

Evolución de la producción, digestibilidad y proteína bruta durante el crecimiento primario de ocho especies forrajeras

B. GARCÍA CRIADO y J. M. GÓMEZ GUTIÉRREZ

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

RESUMEN

Se exponen los resultados obtenidos en un estudio comparativo entre ocho especies —tres leguminosas y cinco gramíneas— realizado para conocer la evolución de la producción de sustancia seca, digestibilidad, proteína bruta y sustancia seca digestible a lo largo del crecimiento primario. La digestibilidad se estima por el método químico propuesto por VAN SOEST.

*Los valores medios más altos de digestibilidad fueron obtenidos en trébol blanco (*Trifolium repens*), seguido de alfalfa (*Medicago sativa*) y los de proteína bruta en las mismas plantas, pero en orden inverso; los más bajos en *Phalaris tuberosa* y *Dactylis glomerata*, para la digestibilidad, y raigras italiano (*Lolium italicum*) y *Festuca arundinacea*, para la proteína.*

*La menor variación en los valores de digestibilidad correspondió al trébol blanco y la mayor a *Phalaris tuberosa*.*

*El contenido medio en lignina fue superior en alfalfa (*Medicago sativa*) que en las gramíneas, y éstas dieron un 15-20 % más FDN.*

*La digestibilidad de *Festuca arundinacea*, raigras italiano e inglés arrojó valores extremos y medios similares, pero más bajos que los de alfalfa.*

INTRODUCCIÓN

Dado el gran interés que presenta el conocimiento de algunas fases fitofenológicas relacionadas con la utilización de las plantas forrajeras, así como su relación con el medio climático, el estudio de ciertos fenómenos a lo largo

del crecimiento primario, puede ser muy útil como información respecto a esos fenómenos en regiones determinadas. El período controlado abarca desde la fase hojosa a la de formación del grano.

La frecuencia de muestreo es mensual. Un control más estricto, cada diez días, por ejemplo, hubiera dado mayor información, pero no se consideró imprescindible para el fin propuesto.

Las entidades controladas —rendimiento, digestibilidad, proteína bruta y sustancia seca digestible— no lo son con carácter exhaustivo, pero sí lo suficientemente interesante como para facilitar la información obtenida a quienes, de una u otra forma, están interesados en estos temas. Uno de los trabajos más completos conocido a este respecto es el de GREEN CORRAL y TERRY (3). Sin embargo, aunque muy interesante por la información que facilita, los resultados difieren de los que aquí se presentan, debido principalmente a las diferencias climáticas y a los períodos inicial y final de toma de muestras. Por otra parte, las plantas utilizadas no son las mismas y ésta es otra fuente de variación considerable. Finalmente, debemos apuntar que la primavera del año 1971 fue extraordinariamente húmeda, por lo que todo el ciclo de la planta se prolongó en unos diez días sobre el normal. Precisamente por ser resultados de un solo año se hacen constar los caracteres climáticos del mismo (tabla I), pues la diferencia de unos años a otros es otra fuente de variación.

Otros dos puntos a tener en cuenta son la proteína bruta, con todas las limitaciones y reservas inherentes a la forma de ser obtenida ($N \times 6,25$) y la digestibilidad estimada por métodos puramente químicos.

Respecto a este último debemos subrayar el hecho reiteradamente demostrado —incluso para las mismas muestras de este estudio y por uno de sus autores (B. GARCÍA CRIADO)— de la magnífica correlación habida entre los resultados obtenidos por los métodos de VAN SOEST, “in vitro” e “in vivo” (1).

TABLA I

M E S E S	T E M P E R A T U R A, °C					Radiación solar media Cal./cm./mín.
	Media mensual	Media mensual máxima	Media mensual mínima	Máxima absoluta	Mínima absoluta	
Enero	3,7	7,6	— 0,2	12,5	— 10,0	139,0
Febrero	5,3	11,8	— 1,2	17,3	— 4,0	253,1
Marzo	4,6	10,0	— 0,9	16,5	— 7,5	299,8
Abril	10,0	14,8	5,3	22,2	1,0	333,8
Mayo	12,1	16,6	7,5	22,5	2,6	407,0
Junio	15,2	21,1	9,4	31,3	3,3	513,0
Julio	20,4	27,5	13,2	32,6	10,3	566,3
Agosto	18,5	26,1	10,9	32,2	6,4	581,4
Septiembre	17,4	25,8	9,0	33,8	3,3	486,0
Octubre	14,6	22,4	6,8	29,2	2,8	326,0
Noviembre	5,0	10,4	5,0	20,0	— 7,2	221,2
Diciembre	4,7	9,2	0,1	14,5	6,7	153,4
Media anual	11,0	16,8	5,4	23,7	1,5	—

Conviene tener en cuenta que los resultados obtenidos por el método de VAN SOEST aquí utilizado son sistemática y ligeramente inferiores a los "in vivo" cuando las muestras son secadas en estufa, cual es nuestro caso; no así para las secadas en liofilizador, cuyos resultados son prácticamente idénticos a los obtenidos "in vivo".

EXPERIMENTAL

Las muestras fueron tomadas en la primavera de 1971. Se utilizaron parcelitas de 1 m.² con plantas sembradas a 10 cm. de distancia (121 plantas en total por parcelita) y cuidadas esmeradamente, razones por las que los resultados de rendimiento no son extrapolables a superficies superiores, del rango de la hectárea por ejemplo. El ensayo se hizo en regadío.

Las muestras fueron tomadas una vez al mes, cortando a unos 4 cm. del suelo con tijeras normales y transportadas en bolsas de plástico herméticamente cerradas. Las plantas para análisis fueron limpiadas cuidadosamente. El secado se efectuó en estufa con corriente de aire forzado a 100°C de temperatura. Posteriormente fueron molidas en un micromolino sistema "cullatti" con tamiz de luz de malla 1 mm., y almacenadas en frascos de vidrio topacio con cierre hermético.

El rendimiento como sustancia seca (S.S.) se determinó por pesada, previa eliminación de la humedad. La proteína, multiplicando el N (determinado por el método semimicro Kjeldahl) por 6,25. La digestibilidad (DMD) se estimó por el método puramente químico de VAN SOEST (5) y (6) y mediante la ecuación propuesta por este autor. La producción de S.S. digestible multiplicando la DMD % por la producción de S.S. y dividiendo por cien. Las plantas utilizadas fueron:

Alfalfa (*Medicago sativa*, Europe FD 100).
Trébol violeta (*Trifolium pratense*, comercial).
Trébol blanco (*Trifolium repens*, C.P.I. 19434).
Raygras italiano (*Lolium italicum*, T. Tetrone).
Raygras inglés (*Lolium perenne*, V. 807).
Festuca arundinacea C.P.I. 18952.
Dactylis glomerata Tardus II.
Phalaris tuberosa comercial.

El cultivo fue realizado en un suelo muy fértil.

BREVE RESEÑA DEL MÉTODO DE VAN SOEST Y SU ECUACIÓN

VAN SOEST (4) renueva el campo de los análisis de fibra en forrajes introduciendo el uso de detergentes. Fracciona la materia seca en contenido celular soluble (CC) y pared celular insoluble (NDF), mediante tratamiento con disolución neutro-detergente. En un segundo fraccionamiento, con disolución ácido-detergente, obtiene como residuo la fibra ácido-detergente (ADF),

constituida principalmente por celulosa, lignina, cutina y elementos minerales. La diferencia entre NDF y ADF representa la hemicelulosa.

La ADF es el punto de partida para la determinación de celulosa, lignina y en su caso cutina. Así pues, una vez preparada la fibra ácido-detergente se determina la concentración de lignina gravimétricamente mediante el procedimiento del SO_4H_2 al 72 % [VAN SOEST (4)], y por diferencia se calcula la de celulosa.

Conocidas las diferentes fracciones químicas constituyentes del forraje antes citadas, VAN SOEST (6) propuso un sistema sumativo de ecuaciones mediante el cual puede predecirse la digestibilidad. Por un lado se obtienen los contenidos celulares digestibles (DCC):

$$\text{DCC} = 0,98 \text{ CC} - 12,9$$

y por otro la pared celular digestible (DNDF):

$$\text{DNDF} = \text{NDF} \left(1,473 - 0,789 \frac{\text{Lignina}}{\text{ADF}} \right) \times 100$$

y con ambos, DCC y DNDF, se estima finalmente la digestibilidad de la sustancia seca (DMD):

$$\text{DMD} = \text{DCC} + \text{DNDF}$$

Para más detalles pueden consultarse los trabajos de VAN SOEST (4), (5), (6), GOERING y VAN SOEST (2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

LEGUMINOSAS

Alfalfa (Medicago sativa Europe FD 100)

En el rendimiento queda bien patente la evolución según la sigmoidea clásica, pese a no llegar a definirse los matices propios de las variaciones climáticas, debido a lo espaciado del muestreo. Es muy posible que el tramo horizontal final tuviera su iniciación hacia el 20 de junio (fig. 1 A).

El tramo horizontal no llega a ser descendente porque las pérdidas en el estrato inferior se compensan con los ligeros rebrotes, iniciación de un segundo ciclo.

La digestibilidad y proteína (fig. 1 B) siguen la evolución lógica, disminuyen con la madurez de la planta. Sin embargo, en los últimos tramos la pendiente no es tan acusada, debido precisamente al efecto amortiguador de los citados rebrotes jóvenes, que surgen ya en esas fechas y fueron incluidos al tomar la muestra.

La evolución de la sustancia seca digestible obedece al efecto combinado de la producción de sustancia seca y la evolución de su digestibilidad. Es el producto de la una por la otra.

El contenido medio en lignina (factor condicionante de la digestibilidad) es 5,3 %, por tanto, bastante superior al de las gramíneas, y resulta, a pesar de todo, más digestible que ellas debido a que en estas la FND es de un 15 a un 20 % superior.

Como quiera que sea la evolución seguida, la variación de los valores durante el crecimiento primario es muy semejante al de las gramíneas, exceptuando *Phalaris tuberosa*.

Trébol violeta (*Trifolium pratense* comercial)

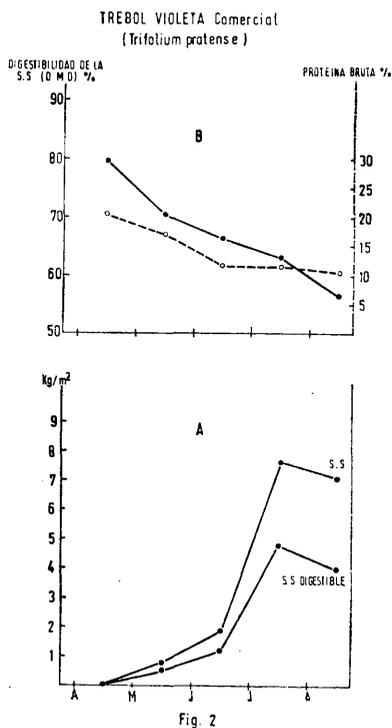
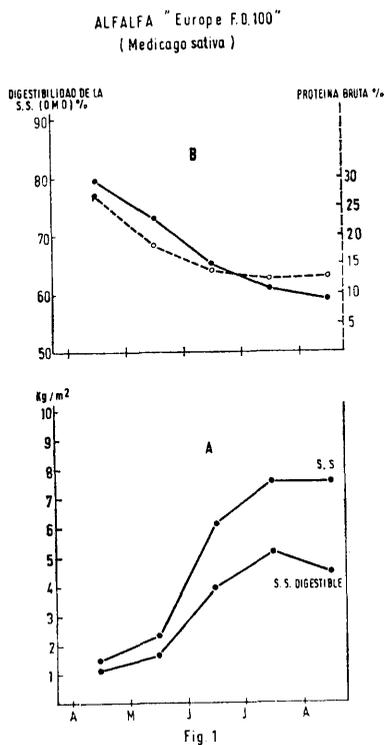
Posiblemente su carácter más peculiar es la no formación de rebrotos al finalizar el crecimiento primario, por lo que acusa naturalmente la pérdida de materia seca en el último período sin compensación (fig. 2 A).

Del mismo modo que la alfalfa, no refleja en la curva su floración plena, pues no coincidió con la toma de muestra.

Digestibilidad y proteína bruta descienden con la madurez, aunque la segunda tiende a mantenerse al final, en tanto que la primera desciende más bruscamente (fig. 2 B).

Al final del crecimiento primario aumentan notablemente los contenidos de la pared celular y de lignina, por lo que su digestibilidad llega a ser realmente baja.

La sustancia seca digestible evoluciona de forma similar a la producción de S.S., pero disminuyendo progresivamente; de ahí el sentido divergente de las líneas, impuesto por el sentido decreciente de la digestibilidad.



Trébol blanco (Trifolium repens C.P.I. 19434)

Aunque la representación gráfica del crecimiento viene a ser casi una sigmoide, en realidad serían dos, con puntos de inflexión a primeros de mayo y a finales de junio. La razón es la siguiente:

El crecimiento primario queda reflejado hasta mediados de junio, con floración plena a primeros del mismo mes. El crecimiento posterior refleja la intensa formación de rebrotes y fases nuevas de crecimiento que, dado el carácter y hábito de crecimiento de la planta, tienen lugar a lo largo de sus múltiples estolones. La producción nueva supera en gran proporción las pérdidas de los estratos inferiores. Esta es la razón de la otra sigmoide, con un tramo casi horizontal después de la segunda quincena de julio. Este tramo encuentra su explicación en el exceso de radiación solar (julio-agosto) que frena parcialmente el crecimiento (fig. 3 A).

Todo lo anterior viene corroborado por la evolución tanto de la digestibilidad como la proteína bruta. La primera desciende sin pausa, pero con menor pendiente en el último tramo que en el anteúltimo; es decir, acusa la lignificación y aumento de contenido en la pared celular (FND) en las partes viejas, pero también acusa el aporte de materia joven de los brotes. Ahora bien, mucho más significativa es la evolución de la proteína, que en los dos últimos tramos no solamente se mantiene, sino que crece, como resultado de los aportes del material joven (fig. 3 B).

Es la planta que alcanza el valor medio de digestibilidad más alto de las ocho estudiadas. Excluyendo las primeras fases de crecimiento, en que el raygras inglés, *Phalaris tuberosa*, y trébol violeta alcanzan un valor de digestibilidad más alto, mantiene su digestibilidad a lo largo del ciclo mucho más alta que todas las demás, y con menos variaciones en cuanto a producción de sustancia seca digestible, cuya evolución es similar a la de sustancia seca. Sólo alfalfa, raygras italiano y trébol violeta alcanzan cotas análogas a las del trébol blanco en lo que es propiamente el crecimiento primario de éstas en esas fajas.

Los valores de FAD, FND, celulosa y lignina presentan los contenidos medios más bajos de las ocho plantas estudiadas.

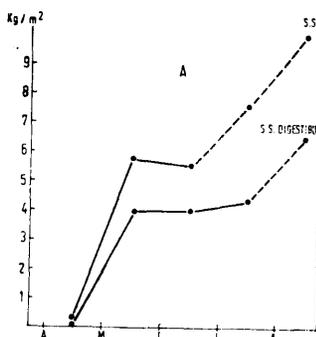
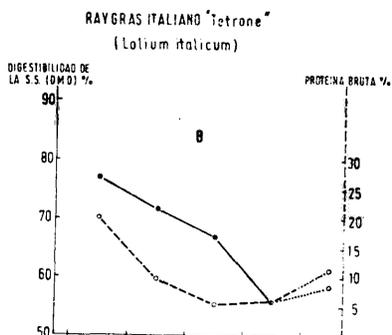
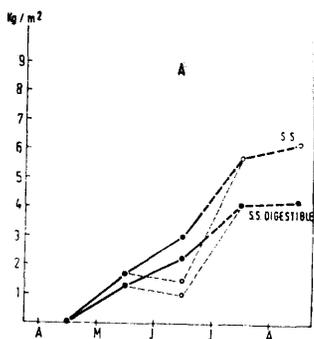
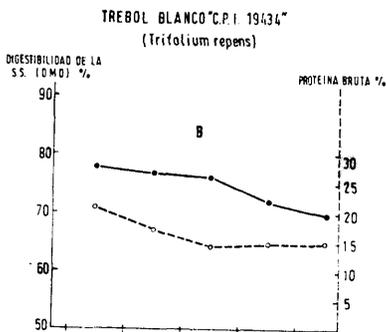
GRAMÍNEAS

Raygras italiano (Lolium italicum T. Tetrone)

La curva de crecimiento acusa en sus dos últimos tramos los aportes de los rebrotes jóvenes del estrato inferior (tramos en línea discontinua, figura 4 A).

A mediados de junio la paralización del crecimiento se acusa en la curva con tramos horizontal e incluso descendente por pérdida de materiales; sin embargo, la intensa formación de brotes jóvenes en el estrato inferior repercutió en las muestras siguientes, afectando intensamente a la trayectoria de la gráfica.

Tanto la digestibilidad como el contenido en proteína bruta (fig. 4 B) se ven afectadas, en su evolución, por el hecho antes indicado. Ambas des-



cienden a medida que la planta endurece por la edad. La concentración de proteína es la que primero acusa los aportes naturales de nitrógeno en los ápices de los nuevos rebrotes y el grano en formación, produciendo un anteúltimo tramo horizontal; el último es ya netamente ascendente debido a la alta proporción de materia joven aportado por los rebrotes, como se pone de manifiesto en la trayectoria final de la curva de producción (S.S.).

En cuanto a la digestibilidad es tal la lignificación y proporción de FND en las últimas fases de la planta que el anteúltimo tramo es netamente descendente. En el último la proporción de materia seca es ya baja frente a los rebrotes y el aumento de digestibilidad es considerable.

Los contenidos en FND, FAD y celulosa son superiores a los de la alfalfa, pero el de lignina es inferior, de ahí que la digestibilidad media sea similar en estas plantas.

La sustancia seca digestible evoluciona de forma similar y divergente a la producción (fig. 4 A).

Ray-gras inglés (Lolium perenne V. 807)

Aunque el caso es similar al anterior aquí los rebrotes no dejan sentir sus efectos hasta mediados de junio. La planta florece muy pronto y queda paralizada la producción de sustancia hasta mediados de julio (fig. 5 A). Los tramos en descenso acusan las pérdidas de material por secado. El último tramo, en línea discontinua, marca los efectos de los brotes nuevos.

La digestibilidad es muy alta en la fase hojosa de la planta, para caer bruscamente y seguir descendiendo en las fases siguientes. El aporte de fracciones parcialmente digestibles —o indigestibles como la lignina procedente de las partes secas— es tal que rebasa los efectos de las partes jóvenes, que sólo consiguen suavizar la pendiente en el último tramo de la figura 5 B de línea continua.

Faltó el dato del análisis de proteína en la última muestra, por lo que desconocemos su trayectoria en esa fase.

Lo mismo que en el caso anterior la digestibilidad media es similar a la de la alfalfa, las fracciones NDF, ADF y celulosa son mayores y la lignina inferior, al final del ciclo, a la de dicha planta de referencia.

Festuca arundinacea C.P.I. 1952

El caso es similar al anterior en todas las facetas controladas, salvo en la floración y los valores absolutos de digestibilidad, proteína y rendimiento. Tanto unas como otras pueden verse en los gráficos de la figura 6 A y B. Los rendimientos son ligeramente más altos, la digestibilidad no alcanza la alta cota inicial del raygras ni tiene un descenso tan brusco, y el contenido en proteína no es ni tan alto al principio ni tan bajo al final.

RAYGRAS INGLES "V 807"
(*Lolium perenne*)

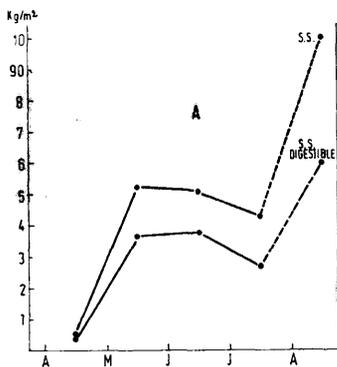
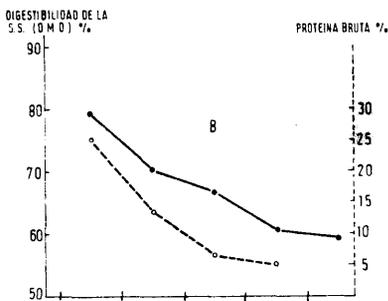


Fig. 5

FESTUCA ARUNDINACEA "C.P.I. 1952"

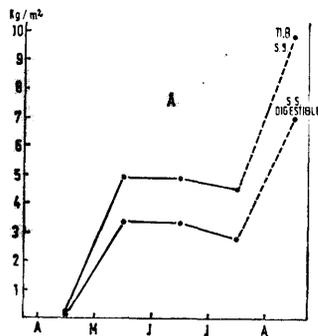
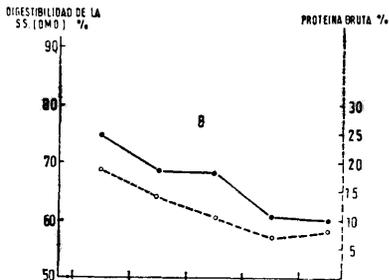


Fig. 6

Es una de las forrajeras más interesantes para los regadíos de la zona semiárida.

Dactylis glomerata Tardus II

El tramo de crecimiento primario propiamente dicho queda definido por la evolución de la producción de sustancia seca; los dos últimos tramos son ascendentes debido al renuevo (fig. 7 A).

La aportación de sustancia seca debida a los rebrotes fue espectacular.

Junto con *Phalaris tuberosa* es la planta con digestibilidad más baja de las ocho estudiadas. No alcanza valores muy altos en la primera fase y desciende a otros francamente bajos al final, pese al efecto positivo de los brotes nuevos. Sin éstos las últimas fases no hubieran sobrepasado el 50 %.

Los valores de la proteína bruta descienden bruscamente hasta que entran en juego los tallos jóvenes y el grano, que mantienen e incluso aumentan el valor de la última y anteúltima muestra (fig. 7 B); el descenso en la última muestra se debe a que los tallos jóvenes ya entran en fase de dilución de nitrógeno y descenso de la proporción de proteína.

Phalaris tuberosa comercial

La fase de crecimiento primario está perfectamente definida hasta mediados de julio, en que entran en juego los brotes jóvenes. Desde mediados

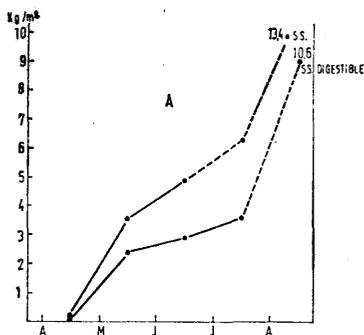
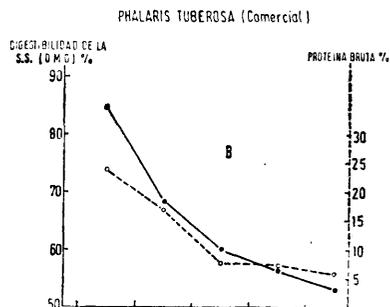
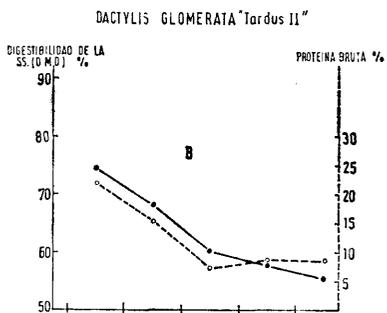


Fig. 7

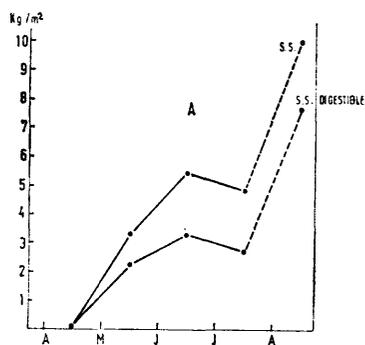


Fig. 8

de junio hasta la influencia clara de los tallos nuevos tiene lugar el clásico descenso por pérdidas de material. La producción de sustancia seca por los rebrotes fue alta. Esto influyó en la digestibilidad y sobre todo en la proteína bruta.

La digestibilidad en la fase hojosa alcanza su cota más alta entre las ocho plantas estudiadas. Su descenso es asimismo espectacular —el más rápido— y comienza al iniciarse la fase de encañado. Es la planta que alcanza también el valor más bajo de digestibilidad; es decir, la que más variación tiene. Los valores de la digestibilidad en su primera fase, altos, dan a entender que no es este parámetro el responsable de su baja apetecibilidad: otras otras sustancias formadas en la planta.

El contenido en proteína, que no llega a ser muy alto, desciende hasta ser uno de los más bajos, junto con el del raygras italiano e inglés.

* * *

Finalmente, se muestran los valores medios de digestibilidad, contenido proteico y coeficientes de variación obtenidos en este ensayo. No deben sorprender las diferencias con otros datos experimentales, pues los valores absolutos de que proceden estos valores medios dependen del grado de madurez de la muestra; es decir, del período de iniciación y finalización de toma de muestras. Por otra parte, las variedades utilizadas y las condiciones edáficas en que se ha desarrollado el cultivo también afectan a los resultados.

ESPECIE	Digestibilidad (valor medio) %	Proteína (valor medio) %	Coefficiente de variación (digestibilidad)
Medicago sativa Europe F.D. 100	67,7	17,1	11,3
Trifolium pratense comercial	67,3	14,2	9,5
Trifolium repens C.P.I. 19434	74,7	16,7	5,4
Lolium italicum T. Tetrone	66,9	10,3	13,2
Lolium perenne V. 807	67,3	11,7	10,5
Festuca arundinacea C.P.I. 18952	66,5	11,7	9,1
Dactylis glomerata Tardus II	63,3	12,7	14,0
Phalaris tuberosa comercial	64,6	12,7	19,1

BIBLIOGRAFIA

- (1) GARCÍA CRIADO, B., 1974: *Tesis doctoral*. Universidad de Salamanca.
- (2) GOERING, H. K., and VAN SOEST, P. J., 1970: *Forage fiber analysis*. Agr. Handbook 379, U.S. Govt. Print. Off. Dec.
- (3) GREEN, J.O.; CORRAL, A.J.; TERRY, R.A., 1971: *Grass species and varieties*. Technical Report n.º 8, G.R.I. Hurley.
- (4) VAN SOEST, P.J., 1963: *Use of detergents in the analysis of fiber feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin*. J. Assoc. Off. Agric. Chem. 46, 825.
- (5) VAN SOEST, P.J., 1964: *Symposium on nutrition and forage and pastures: new chemical procedures for evaluating forages*. J. Anim. Sci., 23, 838.
- (6) 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.

EVOLUTION OF THE PRODUCTION, DEGESTIBILITY AND CRUDE PROTEIN DURING THE PRIMARY GROWTH OF EIGHT FORAGE SPECIES

SUMMARY

A comparative study was made between eight species, three of legumes and five of grasses. In the study are shown the results obtained on the evolution of the yield of dry matter, dry matter digestibility, crude protein and yield of digestible dry matter during primary growth. Digestibility is estimated by the chemical method proposed by VAN SOEST.

The highest mean values of digestibility were those of *Trifolium repens* followed by *Medicago sativa*. The highest mean values of crude protein were given by *Medicago sativa* and *Trifolium repens*; the lowest mean values were given by *Phalaris tuberosa* and *Dactylis glomerata* for digestibility, and by *Lolium italicum* and *Festuca arundinacea* for protein.

The least variation in the values of digestibility corresponded to *Trifolium repens* and the greatest to *Phalaris tuberosa*.

The mean content of lignina was higher in *Medicago sativa* than in the grasses, and these gave 15-20 % more NDF.

The digestibility of *Festuca arundinacea*, *Lolium italicum* and *Lolium perenne*, gave off extreme and mean values similar —but lower— than those in *Medicago sativa*.