

Estudio sobre la utilización de la algarroba (*Vicia Monantha* Rehz.) como planta forrajera. Composición química, digestibilidad y valor energético a distintos estados de madurez

J. TREVIÑO, R. CABALLERO y F. J. GIL

Instituto de Alimentación y Productividad Animal.
C.S.I.C. - Madrid.

RESUMEN

Durante tres años consecutivos (1974-75 a 1976-77) se ha realizado un estudio sobre el valor nutritivo del forraje de algarroba a siete estados de madurez progresiva de la planta.

Los resultados mostraron diferencias significativas ($P < 0,01$) por efecto del estado de madurez y por efecto del año de cultivo. La proporción de proteína (26,2 - 19,7 %), digestibilidad de la materia orgánica (78,6 - 64,3 %) y las U.F./Kg. de M.S. (0,87 - 0,60) disminuyeron y las proporciones de F.N.D. (19,9 - 42,5 %), F.A.D. (17,7 - 29,8 %) y lignina (4,4 - 9,1 %) aumentaron con el estado de crecimiento y desarrollo de la planta.

INTRODUCCIÓN

En un trabajo anterior (TREVIÑO y col., 1980) presentamos un estudio que abarcaba diferentes aspectos relativos a los rendimientos de la algarroba (*Vicia monantha* Reth.) como planta forrajera y a las variaciones experimentadas por los mismos en función de diversos factores.

El presente trabajo, continuación y complemento de aquel otro, ha tenido una doble finalidad. De una parte, el obtener información

sobre el valor nutritivo del forraje de algarroba; de otra, conocer cómo evoluciona dicho valor nutritivo en función del estado de crecimiento y desarrollo de la planta y de las condiciones del año de cultivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron sobre una parcela, situada en las proximidades de Madrid, en la que se dispuso un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones y tamaño de las subparcelas, en cada bloque, de 18 m.² Los ensayos se repitieron durante tres años consecutivos (1974-75 a 1976-77).

La siembra se hizo en líneas y a razón de 85 Kg./Ha., utilizando semilla comercial procedente de la provincia de Salamanca. El abonado de fondo aplicado en cada ensayo fue de 25 Kg. de N; 75 Kg. de P₂O₅ y 100 Kg. de K₂O.

La siega y recogida de muestras se hizo a siete estados de madurez progresiva de la planta: (A) vegetativo (25 cm. de altura); (B) vegetativo (35 cm. de altura); (C) iniciación floración (10 %); (D) plena floración (50 %); (E) legumbres muy inmaduras; (F) legumbres medianamente maduras y (G) legumbres maduras.

Las muestras, inmediatamente después de recogidas, fueron desecadas en estufa de aire forzado a 85° C durante 22 horas. Las determinaciones analíticas realizadas fueron las siguientes:

- Proteína bruta: Método colorimétrico (LAW et al., 1971), utilizando un analizador semiautomático Technicon.
- Fibra neutrodetergente, fibra ácido-detergente, celulosa, hemicelulosas y lignina-permanganato: Métodos de GOERING y VAN SOEST (1970).
- Cenizas: Método de la A.O.A.C. (1965).
- Digestibilidad de la materia orgánica: Estimada mediante la ecuación sumativa de OSBOURN y TERRY (1971).
- Unidades forrajeras: Estimadas aplicando la fórmula de BREIMEN (1954).

Los resultados fueron sometidos a tratamiento estadístico mediante el método de la varianza (SNEDECOR, 1964), ajustándose el análisis al modelo factorial completo, y realizando posteriormente la prueba de NEWMANS-KEULS (KIRK, 1968).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Tablas núms. 1 a 4 se exponen los resultados de composición química, digestibilidad y valor energético de la algarroba a siete estados de madurez progresiva de la planta y para tres años consecutivos de ensayos.

Composición química

— Proteína bruta

La proporción de proteína bruta disminuyó significativamente ($P < 0,01$) desde las primeras etapas de crecimiento vegetativo hasta el estado de madurez de la planta. Como media de los tres años, la variación del contenido en proteína osciló entre 26,2 % (25 cm. de altura) y 19,7 % (legumbres maduras), lo cual supone un porcentaje de disminución del 24,8.

La tendencia decreciente de los niveles de proteína no fue uniforme a lo largo del ciclo de vegetación de la planta, sino que se pusieron claramente de manifiesto dos fases o etapas bien diferenciadas. En la primera de ellas, que comprendió el período de crecimiento vegetativo y el de floración, los valores de proteína bruta disminuyeron constantemente con la edad de la planta (26,2 - 20,7 %, media general); en la segunda, que coincidió con la formación y desarrollo de las legumbres, dichos valores acusaron variaciones más pequeñas (20,7 - 19,7 %), las cuales llegaron a ser prácticamente inapreciables en los estados próximos a la madurez fisiológica.

Esta evolución experimentada por la proporción de proteína en la planta de algarroba, bastante similar a la encontrada para otras leguminosas forrajeras anuales (TREVINO y col., 1979; TREVINO y CENTENO, 1980) es una consecuencia directa de los cambios morfológicos y estructurales que ocurren en aquélla durante su ciclo de crecimiento y desarrollo. En efecto, de una parte, la disminución progresiva de la relación hojas/tallos y el incremento del porcentaje de paredes celulares con la edad de la planta se traduce en una reducción continua de la concentración de proteína en esta última; de otra, la formación y desarrollo de las legumbres y la relativa riqueza de éstas en proteína tiende a neutralizar el efecto negativo producido por los otros factores, deteniendo en gran parte el proceso de disminución de los niveles de proteína durante las etapas finales del ciclo de vegetación.

La proporción de proteína de la planta, en los distintos estados de madurez, también estuvo influenciada significativamente ($P < 0,01$) por el año de cultivo. Probablemente las condiciones me-

tereológicas variables, especialmente en lo que se refiere a las precipitaciones, que dieron lugar a diferencias notables en el rendimiento forrajero, tal y como se exponía en un trabajo anterior (TRIVIÑO y col., 1980), fueron la causa principal a la que se puede atribuir el efecto significativo del año de cultivo.

TABLA 1

COMPOSICION QUIMICA (% SOBRE M.S.), DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA ORGANICA (%) Y VALOR ENERGETICO (U.F./KG. DE M.S.) DE LA ALGARROBA A DISTINTOS ESTADOS DE MADUREZ Y EN DIFERENTES AÑOS DE CULTIVO

	ESTADOS DE MADUREZ						
	A	B	C	D	E	F	G
	(1974 - 75)						
Proteína bruta	27,90	24,80	21,70	19,90	18,30	17,80	18,00
F.N.D.	18,50	24,50	29,50	33,60	36,00	44,50	44,80
F.A.D.	16,40	21,00	26,40	29,80	30,50	31,60	32,30
Celulosa	11,10	13,70	19,00	20,70	21,10	21,50	21,80
Hemicelulosas	2,10	3,50	31,10	3,80	5,50	12,90	12,50
Lignina	4,50	5,90	6,90	8,90	9,00	9,70	10,00
Centizas	9,80	9,80	9,70	9,40	9,10	9,00	9,20
D.M.O.	78,80	75,40	73,20	70,30	68,30	62,90	62,70
U.F.	0,88	0,82	0,77	0,72	0,67	0,57	0,56
	(1975 - 76)						
P.B.	25,7	24,90	23,70	22,60	22,40	21,20	21,10
F.N.D.	19,30	23,50	27,20	29,60	36,30	40,80	41,00
F.A.D.	17,90	20,60	24,50	25,20	28,70	29,60	29,90
Celulosa	13,20	14,70	17,20	17,60	20,00	20,80	21,10
Hemicelulosas	1,20	2,90	2,70	4,40	4,60	11,20	11,10
Lignina	4,00	5,20	6,70	7,40	8,30	8,50	8,60
Centizas	11,00	11,10	11,30	10,60	9,90	9,60	9,70
D.M.O.	79,40	76,30	73,50	71,60	68,30	65,90	65,80
U.F.	0,88	0,82	0,76	0,72	0,67	0,63	0,63
	(1976 - 77)						
P.B.	25,10	24,10	23,60	23,10	21,50	20,50	20,00
F.N.D.	21,80	26,00	28,30	29,70	30,60	32,90	41,60
F.A.D.	18,90	20,20	21,80	22,60	22,90	23,40	21,10
Celulosa	14,00	14,80	15,70	15,40	15,60	15,90	18,30
Hemicelulosas	2,90	5,80	6,50	7,10	7,70	9,50	14,50
Lignina	4,70	5,20	6,10	7,20	7,20	7,50	8,60
Centizas	10,10	10,10	10,10	8,90	8,60	8,40	8,30
D.M.O.	77,60	75,00	73,10	71,50	71,00	69,80	64,40
U.F.	0,85	0,80	0,76	0,74	0,73	0,71	0,61

F.N.D. = Fibra neutro-detergente.

F.A.D. = Fibra ácido-detergente.

D.M.O. = Digestibilidad materia orgánica.

U.F. = Unidades forrajeras.

TABLA 2

SIGNIFICACION ESTADISTICA DE LOS DIFERENTES PARAMETROS ESTUDIADOS

Fuentes de variación	Proteína	F.N.D.	F.A.D.	Celulosa	Hemi-celulosa	Lignina	Cenizas	M.O.D.	U.F.
Estados maduros	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
Años cultivo	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
Estados madurez 7 años	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx

xx Significativo para $P < 0,01$.

TABLA 3

VALORES MEDIOS DE COMPOSICION QUIMICA (% SOBRE M.S.), DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA ORGANICA (%) Y VALOR ENERGETICO (U.F./KG. DE M.S.) DE LA ALGARROBA A DISTINTOS ESTADOS DE MADUREZ

	ESTADOS DE MADUREZ						
	A	B	C	D	E	F	G
Proteína bruta	26,20 ^a	24,60 ^b	23,00 ^c	21,90 ^d	20,70 ^e	19,80 ^f	19,70 ^f
F.N.D.	19,90 ^a	24,70 ^b	28,30 ^c	30,50 ^d	34,30 ^e	39,40 ^f	42,50 ^g
F.A.D.	17,70 ^a	20,60 ^b	24,20 ^c	25,60 ^d	27,30 ^e	28,20 ^f	29,80 ^g
Celulosa	12,80 ^a	14,40 ^b	17,30 ^c	18,00 ^d	18,90 ^e	19,40 ^e	20,40 ^f
Hemicelulosas	2,20 ^a	4,10 ^b	4,10 ^b	4,90 ^c	7,00 ^d	11,20 ^e	12,70 ^f
Lignina	4,40 ^a	5,40 ^b	6,60 ^a	7,70 ^d	8,20 ^e	8,50 ^f	9,10 ^g
Cenizas	10,30 ^a	10,30 ^b	10,40 ^a	9,60 ^b	9,20 ^b	9,00 ^b	9,10 ^b
D.M.O.	78,60 ^a	76,40 ^b	73,30 ^c	71,10 ^d	69,20 ^e	66,20 ^f	64,30 ^g
U.F.	0,87 ^a	0,81 ^b	0,76 ^c	0,75 ^d	0,69 ^e	0,64 ^f	7,60 ^g

Los valores con distinta letra exponencial difieren significativamente para $P < 0,01$.

— *Fracción fibra*

Los porcentajes de fibra neutro-detergente y de fibra ácido-detergente aumentaron de forma continua y significativa ($P < 0,01$) siguiendo el crecimiento y desarrollo de la planta. La primera, experimentó una elevación desde 19,9 a 42,5 % y la segunda, desde 17,7 a 29,8 %, en ambos casos como media de los resultados de los tres años y para los estados de vegetación extremos considerados.

Como es lógico, estas variaciones de los niveles de la fracción fibra fueron acompañados de modificaciones cuantitativas paralelas de las concentraciones de los principales carbohidratos estructurales y de la lignina. Y así, las proporciones medias de celulosa aumentaron de 12,8 a 20,4 %, las de hemicelulosa de 2,2 a 12,7 % y las de lignina de 4,4 a 9,1 %, cifras que suponen porcentajes de incremento del 59,4, 557,3 y 106,8 %, respectivamente. Las hemicelulosas fueron, por tanto, los constituyentes de la pared celular cuya proporción se incrementó más acusadamente con la sucesión de los distintos estados de madurez.

Cuando la concentración de cada uno de estos constituyentes fue expresado como un porcentaje de la pared celular (F.N.D.) se observó un comportamiento diferente entre ellos en cuanto a su evolución con la edad de la planta (Tabla 4). Y así, mientras los valores de lignina aumentaron hasta que se alcanzó la plena floración y a partir de ésta disminuyeron durante la formación y desarrollo de las legumbres, los de celulosa disminuyeron casi continuamente y los correspondientes a las hemicelulosas manifestaron una tendencia creciente muy acusada. De esta forma se pone de evidencia, que durante el ciclo de vegetación, las variaciones cuantitativas de la proporción de fibra en la planta estuvieron acompañadas de otras variaciones cualitativas que afectaron a la composición porcentual de aquélla.

Por lo que respecta al año de cultivo, al igual que ocurrió con la proteína, este factor influyó significativamente ($P < 0,01$) tanto sobre la proporción de fibra en los distintos estados de crecimiento como sobre las respectivas proporciones de celulosa, hemicelulosa y lignina.

TABLA 4

VALORES MEDIOS DE CELULOSA, HEMICELULOSA Y LIGNINA EXPRESADOS COMO PORCENTAJES DE LA PARED CELULAR (F.N.D.)

	ESTADOS DE MADUREZ						
	A	B	C	D	E	F	G
Celulosa	64,3	58,3	61,1	59,0	55,0	49,2	48,0
Hemicelulosas	11,0	16,6	14,5	16,1	20,4	28,4	29,0
Lignina	22,1	21,9	23,3	25,2	21,6	21,6	21,4

— Cenizas

La proporción de cenizas brutas estuvo significativamente relacionada con la edad de la planta ($P < 0,01$). De manera general, el contenido en cenizas fue más alto y permaneció relativamente constante durante el período crecimiento vegetativo - iniciación floración (10,3 - 10,4 %, media de tres años), disminuyendo después en las etapas posteriores plena floración-desarrollo y maduración de legumbres (9,6 - 9,1 %, media de tres años). Los valores variaron también significativamente ($P < 0,01$) por efecto del factor año de cultivo.

— Digestibilidad

A partir de los datos analíticos se estimó la digestibilidad de la materia orgánica aplicando la ecuación de OSBOURN y TERRY (1971).

De acuerdo con los resultados obtenidos que aparecen en la Tabla 1, los coeficientes de digestibilidad disminuyeron sucesiva y significativamente ($P < 0,01$) a lo largo del ciclo de crecimiento y desarrollo de la planta en los tres años de ensayos. Los valores de digestibilidad estuvieron incluidos entre 79,4 - 77,6 % (vegetativo, 25 cm.) y 65,8 - 62,7 % (planta con legumbres maduras), lo cual significa una disminución media de 14,3 unidades y un porcentaje de variación del 18,2 % entre los estados extremos de madurez considerados.

Estas variaciones de la digestibilidad del forraje con la edad de la planta están estrechamente ligadas a los cambios de composición química anteriormente descritos, y muy especialmente, al incremento que experimentan las proporciones de fibra y de lignina. A este respecto, son demostrativas las observaciones de ALLISON y OSBOURN (1970) en cuanto a que las variaciones de la digestibilidad de las especies vegetales con la madurez están correlacionadas positivamente con la digestibilidad de la celulosa y negativamente con la proporción de lignina. El efecto depresivo de esta última sobre la digestibilidad parece ser debido, de una parte, a la propia incrustación de la lignina entre las fibras de celulosa de la pared celular y, de otra, de la formación de complejos lignina-carbohidratos y de otros enlaces moleculares (RAYMOND, 1969; HARVIN, 1973).

La digestibilidad de la algarroba también experimentó variaciones por efecto del año de cultivo,, observándose diferencias significativas ($P < 0,01$) de los respectivos coeficientes para las muestras de forraje tomadas a un determinado estado de madurez en los distintos años de ensayos. Como se aprecia en los resultados que figuran en la Tabla 1, estas diferencias fueron más manifiestas en los estados corres-

pondientes a la formación, desarrollo y maduración de las legumbres que en los estados de crecimiento vegetativo y de floración.

— *Valor energético*

Las unidades forrajeras por Kg. de materia seca disminuyeron continua y significativamente ($P < 0,01$) siguiendo el proceso de crecimiento y desarrollo de la planta. En los estados de crecimiento vegetativo más tempranos (25 cm. de altura), el valor medio fue de 0,87 U.F./Kg. de M.S. y en el estado de maduración completa, de 0,60 U.F./Kg. de M.S. La evolución fue bastante similar a la encontrada para la digestibilidad, hecho lógico porque ambos parámetros están muy relacionados, pero en el caso del contenido energético la tendencia decreciente apareció más acusada y la cifra media de disminución a lo largo del ciclo de vegetación alcanzó un 31 %.

El contenido energético del forraje en los distintos estados de madurez fue también afectado significativamente ($P < 0,01$) por las condiciones del año de cultivo, siendo en general más elevados los valores correspondientes al año 1976-77 que los encontrados para los otros dos años (1974-75 y 1975-76). Asimismo, existió una interacción significativa de la diferente tendencia seguida por los valores energéticos en las etapas de crecimiento vegetativo y en las etapas de formación y maduración de legumbres.

BIBLIOGRAFIA

- ALLISON, D. W.; OSBOURN, D. F., 1970.—The celluloselignin complex in forages and its relationships to forage nutritive value. *J. Agric. Sci., Camb.*, 74, 23-36.
- A.O.A.C., 1965: *Official Methods of Analysis*. 9th Ed.—Washington, D.C.
- BREIREM, K., 1954.—Citado por DEMARQUILLY, C. y WEISS, P. en: *Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages (1970)*.—Institut National de la Recherche Agronomique. Paris.
- GOERING, G. K. and VAN SOEST, P. J., 1980.—Forage fiber analysis. *Agriculture Hand-book*, no. 379. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture.
- HARKIN, J. M., 1973.—Lignin. En *Chemistry and Biochemistry of Herbage*. Editado por G. W. Butler and R. W. Bailey. Academic Press Inc. London.
- KIRK, R. E., 1968.—*Experimental design. Procedures for the behaviour sciences*. Brooks/cole Publishing Co. Belmont.

- LAW, A. R.; NICOLSON, N. J. and NORTON, R. L., 1971.—Semiautomated determination of nitrogen and phosphorus in feedstuffs. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 54, 764-773.
- OSBOURN, D. F. and TERRY, R. A., 1971.—Chemical and in vitro digestibility of forage crop. *Proc. Nutr. Soc.*, 30, 85 A.
- RAYMOND, W. P., 1969.—The nutritive value of forage crop. *Adv. Agron.*, 21, 1-108.
- SNEDECOR, G. W., 1964.—Métodos estadísticos. Compañía Editorial Continental. México.
- TREVIÑO, J.; CABALLERO, R. y GIL, J., 1979.—Estudio comparado de la composición química, digestibilidad y valor energético de diferentes cultivos y poblaciones de veza. *Pastos*, 9, 140-149.
- TREVIÑO, J.; CABALLERO, R. y GIL, J., 1980.—Estudios sobre la utilización de la algarroba (*Vicia monantha* Rehz.) como planta forrajera. Análisis del crecimiento y rendimientos. XX Reunión Científica de la S.E.E.P., Elvas-Portugal.
- TREVIÑO, J. y CENTENO, C., 1980.—Estudio de la fracción nitrogenada de la veza forrajera (*V. sativa* L.) en función del estado de crecimiento y desarrollo de la planta. *Avances en Alimentación y Mejora Animal*, 21, 405-408.

BARD VETCH (*VICIA MONANTHA* RETZ.) AS A POTENTIAL FORAGE CROP FOR SEMIARID AREAS. NUTRITIVE VALUE OF FORAGE AT DIFFERENT STAGES OF GROWTH.

SUMMARY

Chemical composition, organic matter digestibility and energy content of bard vetch forage at seven stages of increasing maturity were studied in the years 1974-75, 1975-76 and 1976-77.

Crude protein content (26.2-19.7 %), O.M.D. (78.6-64.3 %) and energy value (0.87-0.60 feed units/Kg. dry matter) decreased while neutral detergent fiber (19.9-42.5 %), acid detergent fiber (17.7-29.7 %) and lignin content (4.4-9.1 %) increased as maturity of plant advanced. Significant differences ($P < 0.01$) were also found among years.