

Establecimiento y persistencia de babosita (*Adesmia bicolor*) consociada con festuca (*Festuca arundinacea*)

Establishment and persistence of babosita (Adesmia bicolor) consociated with festuca (Festuca arundinacea)

Ezequiel, Grassi^{1, 5}, Rosana, Malpassi^{2, 5}, Sara, Basconsuelo^{2, 5}, Hernán, di Santo^{1, 5}, Ernesto, Castillo^{1, 5}, Dianela J. Vega^{3, 5}, Luciana, Bianco^{2, 5*}, Mercedes, Novaira⁴, Ana, Novaira⁴, Lucas, Aguirre^{1, 5}, Juan, Gorjon², Analía, Ferreira^{1, 5}, Víctor, Ferreira¹, Gabriel, Riesgo²

RESUMEN

Las asociaciones de especies en una pastura son cada vez más frecuentes y comprenden la interrelación armónica y equilibrada entre dos o más gramíneas y leguminosas. Las leguminosas no sólo incrementan el valor nutritivo de la gramínea asociada, sino que además son capaces de aumentar la producción de materia seca en las praderas con una distribución estacional más uniforme y menor variabilidad interanual. Es por ello que se plantea como objetivo evaluar la consociación *Adesmia bicolor* "Babosita" (Fam. Leguminosae) con *Festuca arundinacea* "Festuca alta" (Fam. Poáceas). Se aplicaron ocho tratamientos resultantes de la combinación de dos proporciones de leguminosa vs. gramínea, los dos cultivos puros y dos arreglos de trasplantes. A lo largo de un año se estimó el porcentaje de cobertura de ambas especies, malezas y suelo desnudo; los caracteres morfológicos de *A. bicolor* y la dinámica de movilización de carbohidratos totales en ambas especies. La consociación *A. bicolor*-*F. arundinacea* es capaz de desarrollarse y mantenerse estable durante el segundo año desde la implantación del ensayo. Ambas especies proporcionan cobertura al suelo, creciendo en forma complementaria tanto en el espacio como en el tiempo. Se observa un efecto negativo sobre la altura, número de estolones y número de yemas.m⁻² de *A. bicolor* cuando crece consociada con *F. arundinacea*, mientras que la morfología foliar no registra diferencias entre tratamientos. La dinámica de movilización de carbohidratos totales en *A. bicolor* es ligeramente afectada por la consociación con *F. arundinacea*, mientras que la de esta última especie no presenta diferencias con respecto al cultivo puro. No se observan diferencias en la mayoría de las variables al comparar las dos proporciones de trasplante, como tampoco entre los dos arreglos de trasplante.

Palabras clave: *Adesmia bicolor*, *Festuca arundinacea*, leguminosa nativa, gramínea perenne, consociación.

ABSTRACT

Species associations in a pasture are frequent and include the harmonious and balanced interrelation between two or more grasses and legumes. Legumes not only increase the nutritional value of the associated grass, but are also capable of increasing the dry matter production with a more uniform seasonal distribution and less inter-annual variability. That is why the objective is to evaluate the consociation *Adesmia bicolor* "Babosita" (Fam. Leguminosae) with *Festuca arundinacea* "Tall fescue" (Fam. Poaceae). Eight treatments were applied resulting from the combination of two proportions of legume vs. grass, the two pure cultures and two transplant arrangements. Throughout one year, the coverage percentage of both species, weeds and bare soil, morphological characters of *A. bicolor*, and carbohydrate mobilization dynamics in both species were estimated. When *A. bicolor* and *F. arundinacea* are associated, they are able to grow and remain stable during the second year since implantation. Both species together provide coverage to the soil, growing in a complementary way in space and time. Although a negative effect on the height, number of stolons and number of buds.m⁻² of *A. bicolor* is detected when it grows associated with *F. arundinacea*, the sum of the contributions of each species could increase the total production of the mixture. The dynamics of carbohydrate mobilization in *A. bicolor* is slightly affected by the association with *F. arundinacea*, while that of the latter species is not affected. There are no significant differences between the two transplant ratios, as well as between the two transplant arrangements.

Keywords: *Adesmia bicolor*, *Festuca arundinacea*, native legumes, perennial grasses, consociation.

¹ Genética, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

² Morfología Vegetal, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

³ Becaria CONICET.

⁴ Química Orgánica, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

⁵ INIAB UNRC-CONICET (Instituto de Investigaciones Agrobiotecnológicas). Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

* Autor por correspondencia: lbianco@ayv.unrc.edu.ar

Introducción

Los sistemas ganaderos están amenazados por la sobreexplotación de los recursos forrajeros, la escasez de alimento de alto contenido proteico, los altos costos de los insumos agrícolas y el cambio climático. Las consociaciones entre leguminosas y gramíneas son de particular interés para paliar al menos uno de estos problemas, ya que constituyen una alternativa para mejorar el contenido de proteína de los forrajes en los que la autosuficiencia en producción proteica permite una mayor rentabilidad económica. De esta manera, uno de los desafíos que enfrentan los investigadores es potenciar las sinergias de explotación entre diferentes grupos funcionales de plantas, como alternativa al uso de insumos artificiales, a fin de incrementar la productividad de los forrajes (Eskandari *et al.*, 2009).

Las asociaciones de especies en una pastura comprenden la interrelación armónica y equilibrada entre dos o más especies de gramíneas y leguminosas. En general, la introducción de leguminosas en las praderas conduce a una mayor acumulación de nitrógeno (N) del suelo y mayor productividad. Al evaluar la fijación biológica de nitrógeno (FBN) en asociaciones de gramíneas y leguminosas, Reynolds (1982) determina que la mayor parte del N cedido, alrededor de un 80%, se transfiere al suelo a través de la descomposición de raíces y nódulos o deyecciones de animales hasta ser asimilados por las plantas asociadas, mientras que otra porción significativa del N fijado se libera directamente al suelo por las exudaciones de las raíces hacia la rizósfera.

Las leguminosas forrajeras podrían mejorar la producción ganadera en América Latina mucho más de lo que lo hacen actualmente. Es por ello que desde hace algunos años se viene redireccionando la investigación hacia la domesticación de nuevas especies (especialmente nativas) y al logro de consociaciones de gramíneas y leguminosas que potencien sus producciones (Muir *et al.*, 2017).

Uno de los principales problemas que enfrenta la consociación de especies es la competencia por los recursos. En general, la mayor capacidad de las gramíneas para absorber nutrientes, sumado a la mayor disponibilidad de N en el suelo causada por la presencia de la leguminosa, hace que el crecimiento diferencial de la gramínea pueda eliminar la leguminosa por competencia. Para minimizar el riesgo del dominio o desplazamiento

de alguna de las especies, el establecimiento de una asociación gramínea-leguminosa requiere de ciertos arreglos de siembra que permitan mantener las especies estables en el tiempo y en el espacio en el campo cultivado (Li *et al.*, 2015).

En el manejo de las pasturas forrajeras perennes también se debe conocer la dinámica de movilidad de los carbohidratos de reserva de las especies consociadas, debido a que les permiten cubrir los requerimientos energéticos durante la latencia, el crecimiento posterior a ella y el rebrote después de un corte o pastoreo (Pagliaricci *et al.*, 2008). En general, las especies tienen una curva de acumulación de carbohidratos con valores bajos al inicio del crecimiento, que aumentan a medida que avanza hacia la madurez de las semillas. Una planta perenne en inactividad traslada los carbohidratos de la parte aérea hacia las raíces y yemas donde permanecen almacenados para iniciar el crecimiento al comienzo del año siguiente. Cuando una planta es pastoreada, las raíces detienen su crecimiento por varios días o semanas dependiendo de la especie forrajera y de la severidad en la pérdida de las hojas. Al recuperarse y aparecer los primeros rebrotes, el forraje recobra la capacidad de fotosintetizar y comienza a acumular nuevamente carbohidratos solubles (Andrae, 2004).

Estas asociaciones se pueden realizar con especies introducidas y probadas o con especies nativas que se encuentran en el pastizal. En la pampa húmeda y subhúmeda de Argentina, una de las gramíneas perennes de crecimiento otoño-invierno-primaveral más cultivada es la festuca alta (*Festuca arundinacea*). Esta especie es la mejor adaptada y de mayor producción forrajera en esta zona, destacándose por su resistencia a las condiciones invernales húmedas, así como su tolerancia a la sequía. Hace algunos años el equipo de Genética de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC) comenzó el mejoramiento de poblaciones locales de *F. arundinacea* naturalizadas provenientes de colectas realizadas en el sur de Córdoba y este de San Luis (Vega *et al.*, 2018).

Por otro lado, el equipo de Morfología Vegetal (UNRC) está evaluando a *Adesmia bicolor* debido a su potencial como forrajera. Es una leguminosa nativa, perenne, herbácea, de ciclo indefinido preferentemente invernal. Si bien se avanzó en la evaluación de aspectos morfológicos y agronómicos para el establecimiento de esta especie en la región central de Argentina (Basconsuelo *et al.*, 2013; Pérez *et al.*, 2020), no existe información acerca

de su comportamiento cuando crece consociada con gramíneas como *F. arundinacea*.

De acuerdo a los antecedentes planteados, los objetivos de este trabajo son: 1. Determinar el efecto de la competencia entre *A. bicolor* y *F. arundinacea* creciendo consociadas, 2. Evaluar el efecto de la consociación de *A. bicolor* y *F. arundinacea* sobre el crecimiento y producción de *A. bicolor*, y 3. Determinar la dinámica de movilización de carbohidratos en biomasa aérea y subterránea de *A. bicolor* creciendo consociada con *F. arundinacea*.

Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en el campo experimental-UNRC, Río Cuarto, Córdoba, Argentina (33°06'23.50" S, 64°17'54.41" O, 452 msnm). El suelo es un Haplustol típico de textura franca arenosa muy fina y el clima es templado subhúmedo con régimen de precipitaciones tipo monzónico. La precipitación media anual es de 779 mm y los mayores registros de lluvias ocurren entre octubre y marzo con picos en enero y diciembre, mientras que junio y julio son los meses más secos. Las temperaturas medias oscilan entre los 10 °C en julio y los 24 °C en enero (Cantero *et al.*, 1986).

Durante el mes de marzo de 2016 se implantó *Adesmia bicolor* (L.) Poir. "Babosita" población Villa Rumipal-Córdoba (Fam. Leguminosae) en consociación con *Festuca arundinacea* Schreb. "Festuca alta" población 3302-LAG (Fam. Poaceae), en una superficie de 15 x 20 m. Esta parcela se dividió en áreas de 2 x 2 m, a las que se asignaron los distintos tratamientos. El experimento tuvo un arreglo factorial 4 x 2 x 3 repeticiones, en el que se evaluaron ocho tratamientos resultantes de la combinación de cuatro proporciones de leguminosa vs. gramínea:

1. 1:0 (Control I: *A. bicolor*, cultivo puro).
2. 1:1 (*A. bicolor* y *F. arundinacea* en proporciones similares).
3. 3:1 (*A. bicolor* y *F. arundinacea* en proporciones 3 a 1).
4. 0:1 (Control II: *F. arundinacea*, cultivo puro).

y dos arreglos de trasplante:

- a. En franjas.
- b. Al tresbolillo.

En el arreglo "en franjas" se colocaron hileras paralelas de plantas a una distancia de 0,50 m.

En la proporción 1:1, una hilera presentó plantas de *F. arundinacea* con coronas de 0,05 m de diámetro y la siguiente, champas de 0,05 x 0,05 m de *A. bicolor*. En los demás casos se ajustaron las hileras y las especies según los distintos tratamientos. Por otro lado, en el arreglo "a tresbolillo" se colocaron las plantas de ambas especies en hileras paralelas, de modo que cada planta de gramínea de una hilera quedara entre dos champas de leguminosa de la hilera siguiente en el caso de la proporción 1:1. En los demás casos se ajustaron las hileras a la proporción 3:1 y cultivo puro.

Durante el primer año (2016) se realizaron cuatro cortes, mientras que en el segundo y tercer año (2017-2018) se hicieron cinco. Previamente a cada corte, para determinar el efecto de la competencia entre *F. arundinacea* y *A. bicolor* creciendo en pastura mixta, se estimó el porcentaje de cobertura de cada una de las especies de interés, de las malezas y suelo desnudo en tres áreas de 1 m² por tratamiento seleccionadas al azar. Además, en estas mismas fechas, para determinar el efecto de la consociación *A. bicolor*-*F. arundinacea* sobre el crecimiento y producción de *A. bicolor* se registraron las siguientes variables en esta especie: altura de planta, número de estolones, número de yemas, longitud y ancho de 50 folíolos en tres áreas de superficie conocida (0,25 m²) seleccionadas al azar en cada repetición.

Para determinar la dinámica de movilización de carbohidratos totales en ambas especies, se tomaron muestras de 0,2 g de biomasa (aérea y subterránea) de cada una de ellas aproximadamente cada tres meses durante un año. Estas muestras fueron homogeneizadas en mortero con N líquido y se les agregó 1,5 ml de ácido tricloroacético al 1%. Esta mezcla fue trasvasada a un tubo Falcon y centrifugada durante 10 min a 7500 rpm. Luego se retomó el sobrenadante y se centrifugó nuevamente. Se colocó una alícuota de 15 µl de la muestra en un tubo de Khan y se enrasó a un volumen final de 500 µl con agua destilada. Posteriormente se agregó 500 µl de solución acuosa de fenol al 5% y 2,5 ml de ácido sulfúrico puro, con agitación en vortex entre cada paso. El tubo se sumergió en un baño de agua hirviendo por 10 min, y luego se dejó enfriar a temperatura ambiente. Se leyeron en espectrofotómetro a 488 nm, comparando la lectura con la curva patrón que se realizó previamente, para la que se utilizaron como control diluciones de

una solución de glucosa (1mg.ml⁻¹) y como blanco 500 µl de agua destilada (Daniels *et al.*, 1994).

Los datos fueron analizados estadísticamente de acuerdo al arreglo factorial, y para las variables en las que se detectaron diferencias significativas se procedió a efectuar LSD-Fisher con Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2019).

Resultados y discusión

Cobertura

La cobertura de *A. bicolor* en cultivo puro aumenta desde Abr-17 hasta Sep-17, periodo durante el cual las áreas cubiertas por malezas y suelo desnudo disminuyen progresivamente a medida que los estolones desarrollados por *A. bicolor* invaden el terreno (Figura 1). Durante Dic-17 a Feb-18 ocurre lo contrario, las malezas y el suelo desnudo cubren mayores superficies, lo que determina que *A. bicolor* pierda terreno. La dinámica de crecimiento de esta especie concuerda con lo expresado por Pereira Machín (2011), quien plantea que es una especie perenne de ciclo indefinido preferentemente invernal. Sin embargo, Pérez *et al.* (2020) sostienen que el crecimiento de *A. bicolor* se vería afectado por las escasas precipitaciones del periodo otoño-invierno, aunque los valores de temperatura sean óptimos.

F. arundinacea cultivo puro comienza el año (Feb-17) con una cobertura muy alta (90%) y, a medida que avanzan los meses, va cediendo lugar a las malezas y suelo desnudo. Al observar el comportamiento de ambas especies en cultivo

puro, se puede advertir que cuando *A. bicolor* disminuye su cobertura, el área no ocupada es invadida por las malezas durante gran parte del año, siendo el área sin cobertura mínima. Por el contrario, cuando *F. arundinacea* cede terreno (de Jun a Nov-17), el área no ocupada queda mayormente desnuda (fin de ciclo de malezas invernales). Esta situación se mantiene hasta que la temperatura, humedad y demás condiciones climáticas propias de la primavera-verano permiten la germinación y rebrote de malezas estivales.

Por otro lado, en las parcelas consociadas se observa otro patrón de cobertura. Durante la primera mitad del año, el área cubierta por *F. arundinacea* supera a la ocupada por *A. bicolor* (aproximadamente en un 10%). Desde Sep hasta Nov-17, los porcentajes de área cubierta por ambas especies se igualan y disminuye el área ocupada por malezas y suelo desnudo. A partir de Dic-17 hasta Feb-18, la cobertura de ambas especies disminuye en forma similar a como lo hacen en las parcelas con cultivos puros, aumentando la de las malezas. A pesar de que se advierten diferencias en porcentajes de áreas cubiertas por las distintas fracciones en las dos proporciones de trasplante (A1:F1 y A3:F1), estas no son estadísticamente significativas (p = 0,18). El arreglo de trasplante (en franja y a tresbolillo) tampoco presenta diferencias significativas en las distintas fechas de muestreo (Feb-17 p = 0,14; Abr-17 p = 0,48; Jun-17 p = 0,25; Sep-17 p = 0,36; Nov-17 p = 0,34; Feb-18 p = 0,21).

Los resultados de este trabajo concuerdan con los observados en consociaciones de otras especies de gramíneas y leguminosas, en los que se plantea que la mayor cobertura del suelo lograda por las

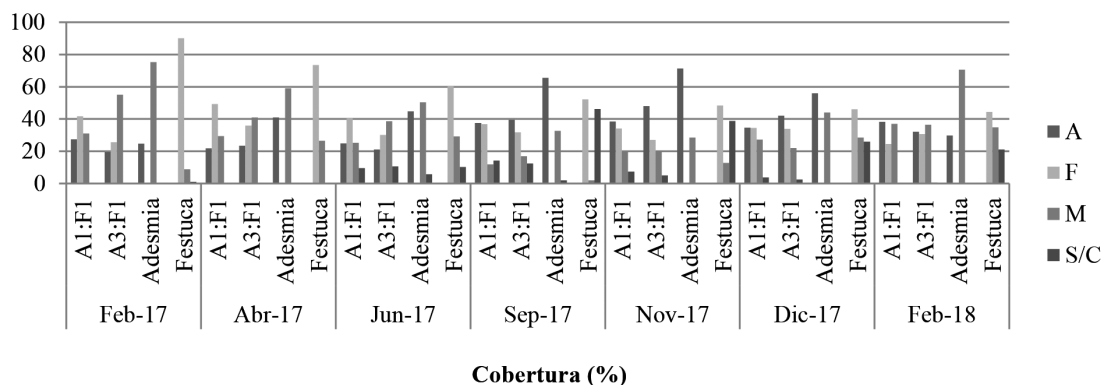


Figura 1. Cobertura de *A. bicolor*, *F. arundinacea*, malezas y suelo desnudo en los distintos tratamientos. Ref.: A= *A. bicolor*, F = *F. arundinacea*, M = malezas, S/C = sin cobertura (suelo desnudo).

especies de interés disminuye el área ocupada por las malezas y, al minimizar las necesidades de aplicación de herbicidas, también disminuyen los costos de producción y la contaminación del medio ambiente (Formoso, 2010).

Altura de *A. bicolor*

La altura de *A. bicolor* disminuye gradualmente desde el primer muestreo realizado en Feb-17 hasta Sep-17. Luego aumenta en la temporada primavera-verano 2017-2018 (Figura 2a), observándose el mismo patrón en la consociación y en el cultivo puro.

Las alturas observadas en los distintos tratamientos tanto en Feb-17 como en Abr-17 no son estadísticamente diferentes ($p = 0,73$ y $p = 0,54$, respectivamente). Sin embargo, a partir de Sep-17 hasta Feb-18, *A. bicolor* cultivo puro presenta mayor altura que los dos tratamientos de consociación analizados. En Sep-17, la altura de *A. bicolor* cultivo puro es de 0,06 m, mientras que la altura de esta especie creciendo consociada con *F. arundinacea* es de 0,04 m en ambas proporciones de trasplante ($p = 0,0003$). Las dos proporciones de consociación no son significativamente diferentes entre sí. Durante Nov-17, la altura registrada en

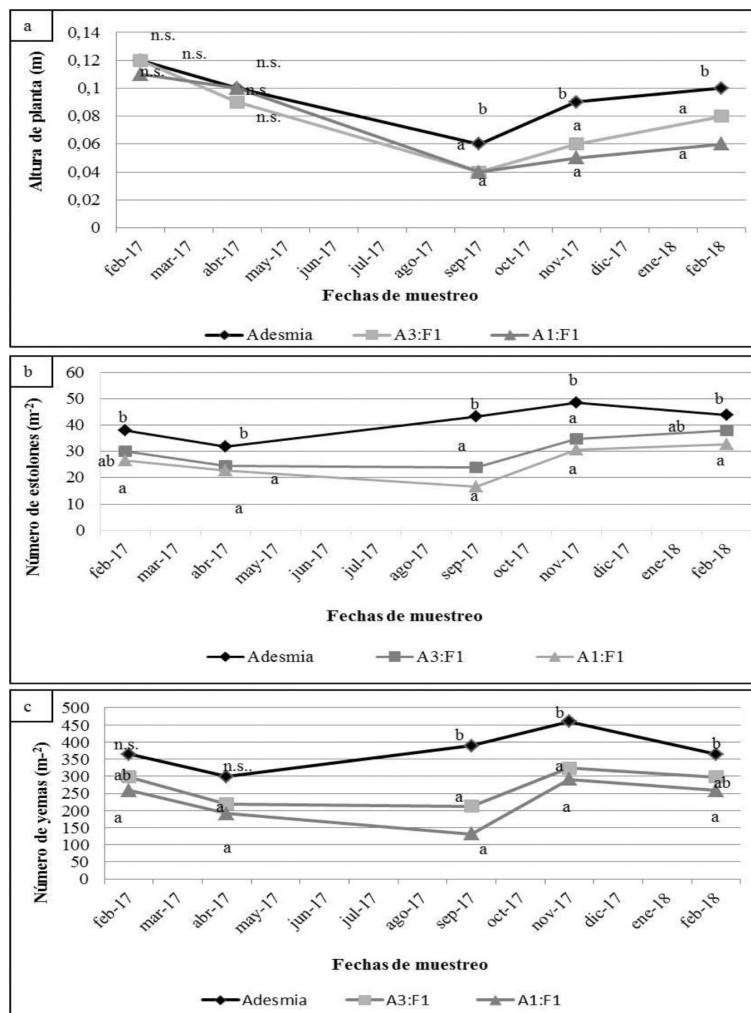


Figura 2. *A. bicolor* en los distintos tratamientos en un ciclo de cultivo. a) Altura, b) Número de estolones.m⁻², c) Número de yemas.m⁻². Ref.: Letras diferentes en cada fecha de muestreo significan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos según LSD-Fisher ($p < 0,05$), n.s. = no significativo.

A. bicolor cultivo puro es de 0,09 m, en A3:F1 0,06 m y en A1:F1 0,05 m, siendo estas diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,0002$). En Feb-18, *A. bicolor* cultivo puro alcanza 0,10 m de altura, A3:F1 0,08 m y A1:F1 0,06 m ($p = 0,0004$).

A lo largo de estos meses, se puede advertir que la altura de las plantas aumenta en los tres tratamientos, mientras que el área cubierta por la especie disminuye, como se mencionó previamente. Además, cuando *A. bicolor* crece en cultivo puro es capaz de desarrollar mayor altura que cuando crece consociada, lo que evidencia un efecto negativo de competencia de *F. arundinacea* sobre *A. bicolor*. Según Formoso (2010), a medida que aumenta el número de especies que integran una consociación, la producción individual de cada especie disminuye. Sin embargo, la suma de los aportes de cada una incrementa significativamente la producción total de la parcela. Esto se debería a que los efectos complementarios en el espacio y en el tiempo entre las especies son más potentes que los de la competencia interespecífica.

Desarrollo de estolones en *A. bicolor*

El número de estolones por metro cuadrado producidos por *A. bicolor* se mantiene bajo y relativamente constante durante fines de verano-otoño (de Feb a Abr-17) en todos los tratamientos, siendo mayor en *A. bicolor* cultivo puro (Figura 2b). En ese tratamiento, el desarrollo de estolones aumenta a lo largo del invierno y primavera (de 38 a 48,68 estolones m^{-2} desde Feb a Nov-17). En las parcelas consociadas esta variable disminuye hasta Sep-17 (de 30 a 24 estolones m^{-2} en A3:F1 y de 26,68 a 16,68 estolones m^{-2} en A1:F1), y comienza a aumentar a partir de ese momento (A3:F1 = 34,68 y A1:F1 = 30,68 estolones m^{-2} en Nov-17).

En Feb-17 se observan diferencias significativas en los arreglos de trasplante. La producción de estolones en el cultivo en franjas significativamente diferente en comparación con el cultivo a tresbolillo ($p = 0,0009$). Si se considera un $\alpha < 0,10$, también esta variable presenta diferencias estadísticas entre las proporciones de trasplante, siendo A1:F1 significativamente menor que *A. bicolor* cultivo puro ($p = 0,07$). El número de estolones por metro cuadrado en A3:F1 no es significativamente diferente a ninguno de los otros dos tratamientos. En Sep y Nov-17, *A. bicolor* en ambas proporciones

de consociación produce significativamente menor cantidad de estolones que *A. bicolor* cultivo puro ($p < 0,0001$ en ambas fechas de muestreo). En Feb-18 se repite la misma situación que se da en el mismo mes del año anterior ($p = 0,08$).

Luego de analizar los datos, se observó que a partir de Sep-17 *A. bicolor* cultivo puro presenta ventajas en la competencia con las malezas, debido a que las de desarrollo invernal se encuentran al final del ciclo y las estivales, al estar germinando o rebrotando, todavía no representan gran amenaza. Esto le permite aumentar su cobertura hasta Nov-17 (Figura 1). Collins *et al.* (2001) sostienen que es muy importante el mantenimiento de la red de estolones y raíces vivas durante el invierno para el posterior crecimiento en primavera.

En las parcelas con las especies consociadas, la situación con las malezas es similar. Sin embargo, *F. arundinacea* todavía presenta mayor cobertura, por lo que no le permite aumentar la producción de estolones. A partir de Sep-17, *F. arundinacea* comienza a disminuir su cobertura y, con ello la presión de competencia, lo que permite que *A. bicolor* invada el terreno más agresivamente (Figura 1).

A lo largo del año, el número de yemas por metro cuadrado es directamente proporcional al número de estolones por metro cuadrado, ya que a medida que aumenta el número de estolones mayor es el número de nudos presentes en estas estructuras y, por lo tanto, mayor el número de yemas desarrolladas (Figura 2c). *A. bicolor* cultivo puro es el tratamiento que mayor número de yemas presenta con respecto a los demás tratamientos a lo largo de todo el año. Sin embargo, disminuye desde fines de verano-otoño (364,68 yemas m^{-2} a 299,32 yemas m^{-2}), para luego comenzar a aumentar durante el invierno-primavera (459,32 yemas m^{-2}).

En Feb-17 se observan diferencias significativas en los arreglos de trasplante, siendo la producción de estolones en el cultivo en franjas significativamente diferente en comparación con el cultivo a tresbolillo ($p = 0,001$). Desde Sep-17 a Feb-18, *A. bicolor* en ambas proporciones de consociación produce significativamente menor cantidad de yemas que *A. bicolor* cultivo puro ($p < 0,0001$ en Sep y Nov-17, $p = 0,0096$ en Feb-18).

Wachendorf *et al.* (2001) destacan la importancia que tiene la sobrevivencia de las yemas axilares y estolones al final del invierno para que la planta pueda afrontar el crecimiento rápido

en la primavera siguiente. Además, Collins *et al.* (2001) sugieren que la disponibilidad de un gran número de puntos de crecimiento en la primavera temprana facilita el rápido restablecimiento del entramado de estolones. Cuando esta especie crece consociada con *F. arundinacea* es esperable que presente menor cantidad de yemas, ya que parte del terreno estará ocupado por la gramínea.

Tamaño de folíolos de *A. bicolor*

La longitud de folíolos se mantiene estable durante el otoño-invierno y luego aumenta durante la primavera en los tres tratamientos analizados. *A. bicolor* cultivo puro presenta mayor longitud de folíolos durante todo el año, luego le sigue A3:F1 durante la primera mitad del año (1,06 cm en Sep-17) y A1:F1 durante la segunda mitad (1,11 cm en Nov-17). Estas diferencias no fueron significativas (Figura 3a).

El ancho de folíolos tampoco presenta diferencias significativas entre los dos arreglos de

trasplante (Feb-17 $p = 0,96$; Abr-17 $p = 0,91$; Sep-17 $p = 0,27$; Nov-17 $p = 0,57$; Feb-18 $p = 0,26$). Esta variable se mantiene constante durante todo el año, excepto durante Abr-17 en el que registra un leve incremento en todos los tratamientos (Figura 3b). De acuerdo a los datos obtenidos, el área foliar de *A. bicolor* no se vería afectada cuando se le asocia a *F. arundinacea*.

Dinámica de movilización de carbohidratos totales

La Figura 4 muestra la curva patrón que se obtiene a partir de concentraciones conocidas de glucosa. Esta curva fue utilizada para determinar la concentración de carbohidratos (CH) totales en muestras de *A. bicolor* y *F. arundinacea*.

La concentración de CH totales en *A. bicolor* cultivo puro se mantiene relativamente constante desde Abr-17 hasta Jul-17, luego disminuye hasta Oct-17 y a partir de ese momento comienza a aumentar hasta Feb-18 (Figura 5a). En el tratamiento

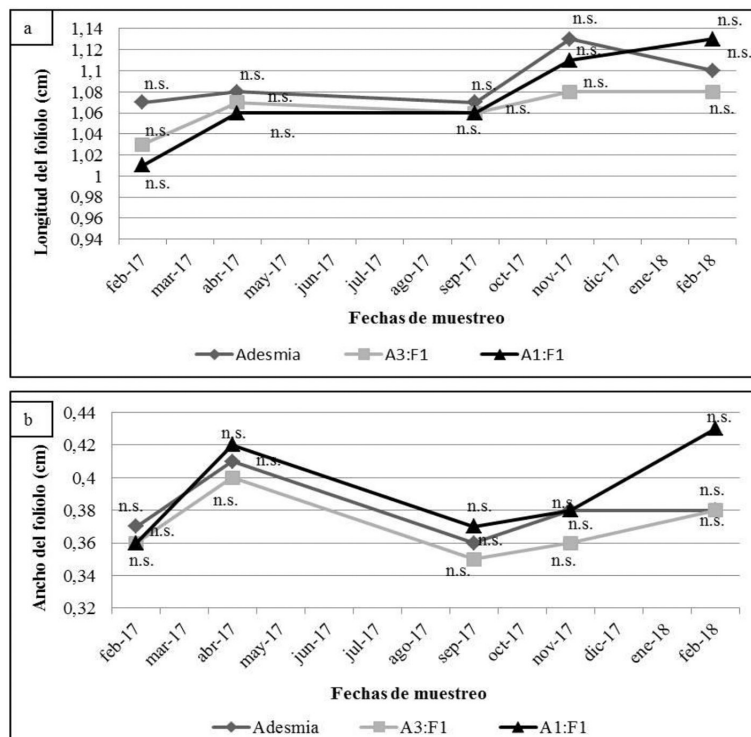


Figura 3. *A. bicolor* en los distintos tratamientos en un ciclo de cultivo. a) Longitud de folíolos, b) Ancho de folíolos. Ref.: Letras diferentes en cada fecha de muestreo significan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos según LSD-Fisher ($p < 0,05$), n.s. = no significativo.

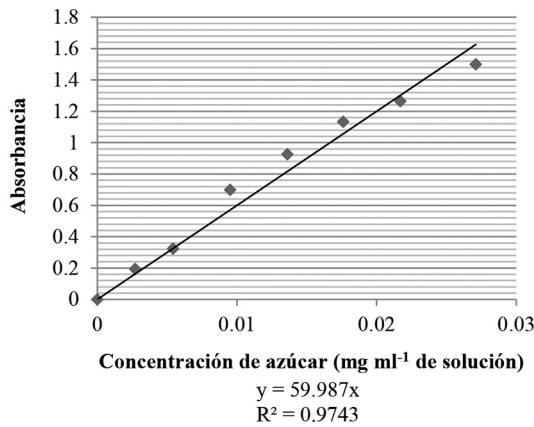


Figura 4. Curva patrón de glucosa.

A1:F1, la concentración de CH totales aumenta hasta Jul-17, a partir de ese momento disminuye hasta Oct-17 y luego se mantiene relativamente constante hasta Feb-18. Por otro lado, A3:F1 presenta un comportamiento diferente, ya que disminuye su concentración desde Abr-17 hasta Oct-17, momento en el que comienza a acumular

nuevamente. Romero *et al.* (1995) determinan que los períodos de almacenamiento y consumo de carbohidratos son cíclicos, aunque pueden ser alterados por los distintos sistemas de uso del forraje.

En Abr-17, la concentración de CH totales en muestras de *A. bicolor* correspondiente al tratamiento A1:F1 (0,05 mg CH totales g⁻¹ de muestra) presenta diferencias significativas con respecto a la de A3:F1 (0,08 mg CH totales g⁻¹ de muestra; $p = 0,05$). Sin embargo, la concentración en *A. bicolor* cultivo puro (0,07 mg CH totales g⁻¹ de muestra) no es significativamente diferente a las correspondientes a los dos tratamientos consociados. En Jul-17 no se encuentran diferencias significativas entre los tratamientos (0,07 mg CH totales g⁻¹ de muestra en *A. bicolor* cultivo puro, 0,06 mg CH totales g⁻¹ de muestra en A3:F1, 0,08 mg CH totales g⁻¹ de muestra en A1:F1; $p = 0,33$). Luego en Oct-17, la concentración de CH totales de *A. bicolor* en cultivo puro (0,04 mg CH totales g⁻¹ de muestra) es significativamente diferente a la de A1:F1 (0,06 mg CH totales g⁻¹ de muestra, $p = 0,04$). Sin embargo, A3:F1 (0,05 mg CH totales g⁻¹ de muestra) no

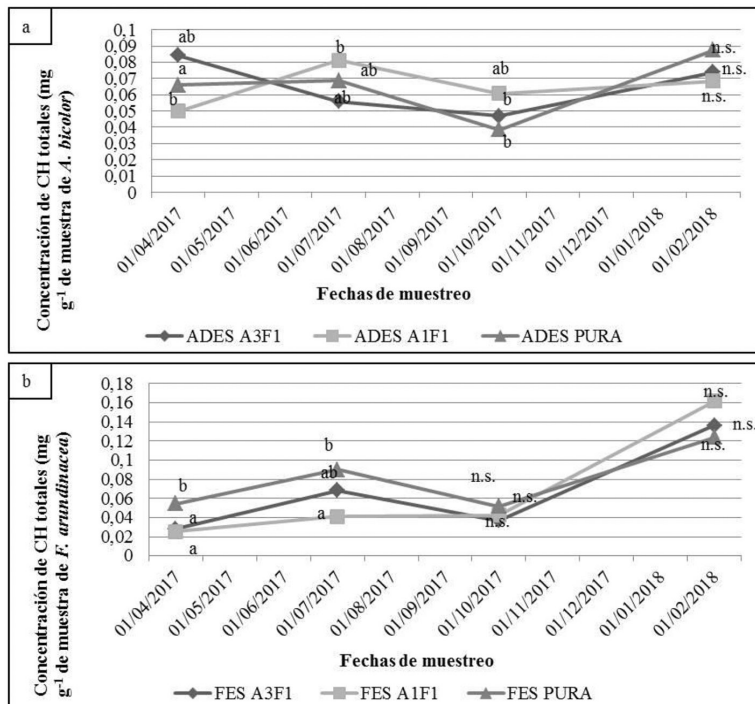


Figura 5. Dinámica de movilización de carbohidratos totales. a) *A. bicolor*, b) *F. arundinacea*. Ref.: CH = carbohidratos. Letras diferentes en cada fecha de muestreo significan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos según LSD-Fisher ($p < 0,05$), n.s. = no significativo.

presenta diferencias estadísticas con ninguno de los otros dos tratamientos evaluados. En Feb-18, la concentración de CH totales presenta diferencias significativas entre A1:F1 (0,07 mg CH totales g⁻¹ de muestra) y *A. bicolor* cultivo puro (0,09 mg CH totales g⁻¹ de muestra, $p = 0,04$). La concentración en A3:F1 (0,07 mg CH totales g⁻¹ de muestra) no es estadísticamente diferente a ninguno de los tratamientos consociados (Figura 5a).

La caída de la concentración observada en los tres tratamientos desde Jul-17 hasta Oct-17 coincide con el período en el que se registra la mayor cobertura de *A. bicolor* (Figura 1). Este descenso pronunciado puede ser explicado por lo propuesto por Andrae (2004), quien plantea que durante el rebrote una planta necesita aproximadamente el 90% de las reservas acumuladas. En *A. bicolor*, el consumo no llega a ser tan marcado como se puede advertir en los resultados de este trabajo. Pérez *et al.* (2020) aducen que la recuperación de las reservas en esta especie es más rápida por la presencia de estolones y de follaje perenne que impide períodos con tasa fotosintética nula.

Numerosos autores (Izaguirre, 2005; Veneciano *et al.*, 2005) consideran que *A. bicolor* es una especie invernifera. Pereira Machín (2011) la describe como de ciclo indefinido preferentemente invernifera. En este trabajo, la movilización de carbohidratos, independiente del tratamiento aplicado, muestra que en la zona de Río Cuarto, su ciclo se desplaza hacia los meses de primavera-verano. Teniendo en cuenta lo expresado por Pagliaricci *et al.* (2008) sobre la importancia de los factores ambientales en la determinación del crecimiento de una planta, se podría reafirmar lo señalado por Pérez *et al.* (2020), quienes sostienen que escasas precipitaciones en el período otoño-invierno no favorecerían el crecimiento de *A. bicolor*, aunque los valores de temperatura sean óptimos.

Por otro lado, *F. arundinacea* acumula carbohidratos desde Abr-17 hasta Jul-17 en los tres tratamientos analizados (Figura 5b). Luego disminuye en *F. arundinacea* cultivo puro y A3:F1 hasta Oct-17, mientras que en A1:F1 se mantiene constante. A partir de Oct-17, los tres tratamientos comienzan a acumular presentando la máxima concentración en Feb-18, que coincide con su período de reposo.

En Abr-17, la concentración de CH totales en *F. arundinacea* cultivo puro (0,06 mg CH totales g⁻¹ de muestra) es estadísticamente

diferente con respecto a las registradas en ambos tratamientos consociados (0,03 mg CH totales g⁻¹ de muestra en ambas proporciones de trasplante; $p = 0,0011$). En Jul-17, los valores presentados por *F. arundinacea* cultivo puro (0,09 mg CH totales g⁻¹ de muestra) son significativamente diferentes comparados con los de A1:F1 (0,04 mg CH totales g⁻¹ de muestra; $p = 0,01$). La concentración en A3:F1 (0,07 mg CH totales g⁻¹ de muestra) no es significativamente diferente a ninguno de los dos tratamientos anteriores. En las dos fechas de muestreo siguientes, las concentraciones halladas son de 0,05 a 0,12 mg CH totales g⁻¹ en *F. arundinacea* cultivo puro; 0,04 a 0,14 mg CH totales g⁻¹ de muestra en A3:F1 y 0,04 a 0,17 mg CH totales g⁻¹ de muestra en A1:F1, aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas ($p = 0,54$ en Oct-17, $p = 0,22$ en Feb-18).

La festuca alta, al no disponer de órganos especializados en la acumulación de reservas, podría limitar su capacidad para invadir áreas abiertas en una pastura. Además, el pastoreo intenso puede quitar o dañar las bases del tallo y de esta forma reduce la disponibilidad de reservas de energía. Esto puede limitar el rebrote de esta forrajera y conducir a una baja persistencia de la pastura (Volenc, 1986).

Conclusiones

La consociación *A. bicolor*-*F. arundinacea* es capaz de desarrollarse y mantenerse estable durante el segundo año desde su implantación. Si bien la producción individual de cada especie disminuye cuando crecen consociadas, entre ambas proporcionan mayor cobertura al suelo durante gran parte del año, creciendo en forma complementaria tanto en el espacio como en el tiempo. Tanto los caracteres morfológicos como la dinámica de movilización de carbohidratos totales de *A. bicolor* se vieron ligeramente afectados por la presencia de *F. arundinacea*, aunque la suma de los aportes de cada una podría incrementar la producción total de la parcela.

Los resultados de este estudio son alentadores, por lo que se sugiere continuar la evaluación de esta consociación considerando variables como producción de biomasa de ambas especies y caracteres morfológicos de *F. arundinacea*, ya que permitirían tener una idea más acabada de su comportamiento.

Literatura Citada

- Andrae, J.
2004. Grazing impacts on pasture composition. The University of Georgia. College of Agricultural and Environmental Sciences. Crop and Soil Science Department. Bulletin 1243.
- Basconsuelo, S.; Grosso, M.; Kraus, T.; Bianco, C.; Bianco, L.; Vileta, D.; Malpassi, R.
2013. Leguminosas nativas con potencial forrajero: *Adesmia bicolor*. UniRío. Río Cuarto, Argentina. 23 p.
- Cantero, G.A.; Bricchi, E.; Becerra, V.H.; Cisneros, J.M.; Gil, H.
1986. Descripción y zonificación de las tierras del departamento Río Cuarto. 1 carta 1:250.000. FAV, UNRC. Río Cuarto, Argentina. 88 p.
- Collins, R.P.; Helgadóttir, A.; Fothergill, M.; Rhodes, I.
2001. Variation amongst survivor populations of two white clover cultivars collected from sites across Europe: morphological and reproductive traits. *Annals of Botany*, 88: 761-770.
- Daniels, L.; Hanson, R.; Phillips, J.
1994. Chemical analysis (Ch. 22). En: Gerhardt, P.; Murray, R.G.E.; Wood, W.; Krieg, N.R. (eds.). *Methods for General and Molecular Bacteriology*. ASM, Washington DC, Estados Unidos.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W.
2019. InfoStat, versión 2019. In: Grupo InfoStat, F.C.A., Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- Eskandari, H.; Ghanbari, A.; Javanmard, A.
2009. Intercropping of cereal and legumes for forage production. *Notulae Scientia Biologicae*, 1(1): 7-13.
- Formoso, F.
2010. *Festuca arundinacea*, manejo para producción de forraje y semillas. Serie Técnica N° 182. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 200 p.
- Izaguirre, P.
2005. Uruguay y sus recursos fitogenéticos en leguminosas. *Agrociencia*, 9: 77-83.
- Li, Q.; Song, Y.; Li, G.; Yu, P.; Wang, P.; Zhou, D.
2015. Grass-legume mixtures impact soil N, species recruitment, and productivity in temperate steppe grassland. *Plant and Soil*, 394: 271-285.
- Muir, J.P.; Tedeschi, L.O.; Dubeux, J.C.B.; Peters, M.; Burkart, S.
2017. Enhancing food security in Latin America with forage legumes. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 25: 113-131.
- Pagliaricci, H.; Sacido, M.; Herrero, M.A.
2008. Reflexiones sobre la enseñanza de forrajes ante los nuevos escenarios de la producción animal en Argentina. *Revista Argentina de Producción Animal*, 20(2): 273-277.
- Pereira Machín, M.
2011. Manejo y conservación de pasturas naturales del Basalto. Programas de Servicios Agropecuarios MGAP-BID. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca-Programa Ganadero. Instituto Plan Agropecuario. Argentina. 82 p.
- Pérez, V.; Panzitta, M.; Vidal, C.; Basconsuelo, S.; Gorjon, J.; Fitzimons, D.; Malpassi, R.; Bianco, L.
2020. Ritmo de crecimiento, producción de biomasa y dinámica de movilización de carbohidratos en *Adesmia bicolor* (Poir.) DC (Leguminosae) en cultivo. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 36(3): 171-180.
- Reynolds, S.G.
1982. Contributions to yield, nitrogen fixation and transfer by local and exotic legumes in tropical grass-legume mixtures in Western Samoa. *Tropical Grasslands*, 16(2): 76-80.
- Romero, N.A.; Cameron, E.A.; Ustarroz, E.
1995. Manejo y utilización de la alfalfa. En: Hijano, E.A.; Navarro, A. *La alfalfa en la Argentina*. INTA C.R. Cuyo, Argentina. pp. 151-170.
- Vega, D.J.; di Santo, H.; Grassi, E.; Castillo, E.; Ferreira, V.; Bonamico, N.; Ferreira, A.
2018. Diferenciación fenotípica de poblaciones de festuca alta naturalizadas en la región central de Argentina. *Revista Científica FAV-UNRC Ab Intus*, 1(1): 1-8.
- Veneciano, J.H.; Frasinelli, C.A.; Kraus, T.A.; Bianco, C.A.
2005. Domesticación de especies forrajeras. Córdoba. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Argentina. 60 p.
- Volenc, J.J.
1986. Nonstructural carbohydrates in stem base components of tall fescue during regrowth. *Crop Science*, 26: 381-385.
- Wachendorf, M.; Collins, R.P.; Connolly, J.; Elgersma, A.; Fothergill, M.; Frankow-Lindberg, B.E.; Ghesquiere, A.; Guckert, A.; Guinchard, M.P.; Helgadóttir, A.; Lüscher, A.; Nolan, T.; Nykänen-Kurki, P.; Nösberger, J.; Parente, G.; Puzio, S.; Rhodes, I.; Robin, C.; Ryan, A.; Stäheli, B.; Stoffel, S.; Taube, F.
2001. Overwintering of *Trifolium repens* L. and succeeding growth: results from a common protocol carried out at twelve european sites. *Annals of Botany*, 88: 669-682.