

2

TRABAJOS CIENTÍFICOS

RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE NUEVAS LEGUMINOSAS ANUALES COMO CULTIVO DE INVIERNO EN ROTACIONES FORRAJERAS INTENSIVAS EN GALICIA

S. PEREIRA-CRESPO¹, J. VALLADARES¹, G. FLORES¹, N. DÍAZ¹,
B. FERNÁNDEZ-LORENZO¹, C. RESCH¹, A. GONZÁLEZ-ARRÁEZ¹,
M.J. BANDE-CASTRO¹ Y X. RODRIGUEZ-DIZ²

¹Instituto de Calidade Agroalimentaria. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM). Carretera de Betanzos a Mesón do Vento, km 7. 15318 Abegondo. A Coruña (España). soniapereira@ciam.es. ²Leyma Central Lechera S. A. Polígono de Sabón, parcela nº 136. E-15142 Arteixo. A Coruña (España).

RESUMEN

Se presentan resultados de producción y valor nutritivo observados en un ensayo realizado en la zona atlántica de Galicia donde se evaluaron seis especies de leguminosas anuales sembradas en otoño como cultivo monofito. Las especies fueron: trébol encarnado (*Trifolium incarnatum* L.); trébol migueliano (*T. michelianum* Savi); trébol persa (*T. resupinatum* L.) ssp. *resupinatum* y ssp. *majus*; trébol vesiculoso (*T. vesiculosum* Savi.) y serradella (*Ornithopus sativus* Brot.). La cosecha se realizó en seis fechas diferentes a intervalos de dos semanas desde mediados de marzo, con un segundo corte a las seis semanas. En el primer ciclo la producción de materia seca (MS) por hectárea varió ampliamente entre especies (de 3389 a 6685 kg MS ha⁻¹) y entre fechas de corte (de 1571 a 8591 kg MS ha⁻¹). En el segundo aprovechamiento, todas las especies mostraron capacidad de rebrote hasta la tercera fecha de corte del primer ciclo, con una producción media de 3087 kg MS ha⁻¹. Las calibraciones NIRS desarrolladas para estimar el valor nutricional de estas especies mostraron un buen poder predictivo. Los valores medios de digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DMOIV, %) y de proteína bruta (PB, %MS) para el primer y segundo ciclo fueron, respectivamente, 73,0% y 72,3% para DMOIV y 17,9% y 19,0% para PB, indicando una excelente calidad nutricional para estas especies, si bien el contenido medio de materia seca fue muy bajo, alrededor del 12% de media para el primer y segundo cortes. El descenso de calidad en el primer ciclo fue más acusado a partir de mediados de abril, por lo que esta fecha podría ser adecuada para ensilar, proporcionando un forraje de alta digestibilidad y rico en proteína. Sin embargo, el bajo contenido en MS de estas especies puede comprometer la obtención de una buena calidad de fermentación del ensilado.

Palabras clave: Tréboles anuales, serradella, potencial forrajero, NIRS.

Bases de datos: <http://polired.upm.es/index.php/pastos> (España), AGRIS (Italia), CAB Abstracts (Reino Unido), CABI Full Text (Reino Unido), Catálogo LATINDEX (México), DIALNET (España), ICYT Ciencia y Tecnología (España)

INTRODUCCIÓN

Existe un renovado interés acerca de la recuperación del cultivo de leguminosas forrajeras en Europa, en parte obligado por la necesidad que tienen los agricultores de adaptar su modelo de manejo a las nuevas condiciones económicas y políticas que recogen las demandas de los agentes sociales relativos al desarrollo de una agricultura con un menor impacto en medio ambiente (Peeters *et al.*, 2006). A ello no es ajeno el sector productor de leche que se desarrolla actualmente en un contexto de descenso de precios percibidos por el agricultor, inputs caros y volátiles, con una evolución impredecible y en un horizonte donde las cuotas de la leche desaparecerán en 2015. La introducción de leguminosas en los sistemas forrajeros de las explotaciones son una vía para conseguir encajar las necesidades del productor, de los consumidores y de la sociedad en general por su efecto positivo sobre tres aspectos de la producción: la reducción del costo de inputs (fertilizante y concentrado), el efecto positivo sobre la calidad del producto (leche) y la disminución de las emisiones de gases efecto invernadero y la polución causada por la actividad agraria (Frame, 2005).

En un reciente trabajo acerca de la estructura productiva de las explotaciones lecheras gallegas en el decenio 1996-2006, Fernández-Lorenzo *et al.* (2009) ponen de manifiesto que la intensificación productiva de las explotaciones gallegas se produjo en paralelo a un aumento en la proporción de la superficie agraria útil ocupada por el cultivo del maíz forrajero para ensilar, en detrimento de la superficie de prados y pastizales. Por lo general, el maíz se rota con un cultivo invernal de raigrás italiano anual que se aprovecha en un único corte a finales de abril. En esta situación, es frecuente que el cultivo presente niveles de proteína bajos, en ocasiones no muy superiores a los del maíz (Flores *et al.*, 2011), lo que a veces se une a problemas de encamado por un crecimiento excesivo del forraje. Adicionalmente, menos del 2% de las granjas lecheras gallegas, según Fernández-Lorenzo *et al.* (2009), incluyen una leguminosa en la rotación con el maíz.

En los últimos años han aparecido en el mercado diferentes cultivares de leguminosas anuales adaptadas a zonas con inviernos suaves. Estas nuevas leguminosas pratenses han sido seleccionadas, entre otros caracteres, en base a la profundidad de su sistema radicular, amplia estación de crecimiento, tolerancia a plagas y enfermedades y asociación simbiótica adaptada a suelos ácidos (Loi *et al.*, 2008). Entre las especies utilizadas figuran diversos tréboles anuales, como el trébol persa (*Trifolium resupinatum* L.), el trébol migueliano (*T. michelianum* Savi.) y el trébol vesiculoso (*T. vesiculosum* Savi.), así como la serradella francesa (*Ornithopus sativus* Brot.). Esta última especie, junto con el trébol encarnado (*Trifolium incarnatum* L.), eran leguminosas anuales presentes en la práctica agrícola de las explotaciones gallegas (Lloveras, 1987), hoy en día prácticamente desaparecidas.

En condiciones de terrenos de monte de escasa fertilidad, situados en una zona del sur de Galicia con marcada influencia mediterránea que se manifestaba sobre todo por la escasez de agua en verano, Piñeiro *et al.* (2008) recurrieron con éxito al uso de estas leguminosas en el establecimiento de pastos para la alimentación del ganado vacuno, conservados como heno en verano y aprovechados en pastoreo el resto del año. La utilización de las citadas leguminosas en los sistemas de rotaciones forrajeras intensivas de dos cultivos por año en Galicia, aún no ha sido evaluada hasta el momento.

El objetivo del presente trabajo es evaluar y comparar el potencial forrajero y el valor nutritivo de diferentes cultivares de leguminosas anuales sembradas como cultivo monofito de invierno, en condiciones de secanos húmedos de la zona costera de Galicia para formar parte de la alternativa de dos cultivos por año con maíz forrajero como cultivo de verano.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización

El ensayo se realizó durante el período comprendido entre mediados de octubre de 2009 y comienzos de julio de 2010, en la finca del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (A Coruña, 43° 15' N, 8° 18' W), zona costera de clima atlántico a 100 m de altitud, en secano, sobre suelos de esquistos de profundidad y fertilidad media, con valores de pH 5,4 a 5,7; de P (Olsen, extraído en NaHCO_3) 21-37 mg kg^{-1} y de K (extraído en NH_4NO_3) 180-210 mg kg^{-1} , en los que previamente se había cultivado maíz forrajero.

Tratamientos

Se evaluaron seis especies de leguminosas sembradas como cultivo monofito: trébol encarnado cv. Viterbo; trébol migueliano cv. Bolta; trébol persa ssp. *resupinatum* cv. Kyambro; trébol persa ssp. *majus* cv. Maral; trébol vesiculoso cv. Zulu II y serradella francesa cv. Margarita. La cosecha se realizó en seis fechas de aprovechamiento en el primer ciclo de crecimiento, a partir del 15 de marzo hasta el 24 de mayo, cada dos semanas, seguidas por el corte de los rebrotes a las seis semanas de edad, a partir del 26 de abril hasta el 5 de julio. Se utilizó un diseño experimental en parcelas divididas (split plot) con 10 bloques, con la especie (sembrada en monocultivo) como parcela principal y la fecha de corte como subparcela.

Siembra, fertilización y seguimiento del cultivo

Tras la cosecha del cultivo anterior se realizó un encalado con calizas molidas equivalente a 1,5 t ha⁻¹ de óxido de calcio, seguido de la preparación del terreno con dos pases de grada de discos ligera, entre los cuales se aplicaron por hectárea 100 kg de P₂O₅ y 150 kg de K₂O como fertilización de fondo. La siembra de las diferentes especies se realizó entre el 13 y el 16 de octubre de 2009, con semilla inoculada, en parcelas elementales de 7,8 m² (6,0 m x 1,3 m), con dosis de 30 kg ha⁻¹ para la serradella y el trébol encarnado y de 10 kg ha⁻¹ para los restantes tréboles. No se realizaron aportaciones de fertilizante nitrogenado ni se aplicaron herbicidas en ningún momento del ensayo.

Muestreo de las parcelas

En las fechas previstas para cada corte se tomó una muestra de 5,0 m x 0,90 m en las correspondientes subparcelas mediante una segadora de barra oscilante de 0,90 m de anchura de corte, a una altura aproximada de 10 cm del suelo. En los casos en los que el forraje estaba encamado, principalmente en el caso de cortes tardíos de trébol migueliano, el forraje se levantó manualmente para facilitar el corte con la segadora. La muestra fue pesada en el campo y, por cuarteos sucesivos, se tomó una alícuota de aproximadamente 1500 g-2000 g, que se envió al laboratorio para la determinación de composición botánica y de materia seca (MS). El análisis florístico se realizó sobre una alícuota de muestra fresca de 300 g-400 g, separando manualmente las fracciones correspondientes a la especie sembrada y a otras especies. La materia seca de la biomasa total del cultivo y la de las fracciones "leguminosa sembrada" y "otras especies" se determinó en estufa de aire forzado Unitherm, a 80° C durante 16 h (Castro, 1996) y, posteriormente, se molió a 1 mm en molino de martillos Christy and Norris.

Predicción del valor nutritivo mediante Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS)

El análisis NIRS se realizó sobre las muestras secas y molidas, siendo preciso desarrollar nuevas ecuaciones de calibración para estas especies de leguminosas. Se procedió al registro por duplicado de los espectros de reflectancia ($\log 1/R$ vs λ) de todas las muestras (n=545) en un espectrofotómetro monocromador Foss NIRSystem 6500 (Foss NIRSystem, Silver Spring, Washington, USA) provisto de módulo de giro y situado en cámara isoterma. Para los procesos de calibración y validación cruzada se utilizó el espectro medio abarcando la región NIR del espectro (rango de longitud de onda entre 1000 y 2500 nm), con lecturas a intervalos de 2 nm. La recogida de los datos espectrales y el análisis quimiométrico de los mismos se llevó a cabo mediante

el programa WinISI II v. 1.5 (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA, 2000). La selección de las muestras representativas del grupo de calibración se realizó utilizando el algoritmo SELECT basado en el análisis por componentes principales, que elige muestras espectralmente diferentes (Shenk y Westerhaus, 1991).

Las muestras seleccionadas ($n = 316$) fueron analizadas por vía húmeda mediante métodos de referencia y por duplicado. Se determinó el contenido en materia orgánica (MO) por ignición en mufla a 550°C; el de proteína bruta (PB), expresada como nitrógeno (N) total $\times 6,25$, mediante digestión micro Kjeldahl seguida de la determinación colorimétrica del ión amonio, según el método descrito por Castro *et al.* (1990) adaptado al autoanalizador de flujo continuo AAIII (Bran-Luebbe, Inc., Technicon Industrial Systems Corp., Tarrytown, NY, EEUU), el de fibra neutro detergente (FND), según Goering y Van Soest (1970), determinado en un digestor Fibertec (Foss Tecator AB, Suecia) y el de carbohidratos solubles en agua (CSA), según Castro (2000). La determinación de la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DMOIV) se realizó mediante el procedimiento descrito por Tilley y Terry (1963), modificado por Alexander y McGowan (1966). Todos los parámetros se refirieron a materia seca.

Para el desarrollo de las ecuaciones de calibración se trataron los espectros mediante SNV-Detrend (Tipificación de la absorbancia y corrección de la tendencia; Barnes *et al.*, 1989) para corregir los efectos de dispersión de la luz. Las calibraciones fueron desarrolladas utilizando regresión mínima cuadrática modificada (MPLS), realizando la regresión entre los datos espectrales y los de referencia (Martens y Naes, 1987), eliminando previamente las muestras anómalas utilizando para ello la distancia de Mahalanobis (estadístico H). Este modelo de regresión incluyó validaciones cruzadas para prevenir el sobreajuste, dividiendo el total de muestras de calibración en cinco grupos, que fueron secuencialmente utilizados para efectuar la validación de las ecuaciones generadas con los restantes cuatro grupos. El procedimiento se repitió hasta que todas las muestras fueron predichas una vez y se obtuvieron los errores estándar de la validación cruzada.

Los estadísticos usados para seleccionar la ecuación de calibración fueron los errores estándar de calibración (SEC) y de validación cruzada (SECV) y los coeficientes de determinación (R^2 y r^2) obtenidos en el proceso de calibración y validación externa, respectivamente, así como el índice RER o relación entre el rango de los datos de referencia y el SECV, por ser un estadístico útil para evaluar la precisión y exactitud de los modelos de calibración (Williams y Sobering, 1996).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA considerando la especie y la fecha de corte como factores fijos y las comparaciones de medias se realizaron mediante la

diferencia mínima significativa protegida de Fisher, utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS v.8a (SAS Institute, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ensayo se llevó a cabo según lo previsto con una siembra en un otoño algo más cálido de lo habitual, que fue seguido por un invierno algo más frío y sobre todo más lluvioso, como se puede observar en la Tabla 1. El establecimiento de las leguminosas fue satisfactorio y en el posterior desarrollo del ciclo del cultivo no se apreciaron problemas de plagas o enfermedades ni accidentes meteorológicos relevantes. Todas las especies mostraron abundante nodulación en sus raíces.

TABLA 1

Temperatura media y precipitación acumulada durante los meses del ensayo.

Monthly rainfall and average temperature over the experimental period.

| Mes | Período 2009-2010 | | Media de los últimos 10 años | |
|-----------|-------------------|------------|------------------------------|------------|
| | Tª media °C | Lluvia, mm | Tª media °C | Lluvia, mm |
| Octubre | 16,4 | 127,4 | 14,8 | 187,1 |
| Noviembre | 12,5 | 276,2 | 10,8 | 167,2 |
| Diciembre | 8,3 | 214,8 | 8,5 | 132,9 |
| Enero | 7,9 | 184,0 | 9,0 | 117,9 |
| Febrero | 7,7 | 159,6 | 8,5 | 98,5 |
| Marzo | 9,6 | 84,0 | 10,7 | 112,3 |
| Abril | 12,7 | 44,6 | 11,9 | 84,3 |
| Mayo | 14,1 | 84,5 | 14,1 | 84,9 |
| Junio | 16,8 | 117,0 | 17,4 | 48,1 |
| Julio | 18,9 | 38,1 | 18,4 | 46,9 |

Producción

En la Tabla 2 se muestra, para las diferentes especies y fechas de corte, la producción (kg MS ha⁻¹), contenido en MS (%) y porcentaje de especies sembradas obtenidas en cada aprovechamiento. Se detectó un efecto significativo de la especie, la fecha de corte y de la interacción especie x fecha de corte sobre las citadas variables, tanto en el primer ciclo de crecimiento como en el rebrote. El nivel de significación fue $p < 0,001$ para todas las variables, salvo para el contenido en MS de los rebrotes, donde la especie

y la interacción especie x fecha de corte tuvieron niveles de significación de $p < 0,05$ y $p < 0,01$, respectivamente. Para el primer ciclo, promediando todas las especies y fechas de corte, la producción media, el contenido en MS y el porcentaje de leguminosa sembrada obtenida fue de 5369 kg MS ha⁻¹, 12,1% y 86,5%, respectivamente. En cuanto al inicio de floración (primeras flores visibles) la serradella fue la especie más precoz (29 de marzo), seguida del trébol migueliano (12 abril), trébol persa ssp. *resupinatum* (23 abril), trébol encarnado (26 de abril), trébol vesiculoso (5 mayo) y trébol persa ssp. *majus* (22 mayo). Comparando las diferentes especies evaluadas para la media de las seis fechas de corte del primer ciclo, las especies más productivas fueron los tréboles migueliano y encarnado con valores de 6685 y 6246 kg MS ha⁻¹, respectivamente, y la menos productiva el trébol persa ssp. *majus* (3389 kg MS ha⁻¹). El contenido en MS fue bajo en todas las especies, oscilando entre 12,8% y 11,6% para el trébol persa ssp. *majus* y el trébol migueliano, respectivamente.

El porcentaje más elevado de leguminosa sembrada correspondió al trébol migueliano (95,1%) evidenciando su agresividad. Por el contrario, el trébol persa ssp. *majus* fue la especie menos competitiva (72,2%), mientras que el resto de las especies no se diferenciaron entre sí, oscilando la leguminosa sembrada entre el 88,5% y el 87,3% de la biomasa total cosechada. En cuanto a la presencia de especies no sembradas en la composición botánica, la fracción de "otras" estaba representada principalmente por especies de cariofiláceas (*Spergula* spp.), crucíferas (*Raphanus* spp.) y gramíneas (*Poa* spp. y *Lolium* spp.).

Comparando las diferentes fechas de corte del primer ciclo para el conjunto de especies evaluadas, la producción se incrementó en cada corte, desde 1571 hasta 8591 kg MS ha⁻¹ para el primer y último aprovechamiento, respectivamente. La tasa de crecimiento diario del forraje en los cinco intervalos entre las sucesivas fechas de corte fueron 69,2; 131,4; 162,1; 125,7 y 12,8 kg MS ha⁻¹ día⁻¹, lo que indica un alto potencial de crecimiento de estas especies que, en las condiciones del experimento, se concentra entre el comienzo de abril hasta mediados de mayo, alcanzando un techo en la segunda mitad de abril. El porcentaje de leguminosa sembrada fue superior en los cortes más tardíos comparados con los precoces, con valores de 73,4% en el primer corte y de 90,1 % en el último. El contenido en MS de estos cortes fue superior al de las fechas intermedias, con valores de 15,8; 10,4; 10,8; 10,5; 9,8 y 15,4 % para las fechas primera a sexta, respectivamente.

TABLA 2

Producción (kg materia seca ha⁻¹), contenido en materia seca (MS) y porcentaje (sobre MS) de leguminosa sembrada para las distintas especies y fechas de corte en el primer ciclo de crecimiento y el rebrote a las 6 semanas.

Dry matter (DM) yield, DM content and percentage of sown legume species (DM basis) averaged by species across harvest dates and by harvest dates across species in the first growth cycle and in the 6 weeks regrowth.

| Especie | Primer ciclo | | | Rebrote a las 6 semanas † | | |
|--------------------------------|---|-----------|-------------------|---|-----------|-------------------|
| | Producción (kg MS ha ⁻¹) | MS (%) | Leguminosa (%) | Producción (kg MS ha ⁻¹) | MS (%) | Leguminosa (%) |
| Serradella | 5425 | 11,8 | 87,3 | 1758 | 11,8 | 77,0 |
| T. encarnado | 6246 | 11,9 | 88,5 | 4813 | 11,2 | 93,7 |
| T. migueliano | 6685 | 11,6 | 95,1 | 1854 | 12,2 | 85,5 |
| T. persa <i>resupinatum</i> | 4928 | 12,1 | 88,9 | 2578 | 12,0 | 86,5 |
| T. persa <i>majus</i> | 3389 | 12,8 | 72,2 | 3585 | 10,8 | 88,5 |
| T. vesiculoso | 5482 | 12,6 | 86,7 | 3934 | 12,1 | 90,7 |
| <i>d.m.s.</i> | 589 | 0,3 | 3,7 | 350 | 1,0 | 3,2 |

| Fecha de corte | Primer ciclo | | | Rebrote a las 6 semanas † | | |
|----------------|---|-----------|-------------------|---|-----------|-------------------|
| | Producción (kg MS ha ⁻¹) | MS (%) | Leguminosa (%) | Producción (kg MS ha ⁻¹) | MS (%) | Leguminosa (%) |
| 15-mar | 1571 | 15,8 | 73,4 | 4140 | 10,5 | 89,7 |
| 29-mar | 2548 | 10,4 | 82,6 | 3836 | 10,2 | 89,9 |
| 12-abr | 4386 | 10,8 | 87,6 | 2280 | 14,0 | 84,2 |
| 26-abr | 6650 | 10,5 | 91,0 | - | - | - |
| 10-may | 8410 | 9,8 | 94,0 | - | - | - |
| 24-may | 8591 | 15,4 | 90,1 | - | - | - |
| <i>d.m.s.</i> | 559 | 0,7 | 3,9 | 404 | 0,8 | 3,0 |

| Nivel de significación | Primer ciclo | | | Rebrote a las 6 semanas † | | |
|--------------------------|---|-----------|-------------------|---|-----------|-------------------|
| | Producción (kg MS ha ⁻¹) | MS (%) | Leguminosa (%) | Producción (kg MS ha ⁻¹) | MS (%) | Leguminosa (%) |
| Especie | *** | *** | *** | *** | * | *** |
| Fecha de corte | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| Especie x Fecha de corte | *** | *** | *** | *** | ** | *** |

† Valores referidos a los tres primeros aprovechamientos donde hubo crecimiento de todas las especies

d.m.s.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna al nivel $p < 0,05$

Nivel de significación: *** ($p < 0,001$); ** ($p < 0,01$); * ($p < 0,05$); NS (no significativo)

A las seis semanas del primer aprovechamiento, todas las especies rebrotaron hasta la tercera fecha de corte. A partir de entonces, sólo el trébol persa ssp. *majus* mostró una apreciable capacidad de crecimiento. Considerando los tres primeros aprovechamientos de los rebrotes, la producción media fue de 3087 kg MS ha⁻¹, manteniéndose un bajo contenido medio de MS, (11,7%), similar al del primer ciclo, y alcanzando un 87,0% el porcentaje de leguminosa sembrada. Las especies más productivas fueron los tréboles encarnado, vesiculoso y persa *majus* con rendimientos medios de 4813, 3943 y 3585 kg MS ha⁻¹, respectivamente y las menos productivas el trébol migueliano con 1854 kg MS ha⁻¹ y la serradella con 1758 kg MS ha⁻¹, mientras que el trébol persa *resupinatum* tuvo una producción intermedia de 2578 kg MS ha⁻¹. Los cortes más tardíos mostraron una menor producción media para el conjunto de las especies estudiadas, a igualdad de la edad del rebrote (42 días), con valores de 4140, 3836 y 2280 kg MS ha⁻¹ para las tres primeras fechas de corte del rebrote, respectivamente, en las que hubo crecimiento de todas las leguminosas.

El comportamiento de las distintas especies en los cortes sucesivos puede observarse en la Tabla 3 donde se muestra la interacción especie x fecha de corte para la producción de leguminosa sembrada en el primer ciclo de crecimiento y en el siguiente rebrote. El rendimiento no se incrementa en el primer ciclo más allá del quinto corte en ninguna de las especies salvo en el caso del trébol migueliano, que no ve superada significativamente la producción más allá de la cuarta fecha de corte, así como del trébol vesiculoso, que alcanzó su máxima velocidad de crecimiento entre los dos últimos aprovechamientos y tuvo una producción en el corte de finales de mayo que superó a la de todos los anteriores. Cabe destacar que a partir del corte realizado el 10 de mayo se hizo evidente un acusado grado de encamado en todas las especies, más marcado en el caso del trébol migueliano, debido a su hábito de crecimiento semiprostrado y en el de la serradella, siendo menos marcado en el trébol encarnado y, sobre todo, en el trébol vesiculoso, ambos de porte más erecto.

De la observación de los resultados obtenidos en el segundo ciclo de crecimiento se destaca que el trébol persa *majus* que mantiene su capacidad de rebrote a lo largo de todo el ensayo y muestra un máximo de producción entre la segunda y la quinta fecha de corte, mientras que para el resto de las especies el rendimiento del rebrote desciende a partir de la primera fecha de corte para todas las especies. Estos resultados parecen indicar una mayor amplitud en el periodo de aprovechamiento para el trébol persa *majus*, comparado con el resto de especies estudiadas.

TABLA 3

Interacción especie x fecha de corte para la producción (kg MS ha⁻¹) de leguminosa sembrada.*Interaction of species x harvest date for dry matter yield (kg dry matter ha⁻¹) of sown legumes.*

| | Fecha de corte | | | | | |
|--------------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 15-mar | 29-mar | 12-abr | 26-abr | 10-may | 24-may |
| Primer ciclo | | | | | | |
| Serradella | 2234 | 3348 | 4897 | 6877 | 8197 | 6998 |
| T. encarnado | 1098 | 2239 | 5036 | 7792 | 10859 | 10454 |
| T. migueliano | 2607 | 4038 | 5913 | 8793 | 9616 | 9141 |
| T. persa <i>resupinatum</i> | 1482 | 2679 | 4155 | 5689 | 7578 | 7982 |
| T. persa <i>majus</i> | 1261 | 1476 | 2483 | 3797 | 5544 | 5774 |
| T. vesiculoso | 742 | 1506 | 3832 | 6952 | 8668 | 11196 |
| <i>d.m.s.: 918</i> | | | | | | |
| Rebrote a las 6 semanas | | | | | | |
| Serradella | 2780 | 1916 | 578 | - | - | - |
| T. encarnado | 5702 | 5844 | 2896 | - | - | - |
| T. migueliano | 3307 | 2104 | 154 | - | - | - |
| T. persa <i>resupinatum</i> | 3509 | 2652 | 1575 | - | - | - |
| T. persa <i>majus</i> | 2285 | 3965 | 4507 | 4191 | 3866 | 1667 |
| T. vesiculoso | 4991 | 4688 | 2124 | - | - | - |
| <i>d.m.s.: 721 †</i> | | | | | | |

d.m.s.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna o fila al nivel $p < 0,05$ *† Aplicable a las tres primeras fechas del segundo ciclo, en las que todas las especies tuvieron crecimiento*

Los resultados obtenidos en el primer año de ensayo son, en general, comparables con los referidos en la escasa bibliografía disponible acerca del comportamiento productivo de estas leguminosas cuando se cultivan como única especie en un sistema de cortes para conservación. En un ensayo realizado en la finca de Mabegondo, Iglesias y Lloveras (1998) obtuvieron rendimientos de 5800 y 6200 kg MS ha⁻¹ en un corte realizado en la tercera semana de mayo para ecotipos locales de serradella y trébol encarnado, que son superados por los resultados del presente ensayo. En Australia, Loi *et al.* (2000) refieren rendimientos en primavera de aproximadamente 5000 kg MS ha⁻¹ para serradella y trébol migueliano, cosechados en plena floración. Otros trabajos refieren rendimientos de hasta 6000 kg MS ha⁻¹ para trébol encarnado, cosechado en el momento de floración en EEUU, y de aproximadamente 4000 kg MS ha⁻¹ para trébol

persa ssp. *resupinatum*, en situación de regadío en Italia (Hoveland y Evers, 1995, y Martiniello, 1999, respectivamente, citados por Frame, 2005).

Calibraciones NIRS para la predicción del valor nutritivo

Las características de los valores de referencia del set de calibración y los estadísticos, que describen la calidad de las ecuaciones de predicción obtenidas, se muestran en la Tabla 4. Tanto el número de muestras como la variabilidad en su composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica se consideran adecuados para el desarrollo inicial de las calibraciones NIRS.

Los coeficientes de determinación en el proceso de calibración (R^2), que ofrecen información sobre la calidad de la calibración, variaron entre 0,90 para DMOIV y 0,98 para FND. Shenk y Westerhaus (1996) indican que las ecuaciones NIRS, con un coeficiente de determinación superior a 0,90, poseen una precisión excelente. Según Williams (2003) se definen siete niveles de precisión de la calibración basándose en los valores de R^2 , considerando que los modelos que tienen valores por encima de 0,91 se consideran excelentes; por lo tanto, las ecuaciones obtenidas presentan una calibración excelente para todos los parámetros. Los errores estándar de calibración (SEC) y de validación cruzada (SECV) se sitúan dentro de los intervalos aceptables citados por otros trabajos de desarrollo de calibraciones del valor nutritivo de forrajes (Murray, 1993). El índice RER confirmó la buena precisión de las ecuaciones desarrolladas para todos los parámetros, superando en todos los casos el umbral de 10, sugerido por Williams y Sobering (1996), como indicador de la utilidad de las predicciones. No se ha encontrado en la bibliografía más información que la proporcionada por Li *et al.* (2011) acerca de aplicabilidad de la técnica NIRS para la predicción del valor nutricional de especies anuales de *Trifolium*, cuyos resultados son, en general, comparables a los obtenidos en el presente trabajo.

TABLA 4

Estadísticos de la ecuación de calibración desarrollada para la predicción de materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND), carbohidratos solubles en agua (CSA) y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DMOIV) de las leguminosas forrajeras anuales.

NIRS statistics of the calibration equation used for the prediction of organic matter (OM), crude protein (CP), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), water soluble carbohydrates (WSC) and in vitro organic matter digestibility (IVOMD) of the annual forage legume species.

| Componente | N | Rango | Media | SD | SEC | SECV | R ² | r ² | RER |
|---|-----|-------------|-------|-----|------|------|----------------|----------------|------|
| Composición química (% MS) | | | | | | | | | |
| MO | 316 | 82,1 - 93,3 | 88,2 | 1,8 | 0,47 | 0,95 | 0,91 | 0,71 | 11,8 |
| PB | 315 | 9,3 - 28,1 | 18,2 | 4,2 | 0,87 | 1,48 | 0,96 | 0,88 | 12,7 |
| FAD | 316 | 11,6 - 44,4 | 28,6 | 7,1 | 1,41 | 2,13 | 0,96 | 0,91 | 15,4 |
| FND | 316 | 14,5 - 51,6 | 33,5 | 7,9 | 1,01 | 1,42 | 0,98 | 0,97 | 26,0 |
| CSA | 316 | 3,8 - 29,4 | 12,3 | 4,1 | 0,61 | 1,24 | 0,97 | 0,91 | 20,7 |
| Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia orgánica (DMOIV %) | | | | | | | | | |
| DMOIV (%) | 308 | 54,7 - 86,1 | 75,2 | 6,5 | 1,98 | 2,84 | 0,90 | 0,81 | 11,1 |

N: número de muestras; SD: desviación estándar; SEC: error estándar de calibración; SECV: error estándar de validación cruzada; R² y r²: coeficiente de determinación en calibración y validación cruzada; RER = Rango/SECV

Valor nutritivo

En la Tabla 5 se muestran los valores medios de composición química y digestibilidad por especie y fecha de corte del primer período de crecimiento y del siguiente rebrote. Se detectó un efecto significativo ($p < 0,001$) de la especie y de la fecha de corte sobre los contenidos en MO, PB, CSA, FND y la DMOIV tanto en el primer ciclo de crecimiento como en el rebrote. La interacción especie x fecha de corte fue significativa ($p < 0,001$) para todas las variables en el primer ciclo y para MO, PB y CSA ($p < 0,001$) así como para DMOIV ($p < 0,05$) en el rebrote. En el primer ciclo, los valores de DMOIV fueron elevados, variando de 70,4% a 74,9 %, mientras que los valores de los restantes parámetros, expresados sobre MS, oscilaron entre 89,1% y 91,3% para MO; 16,8 % y 19,1% para PB; 10,5 % y 14,1% para CSA y entre 33,6 y 41,8% para FND, evidenciando el alto valor nutricional medio de las leguminosas evaluadas.

Esta buena calidad se mantuvo en el segundo ciclo, con valores muy semejantes a los del primero, con valores en el intervalo entre la primera y la tercera fecha de corte entre 69,5% y 74,1% para DMOIV; 88,5% y 90,4% para MO; 16,8% y 19,1% para PB; 9,8% y 13,4% para CSA, y entre 33,0% y 41,5% para FND.

TABLA 5

Composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica de las leguminosas anuales. Valores medios por especies y fechas de corte en el primer ciclo de crecimiento y el rebrote a las 6 semanas.

Chemical composition and in vitro organic matter digestibility of annual legumes. Mean values for each species across harvest dates and for each harvest date across species in the first growth cycle and in the 6 weeks regrowth.

| Especie | Primer ciclo | | | | | Rebrote a las 6 semanas † | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | MO | PB | CSA | FND | DMOIV | MO | PB | CSA | FND | DMOIV |
| Serradella | 91,3 | 18,2 | 11,5 | 41,8 | 70,4 | 90,4 | 19,9 | 10,6 | 41,5 | 69,5 |
| T. encarnado | 90,5 | 18,1 | 14,1 | 35,3 | 74,9 | 89,3 | 19,3 | 13,4 | 34,7 | 74,1 |
| T. migueliano | 89,8 | 17,0 | 12,4 | 35,6 | 74,0 | 88,6 | 19,8 | 11,8 | 34,3 | 73,0 |
| T. <i>persa</i> <i>resupinatum</i> | 89,3 | 17,9 | 10,5 | 34,8 | 74,6 | 88,5 | 19,8 | 9,8 | 35,0 | 73,1 |
| T. <i>persa majus</i> | 89,1 | 19,1 | 10,8 | 33,9 | 72,1 | 89,1 | 17,6 | 12,4 | 34,9 | 74,0 |
| T. vesiculoso | 90,1 | 16,8 | 13,7 | 33,6 | 71,8 | 89,2 | 17,4 | 13,3 | 33,0 | 70,1 |
| <i>d.m.s.</i> | <i>0,19</i> | <i>0,22</i> | <i>0,14</i> | <i>0,29</i> | <i>0,21</i> | <i>0,14</i> | <i>0,15</i> | <i>0,18</i> | <i>0,23</i> | <i>0,31</i> |
| Fecha de corte | Primer ciclo | | | | | Rebrote a las 6 semanas † | | | | |
| | MO | PB | CSA | FND | DMOIV | MO | PB | CSA | FND | DMOIV |
| 15-mar | 89,2 | 20,6 | 14,5 | 31,6 | 77,5 | 88,7 | 20,1 | 11,5 | 33,3 | 73,7 |
| 29-mar | 89,1 | 22,7 | 10,7 | 31,6 | 74,3 | 88,7 | 19,1 | 11,4 | 36,4 | 71,8 |
| 12-abr | 89,7 | 19,6 | 13,1 | 31,1 | 74,6 | 90,4 | 17,6 | 12,9 | 36,3 | 70,9 |
| 26-abr | 89,9 | 17,0 | 11,7 | 36,7 | 72,2 | - | - | - | - | - |
| 10-may | 90,0 | 14,6 | 11,5 | 40,5 | 71,0 | - | - | - | - | - |
| 24-may | 92,1 | 12,5 | 11,5 | 43,5 | 68,3 | - | - | - | - | - |
| <i>d.m.s.</i> | <i>0,20</i> | <i>0,41</i> | <i>0,29</i> | <i>0,32</i> | <i>0,16</i> | <i>0,21</i> | <i>0,32</i> | <i>0,42</i> | <i>0,58</i> | <i>0,52</i> |
| Nivel de significación | Primer ciclo | | | | | Rebrote a las 6 semanas † | | | | |
| | MO | PB | CSA | FND | DMOIV | MO | PB | CSA | FND | DMOIV |
| Especie | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| Fecha de corte | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| Especie x Fecha de corte | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | NS | * |

MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; CSA: carbohidratos solubles en agua; FND: fibra neutro detergente; DMOIV: digestibilidad in vitro de la materia orgánica (%)

† *Valores referidos a los tres primeros aprovechamientos donde hubo crecimiento de todas las especies*

d.m.s.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna al nivel $p < 0,05$

*Nivel de significación: *** ($p < 0,001$); ** ($p < 0,01$); * ($p < 0,05$); NS (no significativo)*

En el primer ciclo, las especies más digestibles fueron los tréboles encarnado (74,9%), migueliano (74,6%) y persa *resupinatum* (74,0%) para valores de DMOIV, mientras que la serradella mostró la menor digestibilidad (70,4%). El contenido medio en MO varió poco entre especies y osciló entre los extremos presentados por la serradella y el trébol persa spp. *majus* (91,3% y 89,1%, respectivamente). El trébol persa *majus* mostró el mayor contenido en PB (19,1%) mientras que los niveles más reducidos se observaron en los tréboles migueliano y vesiculoso (17,0% y 16,8%, respectivamente). En cuanto al contenido en carbohidratos solubles en agua, el trébol encarnado fue la especie que mostró un mayor contenido medio (14,1%) seguido del trébol vesiculoso (13,7%), mientras que en el extremo opuesto encontramos a las dos subespecies de trébol persa (10,8% y 10,5 %MS, respectivamente, para *majus* y *resupinatum*). La serradella mostró el valor más alto de FND (41,8 %) y los tréboles persa spp. *majus* y vesiculoso mostraron los más bajos (33,9% y 33,6 %, respectivamente). La evolución de la digestibilidad con el retraso de la fecha del primer aprovechamiento en primavera muestra una disminución moderada entre la primera y la tercera fecha de corte (DMOIV 77,5% y 74,6%, respectivamente) para descender después de forma prácticamente lineal hasta el último aprovechamiento del primer ciclo a finales de mayo, que aún mantiene un nivel relativamente elevado (68,3%). Como sería de esperar, el valor nutricional de las especies de leguminosas anuales evaluadas experimentó una caída con el avance de la madurez de la planta, con valores en el primer aprovechamiento (mediados de marzo) y en el último (finales de mayo), respectivamente, de 77,5% y 68,3% para DMOIV, de 20,6% y 12,5% para PB y de 14,5% y 11,5% para CSA. Los valores de FND se incrementaron con el avance del estado de madurez, desde 31,6% hasta 43,5%, y el contenido en cenizas se redujo desde el 10,8% al 7,3% en los cortes más precoz y más tardío, respectivamente. Como se hizo notar anteriormente, el contenido en humedad de las leguminosas evaluadas fue en general muy alto durante toda la primavera. El valor medio de materia seca fue de 12,1% y osciló en un rango de 5,2% a 21,3%.

En cuanto a los tres primeros aprovechamientos del segundo ciclo, en los que hubo producción de todas las especies, se mantuvo, en general, la buena calidad de las leguminosas anuales, con valores de digestibilidad entre 69,5% y 74,1%, y de PB entre 17,4% y 19,9%. Las especies más digestibles fueron los tréboles encarnado, persa (*majus* y *resupinatum*) y migueliano, y las menos digestibles el trébol vesiculoso y la serradella, reproduciéndose las diferencias entre especies evidenciadas en el primer ciclo. Como ya se citó anteriormente, ninguna especie rebrotó tras la tercera fecha de corte salvo el trébol persa *majus*, que para los tres últimos cortes mostró valores de 71,1%; 67,9% y 63,1% para DMOIV; de 91,1%; 91,8% y 92,2% para MO, de 15,6%; 12,9% y 13,1% para PB, de 13,0%; 12,2% y 9,6% para CSA y de 36,7%; 40,8% y 45,7% para FND, permitiendo apreciar claramente la caída de calidad con el retraso en la fecha de corte de los rebrotes de la misma edad, a las 6 semanas.

Como puede observarse en las Tablas 6 y 7, donde se exponen los resultados de la interacción especie x fecha de corte para los valores de digestibilidad y contenido en PB, en el primer ciclo de aprovechamiento estos valores se mantuvieron bastante altos para el conjunto de las especies hasta mediados de abril, y desde esta fecha, se detectó un declive marcado en la calidad del forraje. Se observan, sin embargo, diferencias entre especies en cuanto a la caída de calidad en primavera. Comparando los resultados de las fechas de corte más precoz y más tardía, se observa que el trébol encarnado y las dos subespecies de trébol persa (*resupinatum* y *majus*) mostraron la menor tasa de disminución de la digestibilidad con el avance hacia la madurez, con valores de DMOIV (%) de -0,79, -0,69 y -0,80 unidades por semana, respectivamente, mientras que para las dos especies con la floración más temprana (serradella y trébol migueliano) y para el trébol vesiculoso, el descenso de digestibilidad fue más marcado, alcanzando valores de -1,15, -1,05 y -1,02 unidades de DMOIV (%) por semana. Se destaca que los tréboles encarnado y persa alcanzan el último corte a finales de mayo con un alto valor de DMOIV, próximo al 70%.

En cuanto a la reducción del contenido en PB del forraje con la edad de la planta, se observaron también diferencias significativas entre especies, aunque este efecto fue menos marcado que para la digestibilidad. A este respecto, la tasa de variación del contenido en PB, entre el primer y último aprovechamiento, de los tréboles persa *resupinatum*, migueliano, vesiculoso y encarnado, fue de -0,96, -0,95, -0,93 y -0,92 unidades de PB (%) por semana, mientras que la serradella y el trébol persa *majus* fueron las especies que tuvieron un menor descenso del contenido en PB a lo largo de la primavera (-0,43 y -0,67 unidades por semana), llegando al corte de finales de mayo con valores de 15% y 14% de PB, respectivamente, mientras que en esta fecha dicho contenido para el resto de las especies osciló entre el 11% y el 12% aproximadamente.

En el segundo ciclo, las variaciones de DMOIV y PB entre especies, en los distintos cortes, siguieron un patrón semejante al observado en el primer aprovechamiento, destacando, en cuanto a los valores de digestibilidad, los tréboles encarnado y persa *majus* y, en cuanto al contenido en PB, el trébol encarnado y la serradella, que mostraron valores de DMOIV superiores al 72% y de PB superiores al 19%, en los rebrotes cosechados entre el 26 de abril y el 24 de mayo, correspondientes a los tres primeros cortes del primer ciclo.

TABLA 6

Interacción especie x fecha de corte para la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (%) en el primer ciclo de crecimiento y en el rebrote a las seis semanas.

Interaction of species x harvest date on in vitro organic matter digestibility (%) in the first growth cycle and in the six weeks regrowth.

| | Fecha de corte | | | | | |
|--------------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 15-mar | 29-mar | 12-abr | 26-abr | 10-may | 24-may |
| Primer ciclo | | | | | | |
| Serradella | 76,11 | 72,88 | 72,84 | 69,45 | 66,78 | 64,60 |
| T. encarnado | 78,23 | 75,28 | 76,68 | 75,49 | 73,29 | 70,29 |
| T. migueliano | 79,03 | 76,48 | 75,85 | 72,82 | 71,51 | 68,21 |
| T. persa <i>resupinatum</i> | 78,69 | 75,51 | 76,12 | 74,00 | 72,70 | 70,66 |
| T. persa <i>majus</i> | 76,67 | 71,88 | 71,31 | 70,28 | 72,95 | 69,81 |
| T. vesiculoso | 76,41 | 73,64 | 74,69 | 71,13 | 68,77 | 66,24 |
| <i>d.m.s.: 1,05</i> | | | | | | |
| Rebrote a las 6 semanas | | | | | | |
| Serradella | 71,08 | 68,40 | 68,38 | - | - | - |
| T. encarnado | 76,11 | 73,61 | 72,71 | - | - | - |
| T. migueliano | 73,98 | 72,26 | 70,26 | - | - | - |
| T. persa <i>resupinatum</i> | 74,65 | 73,10 | 71,22 | - | - | - |
| T. persa <i>majus</i> | 74,43 | 73,62 | 72,62 | 71,10 | 67,87 | 63,09 |
| T. vesiculoso | 71,76 | 70,05 | 68,49 | - | - | - |
| <i>d.m.s.: 1,12 †</i> | | | | | | |

d.m.s.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna o fila al nivel $p < 0,05$

† Aplicable a las tres primeras fechas del segundo ciclo, en las que todas las especies tuvieron crecimiento

TABLA 7

Interacción especie x fecha de corte para el contenido en proteína bruta (MS%) en el primer ciclo de crecimiento y en el rebrote a las seis semanas*Interaction of species x harvest date on crude protein content (DM%) in the first growth cycle and in the six weeks regrowth.*

| | Fecha de corte | | | | | |
|--------------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 15-mar | 29-mar | 12-abr | 26-abr | 10-may | 24-may |
| Primer ciclo | | | | | | |
| Serradella | 19,53 | 21,62 | 19,21 | 17,17 | 16,31 | 15,19 |
| T. encarnado | 21,21 | 23,57 | 20,09 | 17,18 | 14,74 | 11,96 |
| T. migueliano | 20,62 | 21,85 | 19,31 | 15,74 | 13,45 | 11,11 |
| T. persa <i>resupinatum</i> | 21,58 | 23,28 | 19,56 | 16,93 | 13,80 | 12,00 |
| T. persa <i>majus</i> | 20,59 | 23,61 | 21,00 | 19,19 | 16,07 | 13,93 |
| T. vesiculoso | 20,00 | 22,45 | 18,41 | 15,96 | 13,41 | 10,70 |
| <i>d.m.s.: 0,72</i> | | | | | | |
| Rebrote a las 6 semanas | | | | | | |
| Serradella | 20,28 | 20,17 | 18,70 | - | - | - |
| T. encarnado | 19,17 | 19,35 | 19,36 | - | - | - |
| T. migueliano | 21,19 | 18,73 | 16,92 | - | - | - |
| T. persa <i>resupinatum</i> | 20,42 | 20,50 | 18,40 | - | - | - |
| T. persa <i>majus</i> | 21,32 | 18,33 | 15,36 | 15,56 | 12,91 | 13,06 |
| T. vesiculoso | 18,08 | 17,58 | 16,68 | - | - | - |
| <i>d.m.s.: 1,56 †</i> | | | | | | |

d.m.s.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna o fila al nivel $p < 0,05$ *† Aplicable a las tres primeras fechas del segundo ciclo, en las que todas las especies tuvieron crecimiento*

La ensilabilidad de una planta está relacionada con su contenido en azúcares, capacidad tampón y materia seca, y como indica Braithwaite (1987) la relación CSA/N es un índice útil para juzgar acerca de la dificultad de un forraje para ensilar correctamente. Este autor indica que valores del citado ratio inferiores a 6, son indicativos de riesgo de una fermentación deficiente en el silo. En nuestro caso, este índice permaneció bastante bajo, como promedio, durante toda la primavera, variando desde 2,9 hasta 5,8. Este hecho, junto con el alto contenido en humedad de estas forrajeras a lo largo de la primavera, puede dificultar su aprovechamiento como ensilado, por lo que se haría necesario evaluar la utilidad del presecado y/o la utilización de aditivos para conseguir una correcta fermentación de estas forrajeras.

En condiciones ambientales semejantes a las del presente ensayo, Iglesias y Gómez-Ibarlucea (1987) e Iglesias y Lloveras (1987, 1997, 1998) estudiaron en Galicia el comportamiento de la serradella y del trébol encarnado, concluyendo que estas especies podrían encajar adecuadamente en la rotación con maíz en base a su producción y calidad, siempre que el corte no se demorase mucho más allá de finales de abril. Nuestros resultados confirman dicha observación, que se hace extensible al resto de las leguminosas anuales evaluadas. En otro trabajo (Iglesias y Lloveras, 2000) se indica que la serradella muestra caídas de digestibilidad y proteína comparativamente más lentas que otras especies de leguminosas anuales, lo cual es importante para disponer de forraje de elevado valor nutricional en primavera. Los mismos autores, en otro estudio (Lloveras e Iglesias, 2001), reportan que, para el trébol encarnado, se observó una más rápida caída de la calidad nutricional con la edad, si bien cuando se cosecha alrededor de la floración puede dar un forraje del alta productividad y de alto valor nutricional. Comparando con los resultados obtenidos en el presente trabajo, el comportamiento del trébol encarnado cosechado al inicio de floración fue superior al reportado por los citados autores, tanto en términos de productividad de materia seca (4,2 vs. 7,7 t MS ha⁻¹), de digestibilidad (72% vs. 75%) y del contenido en proteína bruta (13,5% vs. 17,1%), respectivamente. Mientras que otros trabajos, como el de Akin y Robinson (1982), también observan una menor digestibilidad del trébol encarnado comparado con el vesiculoso en estados de madurez semejantes, nuestros resultados no refrendan la comparativamente más rápida pérdida de calidad del trébol encarnado, ya que esta especie se encuentra, prácticamente a lo largo de toda la primavera, entre las de mayor calidad, atendiendo a su digestibilidad y contenido en proteína bruta.

Aparte de estos resultados, la mayor parte de las referencias encontradas en la bibliografía, con respecto a la productividad y valor nutricional de estas especies, se refieren a condiciones de clima mediterráneo y situaciones de pastoreo, con pocas referencias al manejo de cortes para conservación. En un estudio realizado en Nueva Gales del Sur (Australia), donde se comparó el rendimiento y valor nutricional de diversos cultivos invernales cosechados en tres fechas diferentes en primavera siguiendo una estrategia para ensilar, Dear *et al.* (2005), para el cultivo monofito de trébol migueliano y vesiculoso cortados a mediados de primavera citan rendimientos de 7 t MS ha⁻¹ para ambas especies, con valores de DMOIV de 72% y 73%, y contenido en PB de 14% y 15%, respectivamente, que se pueden considerar comparables con los obtenidos en el presente trabajo.

Mientras que en líneas generales los resultados obtenidos en el presente trabajo se corresponden con los encontrados en la bibliografía, el empleo de cultivares de las diferentes especies distintos a los utilizados en nuestro trabajo por los autores citados y su interacción con las condiciones ambientales particulares de cada caso puede ser

una razón para explicar dichas diferencias, lo que refuerza la necesidad de realizar las evaluaciones de las diferentes especies y variedades a nivel local y mantenerlas actualizadas en el tiempo.

CONCLUSIONES

Las leguminosas evaluadas muestran una elevada productividad media, destacando los tréboles encarnado, migueliano y vesiculoso. A lo largo de su crecimiento primaveral mostraron un alto valor nutricional, resaltando el trébol encarnado con elevados valores de digestibilidad, proteína y azúcares solubles. Considerando el conjunto de las especies, parece evidenciarse que a partir del tercer corte de mediados de abril existe una acelerada pérdida de calidad nutricional. Atendiendo a este criterio, dicha fecha sería indicada para la cosecha de las leguminosas como cultivo de invierno puesto que no compromete la siembra del maíz. Sin embargo, el alto contenido en humedad y la baja ensilabilidad de estas forrajeras puede dificultar su aprovechamiento como ensilado, lo que se hace necesario realizar un presecado antes de ensilar.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado dentro del contrato suscrito entre el INGACAL y la empresa LEYMA CENTRAL LECHERA S.A. para la ejecución del proyecto 09MRU012E financiado dentro del programa INCITE de la Xunta de Galicia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKIN D.E. Y ROBINSON E.L. (1982) Structure of leaves and stems of arrowleaf and *crimson* clovers as related to *in vitro* digestibility. *Crop Science*, **22**, 24-29.
- ALEXANDER R.H. Y MCGOWAN M. (1966) The routine determination of *in vitro* digestibility of organic matter in forages. *Journal of the British Grassland Society*, **21**, 140-147.
- BARNES R.J., DHANOA M.S. Y LISTER S.J. (1989) Standard normal variate transformation and Detrending of near infrared diffuse reflectance spectra. *Applied Spectroscopy*, **43**, 772-777.
- BRAITHWAITE G. D. (1987) Carbohydrate to N ratio and silage quality. 8th Silage Conference. AFRC Institute for Grassland and Animal Production, pp. 89. Hurley, Reino Unido.
- CASTRO P. (1996) Efecto de tres temperaturas de secado sobre la composición química de forrajes y heces. En: Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (Ed) *Actas de XXXVI Reunión Científica de la SEEP*, pp. 365-368. La Rioja, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CASTRO P., GONZÁLEZ-QUINTELA A. Y PRADA-RODRÍGUEZ D. (1990) Determinación simultánea de nitrógeno y fósforo en muestras de pradera. En: Pastos (Ed) *Actas de la XXX Reunión Científica de la SEEP*, pp. 200-207. San Sebastian, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

- CASTRO P. (2000) Determinación de carbohidratos no estructurales en forrajes. En: Consellería de Agricultura, Gandería e Política Agroalimentaria (Ed) *Actas de la III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, pp. 447-453. Santiago de Compostela, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- DEAR B., KAISER A.Y PILTZ J. (2005) *Yield and digestibility of legume and oat forages*. Agriculture Primefact. Primefact 52. NSW Department of Primary Industries, 6pp New South Wales, Australia.
- FERNÁNDEZ-LORENZO B., DAGNAC T., GONZÁLEZ-ARRAÉZ A., VALLADARES J., PEREIRA-CRESPO S. Y FLORES G. (2009) Sistemas de producción de leche en Galicia. Evolución y estado actual. *Pastos*, **39** (2), 251-299.
- FLORES G., DIAZ N., VALLADARES J., FERNANDEZ-LORENZO B., GONZALEZ-ARRAEZ A., BANDE M.J., PEREIRA S., RESCH C., RODRIGUEZ-DIZ X.Y PIÑEIRO J. (2011) Leguminosas anuales en asociación con raigrás italiano como cultivo invernol nas rotacións forraxeiras intensivas. *AFRIGA*, **94**, 86-98.
- FRAME J. (2005) Forage Legumes for Temperate Grasslands. Food and Agriculture Organization of the United Nations (Roma) y Science Publishers, Inc. (EEUU y Reino Unido) 309pp.
- GOERING H. Y VAN SOEST P. (1970) Forage fiber análisis (Apparatus, Reagents, Procedures and some applications). *Agriculture Handbook*, **379**, 20 pp. ARS, USDA, Washington, EEUU.
- IGLESIAS I.Y GÓMEZ-IBARLUCEA C. (1987) Producción y valor nutritivo del trébol encarnado (*Trifolium incarnatum* L.) en Galicia. *Pastos*, **XVII**(1-2), 97-103.
- IGLESIAS I.Y LLOVERAS J. (1987) Producción y valor nutritivo de la Serradella (*Ornithopus sativus* Brot) en Galicia. *Pastos*, **XVII**(1-2), 89-96.
- IGLESIAS I.Y LLOVERAS J. (1997) Producción y valor nutritivo de ecotipos de trébol encarnado. *Pastos*, **XXVII**(1), 75-86.
- IGLESIAS I. Y LLOVERAS J. (1998) Annual cool-season legumes for forage production in mild winter areas. *Grass and Forage Science*, **53**, 318-325.
- IGLESIAS I. Y LLOVERAS J. (2000) Forage production and quality of serradella in mild winter areas in north-west Spain. *New Zealand Journal of Agricultural Research* **43**, 35-40.
- LI X., ISON R.L., KELLAWAY R.C., STIMSON C., ANNISON G. Y JOYCE D.C. (2011) Agronomic characteristics of annual Trifolium legumes and nutritive values as predicted by near-infrared reflectance (NIR) spectroscopy. *Crop and Pasture Science*, **62**, 1078-1087.
- LOI A., NUTT B.J., McROBB R. Y EWING M.A. (2000) Potential new alternative annual pasture legumes for Australian Mediterranean farming systems. *Options Méditerranéennes*, **45**, 51-54.
- LOI A., NUTT B.J. Y REWELL C.K. (2008) Domestication of new annual pasture legumes for resilient Mediterranean Farming Systems. *Options Méditerranéennes*, Series A, n° **79**, 363-371.
- LLOVERAS J. (1987) Traditional cropping systems in Northwestern Spain. *Agricultural Systems*, **23**, 259-275.
- LLOVERAS J. Y IGLESIAS, I. (2001) Morphological development and forage quality changes in crimson clover (*Trifolium incarnatum* L.). *Grass and Forage Science*, **56**, 95-404.
- MARTENS H.Y NAES T. (1987) Multivariate calibration by data compression. En: P. Williams and K. Norris (Eds) *Near-infrared technology in the agricultural and food industries*. American Association of Cereal Chemists, pp. 57-88. St. Paul, Minnesota, USA.
- MURRAY I. (1993) Forage analysis by Near-Infrared Spectroscopy. En: A. Davies et al. (Eds) *Sward Measurement Handbook* (2nd. edition) Chapter 14, pp. 285-312. BGS Publications. Reino Unido.

- PEETERS A., PARENTE G. Y LE GALL A. (2006) Temperate Legumes: key-species for sustainable temperate mixtures. En: J. LLOVERAS *et al.* (Eds) *Sustainable Grassland Productivity*. European Grassland Federation, **11**, 205-219.
- PIÑEIRO J., DÍAZ., FERNÁNDEZ-PAZ J., CASTRO-LOSADA M. Y BANDE-CASTRO M.J. (2008) Leguminosas anuales para la mejora de pastos en Galicia. En: P. FERNÁNDEZ-REBOLLO *et al.* (Eds.) *Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas*, pp. 177-182. Córdoba, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- SAS INSTITUTE (2000) SAS/Stat User's Guide, v.8.1, SAS Institute Inc., Cary, NC (EEUU).
- SHENK J.S. Y WESTERHAUS M.O. (1991) Population definition, sample selection, and calibration procedures for near infrared reflectance spectroscopy. *Crop Science*, **31**, 469-474.
- SHENK J.S. Y WESTERHAUS M.O. (1996) Calibration the ISI way. En: Davies A.M.C. y Williams P. (Eds). *Near Infrared Spectroscopy: the Future Waves*, NIR Publications, pp.198-202. Chichester, Reino Unido.
- TILLEY J.M.A. Y TERRY R.A. (1963) A two stage technique for in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grasslands Society*, **18**, 104-111.
- WILLIAMS (2003) Near-infrared technology getting the best out of light. A Short Course in the Practical Implementation of Near Infrared Spectroscopy for the User. PDK Projects Inc., Nanaimo, Canadá.
- WILLIAMS P. Y SOBERING D. (1996) How do we it: brief summary of the methods we use in developing near infrared calibration. En: Davies A.M.C. y Williams P. (Eds). *Near Infrared Spectroscopy: The future waves*, NIR Publications, pp.185-188. Chichester, Reino Unido.
- WIN ISI 1.5, 2000. ISI WINDOWS Near-Infrared Software, The Complete Software Solution for Routine Analysis, Robust Calibration and Networking, ISI (Infrasoft International), LLC, Port Matilda, PA, USA.

DRY MATTER YIELD AND NUTRITIVE VALUE OF NEW ANNUAL LEGUMES AS WINTER CROPS FOR INTENSIVE FORAGE ROTATIONS IN GALICIA

It is presented in this paper the dry matter yield and nutritive value results obtained in an experiment where six species of annual legumes were sown in small plots in mid-October 2009 as a winter monoculture crop and harvested in the next spring following a silage-cutting strategy. Legume species were: Crimson clover; Balansa clover; Persian clover (*ssp. resupinatum* and *ssp. majus*); Arrowleaf clover and French serradella. Forage was given a first cut at two weeks intervals in six harvest dates beginning at mid-march, and a second cut was taken after six weeks of regrowth. In the first growth cycle, dry matter (DM) yields of sown legumes varied widely among species across harvest dates (from 3389 to 6685 kg DM ha⁻¹) and among harvest dates across species (from 1571 to 8591 kg DM ha⁻¹). All species showed an acceptable regrowth capacity up to the third cutting date, with an average yield of 3087 kg DM ha⁻¹. NIRS calibrations developed for the estimation of nutritive value of these species showed a good predictive potential. Nutritive value was high in average, and was affected by species and harvest date, both in the first and the second cycles. The mean value of *in vitro* organic matter digestibility (IVOMD, %) crude protein content (CP, %DM) and DM content was 73.0% and 72.3% for IVOMD, 17.9% and 19.0% for CP and 12.1% and 11.7% for DM, respectively. In the first cycle a more marked decline in quality was observed from the cutting of mid-April, so this date might be suitable for ensiling, providing a highly digestible and protein-rich forage from these species. However, their low DM content could compromise the achievement of a satisfactory fermentation quality of silage.

Key words: Annual clovers, serradella, forage potential, NIRS