

2

TRABAJOS CIENTÍFICOS

CARACTERIZACIÓN Y VALOR NUTRITIVO DE DIFERENTES ESTADOS FENOLÓGICOS DE LA ESPARCETA

I. DELGADO, F. MUÑOZ Y S. DEMDOUM

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avda. Montañaza 930. 50059 Zaragoza (España).

idelgado@aragon.es

RESUMEN

La esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) es una leguminosa forrajera plurianual, cuyos dos tercios de la producción anual se obtienen en el primer corte. La definición de los estados fenológicos para decidir el momento del aprovechamiento presenta dificultades, ya que en una misma planta puede haber tallos en todos los estados y flores abiertas durante largo periodo de tiempo. Con el fin de establecer criterios prácticos para la explotación del cultivo basados en la calidad del forraje, se realizó un seguimiento de la floración desde la aparición de los primeros botones florales, contabilizando: número de inflorescencias, estado fenológico de las mismas, proporción de tallos, hojas e inflorescencias y contenido en proteína bruta, fibra neutro-detergente, fibra ácido-detergente y lignina ácido-detergente de dichas partes, durante los dos primeros ciclos productivos del cultivo. El estudio se realizó en Zaragoza sobre una colección de poblaciones procedentes del NE de España, establecidas en plantas individuales durante 2005. Se definieron seis estados fenológicos, aunque a efectos prácticos se agruparon en tres en función de su calidad: “inicio de floración”, “plena floración” y “maduración de la semilla”, siendo, respectivamente, sus contenidos medios en proteína bruta 19,2%, 16% y 13,3%, en fibra neutro detergente 40,5%, 44,6% y 50,4%, en fibra ácido detergente 28,2%, 32,4% y 36,4%, y en lignina ácido detergente 7,1%, 7,9% y 8,8%, durante el primer ciclo productivo.

Palabras clave: *Onobrychis viciifolia* Scop., proteína bruta, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, lignina ácido detergente.

INTRODUCCIÓN

La esparceta es una leguminosa forrajera plurianual muy apreciada por los ganaderos por su capacidad productiva en los secanos fríos y semiáridos de suelo calizo de la península Ibérica, y el alto valor nutritivo de su forraje, no meteorizante para el ganado (Delgado *et al.*, 2002). Una particularidad del cultivo es que dos tercios de la

producción anual de forraje se obtienen con el primer corte de primavera y se destinan principalmente a heno; el resto se distribuye en uno o dos aprovechamientos de escasa cuantía, realizados durante el periodo verano-otoño (Delgado *et al.*, 2008a).

En la esparceta, al igual que sucede con otras leguminosas forrajeras, se aconseja a los agricultores relacionar el momento del aprovechamiento con un estado fenológico determinado, con el fin de lograr la máxima producción de forraje de buena calidad sin poner en peligro su persistencia. Sobre la base de estos criterios, tradicionalmente se ha recomendado la siega del primer corte cuando el cultivo se encuentra en plena floración (Benaiges, 1967; Martiniello *et al.*, 2000; Iwaasa *et al.*, 2006). Ello tiene su justificación, ya que en el estado de plena floración se alcanzan producciones elevadas con un valor nutritivo aceptable (Alibés *et al.*, 1979). Diferentes tablas de valor nutritivo muestran contenidos en proteína bruta del orden del 14% en el estado de plena floración (Alibés y Tisserand, 1990; INRA, 2007).

Definir los estados fenológicos en la esparceta presenta, no obstante, mayores dificultades que en otras leguminosas similares como la alfalfa (Fick *et al.*, 1988). En una misma planta pueden haber tallos en todos los estados fenológicos y, por tanto, flores abiertas durante un largo periodo de tiempo (Badoux, 1965). Las inflorescencias son, además, alargadas y están compuestas por numerosas flores, cuya apertura se inicia desde la parte inferior y va progresando hasta la parte superior, alargando el proceso, de manera que cuando se abren las últimas flores, ya se han formado vainas en las inferiores. Este proceso de formación de una infrutescencia puede durar más de 20 días dentro de una misma inflorescencia. Por ello, Badoux (1965) señala sólo dos estados fácilmente distinguibles: la aparición de los primeros botones florales, marcado por la presencia de al menos tres botones florales en la planta, y el inicio de la floración, cuando aparecen flores abiertas en tres inflorescencias; después, la apreciación del estado fenológico se vuelve muy imprecisa por lo que propone estimar visualmente la floración mediante una escala de 1 (floración más o menos finalizada) a 9 (planta sin botones florales). Dicho autor considera que un cultivo está en floración cuando el 30% de las plantas presentan flores abiertas. Borreani *et al.* (2003) abordaron, asimismo, la evolución de la producción y calidad del forraje a lo largo del primer ciclo productivo de la esparceta, en diez estados fenológicos, en una escala de 0 (estado de roseta) a 9 (vainas virando a marrón). Los citados autores concluyeron que la codificación propuesta no era suficientemente sensible para predecir cambios bruscos en la calidad del forraje entre la aparición de botones florales y la floración, y debería ser redefinida para su utilización por técnicos y ganaderos.

Con el fin de abundar en la definición de los estados fenológicos de la esparceta y establecer criterios prácticos para la explotación del cultivo basados en la producción y calidad del forraje, se realizó un seguimiento del proceso de floración de plantas individuales desde la aparición de los primeros botones florales, contabilizando el

número de inflorescencias y estado fenológico de las mismas, la proporción de tallos, hojas e inflorescencias, y el contenido en proteína bruta, fibra y lignina de dichas partes, en siete periodos del crecimiento de las plantas, definidas *a priori* ‘botón verde’, ‘inicio de floración’, ‘plena floración’, ‘final de floración’, ‘inicio de formación de semilla’, ‘semilla verde’ y ‘semilla iniciando la maduración’, durante los dos primeros ciclos productivos del cultivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en una parcela de cultivo preparada para riego por inundación en suelo aluvial, en Zaragoza (41° 45' N, 0° 47' W, 225 m a.s.n.m.), durante 2005. Las temperaturas medias mensuales del periodo fueron: máxima 20,7 °C; mínima 7,6 °C; mínima extrema diaria -10,3 °C el 5 de marzo y precipitación anual 250,0 mm. Las características edafológicas de la parcela a 0-30 cm de profundidad fueron: textura del suelo franco-arenosa; pH al agua 8,26; salinidad (C.E. 1:5) 0,41 dS/m; contenido de materia orgánica por espectroscopía 1,39 %; fósforo Olsen por espectroscopía 4,16 mg/kg y potasio (extracto en acetato amónico) 190,0 mg/kg.

El estudio se realizó sobre un ensayo, ya concluido para caracterizar una colección de 38 poblaciones locales de esparceta procedentes del NE de España. Las poblaciones habían sido establecidas el 17 de septiembre de 2002, a razón de 36 plantas por procedencia a un marco de 1x0,5 m, distribuidas en tres bloques al azar (Delgado *et al.*, 2008b). Estas poblaciones habían presentado, en general, bastante heterogeneidad intrapoblacional y similitud interpoblacional (Delgado *et al.*, 2008b), lo que se justificaría por la ausencia de programas de mejora genética y el libre comercio de semillas en la zona. A efectos prácticos para nuestro experimento, ello supuso que el estudio se efectuó sobre semilla de esparceta procedente del NE de España, sin una localización específica.

La parcela se regó por inundación cada 24 días durante el periodo estival. No se aplicaron fertilizantes ni productos fitosanitarios durante el periodo de evaluación; las malas hierbas se escarificaron manualmente.

El estudio partió el 22 de abril de 2005 mediante la elección al azar 50 plantas que presentaban en ese momento los primeros botones florales. El proceso de floración evolucionó de manera homogénea en todas ellas, por lo que fueron segándose y retirándose para su estudio y análisis químico de seis en seis, escalonadamente, en siete estados fenológicos previamente definidos según el siguiente criterio:

1. Estado “botón verde”. Aparición de los primeros botones verdes.
2. Estado “inicio de floración”. Al menos dos-tres inflorescencias por planta con dos-tres flores abiertas.

3. Estado “plena floración”. Al menos dos-tres inflorescencias por planta con el 50% de las flores abiertas.
4. Estado “final de floración”. Al menos dos-tres inflorescencias por planta con flores abiertas en la parte superior.
5. Estado “inicio de formación de semilla”. Al menos dos-tres inflorescencias por planta presentan las primeras vainas formadas en la base de la inflorescencia.
6. Estado “semilla verde”. Al menos dos-tres inflorescencias por planta presentan solo vainas verdes en la inflorescencia, las flores han desaparecido.
7. Estado “inicio la maduración”. Se aprecian al menos dos-tres inflorescencias por planta con vainas virando a marrón.

Ocho plantas se utilizaron como reserva, por si alguna planta presentaba un crecimiento anómalo, enfermaba o moría.

En cada evaluación, las plantas se segaron individualmente. Tres de ellas se secaron en estufa ventilada a 60 °C hasta peso constante para la determinación del contenido en proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD) de la planta entera según las normas de la A.O.A.C. (1990). En las tres restantes se contabilizó el número de tallos presentes, estado fenológico de cada uno en función de la inflorescencia más avanzada que portaban, y número y estado de las restantes inflorescencias. Seguidamente se procedió a su separación en tallos, hojas con pedúnculo e inflorescencias con pedúnculo; cada fracción se pesó, se secó individualmente y sobre las mismas se efectuaron también los análisis químicos citados anteriormente.

El resto de las plantas de la colección se segó en plena floración. Cuando éstas rebrotaron y la colección presentaba nuevamente al menos 50 plantas con botones verdes, para evaluar el segundo corte, se repitió el proceso efectuado anteriormente para el primero. El estudio no se realizó en el tercer corte, ya que la producción decaía notablemente en este cultivo y no presenta valor agronómico importante.

Los resultados se compararon mediante el análisis de la varianza por el procedimiento ANOVA y el test de la Mínima Diferencia Significativa (LSD), con el paquete estadístico SAS (2004). Cuando hubo porcentajes se realizó la transformación por la función arcoseno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evolución de la floración de las plantas en los dos primeros ciclos productivos se presenta en las Tablas 1 y 2.

TABLA 1

Distribución porcentual de los tallos de una planta de esparceta en función del estado fenológico de las inflorescencias que portan y número de inflorescencias/tallo, en los dos primeros ciclos productivos.

Percentage distribution of the stems of a sainfoin plant according to the phenological stage of their inflorescences and the number of inflorescences/stem in the two first productive cycles.

Ciclo	Fecha	E. fenológico	Nº total tallos	VG	% tallos	BV	% tallos	IF	% tallos	PF	% tallos	FF	% tallos	IS	% tallos	SV	% tallos	IM	Nº inflor./ tallo
1	22.4.05	BV	94,0 a	43,4 a	56,6 ab	0 c	0 b	0 c	0 c	0 c	0 c	0 b	0 b	0 c	0 b	0 b	0 b	0 b	0 d
1	25.4.05	IF	80,7 ab	16,4 b	74,8 a	8,8 b	0 b	0 c	0 c	0 c	0 c	0 b	0 b	0 c	0 c	0 b	0 b	0 b	1,2 c
1	28.4.05	PF	47,7 b	15,9 b	46,1 b	18,8 a	19,2 a	0 c	0 c	0 c	0 c	0 b	0 b	0 c	0 b	0 b	0 b	0 b	1,5 c
1	3.5.05	FF	58,3 b	17,2 b	14,5 c	10,5 b	15,9 a	1,2 c	16,5 a	41,9 a	0 c	0 b	0 b	0 c	0 b	0 b	0 b	0 b	2,5 b
1	6.5.05	IS	59,3 ab	16,7 b	8,3 c	1,2 c	16,5 a	0 c	32,7 b	5,8 c	24,6 a	0 b	0 b	15,5 b	51,7 a	0 b	0 b	0 b	2,9 ab
1	16.5.05	SV	62,3 ab	24,5 ab	1,8 c	0 c	0,7 b	0 c	0 c	0 c	0 c	0 c	49,8 a	21,1 a	***	***	***	***	2,8 ab
1	25.5.05	IM	66 ab	29,1 a	0 c	0 c	0 b	0 b	0 c	0 c	0 c	0 c	0 c	0 c	0 c	0 b	0 b	0 b	***
Signif.			*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
2	9.6.05	BV	31 ab	26,8	73,2 a	0 c	0 b	0 b	0 b	0 b	0 c	0 b	0 b	0 c	0 b	0 b	0 b	0 b	0 d
2	12.6.05	IF	25 ab	15,4	34,1 b	50,5 a	0 b	0 b	0 b	0 b	0 c	0 b	0 b	0 c	0 b	0 b	0 b	0 b	1,3 c
2	14.6.05	PF	38 ab	25,5	37,4 b	14,7 b	22,4 a	0 b	0 b	0 b	0 c	0 b	0 b	0 c	0 b	0 b	0 b	0 b	1,4 c
2	17.6.05	FF	30,3 ab	15,8	24,0 bc	11,2 bc	9,4 ab	39,6 a	0 c	0 c	0 c	0 b	0 b	0 c	0 b	0 b	0 b	0 b	1,8 bc
2	20.6.05	IS	42,3 a	18,3	8,9 cd	2,4 c	10,5 ab	9,6 b	50,3 a	0 b	0 b	0 b	0 b	15,3 b	51,2 a	0 b	0 b	0 b	2,3 b
2	22.6.05	SV	33 ab	13,3	5,3 cd	1,3 c	8,1 ab	5,5 b	0 c	0 c	0 c	0 b	0 b	0 c	0 c	0 c	0 c	0 b	2 bc
2	1.7.05	IM	17,7 b	12,9	0 d	0 c	0 b	0 b	0 b	0 b	0 c	0 b	0 b	0 c	0 c	0 c	0 c	0 c	3,3 a
2			*	NS	***	***	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Signif.				NS	***	***	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

VG: vegetativo; BV: botón verde; IF: inicio de floración; PF: plena floración; FF: final de floración; IS: inicio de formación de semilla; SV: semilla verde; IM: inicio de maduración; NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001. Las cifras seguidas de igual letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes (P>0,05).

La Tabla 1 muestra el número total de tallos por planta y la distribución porcentual de los mismos, clasificados por el estado fenológico de la inflorescencia más adelantada en cada uno de ellos, así como el número total de inflorescencias por tallo, dado que la mayoría de los tallos tienen más de una. La evolución de la floración transcurrió rápidamente en los primeros estados fenológicos del primer ciclo productivo, siendo de 10 días entre la presencia de botones florales y el final de la floración. Luego el proceso de formación de las infrutescencias se alargó, pasando 20 días hasta el inicio de la maduración, cuando las vainas iniciaron el virado a marrón. El proceso se repitió en el segundo ciclo productivo, pero ambos periodos se acortaron. El número de inflorescencias en cada tallo aumentó significativamente ($P < 0,001$) de 1,2 a 3,2 inflorescencias/tallo, a medida que avanzaba el estado fenológico de la planta. Hubo un incremento de tallos vegetativos ($P < 0,05$) en los últimos estados fenológicos del primer ciclo productivo, lo que se explica porque las plantas iniciaron la formación de renuevos a partir de la plena floración. Dicho fenómeno hubiera dado lugar a una nueva floración en la misma planta y, por ello, a una continuidad en la floración del cultivo, si no se procediese a su siega.

TABLA 2

Clasificación de las inflorescencias de una planta de esparceta según su estado fenológico, en los dos primeros ciclos productivos.

Percentage distribution of the stems of a sainfoin plant according to the phenological stage of their inflorescences and the number of inflorescences/stem in the two first productive cycles.

Corte	Fecha	E. fenológico	IF	PF	FF	IS	SV	IM	Total infloresc.
1	25.4.05	IF	8,3	0	0	0	0	0	8,3 b
1	28.4.05	PF	15,7	12	0	0	0	0	27,7 b
1	3.5.05	FF	29,3	26,3	43	0	0	0	98,7 a
1	6.5.05	IS	35,3	34	39,7	20	0	0	129,0 a
1	16.5.05	SV	6,3	7,7	23,7	41,7	62	0	141,3 a
1	25.5.05	IM	0	0	0	0	113	20	133,0 a
Signif.			-	-	-	-	-	-	**
2	12.6.05	IF	15,7	0	0	0	0	0	15,7 b
2	14.6.05	PF	7,7	10,3	0	0	0	0	18,0 b
2	17.6.05	FF	9	4,7	14,3	0	0	0	28,0 ab
2	20.6.05	IS	8,3	11,3	20	42,7	0	0	82,3 a
2	22.6.05	SV	3,7	6,7	4	10,7	26,3	0	51,3 ab
2	1.7.05	IM	0	0	0	6	30,7	12,3	49,0 ab
Signif.			-	-	-	-	-	-	*

IF: inicio de floración; PF: plena floración; FF: final de floración; IS: inicio de formación de semilla; SV: semilla verde; IM: inicio de maduración; *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$. Las cifras seguidas de igual letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes ($P > 0,05$).

La Tabla 2 recoge la totalidad de las inflorescencias presentes en la planta, clasificadas por sus estados fenológicos, en el momento del corte de cada estado fenológico. Debido a la rapidez del proceso de floración y a que las plantas tuvieron una floración abundante, fue difícil atenerse al protocolo establecido “a priori” para la siega de las plantas en el momento de aparición de las 2-3 primeras inflorescencias en los estados fenológicos descritos y se sobrepasó dicha cifra. Durante el primer ciclo, el número mínimo fue de 8,3 inflorescencias/planta en el estado “inicio de floración” y el máximo, 62 inflorescencias/planta en “semilla verde”. En el segundo ciclo, dichos números extremos fueron 10,3 y 42,7 inflorescencias/planta. El número total de inflorescencias mostró un incremento significativo a medida que avanzaron los procesos de floración y fructificación, siendo $P < 0,01$ en el primer ciclo y $P < 0,05$ en el segundo. Fueron numerosas, asimismo, las inflorescencias en estados fenológicos anteriores, lo que explica la dificultad para definir los diferentes estados.

En la Tabla 3 se presenta la evolución del peso de la planta entera y de los tallos, hojas e inflorescencias, en los diferentes estados fenológicos estudiados. Durante el primer ciclo hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) en el peso de la planta entera, siendo la media y la desviación estándar de $192,1 \pm 38,9$ g de MS/planta, aunque dichas diferencias no siguieron la evolución del proceso de la floración, ya que los pesos máximos se encuentran al inicio y al final del proceso. Otros autores apreciaron una evolución creciente del peso de la materia seca a medida que avanzaba el proceso de floración (Borreani *et al.*, 2003) o la producción inferior se manifestó únicamente en el estado de botón floral (Alibés *et al.*, 1979). En ambos trabajos el estudio se realizó en siembra densa. Nuestro estudio, sin embargo, se llevó a cabo sobre plantas individuales, diferentes en cada evaluación y con desigual vigor, ya que la selección se efectuó al azar, lo que pudo dar lugar a la irregularidad de pesos mostrada en la Tabla 3. En el segundo ciclo no hubo diferencias significativas entre estados fenológicos, siendo el peso de $41,9 \pm 6,3$ g de MS/planta, representando un 22% del alcanzado en el primer ciclo. El descenso de peso en el segundo ciclo, es acorde con el desarrollo anual del cultivo apreciado en anteriores trabajos (Delgado *et al.*, 2008a y c).

La proporción de tallos y hojas en el peso de MS de la planta entera se redujo significativamente ($P < 0,05$ y $P < 0,01$ respectivamente) a lo largo del primer ciclo productivo, pasando ambas respectivamente de 48,5% y 44,7% en el estado “botón verde”, a 38,2% y 32,0% en el de “inicio de maduración”; inversamente sucedió con la proporción de inflorescencias que se incrementó significativamente ($P < 0,001$) entre ambos estados pasando de 6,8% a 29,8%. Durante el segundo ciclo productivo el proceso se repitió, aunque en menor proporción; la presencia de tallos en la planta se redujo de 41,1% en “inicio de floración” a 23,3% en “inicio de maduración”, la de hojas descendió de 56,8% en “botón verde” a 30,7% en “inicio de maduración”, y la de inflorescencias creció notablemente de 14,6% a 46% entre ambos estados.

TABLA 3

Peso de la planta entera de esparceta (g MS/planta) y su repartición en tallos, hojas e inflorescencias en diferentes estados fenológicos.*Weight of the sainfoin whole plant (g DM/plant) and its distribution in stems, leaves and inflorescences at different phenological stages.*

Ciclo	Fecha	Estado fenológico	g MS/pl. entera	% tallos	%hojas	% inflorescencias
1	22.4.05	Botón verde	230,2 a	48,5 a	44,7 a	6,8 b
1	25.4.05	Inicio floración	177,2 ab	41,1 ab	46,8 a	12,1 b
1	28.4.05	Plena floración	143,8 b	40,1 ab	44,9 a	15,0 b
1	3.5.05	Final floración	140,8 b	45,6 ab	30,6 b	23,8 a
1	6.5.05	Inicio semilla	209,0 ab	40,7 ab	30,5 b	28,9 a
1	16.5.05	Semilla verde	208,0 ab	43,8 ab	32,0 b	24,3 a
1	25.5.05	Inicio maduración	235,8 a	38,2 b	32,0 b	29,8 a
		Significación	*	*	**	***
2	9.6.05	Botón verde	33,3 a	28,6 ab	56,8 a	14,6 c
2	12.6.05	Inicio floración	40,6 a	41,1 a	35,8 b	23,2 bc
2	14.6.05	Plena floración	43,9 a	27,7 ab	41,5 b	30,9 abc
2	17.6.05	Final floración	46,9 a	30,7 ab	42,8 ab	26,5 bc
2	20.6.05	Inicio semilla	35,6 a	28,4 ab	37,3 b	34,3 ab
2	22.6.05	Semilla verde	41,8 a	24,0 b	37,1 b	39,0 ab
2	1.7.05	Inicio maduración	51,4 a	23,3 b	30,7 b	46,0 a
		Significación	NS	*	*	**

MS: *Materia seca*; NS: $P > 0,05$; *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$. Las cifras seguidas de igual letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes ($P > 0,05$).

La Tabla 4 recoge el contenido en PB, FND, FAD y LAD de la planta entera en los diferentes estados fenológicos. El contenido en PB decreció significativamente ($P < 0,01$) durante el primer ciclo, desde 19,78%, en “botón verde”, a 13,15% en “inicio de maduración”. En el segundo ciclo el descenso fue menos significativo ($P < 0,05$), pasando de 18,59% en “botón verde” a 15,75% en “inicio de maduración”. Los contenidos en FND, FAD y LAD evolucionaron inversamente al contenido en PB; en el primer ciclo crecieron significativamente ($P < 0,001$), desde 39,18%, 27,17% y 6,56%, en “botón verde” a 49,56%, 35,01% y 8,60% en “inicio de maduración”, respectivamente; durante el segundo ciclo el proceso se repitió aunque menos significativamente, evolucionando los contenidos en FND, FAD y LAD, desde 36,98%, 26,68% y 8,58%, a 47,01%, 31,27% y 8,80%, respectivamente.

La Tabla 5 muestra el contenido en PB, FND, FAD y LAD de las fracciones de la planta, tallos, hojas e inflorescencias, en los diferentes estados fenológicos.

TABLA 4

Análisis químico (%) de la planta entera de esparceta en diferentes estados fenológicos.*Chemical analysis (%) of the sainfoin whole plant at different phenological stages.*

Ciclo	Fecha	Estado fenológico	PB	FND	FAD	LAD
1	22.4.05	Botón verde	19,78 a	39,18 c	27,17 c	6,56 d
1	25.4.05	Inicio floración	18,21 ab	43,36 bc	30,16 bc	7,72 bc
1	28.4.05	Plena floración	19,72 ab	39,09 c	27,41 c	7,03 cd
1	3.5.05	Final floración	15,67 bc	47,14 ab	33,89 ab	8,19 ab
1	6.5.05	Inicio semilla	16,28 bc	42,01 bc	31,02 bc	7,68 bc
1	16.5.05	Semilla verde	12,96 c	51,27 a	37,82 a	9,02 a
1	25.5.05	Inicio maduración	13,15 c	49,56 a	35,01 a	8,60 ab
Signif.			**	***	***	***
2	9.6.05	Botón verde	18,59 ab	36,98 c	26,68 b	8,58 ab
2	12.6.05	Inicio floración	16,97 ab	39,88 c	27,29 b	8,40 b
2	14.6.05	Plena floración	20,70 a	41,13 bc	28,54 ab	8,42 b
2	17.6.05	Final floración	15,51 b	43,25 ab	29,34 ab	8,23 b
2	20.6.05	Inicio semilla	16,43 ab	45,34 ab	32,33 a	8,57 ab
2	22.6.05	Semilla verde	18,40 ab	42,78 abc	29,01 ab	8,35 b
2	1.7.05	Inicio maduración	15,75 ab	47,01 a	31,27 a	8,80 a
Signif.			*	**	*	*

PB: proteína bruta; FND: fibra neutrodetergente; FAD: fibra ácidodetergente; LAD: lignina ácidodetergente;

*: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$. Las cifras seguidas de igual letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes ($P > 0,05$).

El contenido en PB de los tallos decreció significativamente ($P < 0,001$) durante el primer ciclo, pasando de 10,95% en “botón verde” a 6,50% en “inicio de maduración”; en el segundo ciclo el descenso fue menos significativo ($P < 0,05$), de 9,50% a 6,84%. Los contenidos en FND, FAD y LAD de los tallos evolucionaron inversamente al contenido en PB. En el primer ciclo crecieron significativamente ($P < 0,001$), pasando de 47,89%, 34,76% y 6,36%, a 61,52%, 44,82% y 9,31%, respectivamente; durante el segundo ciclo el proceso se repitió aunque menos significativamente, evolucionando los contenidos en FND, FAD y LAD, desde 58,10%, 40,90% y 9,29%, respectivamente, en “inicio de floración”, a 58,00%, 42,65% y 9,61%, respectivamente, en “inicio de maduración”; el estado “botón verde” no se analizó por escasez de muestra.

TABLE 5
Análisis químico (%) de las fracciones de una planta de esparceta en diferentes estados fenológicos.
Chemical analysis (%) of the fractions of a sainfoin plant at different phenological stages.

Ciclo	Fecha	Estado fenológico	Tallos				Hojas				Inflor.
			PB	FND	FAD	LAD	PB	FND	FAD	LAD	PB
1	22.4.05	Botón verde	10,95 a	47,89 b	34,76 b	6,36 b	23,49 a	33,66	22,08 a	7,08 ab	22,84 a
1	25.4.05	Inicio floración	9,28 b	45,46 b	33,12 b	6,12 b	22,73 a	29,94	21,04 ab	7,55 ab	23,14 a
1	28.4.05	Plena floración	9,08 b	46,14 b	32,08 b	6,28 b	21,40 ab	30,11	19,01ab	7,29 ab	22,71 a
1	3.5.05	Final floración	7,22 c	57,53 a	43,58 a	9,85 a	19,49 ab	30,78	21,79 a	8,14 a	19,08 ab
1	6.5.05	Inicio semilla	7,86 c	57,99 a	43,26 a	9,35	21,18 ab	30,69	20,00 ab	7,89 a	19,65 ab
1	16.5.05	Semilla verde	6,54 c	58,15 a	42,51 a	9,36 a	19,64 ab	29,56	17,74 b	6,56 b	17,19 b
1	25.5.05	Inicio maduración	6,50 c	61,52 a	44,82 a	9,31 a	17,92 b	32,39	19,93 ab	7,32 ab	18,52 ab
Signif.			***	***	***	***	*	NS	*	*	**
2	9.6.05	Botón verde	9,50 a	-	-	-	24,36 a	-	-	-	22,48 a
2	12.6.05	Inicio floración	7,42 ab	58,10 a	40,90 a	9,29 a	20,14 bc	32,89	19,34	9,00 b	19,83 ab
2	14.6.05	Plena floración	8,14 ab	48,08 b	34,43 b	7,23 b	23,17 ab	35,29	23,67	11,58 a	17,30 b
2	17.6.05	Final floración	6,84 b	57,40 a	41,64 a	9,19 a	21,09 abc	36,05	21,79	9,79 b	17,07 b
2	20.6.05	Inicio semilla	6,99 b	59,11a	43,38 a	10,28 a	21,38 abc	35,09	22,26	9,38 b	18,18 b
2	22.6.05	Semilla verde	7,07 b	59,65 a	43,35 a	10,05 a	18,83 c	34,83	23,09	10,64 ab	16,89 b
2	1.7.05	Inicio maduración	7,52 ab	58,00 a	42,65 a	9,61 a	20,85 bc	33,09	20,48	9,74 b	19,95 ab
Signif.			*	**	**	*	*	NS	NS	*	**

PB: proteína bruta; FND: fibra neutrodetergente; FAD: fibra ácidodetergente; LAD: lignina ácidodetergente; NS: $P > 0,05$; *: $< 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$. Las cifras seguidas de igual letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes ($P > 0,05$).

El contenido en PB de las hojas decreció durante el primer ciclo con la progresión de la floración de las plantas, pero menos significativamente ($P < 0,05$) que el de los tallos, desde 23,49% en “botón verde” a 17,92% en “inicio de maduración”. En el segundo ciclo el descenso fue asimismo significativo ($P < 0,05$), desde 24,36% a 20,85%; los contenidos en FND, FAD y LAD se analizaron de “inicio de floración” a “inicio de maduración”; el estado “botón verde” no se analizó por escasez de muestra. La evolución del contenido en FND no fue significativa ($P > 0,05$) en ambos ciclos, siendo de media 31,02% y 34,54%, respectivamente. Los contenidos en FAD y LAD se redujeron significativamente ($P < 0,05$) durante el primer ciclo con la evolución de la floración, pasando de 22,08% y 8,14%, a 17,74% y 6,56%, respectivamente. En el segundo ciclo el contenido en FAD no fue significativo, siendo de media 21,77%; El contenido en LAD se incrementó significativamente ($P < 0,05$), de 9,00% a 11,58% entre el inicio y la plena floración..

En lo que respecta a la fracción correspondiente a las inflorescencias, se analizó únicamente su contenido en PB, ya que no se disponía de muestra suficiente para realizar los análisis de FND, FAD y LAD en algunos estados fenológicos y ciclos productivos. El contenido en PB decreció significativamente ($P < 0,01$) en ambos ciclos a medida que avanzó la floración, pasando de 23,14% a 17,19% durante el primer ciclo y de 22,48% a 17,07% durante el segundo.

La evolución del contenido en PB de la planta entera fue similar a los presentados por Alibés y Tisserand (1990), Borreani *et al.* (2003) e INRA (2007), pero un 32% superiores a los presentados por Alibés *et al.* (1979) en un trabajo anterior. Los bajos resultados obtenidos en el trabajo Alibés *et al.* (1979) podrían atribuirse al excesivo porcentaje de los tallos en la planta entera (del orden del 76% en plena floración), ya que el contenido en PB de las hojas y tallos fueron similares a los de la Tabla 5, posiblemente debido a una siembra muy densa que favoreció el desarrollo de los tallos y redujo la presencia de hojas, al contrario de lo que sucedió en nuestro trabajo, que se efectuó sobre plantas aisladas, favoreciendo el desarrollo de las hojas en detrimento de los tallos (40% de tallos en plena floración, Tabla 3).

La evolución del contenido en FND fue similar a la presentada por Borreani *et al.* (2003) e INRA (2007), y la de FAD similar a la presentada por Alibés y Tisserand (1990) e INRA (2007). Ninguno de los autores citados anteriormente presentó análisis del contenido en LAD, por lo que no se pudo comparar.

De los resultados mostrados en la Tabla 4 se aprecia que pueden establecerse tres grupos de mayor a menor calidad del forraje en el primer ciclo productivo, en función de su composición química. El primero lo integrarían los estados que se han definido *a priori* como “botón verde”, “inicio de floración” y “plena floración”; el segundo, los de “final de floración” e “inicio de formación de semilla”; y el tercero

incluiría los de “semilla verde” e “inicio de maduración”. Este paulatino descenso de la calidad se atribuiría, fundamentalmente, a la disminución del contenido en PB de los tallos e inflorescencias, ya que el contenido en PB de las hojas únicamente se depreció significativamente en “inicio de maduración” (Tabla 5). En el segundo ciclo la formación de grupos es difícil de establecer, dado que se aprecia poca variación entre estados fenológicos en los diferentes parámetros analizados, aunque con una tendencia a verse reducida la calidad en los estados más avanzados. La menor duración del ciclo, el escaso desarrollo de la planta habido durante el mismo, con un menor peso porcentual de los tallos, los cuales habían sido la fracción que más modificó su composición química durante el primer ciclo, pudieron contribuir a diluir las diferencias entre estados fenológicos.

Los resultados obtenidos confirman la práctica habitual de los ganaderos de aprovechar el cultivo en plena floración, sin un detrimento apreciable de su valor nutritivo, al contrario de lo que sucede con cultivos similares como la alfalfa en los que se recomienda realizar su aprovechamiento en inicio de floración para no reducir su valor nutritivo (Smith, 1972). Aunque en nuestro experimento realizado en plantas individuales no se aprecia un incremento de la producción de materia seca atribuible a la evolución de la floración (Tabla 3), este incremento se recoge en otros trabajos en los primeros estados fenológicos (Alibés *et al.*, 1979; Borreani *et al.*, 2003), por lo que la practica habitual de segar el cultivo en plena floración se justifica ya que puede incrementarse el rendimiento con pérdidas reducidas en la calidad del forraje.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos sugieren modificar en lo sucesivo las definiciones de los estados fenológicos establecidos *a priori* en “material y métodos”, ya que es difícil identificarlos por la rapidez y abundancia de la floración. Se propone, por tanto, variar las definiciones anteriores, estableciendo el criterio de que el 50 % de los tallos muestren inflorescencias en el estado fenológico correspondiente. Dado que la maduración de las inflorescencias es escalonada y algunas van más adelantadas que el resto, una forma práctica de definir el momento de aparición de cada estado sería cuando se apreciaran las primeras inflorescencias del estado siguiente.

Así, el criterio propuesto para definir los diferentes estados fenológicos es el siguiente:

1. Estado “botón verde”. 50% de los tallos con botones verdes. Aparecen las primeras inflorescencias con dos-tres flores abiertas.

2. Estado “inicio de floración”. 50% de los tallos muestran inflorescencias con al menos dos-tres flores abiertas. Aparecen las primeras inflorescencias con el 50% de las flores abiertas.
3. Estado “plena floración”. 50% de los tallos muestran inflorescencias con el 50% de las flores abiertas. Aparecen las primeras inflorescencias con flores abiertas en la parte superior.
4. Estado “final de floración”. 50% de los tallos presentan inflorescencias con flores abiertas en la parte superior. Aparecen las primeras inflorescencias con vainas formadas en la base de la inflorescencia.
5. Estado “semilla verde”. 50% de los tallos presentan vainas verdes en la totalidad de la inflorescencia y las flores han desaparecido. Aparecen las primeras vainas virando a marrón.
6. Estado “maduración de la semilla”. 50% de los tallos presentan vainas virando a marrón. Aparecen las primeras inflorescencias con solo vainas marrones.

Estas definiciones retrasan ligeramente la fecha de reconocimiento de algunos de los estados fenológicos descritos en “material y métodos” como “inicio de floración”, “plena floración” e “inicio de maduración”. El estado “inicio de formación de semilla” queda absorbido en el de “final de floración” por la dificultad para su apreciación.

A efectos prácticos para su utilización por técnicos y ganaderos, teniendo en cuenta que los análisis químicos posibilitan agrupar los estados fenológicos por criterios de calidad, se aprecian tres grupos diferentes, los cuales corresponden a tres fases de la floración-formación de semilla muy marcadas, los nuevos seis estados fenológicos definidos podrían reagruparse en tres. El primero, comprendiendo los estados “botón verde” e “inicio de floración”, se denominaría “inicio de floración” y se reconocería porque el cultivo presenta abundantes inflorescencias iniciando la floración y algunas ya en plena floración; el segundo, incluyendo los estados de “plena floración” y “final de floración”, podría englobarse como “plena floración” y se diferenciaría porque el cultivo está totalmente florido y aparecen las primeras infrutescencias; y el tercero abarcando los estados “semilla verde” y “maduración de la semilla”, podría denominarse “maduración de la semilla” no apercibiéndose ya flores en el cultivo.

Estos tres estados fenológicos, definidos en función de la calidad del forraje: “inicio de floración”, “plena floración” y “maduración de la semilla”, presentaron, respectivamente, unos contenidos medios en proteína bruta 19,2%, 16% y 13,3%, en fibra neutro detergente 40,5%, 44,6% y 50,4%, en fibra ácido detergente 28,2%, 32,4% y 36,4%, y en lignina ácido detergente 7,1%, 7,9% y 8,8%, durante el primer ciclo productivo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Ana Isabel López Martínez, Ángeles Legua Pérez y Juan Ángel Tanco Salaverri su colaboración técnica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIBÉS, X.; RODRÍGUEZ, J.; GERIA, R.; MUÑOZ, F., 1979. Valor alimenticio de la esparceta (*Onobrychis viciaefolia*, Scop.). *Pastos*, **9** (1), 81-90.
- ALIBÉS, X. ; TISSERAND J., 1990. Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. *Options Méditerranéennes, Serie B: Études et Recherches*, **4**, 137 pp.
- A.O.A.C., 1990. Official methods of analysis, 15th ed. Arlington, (EEUU). 1213 pp.
- BADOUX, S., 1965. Étude des caractères morphologiques, physiologiques et agronomiques de populations d'esparcette (*Onobrychis* sp.). *La recherche agronomique en Suisse*, **Vol IV, Fasc 2**, 111-190.
- BENAIGES, C., 1967. *La esparceta*. Hojas divulgadoras, 6-55H. Ed. Ministerio de agricultura, 16pp. Madrid (España).
- BORREANI, G.; PEIRETTI, P.G.; TABACCO, E., 2003. Evolution of yield and quality of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) in the spring growth cycle. *Agronomie*, **23**, 193-201.
- DELGADO, I.; ANDRÉS, C.; SIN, E.; OCHOA, M.J., 2002. Estado actual del cultivo de la esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.). Encuesta realizada a agricultores productores de semilla. *Pastos*, **XXXII** (2), 235-247.
- DELGADO, I.; ANDRÉS, C.; MUÑOZ, F., 2008a. Effect of the environmental conditions on different morphological and agronomical characteristics of sainfoin. *Options Méditerranéennes, Serie A*, **79**, 199-202.
- DELGADO, I.; SALVIA, J.; BUIL, I.; ANDRES, C., 2008b. The agronomic variability of a collection of sainfoin accessions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **6** (3), 401-407.
- DELGADO, I.; CONGOST, S.; OCHOA, M.J.; NUEZ, T, 2008c. Stocking rate estimation based on pastures improvement in the Maestrazgo Turolense region (NE Spain). *Options Méditerranéennes, Serie A*, **78**, 79-82.
- FICK, G.W.; HOLT, D.A.; LUGG, D.G., 1988. Environmental physiology and crop growth. In: *Alfalfa and alfalfa improvement*, 163-194. Eds. A. Hanson, D. Barnes y R. Hill. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA.
- INRA, 2007. *Tables Inra 2007*, Ed. Quae, 307 pp. Versailles, Paris (Francia).
- IWAASA, A.D.; JEFFERSON, P.G.; LEMKE R., 2006. Beef cattle grazing and forage production comparisons of alfalfa-grass versus sainfoin pastures. *Journal of Animal Science*, **84, Suppl. 2**, 163-164.
- MARTINIELLO, P.; LAUDADIO, V.; PINTO, V.; CIRUZZI, B., 2000. Influence des techniques de culture sur la production de sulla et de sainfoin en milieu méditerranéen. *Fourrages*, **161**, 53-59.
- SAS, 2004. *SAS user's guide: Statistics version 9.1.2*. SAS Institute Inc., Cary, N.C. (EEUU).
- SMITH, D., 1972. Cutting schedules and maintaining pure stands. En: *Alfalfa science and technology*, 481-496. Ed. C.H. HANSON. Agronomy, 15 series.

CHARACTERIZATION AND FEEDING VALUE OF SAINFOIN AT DIFFERENT PHENOLOGICAL STAGES

SUMMARY

Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) is a perennial forage legume, whose two thirds of the annual yield is obtained in the first cut. To define sainfoin phenological stages presents difficulties since one plant can display stems in all the phenological stages and, therefore, open flowers for a long period. The aim of this study was to establish practical criteria for the crop management based on forage production and quality. The flowering process was evaluated on individual plants quantifying the number of inflorescences and their phenological stage, the proportion of stems, leaves and inflorescences as well as their contents on crude protein, neutral detergent fibre, acid detergent fibre and lignin detergent fibre during the two first productive cycles of the crop. This study was carried out in Zaragoza during 2005, using a collection of accessions from NE Spain. Results showed that six different phenological stages could be defined, though they were reduced to three groups for their practical use by technicians and farmers according to their quality: “flowering onset”, “full flowering” and “seed ripening”, being their average crude protein contents 19.2%, 16% and 13.3%, neutral detergent fibre 40.5%, 44.6% and 50.4%, acid detergent fibre 28.2%, 32.4% and 36.4%, and lignin detergent fibre 7.1%, 7.9% and 8.8%, respectively, during the first productive cycle.

Key words: *Onobrychis viciifolia* Scop., crude protein, neutral detergent fibre, acid detergent fibre, lignin detergent fibre.