, ya que presentan máximos niveles de concentración.

Finalmente, se puede asegurar que el estado vegetativo o grado de madurez de las plantas es un factor que ejerce una influencia considerable sobre la concentración de celulosa en especies pratenses. Esto mismo ya ha sido manifestado por SULLIVAN (21) (22) (24) y VAN SOEST y MOORE (32), entre otros, quienes también señalan que las gramíneas poseen casi siempre más celulosa que las leguminosas.

d) *Lignina*:

La lignina es uno de los componentes esenciales de la pared celular de los vegetales; pero, sin lugar a dudas, el principal desde el punto de vista de la digestibilidad. Es el factor que de manera más directa la afecta y deprime al incrustarse entre las moléculas de los demás componentes de la pared

celular (celulosa y hemicelulosas), impidiendo sean digeridos por los animales que los consumen. Lignina, celulosa y hemicelulosa son elementos de sostén en las plantas, y a ellos se debe la rigidez característica de los tejidos vegetales [SULLIVAN (21) (23) (24) y VAN SOEST (28) (30) (31)].

En las figuras 1 y 2 se muestran las áreas que representan los contenidos de lignina. Estas se extienden a medida que progresa la madurez de las plantas y restan espacio a otras fracciones, como hemicelulosas y contenidos celulares. No obstante, se aprecian marcadas diferencias entre estados de crecimiento y especies.

Así, leguminosas alcanzan las concentraciones más altas encontradas para bajas proporciones de paredes celulares, lo que se traducirá en una baja digestibilidad de las mismas.

Por otro lado, en las citadas figuras pueden verse importantes variaciones de los contenidos de lignina, aun cuando se comparen los mismos estados de crecimiento para ambos años y en cada una de las especies. Pero siempre el mayor grado de similitud aparece para los últimos estados vegetativos (floración y madurez).

Para grandes proporciones de NDF, las especies que menos lignificación presentan son *Lolium italicum* y *Dactylis glomerata* "Tardus II", respectivamente. Después siguen las restantes gramíneas, con niveles muy próximos entre sí, y, finalmente, las leguminosas *Trifolium repens* y *Medicago sativa*, con niveles relativamente altos. Especial atención merecen los últimos estados de crecimiento de *Medicago sativa*, puesto que el grado de lignificación en ellos es muy elevado. Otras especies que también se lignifican bastante en los últimos estados de crecimiento son las *Festuca*.

La lignina es indigestible e inhibe la digestibilidad de las paredes celulares; las leguminosas vimos que poseían bajos contenidos de pared celular (NDF), con elevadas proporciones de lignina; las gramíneas, alto contenido de NDF, con moderadas o bajas proporciones de lignina; se han de esperar, por tanto, elevados contenidos de pared celular digestible (DNDF) en especies de la última familia y muy bajos para especies de la primera. Efectivamente, así ocurre, y de acuerdo con SULLIVAN (21) (23), VAN SOEST (27) (28) (30) y RAYMOND y col. (18). Más adelante se podrá corroborar al comentar lo correspondiente a DNDF.

e) *Contenidos celulares digestibles:*

La digestibilidad de la materia seca (DMD) predicha por el método de VAN SOEST y WINE (33) se obtiene a partir de los contenidos celulares (DCC) y de la pared celular (DNDF), constituyendo ambas partes la digestibilidad total, $DMD = DCC + DNDF$. Pero DCC contribuye en mayor proporción que DNDF a la DMD.

La fracción de contenidos celulares se ha calculado por la ecuación sumativa de VAN SOEST (29) siguiente:

$$DCC = 0,98 (100 - NDF) - 12,4 \quad (1)$$

Una representación gráfica de la proporción de DCC sobre el total de materia seca puede verse en las figuras 1 y 2. En ellas se consideran tres

edades vegetativas durante dos años consecutivos. Cada estado (crecimiento, floración y madurez), como se ha dicho antes, está representado en un rectángulo, dentro del cual se sitúa cada componente proporcionalmente a escala frente a los demás. Así pues, la parte superior de los rectángulos, hasta la primera raya horizontal, corresponde al porcentaje de CC. En la parte de CC se distinguen dos apartados, uno en blanco, que corresponde a los contenidos celulares digestibles (DCC), y otro rayado verticalmente, que representa la fracción de CC no utilizada por el animal más la porción endógena, 12,9* (esta fracción se calcula por diferencia entre CC y DCC).

La proporción de CC no utilizada resulta prácticamente constante para todas las especies y en todos sus estados o fases consideradas (compárense en los rectángulos las áreas de la parte superior rayadas verticalmente), variando únicamente desde 13,0 al 14,5%. Por el contrario, los porcentajes de los contenidos celulares digestibles (DCC), aparte de que casi siempre intervienen en mayor proporción en la digestibilidad total de materia seca (DMD), varían sensiblemente de una especie a otra (valores extremos, 26 y 70%); y dentro de cada especie, con la madurez de las plantas, como se aprecia en las citadas figuras.

Entre gramíneas y leguminosas, las diferencias son muy marcadas, tanto atendiendo a amplitud como a la tendencia de sus evoluciones. En cuanto a especies del mismo género, la disposición y rango de valores es casi idéntica; de ahí que se alcancen niveles de DCC muy próximos entre ellas. Destaca *Trifolium repens*, con contenidos extremadamente altos, frente a los de *Trifolium pratense*; después de *Trifolium repens* está *Medicago sativa* y a más distancia las especies de gramíneas con evoluciones gráficas y niveles de DCC muy parecidos entre las especies.

Las leguminosas, por lo general, contienen bastante más DCC que las gramíneas; siguen de cerca a las leguminosas *Lolium italicum* y *Phalaris tuberosa*, esta última sólo para los primeros estados de crecimiento, y después las restantes gramíneas, con valores de DCC muy parecidos entre los tres estados de crecimiento. Excepto en los estados segundo de *Trifolium repens*, primero y segundo de *Lolium perenne*, tercero de *Phalaris tuberosa*, segundo de *Dactylis glomerata* (comercial) y segundo de *Festuca arundinacea* y *Festuca elatior*, en los restantes estados siempre se obtuvieron contenidos superiores de DCC para el año 1971 que para 1972.

A medida que envejecen las especies, se produce una disminución de la porción de contenidos celulares digestibles, lo que después se manifiesta en el correspondiente descenso de su DMD.

f) Pared celular digestible:

Esta fracción ha sido hallada mediante la ecuación sumativa de VAN SOEST y WINE (33) siguiente:

$$\text{DNDF} = \text{NDF} (1,808 - 0,968 \log \frac{\text{lig.}}{\text{ADF}}) \times 100 \quad (\text{II})$$

(*) VAN SOEST (30) (31) y GOERING y VAN SOEST (11) consideran que los animales sólo utilizan el 98% de los CC existentes en los alimentos, a los cuales hay que restar la llamada porción endógena, calculada previamente en ensayos "in vivo". Ella, según VAN SOEST (30), en rumiantes representa el valor de 12,9, pero es distinta para cada especie de animales.

La DNDF es la segunda parte de la ecuación sumativa (III) de VAN SOEST y WINE (33), que más adelante se verá y puede representar en algunos forrajes hasta el 50 % de la digestibilidad total de la sustancia seca (DMD).

Los contenidos de pared celular digestibles se calculan a partir de los NDF. Intervienen sobre ellos de manera más o menos directa otros constituyentes, como son ADF, hemicelulosa, celulosa y lignina, los cuales dejan sentir en mayor o menor grado sus efectos, según la cuantía con la que contribuyen a la pared celular. De ahí que SULLIVAN (24) y VAN SOEST (29) (30) (31) manifiestan que existen diferencias importantes con los valores de DNDF entre especies, tratamientos de corte, estación y estado de crecimiento considerado.

Las variaciones de DNDF con la madurez se encuentran expresadas en las figuras 1 y 2. En ellas se señala la porción de espacio que representan los porcentajes de los forrajes.

El comportamiento de los porcentajes de DNDF es muy complejo y difícil de explicar, puesto que al estar altamente influenciados por los efectos de todos los constituyentes anteriores y otros muchos factores, cada fase de crecimiento presenta peculiaridades propias. Se ha visto incluso que, dentro de una misma fase de crecimiento, los contenidos varían ampliamente de un año a otro, especialmente en *Trifolium pratense*, y menos en las otras especies.

Al comparar cada uno de los tres estados de crecimiento entre ambos años 1971 y 1972, en *Trifolium pratense* las variaciones producidas son, aproximadamente de 70, 100 y 76 %, respectivamente, para el primero, segundo y tercer estado de crecimiento. Mientras para otras especies son: *Trifolium repens*, 66, 15 y 30 %; *Lolium perenne*, 10, 57 y 20 %; *Lolium italicum*, 48, 24 y 11 %; *Medicago sativa*, 30, 72 y 22 %; *Phlebotris tuberosa*, 48, 35 y 12 %; *Dactylis glomerata* "Tardus II", 9, 9 y 8 %; *Dactylis glomerata* (comercial), 4, 48 y 40 %; *Festuca arundinacea*, 57, 15 y 7 %; *Festuca elatior*, 3, 16 y 13 %, respectivamente, para los tres estados.

Las gramíneas se distinguen con facilidad de las leguminosas, ya que éstas contienen dos a tres veces menos DNDF que las primeras, y tampoco existe gran semejanza entre especies de un mismo género para el mismo estado vegetativo. El contenido de DNDF en gramíneas es verdaderamente importante, contribuyendo en algunos casos a la DMD en más de un 50 %, especialmente en fases avanzadas de crecimiento. Por el contrario, en leguminosas tal contribución es sólo de un 10 a un 25 %.

También se observa que los niveles de fibra (NDF) son relativamente bajos en leguminosas, pero dicha fibra está muy lignificada; en consecuencia, los de DNDF también serán bajos. Así se tiene que para dichas especies (se exceptúa *Trifolium pratense*) los valores de DNDF oscilan entre el 5 y el 16 %. Por el contrario, en gramíneas a veces esos valores sobrepasan el 40 %.

En leguminosas es posible notar un ligero aumento de DNDF a medida que avanza la madurez de las plantas (figura 1); hecho que también ya ha sido denunciado por TRIMBERGER y MURPHY (26) y TREVIÑO y CABALLERO (25). Pero en gramíneas la secuencia es ascendente con la madurez de las plantas, aunque varían bastante los incrementos experimentados en cada estado y especie. Esto a primera vista pudiera parecer anormal, puesto que el tejido vegetal, a medida que envejece, más se lignifica. Luego, aparentemente, DNDF debería ser menor. Pero si se tiene en cuenta que la madurez

de las plantas lleva asociada también un gran aumento de fibra (NDF) o pared celular; se comprende que el contenido de DNDF por unidad de peso aumenta, justificándose el hecho señalado.

El que *Dactylis glomerata* "Tardus II" y *Festuca elatior* sean las especies con mayores contenidos de DNDF se debe a que los contenidos de pared celular (NDF) son bastante elevados, y está proporcionalmente menos lignificada que en todas las demás especies; de ahí, ALDER (1) considera al forraje de *Dactylis* como un excelente alimento para el ganado vacuno. Lo mismo puede decirse respecto a los valores límites alcanzados, pues los mayores márgenes de variación se dieron en dichas especies, seguidas muy de cerca por las otras gramíneas y a más distancia por las leguminosas.

g) *Digestibilidad de la sustancia seca:*

La DMD es un parámetro complejo y difícil de evaluar, como lo prueba el hecho de los innumerables estudios y caminos propuestos, donde se trata de lograr su estimación. Además, la cuantificación real de la digestibilidad de la sustancia seca es el principal objetivo en todo programa de evaluación de alimentos.

A este respecto, VAN SOEST (30) (31) y VAN SOEST y MOORE (32) propusieron una ecuación sumativa capaz de estimar la DMD, basada en el fraccionamiento químico que dicho autor ideó [VAN SOEST (29)]. Después, tanto ecuación como fraccionamiento fueron ligeramente modificados por VAN SOEST y WINE (33).

La ecuación sumativa que los citados autores recomiendan es:

$$DCC = 0,98 CC - 12,9 \quad (I)$$

$$DNDF = NDF (1,808 - 0,968 \log \frac{\text{lig.}}{\text{ADF}}) \times 100 \quad (II)$$

$$DMD = DCC + DNDF$$

la cual se usa aquí en la estimación de la digestibilidad.

La variación de la DMD con la madurez puede verse también gráficamente en las figuras 1 y 2; en ellas se muestra cómo disminuye DMD en todas las especies al avanzar las fases de crecimiento. Tal disminución se acusa poco en *Trifolium pratense* y *T. repens*, pero es verdaderamente importante en el resto de las especies.

Para fases iniciales de crecimiento, las diez especies estudiadas presentan valores de DMD muy próximos entre sí; pero cuando la madurez progresa, las diferencias entre especies se ponen de manifiesto, especialmente entre especies de gramíneas y leguminosas.

En *Medicago sativa*, la gran lignificación producida con la madurez hace que disminuya el nivel de digestibilidad, especialmente en avanzados estados de crecimiento. En otras especies también se aprecian notables diferencias entre los valores de DMD, aun en aquellas pertenecientes a un mismo género. Por

otro lado, como el principal contribuyente a la DMD es DCC, las variaciones que experimenta DMD presentarán gran analogía con las de DCC. Esta analogía se hace más intensa en leguminosas que en gramíneas, lo cual es lógico, ya que en las primeras DNDF aporta de 10 a 15 unidades a la DMD. Pero en las segundas dicho aporte supone entre 25 y 50 unidades.

Trifolium pratense merece especial mención, por ser la especie de menor digestibilidad, y *Trifolium repens*, *Phalaris tuberosa* y *Lolium italicum*, las de mayor. Por otra parte, también son de notar pequeñas variaciones de DMD entre los estados de crecimiento en *Trifolium repens*. Las especies restantes presentan mayor variación, siendo las *Festuca* aquellas donde el efecto es más pronunciado. Asimismo, destacan las especies del género *Dactylis* y *Trifolium repens* con los mayores contenidos de sustancia seca digestible; las siguen *Medicago sativa*, *Lolium italicum* y *L. perenne*, *Festuca arundinacea* y *F. elatior* y *Phalaris tuberosa*, estas últimas con niveles muy parecidos entre sí.

De un año a otro, el descenso de digestibilidad que experimenta cada una de las especies resulta ser prácticamente el mismo. Sin embargo, entre unas y otras especies es posible apreciar diferencias notables en determinados estados de crecimiento. Cada especie tiene una época donde el descenso de DMD es máximo y diferente de unas especies a otras. No obstante, tanto en gramíneas como en leguminosas, el descenso máximo de digestibilidad aparece siempre inmediatamente después de la floración.

Las leguminosas tienen ligera mayor digestibilidad que las gramíneas, aunque no tan alta como era de esperar. Ello es obvio, por los bajos contenidos de DNDF en las especies de leguminosas; hecho de singular importancia que está de acuerdo con los estudios realizados por RAYMOND (19) (20), SULLIVAN (21) (22) (23) (24), VAN SOEST (28) (30) y (34) y MINSON y colaboradores (14) (15). Asimismo, estos y otros investigadores, DEMARQUILLY (2) (3), JONES y col. (12) (13), etc., etc., han comprobado repetidas veces cómo la digestibilidad de las plantas disminuye sensiblemente con la madurez. Este hecho es bien patente en todas las especies estudiadas.

Finalmente se puede concluir que un nivel excelente de digestibilidad para una máxima producción de sustancia seca es aquel que corresponde al primero y segundo estado de crecimiento en las diez especies pratenses estudiadas, y cuya época de recolección estaría comprendida entre abril y mayo, variando más o menos según las condiciones climáticas.

DECRECIMIENTO DIARIO DE DIGESTIBILIDAD CON LA MADUREZ

MINSON y MCLEOD (15) y MINSON (16) (17) hacen una recopilación de los estudios hasta entonces realizados sobre el decrecimiento de la digestibilidad producido con la madurez de las plantas. Así manifiestan que todos los autores coinciden en afirmar que, salvo extremas excepciones, siempre se producen descensos de DMD verdaderamente importantes, a medida que avanza la madurez de las plantas. Pero los descensos producidos varían sensiblemente de unos sitios a otros, y dentro de un mismo lugar, entre las distintas especies.

Según datos de diferentes autores recopilados por MINSON, para especies de climas templados, los descensos producidos son del orden de 0,1 a 0,2

unidades de digestibilidad por día, y para climas tropicales, de 0,4 a 0,5 unidades/día. Pero este crecimiento depende de la longitud del período de tiempo considerado, especialmente en especies tropicales.

Los resultados expuestos en la tabla II muestran una estrecha concordancia con los obtenidos por otros autores para especies de clima templado, como es nuestro caso. No obstante, aquí resultan descensos algo superiores, lo que posiblemente es debido a que en esta región el clima es semiárido (calurosos y secos veranos, con inviernos fríos más o menos húmedos), lo que implica sea de esperar mayores descensos en digestibilidad que en climas templados y suaves. Pero siempre menores que en climas extremadamente tropicales.

En la tabla II se expresan los decrecimientos o bien crecimientos de DCC, DNDF y DMD por día, en cada una de las diez especies estudiadas y a medida que avanza la madurez de las plantas. Como antes ya se ha indicado, se consideraron también las mismas fases de crecimiento y períodos de tiempo que al tratar de las variaciones.

Los decrecimientos de DCC son bastante significativos en todas las especies, en los tres intervalos considerados y para ambos años; se exceptúan ligerísimos crecimientos producidos en *Phalaris tuberosa* (primer intervalo y año) y en *Festuca arundinacea* (segundo intervalo del primer año).

El decrecimiento por día estuvo comprendido entre 0,03 y 0,90 unidades, siendo los valores más frecuentes entre todas las especies de 0,10 a 0,40 unidades/día, variando entre las especies para cada intervalo y año.

Por el contrario, los contenidos de pared celular digestible (DNDF) crecen ligeramente, en general, en la mayoría de los casos. Aunque en algunos otros se mantienen o bien experimentan ligeros descensos; estas posibilidades últimas son las menos frecuentes. Por consiguiente, sin duda alguna, las tasas de decrecimiento de DCC fueron mucho más elevadas que la de DNDF.

Al intervenir DCC y DNDF sobre la digestibilidad total de la sustancia seca (DMD), y como el decrecimiento de DCC es mucho más pronunciado que el de DNDF, aparte de contribuir DCC en una mayor proporción, la digestibilidad experimenta importantes decrecimientos. Estos están comprendidos desde cero a 0,57 unidades/día, siendo lo más frecuente de 0,15 a 0,30 unidades/día, exceptuando algunos ligeros aumentos de DMD para determinados intervalos de tiempo y especies, especialmente en *Trifolium pratense* y menos en *Lolium italicum* y *Dactylis glomerata* "Tardus II".

Considerando conjuntamente las tres entidades (DCC, DNDF y DMD) para cada una de las especies, vemos:

En *Medicago sativa* los decrecimientos de DCC, DMD y DNDF son similares en ambos años y en los tres períodos citados, especialmente en cuanto a decrecimiento de DMD. Así pues, el decrecimiento de DMD está comprendido entre 0,14-0,23 unidades/día.

En *Trifolium pratense* las cosas son diferentes y las variaciones mayores, apareciendo, en general, mayores decrecimientos de DCC y DMD y crecimientos de DNDF para el año 1972. Pues para 1971 prácticamente puede decirse que no hubo descenso de digestibilidad.

El comportamiento en *Trifolium repens* es muy semejante al de *Medicago sativa*; es decir, en ambos años se presentan descensos de DCC y DMD parecidos entre los tres intervalos de tiempo, pero suaves aumentos de DNDF.

Además, para esta especie aparece una disminución de la digestibilidad relativamente pequeña, la cual es ligeramente mayor en los primeros estados de crecimiento (de 0,10-0,14 unidades/día).

Phalaris tuberosa, *Lolium perenne* y *L. italicum*, las dos especies de *Dactylis* y *Festuca arundinacea* presentan, con más o menos variaciones, descensos muy semejantes de DCC y DMD; alguna vez se produce ligera disminución de DNDF, aunque la mayoría de las veces puede considerarse que los contenidos se mantienen o aumentan ligeramente. Sin embargo, en las seis especies enumeradas, los niveles de digestibilidad descienden un poco más que en *Medicago sativa*, especialmente en *Festuca arundinacea*. En esta especie, los decrecimientos son de 0,43, 0,47 y 0,44 unidades/día, respectivamente, para los tres períodos de 1972, frente a 0,09, 0,13 y 0,11 unidades/día en 1971.

Festuca elatior merece mención especial, ya que experimenta bajos descensos de DCC y DMD y ligeros aumentos de DNDF, lo que la asemeja enormemente a *Trifolium repens* y muy poco a las especies de su misma familia. No obstante, se aprecian en ella ciertas variaciones de un año a otro, cosa que no ocurría en *Trifolium repens*. En *Festuca elatior*, la DMD disminuye más para el primer año que para el segundo.

En casi todas las diez especies aquí estudiadas el decrecimiento diario de digestibilidad (DMD) con la madurez, depende, aunque poco, de la extensión del intervalo de tiempo que se considere en el crecimiento primario.

BIBLIOGRAFIA

- (1) ALDER, F.E., 1970: *Comparative studies of perennial ryegrass timothy and meadow fescue*. J. Br. Grassld Soc., 25, I, 53.
- (2) DEMARQUILLY, C., 1968: *Variation de la valeur alimentaire des fourrages verts*. Extrait Bull. Tech., d'Inform., n.º 226.
- (3) DEMARQUILLY, C., 1970: *La valeur alimentaire des foins*. Forrages, 42, 46.
- (4) GARCÍA CRIADO, B., y GARCÍA CIUDAD, A., 1973: *Estudio de una pradera temporal de regadío. I. Variación de los rendimientos y de las fracciones brutas alimenticias*. Rev. Pastos, 3, 2, 65.
- (5) GARCÍA CRIADO, B.; DUQUE MACÍAS, F., y GARCÍA CIUDAD, A., 1973: *Efectos de la frecuencia de corte en especies pratenses. II. Variación del contenido en N, P, K y S de Lolium perenne "V 807" y Lolium italicum "Tetrone"*. Rev. Pastos, 3, 2, 127.
- (6) GARCÍA CRIADO, B., y GÓMEZ GUTIÉRREZ, J.M., 1973: *Efectos de la frecuencia de corte en especies pratenses. I. Crecimiento y producción de Lolium perenne "V 807" y Lolium italicum "Tetrone"*. Rev. Pastos, 3, 2, 115.
- (7) GARCÍA CRIADO, B., y GÓMEZ GUTIÉRREZ, J.M., 1974: *Evolutions of the cellwall constituents and the nutritive evaluation in two forage species with cutting frequency and primary growth*. XIIth Inter. Grassld. Congr. Moscow.
- (8) GARCÍA CRIADO, B., y GÓMEZ GUTIÉRREZ, J.M., 1974: *Evolución de la producción, digestibilidad y proteína bruta durante el crecimiento primario de ocho especies forrajeras*. Rev. Pastos (en prensa).
- (9) GARCÍA CRIADO, B., 1974: *Fraccionamiento químico de alimentos forrajeros y su evaluación por métodos de laboratorio*. Tesis doctoral. Univ. de Salamanca.
- (10) GARCÍA CRIADO, B., y GÓMEZ GUTIÉRREZ, J.M., 1975: *Clasificación de diez especies pratenses mediante un sistema test de calidad*. Ann. Edaf. Agrobiol., 34, 903.
- (11) GOERING, H.K., and VAN SOEST, P.J., 1970: *Forage fiber analysis*. Agric. Handb. 379, U.S. Dep. Agric.
- (12) JONES, D.I.H., and WALTERS, R.J.K., 1969: *The problem of assessing quality in the breeding of forage plants*. Eucarpia, Fod. Crop. Sec. Meer., Aberystwyth, 57.
- (13) JONES, D.I.H., 1972: *The chemical of grass for animal production*. Outlook Agric., 7, 1, 32.

- (14) MINSON, D.J.; RAYMOND, W.F., and HARRIS, C.E., 1960: *Studies in the digestibility of herbage*. J. Br. Grassld. Soc., 12, 2, 174.
- (15) MINSON, D.J., and MCLEOD, M.N., 1970: *The digestibility of temperate and tropical grasses*. Proc. XIth Inter. Grassld Congr., Queensland Press, 719.
- (16) MINSON, D.J., 1971: *The place of chemistry in pasture evaluation*. Proc. R.A.C.I., 38, 6, 141.
- (17) MINSON, D. J., 1971: *The nutritive value of tropical pastures*. J. Aust. Inst. Agric. Sci., 37, 3, 255.
- (18) RAYMOND, W.F.; TILLEY, J.M.A.; DERIAZ, R.E., and MINSON, D.J., 1960: *Herbage composition and nutritive value*. Soc. Chem. Ind. Monogr., 9, 181.
- (19) RAYMOND, W.F., 1969: *Improving the nutritive value of herbage varieties*. Occ. Simp., n.º 5, Br. Grassld Soc., 29.
- (20) RAYMOND, W.F., 1969: *The nutritive value of forage crops*. Adv. Agron., 21, 1.
- (21) SULLIVAN, J.T., 1962: *Evaluation of forage crops by chemical analysis. A critique*. Agron. J., 54, 6, 511.
- (22) SULLIVAN, J.T., 1964: *Chemical composition of forage in relation to digestibility by ruminants*. U.S. Dep. Agric. ARS, 34-62, 58.
- (23) SULLIVAN, J.T., 1966: *Studies of the hemicellulose of forage plants*. J. Anim. Sci., 25, 1, 83.
- (24) SULLIVAN, J.T., 1969: *Chemical composition of forages with reference to the needs of the grazing animal*. U.S. Dep. Agric. ARS, 34-107, 1.
- (25) TREVIÑO, J., y CABALLERO, R., 1972: *Estudio comparado de la fracción fibra y la digestibilidad de distintos cultivares de alfalfa (Medicago sativa L.)*. XIII Reunión Científica de la S.E.E.P., Madrid.
- (26) TRIMBERGER, G.W., and MURPHY, R.P., 1959: *Effect of growth stage, chemical composition and physical properties upon the nutritive value of forages*. J. Dairy Sci., 42, 567.
- (27) VAN SOEST, P.J., 1963: *Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin*. J. Ass. Off. Agric. Chem., 46, 829.
- (28) VAN SOEST, P.J., 1964 *Symposium on Nutrition and forage and pastures new chemical procedures for qualifying forages*. J. Anim. Sci., 23, 838.
- (29) VAN SOEST, P.J., 1965: *Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. III. Study of effects of beating and drying on yield of fiber and lignin in forages*. J. Ass. Off. Agric. Chem., 48, 4, 785.
- (30) VAN SOEST, P.J., 1965: *Symposium of factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility*. J. Animal Sci., 24, 834.
- (31) VAN SOEST, P.J., 1965: *Comparison of two different equations for the prediction of digestibility from cell contents, cell wall constituents, and the lignin content of acid-detergent fiber*. J. Dairy Sci., 48, 845.
- (32) VAN SOEST, P.J., and MOORE, L.A., 1965: *New chemical methods for analysis of forages for the purpose of predicting nutritive value*. Proc. IX. Int. Grassland Congr., Sao Paulo, Brasil, paper 626.
- (33) VAN SOEST, P.J., and WINE, R.H., 1968: *Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate*. J. Ass. Off. Agric. Chem., 51, 4, 780.
- (34) VAN SOEST, P.J., 1971: *Estimation of nutritive value from laboratory analysis*. Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf., 106.

CHEMICAL EVALUATION OF FORAGE SPECIES DURING PRIMARY GROWTH

SUMMARY

The chemical evaluation of ten forage species cultivated in the irrigated areas of the mid basin of the River Tormes has been made. In order to achieve this, it was necessary to estimate the variations in the parameters: CC, NDF, ADF, Hemicellulose, Cellulose, Lignin, DCC, DNDF and DMD, for each of the species, in three specific stages (leaf, flowering and maturity). This was carried out right through primary growth which was controlled along two consecutive years.

In this way we have estimated the daily rate of decrease in digestibility of the species in relation to its age in three distinct periods of its primary growth.