

Efecto del estado de crecimiento y ciclo de vegetación sobre la digestibilidad, estimada por método químico, del cultivar Aragón (M. sativa L.)

JESÚS TREVIÑO y GASPAR GONZÁLEZ

Cátedra de Agricultura de la Facultad de Veterinaria de Madrid e Instituto de Alimentación y Productividad Animal del C.S.I.C.

RESUMEN

Durante los años 1970, 71 y 72 se han estudiado las variaciones de composición química (paredes celulares, fibra ácido detergente y lignina) del cultivar Aragón en sus diferentes ciclos de vegetación. Los resultados obtenidos muestran que, en todos los ciclos, las proporciones de paredes celulares, fibra ácido detergente y lignina aumentaron significativamente ($P < 0,01$) a medida que la planta se aproximó a su estado de madurez fisiológica.

A partir de los datos analíticos, se estimó la digestibilidad de la sustancia seca aplicando la Ecuación Sumativa de Van Soest. Los resultados evidenciaron una significativa disminución ($P < 0,01$) de la digestibilidad en relación con la edad de la planta, como consecuencia de las variaciones de la composición química. La curva de digestibilidad fue muy similar para todos los ciclos de vegetación, excepto en el último de cada año, pero la duración de cada ciclo influyó sobre la disminución diaria de aquélla.

La digestibilidad de la sustancia seca es uno de los parámetros fundamentales que definen la calidad nutritiva de los forrajes y de la que, a su vez, dependen, en gran medida, la ingestión y posterior utilización metabólica de las mismas.

Sin embargo, los valores de digestibilidad para una determinada especie vegetal no se mantienen constantes, sino que varían a lo largo de su ciclo o ciclos de vegetación en función de una serie de factores, tales como: variedad, edad, condiciones de explotación, etc.

En el caso concreto de la alfalfa, es un hecho bien conocido que su composición química y digestibilidad varían notablemente según el estado de crecimiento y desarrollo de la planta e, incluso, con los ciclos de vegetación. Y así, las proporciones de fibra, celulosa y lignina aumentan mientras que las de proteína, azúcares y cenizas disminuyen con la edad de la planta; además, al incremento de los rendimientos de sustancia seca hacia la madurez, se contraponen una acusada disminución de la digestibilidad (2, 3, 6, 9, 13).

Por otra parte, la limitada capacidad del retículo-rumen para la ingestión de sustancia seca y la estrecha relación de la digestibilidad con el nivel de ingestión y la utilización metabólica de los principios nutritivos digeridos determinan el que tenga un mayor interés obtener máximos rendimientos de energía digestible y proteína bruta digestible por Ha. que máximo rendimiento de sustancia seca por Ha.

Esta circunstancia de que la ingestión y la utilización metabólica están relacionadas con la digestibilidad, refuerza la importancia de la determinación o estimación de este último dato para la valoración nutritiva de los forrajes. Pero la determinación de la digestibilidad, tanto por métodos "in vivo" como "in vitro", es demasiado compleja para ser utilizada de forma rutinaria y, por ello, se han propuesto diferentes métodos de laboratorio que permiten estimar la digestibilidad de la sustancia seca sin necesidad de utilizar animales o digestiones con microorganismos del rumen. De todos estos métodos, el que parece tener mayor consistencia y guardar más estrecha correlación con los datos de digestibilidad "in vivo" es el desarrollado por VAN SOEST (11), basado en las determinaciones químicas de la proporción de paredes celulares (fibra neutro detergente) y del porcentaje de lignina en la fibra ácido-detergente.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, y dada la importancia del poder disponer de datos relativos al valor nutritivo de las especies forrajeras explotadas en nuestro país, hemos realizado el presente trabajo al objeto de estudiar, durante tres años consecutivos, las variaciones de la digestibilidad de la alfalfa Aragón a lo largo de sus diferentes ciclos de vegetación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Dispositivo experimental.—El ensayo se realizó sobre una parcela de 375 m², ubicada en los terrenos de la Facultad de Veterinaria de Madrid (Puerta de Hierro), dividida en cinco subparcelas de 75 m², sobre cada una de las cuales se dispuso el mismo diseño experimental en cuadrado latino de 5 × 5. Las subparcelas fueron utilizadas sucesivamente para cada uno de los ciclos de vegetación, realizándose una siega general de las restantes al finalizar la serie de cortes en la utilizada.

Siembra, abonado y riego.—La siembra, con semilla certificada procedente de una casa comercial, fue realizada, a voleo, el 8 de octubre de 1970 a razón de 25 kg./Ha.

El abonado anual consistió, de acuerdo con el análisis de fertilidad del suelo, en la adición de 125 kg. de K₂O, 40 kg. de P₂O₅, 30 kg. de sulfato de hierro y 30 kg. de sulfato de manganeso por hectárea.

El riego se hizo mediante aspersión, con una frecuencia de tres a cuatro días y en las cantidades necesarias para evitar que el agua actuara como factor limitante de la producción.

Recogida de muestras y técnicas analíticas.—Los períodos de recogida de muestras comprendieron desde el 14 de abril al 5 de noviembre, en 1970; desde el 15 de abril al 4 de noviembre, en 1971; y desde el 6 de abril al 9 de octubre, en 1972, con una duración total de 204, 202 y 186 días, y durante los que se desarrollaron cinco, cuatro y cuatro ciclos de vegetación, respectivamente, si bien en el último de los tres años la planta no alcanzó el estado de plena floración.

La toma de muestras se hizo en los siguientes estados de crecimiento y desarrollo de la planta:

Tratamiento	Altura aproximada cms.	Estado de la planta
A	25-30	Antes de la gemación.
B	35-40	Antes de la gemación.
C	50-55	Gemación.
D	60-70	Iniciación floración.
E	70-80	Plena floración.

La duración de los ciclos de vegetación y la fecha de cada uno de los cortes aparecen en el cuadro I. Hemos de indicar que los datos correspondientes a la iniciación y plena floración del año 1970 no pudieron ser determinados, debido a que la invasión de malas hierbas motivó el que hubiera que realizar una siega general de la parcela sin esperar a la terminación del ciclo correspondiente.

Cada muestra, inmediatamente después de recogida, fue desecada en estufa de aire forzado a 85°C durante veintidós horas. Las determinaciones analíticas realizadas fueron las siguientes:

Paredes celulares: Método de la fibra neutro-detergente de VAN SOEST (12).

Fibra ácido-detergente: Método de VAN SOEST (10).

Lignina: Método de la lignina ácido-detergente, de VAN SOEST (10).

A partir de estos datos analíticos, la digestibilidad de la sustancia seca fue estimada mediante la ecuación sumativa de VAN SOEST (11):

$$\text{Digestibilidad de la sustancia seca} = 0,98 (100 - \text{F.N.D.}) - 12,9 + \\ + \text{F.N.D.} (1,473 - 0,789 \log. L); \text{ en la que:}$$

F.N.D. = Fibra neutro-detergente (paredes celulares).

L = Porcentaje de lignina en la fibra ácido-detergente.

CUADRO I

CULTIVAR ARAGON. FECHAS DE CORTE, A CINCO DIFERENTES ESTADOS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO, Y DURACION DE LOS CICLOS DE VEGETACION (AÑOS 1970, 1971 Y 1972)

CICLOS DE VEGETACION	FECHAS DE CORTE					DIAS TOTAL	
	Vegetativo (A)	Vegetativo (B)	Gemación (C)	Iniciación floración (D)	Plena floración (E)		
1.er corte	1970	14/4	27/4	6/5	—	—	—
	1971	15/4	27/4	10/5	17/6	25/6	—
	1972	6/4	14/4	25/5	31/5	4/6	—
2.º corte	1970	3/6	10/6	17/6	26/6	2/7	42
	1971	9/7	16/7	20/7	24/7	30/7	36
	1972	17/6	23/6	28/6	2/7	6/7	32
3.er corte	1970	9/7	16/7	23/7	30/7	6/8	35
	1971	16/8	23/8	28/8	4/9	11/9	42
	1972	22/7	28/7	2/8	7/8	11/8	36
4.º corte	1970	17/8	24/8	31/8	7/9	15/9	40
	1971	27/9	6/9	14/9	26/9	4/11	54
	1972	28/8	4/9	9/9	25/9	9/10	59
5.º corte	1970	30/9	10/10	20/10	28/10	5/11	51

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro II figuran resumizados los resultados, extremos y medios, de fibra neutro-detergente (paredes celulares), fibra ácido-detergente y lignina ácido-detergente obtenidos para el cultivar *Aragón* durante sus ciclos de vegetación correspondientes a los años 1970, 71 y 72.

En todos los ciclos desarrollados durante los tres años, las proporciones de F.N.D., F.A.D. y lignina aumentaron de forma significativa ($P < 0,01$) desde las primeras etapas de crecimiento vegetativo hasta el estado de plena floración de la planta. Y así, los valores medios (media de todos los ciclos y años) de fibra neutro-detergente oscilaron entre 26,9 % (25-30 cm. de altura de la planta) y 45,1 % (estado de plena floración); las de la fibra ácido-detergente, entre 22,1 % (25-30 cm. altura) y 37,8 % (plena floración); y los de lignina, entre 4,2 % (25-30 cm. altura) y 8,8 % (plena floración).

CUADRO II

RESULTADOS DEL ANALISIS QUIMICO DEL CULTIVAR ARAGON A CINCO DIFERENTES ESTADOS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO (VALORES EXTREMOS Y MEDIOS DE TODOS LOS CICLOS CORRESPONDIENTES A LOS AÑOS 1970, 71 Y 72)

ESTADO DE CRECIMIENTO	Fibra neutro-detergente (% m. s.)	Fibra ácido-detergente (% m. s.)	Lignina ácido-detergente (% m. s.)
Vegetativo (A)	26,9 (24,0 - 30,2)	22,1 (19,3 - 24,1)	4,2 (3,5 - 4,9)
Vegetativo (B)	31,5 (28,8 - 35,7)	26,9 (23,7 - 29,6)	5,3 (3,9 - 6,2)

Gemación (C)	37,9 (36,1 - 39,7)	31,7 (27,7 - 33,7)	6,4 (5,8 - 7,6)
Inic. florac. (D)	42,7 (40,8 - 43,7)	36,3 (34,1 - 37,9)	8,2 (7,3 - 9,4)
Plena florac. (E)	45,1 (43,3 - 46,3)	37,8 (36,5 - 39,6)	8,8 (8,2 - 9,9)

Esta evolución de las proporciones de paredes celulares, fibra ácido-detergente y lignina en el cultivar *Aragón*, en sus diferentes ciclos de vegetación, es muy similar a la encontrada para la fibra bruta y la lignina en cultivares de alfalfa de diferentes países (3, 4) y viene determinada por tres hechos que simultáneamente suceden a medida que la planta se aproxima a su madurez: *a)* La disminución de la relación hojas/tallos. *b)* El aumento de la proporción de paredes celulares con respecto a los protoplastos (contenidos celulares) en los tallos; y *c)* La progresiva lignificación de las paredes celulares de los tallos.

A partir de estos datos analíticos se ha estimado la digestibilidad de la sustancia seca por medio de la ecuación sumativa de VAN SOEST (11). Los resultados obtenidos figuran en el cuadro III.

CUADRO III

PORCENTAJE DE SUSTANCIA SECA DIGESTIBLE, ESTIMADA POR EL METODO DE VAN SOEST, DEL CULTIVAR ARAGON A CINCO ESTADOS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DURANTE SUS DIFERENTES CICLOS DE VEGETACION (AÑOS 1970, 1971 Y 1972)

CICLO DE VEGETACION	ESTADOS DE CRECIMIENTO				
	Vegetativo (A)	Vegetativo (B)	Gemación (C)	Inic. florac. (D)	Plena floración (E)
	1970				
1.º ciclo	72,9	69,2	67,0	—	—
2.º ciclo	72,6	68,7	65,3	60,8	59,4
3.º ciclo	72,3	70,5	64,9	58,6	56,6
4.º ciclo	70,8	69,6	66,4	59,8	58,6
5.º ciclo	71,3	68,7	68,0 *	67,6 *	67,4 *
MEDIA	72,0	69,3	65,9	59,7	58,2
	1971				
1.º ciclo	71,0	68,4	64,7	60,2	58,8
2.º ciclo	69,6	66,6	65,1	61,3	59,3
3.º ciclo	71,2	68,1	65,0	62,5	59,6
4.º ciclo	72,8	71,5	71,0 *	67,8 *	67,1 *
MEDIA	71,1	68,6	64,9	61,3	59,2
	1972				
1.º ciclo	72,5	68,3	64,8	59,6	58,9
2.º ciclo	71,8	67,5	63,6	61,8	58,5
3.º ciclo	69,5	66,8	63,9	61,2	59,5
4.º ciclo	71,4	66,9	64,8	62,5	61,6 *
MEDIA	71,3	67,4	64,3	61,3	59,0

NOTA: Los datos con asterisco no fueron tenidos en cuenta para obtener los valores medios, ya que la planta no alcanzó el estado de gemación o floración.

De acuerdo con dichos resultados, la digestibilidad de la sustancia seca del cultivar *Aragón* disminuyó paulatina y significativamente ($P < 0,01$), en cada uno de los ciclos de vegetación de los tres años considerados, con el estado de crecimiento y desarrollo de la planta. En el último ciclo de los años 1970 y 1971, esta disminución fue mucho menos acusada que en los restantes, lo que, como es lógico, fue motivado por el progresivo decrecimiento de la actividad fisiológica de la planta durante la época del año en que se desarrollaron dichos ciclos (octubre y noviembre), manteniéndose en los mismos la alfalfa en estado vegetativo.

Los coeficientes de digestibilidad de la sustancia seca variaron desde 72,0 % (media de todos los ciclos a 25-30 cm. de altura de la planta) a 58,2 % (media de todos los ciclos en plena floración) en el año 1970; desde 71,1 % a 59,2 %, en 1971, y desde 71,3 % a 59,0 %, en 1972, para los estados de corte anteriormente citados.

Estas variaciones de la digestibilidad con la edad de la planta que hemos encontrado para el cultivar *Aragón*, confirmadas y ampliamente estudiadas en otros tipos de alfalfa extranjeras (2, 3, 6, 9, 13), están estrechamente ligadas a los cambios de composición química anteriormente descritos, y su tendencia decreciente fue muy similar en todos los ciclos y años, excepto en el último de 1970 y 1971, en los que la planta no pasó del estado vegetativo. Sin embargo, la duración de cada ciclo influyó sobre la disminución media diaria de la digestibilidad, siendo de 0,17-0,23 unidades en el primer ciclo (valores extremos de los tres años) y de 0,42-0,70 en los restantes ciclos (segundo, tercero y cuarto ciclos de 1970 y segundo y tercer ciclos de 1971 y 72).

Finalmente, y por lo que respecta a la bondad de los resultados de digestibilidad estimados mediante la ecuación de Van Soest, diremos que en la actualidad estamos realizando un estudio comparativo entre estos datos y aquellos otros obtenidos por la técnica de digestibilidad "in vitro" de TILLEY y TERRY (8), y podemos adelantar que ambas series de datos muestran una buena concordancia entre los dos métodos, si bien los correspondientes al procedimiento "in vitro" dan valores ligeramente más altos (2-4 unidades), especialmente para las muestras tomadas en estado vegetativo de la planta (25-30 cm. y 35-40 cm. de altura). Esto último, pensamos que quizás sea debido al hecho de que la ecuación estimativa de Van Soest tenga una menor precisión para predecir la digestibilidad cuando es aplicada a forrajes de bajo contenido en lignina.

BIBLIOGRAFIA

- (1) BAUMGARDT, B.R., and SMITH, D., 1962: Res. Rep. 10 Wisconsin Agric. Exp. Sta., pág. 17.
- (2) DEMARQUILLY, C., 1966: *Valeur alimentaire de la lucerne*. Fourrages, 26, pág. 12.
- (3) DEMARQUILLY, C. et WEISS, Pg., 1970: *Tableaux de la valeur alimentaire des forrages*. I. N. R. A., Versailles (Francia).
- (4) DENT, J.W., 1955: J. Brit. Grassland Soc., 10, pág. 330.
- (5) GARZA, T.R.; BARNES, R.F.; MOTT, G.O., and RHYKERD, C.L., 1965: Agron. J., 57, pág. 417.
- (6) SCHNEIDER, B.H., 1947: *Feeds of the world. Their digestibility and composition*. Morgantown, West Virginia University.
- (7) RAYMOND, W.F., 1972: *2nd World Congress on Animal Feeding*. Madrid, pág. 751.
- (8) TILLEY, J.M.A., and TERRY, R.A., 1963: J. Brit. Grassland Soc., 18, pág. 104.

- (9) TERRY, R.A., and TILLEY, J.M.A., 1964: J. Brit. Grassland Soc., 19, pág. 363.
- (10) VAN SOEST, P.J., 1963: J. Ass. Off. Agr. Chem., 46, pág. 829.
- (11) VAN SOEST, P.J., 1965: J. Dairy Sci., 48, pág. 815.
- (12) VAN SOEST, P.J., and WINE, R.M., 1967: J. Ass. Off. Analyst. Chem. 50, página 50.
- (13) WOODMAN, M.E.; EVANS, R.E., and NORMAN, D.B., 1934: J. Agri. Sci. 24, pág. 283.

THE INFLUENCE OF GROWTH STAGE AND VEGETATION CYCLE ON THE DIGESTIBLE NURRIENTS
OF LUCERNE ARAGON ESTIMATED BY LABORATORY PROCEDURE

SUMMARY

The variation of chemical composition (cell wall constituents, acid detergent fiber and lignin) in lucerne *Aragon* cultivar at different stages of maturity and vegetation cycles were determined during the years, 1970, 1971 and 1972. On dry matter basis, the percentages of neutral detergent fiber, acid detergent fiber and lignin regularly increased in all the cycles studied as the maturity of the plant advanced. The differences were statistically significant ($P < 0,01$).

From analytical data, the digestibility of dry matter was estimated using the Summative Equation of Van Soest. The results showed a significant decrease ($P < 0,01$) of the digestibility against time because of the changes in chemical composition. The digestibility patterns for all the cycles, except the last one, and for the three years were very similar but the length of each cycle influenced upon daily average decrease.