

## LOS CULTIVOS DE VERANO EN LAS SECUENCIAS DE CULTIVOS PARA FORRAJE

*Summer crops in the sequences of crops for forage*

**Camarasa, J.N.<sup>1</sup>, Bertin, O.D.<sup>2</sup>, Barletta, P.F.<sup>3</sup>, Pacente, E.<sup>2</sup>, Mattera, J.<sup>2</sup> y Beribe, M.J.<sup>2</sup>**

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Pergamino  
Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires

### RESUMEN

El objetivo fue evaluar la producción de forraje (PF) de distintos cultivos de verano (CV) como forraje conservado, después de verdeos de invierno (VI), con dos niveles de precipitaciones (pp). Se evaluó desde el 2009/10 hasta 2015/16 y la proteína bruta (PB; 2010/11 al 2012/13). Se realizaron cultivos anuales y alfalfa, luego de tres ciclos se intercambiaron. Hubo un tratamiento con precipitación normal (pp normal, lluvia) y otro con riego (pp alta). El diseño experimental fue en bloques completos al azar en sub-parcelas divididas (n=3), donde la parcela principal fue la pp, la sub-parcela el CV y la sub-sub-parcela el VI. Entre 2010/12, el cultivo de maíz fue la mejor alternativa para la PF, siendo en pp alta (18,3 t MS.ha<sup>-1</sup>) distinta a pp normal (11,9 t MS.ha<sup>-1</sup>). La PF de la moha fue baja y mostró mayor variabilidad interanual e influenciada por el cultivo antecesor. La PF en soja fue un 30% superior con pp alta que con pp normal y hubo efecto entre campañas. La soja y el maíz con pp alta fueron las opciones de mayor producción de PB. Entre 2013/16 con pp normal o alta el doble cultivo de maíz fue una opción válida (28,6 t MS.ha<sup>-1</sup>). Sin embargo con lluvias extremadamente altas un cultivo de maíz fue similar al doble maíz. La soja fue estable ante fluctuaciones de lluvias, pero con rendimientos menores (7,4 t MS.ha<sup>-1</sup>). La pp alta tiene respuesta diferente según el CV, aunque el maíz fue el de mayor respuesta y permitió una mayor estabilización en la producción entre años. El VI afecta el CV, excepto en el maíz. El mayor efecto negativo del raigrás anual es sobre la moha y en menor medida en la soja.

**Palabras clave.** ensilaje de maíz, ensilaje de soja, heno de moha, producción de forraje, proteína bruta.

### SUMMARY

Corn silage, in the temperate-humid region of Argentina, is a forage resource with a constant increase in the cultivated area due to its high forage production with high energy. Foxtail millet presents as advantages a fast summer growth in a very short period of time, it is suitable as predecessor of perennial pastures and winter forage crop and adapts to a wide type of soils. Soybean occasionally is used for grazing or cutting as a producer of crude protein. The humid temperate region in the summer months has a negative balance between evapotranspiration and rainfall, irrigation cost is high and is not common, even more in crops for forage, but this alternative should be evaluated on productive and environmental effects. The objective was to evaluate the production of different summer crops (SC) as conserved forage, after winter forage crop (WC), with two levels of precipitation (pp). The evaluation was the forage production (FP) accumulated per year during seven seasons (2009/10 to 2015/16) and crude protein (CP; 2010/11 to 2012/13). In the same area, annual crops and alfalfa were carried out, after three cycles were exchanged, that is, where the alfalfa was planted, then the WC and SC sequences were established. In addition, there was a treatment with normal precipitation (normal pp, rain) and another with sprinkler irrigation in the same plot during all year (high pp). The experimental design was split-plot randomized block completes (n=3) with pp as the main plots, the sub-plot were SC and sub-sub-plot were WC. The data were analyzed by ANOVA and the means separation was made using Tukey test (p<0.05). The CP in soybean was 30% higher in high pp than in normal pp and there was an effect between seasons. For 2010/12 period, the corn crops are the best alternative for the FP, with a FP in high pp (18.3 t DM.ha<sup>-1</sup>) different from the normal pp (11.9 t DM.ha<sup>-1</sup>). The FP of the foxtail millet was low and showed greater inter-annual variability and influenced by the predecessor crop. The FP in soybean was 30% higher with high pp than with normal pp and there was an effect between campaigns. Soybean and corn with high pp were the options for higher CP production. In the 2013/16 period with normal or high rainfall the double corn crops is a valid option (28.6 t DM.ha<sup>-1</sup>). However, with extremely high rainfall, a corn crop was similar to double corn. On the other hand, soybean is the most stable crop in the face of rain fluctuations, but with lower yields (7.4 t DM.ha<sup>-1</sup>). Complementary irrigation has a different response depending on the crop, although corn was the most

Recibido: marzo 2019

Aceptado: abril 2020

<sup>1</sup> Ing. Zoot. M. Sc. Técnico de la EEA Pergamino y Profesor de Bovinos de carne y leche de la Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales (ECANA). E-mail: [camarasa.jonatan@inta.gob.ar](mailto:camarasa.jonatan@inta.gob.ar)

<sup>2</sup> Ing. Agr. Técnicos de la EEA Pergamino

<sup>3</sup> Tec. Agr. Técnico de la EEA Pergamino

responsive and allowed a greater production stabilization between years. The WC affects the SC, except in corn. The greatest negative effect of the annual ryegrass is on the foxtail millet and to a lesser extent on the soybean.

**Key words.** corn silage, soybean silage, foxtail millet hay, forage production, crude protein.

### Introducción

Los sistemas de producción ganaderos, tanto de leche como de carne, se intensifican para ser más competitivos y para esto necesitan incorporar cultivos anuales (CA) con alto potencial de crecimiento en un corto periodo de tiempo y así superar el límite productivo de las pasturas perennes de 15 t MS.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> (Densley et al., 2006; Garcia et al., 2008). En la última década hubo una tendencia hacia la anualización de la producción de forraje, porque permite: disponer de alimentos en distintos momentos del año, tener mayor flexibilización en el sistema y control de malezas.

El maíz (*Zea mays* L.) es el CA más importante del mundo que se destina para ensilaje, debido a su elevada producción de forraje con alta energía. En Argentina, el maíz tuvo en las últimas décadas un aumento sostenido en la superficie sembrada como CA, en particular en la región central-templada húmeda. La moha de Hungría (*Setaria itálica* L. Beauv.) tiene un rápido crecimiento estival en un muy corto periodo de tiempo (Velazco, 2016), es apropiada como antecesor de pasturas perennes y de verdeos de invierno y está adaptada a amplios tipos de suelos. El maíz y la moha son, desde el punto de vista del uso de los recursos, como luz, agua y nutrientes, más eficientes y competitivos que las pasturas, particularmente alfalfa. El maíz requiere una alta provisión de agua debido a la gran capacidad de producción de forraje (Islam et al., 2012). Una alternativa a las anteriores especies, ocasionalmente utilizada para pastoreo o corte, es la soja (*Glycine max* L.) que es usada principalmente como productora de proteína bruta. Esta es una especie fijadora de nitrógeno que aporta sustentabilidad al sistema, en lo que representa a este nutriente. Si bien, el ensilado de la planta entera no es una técnica novedosa, la reducida superficie con este destino hace que no sea muy frecuente su práctica y que sus aspectos técnicos y sistémicos sean todavía poco conocidos. Es una alternativa en zonas donde, por limitantes de suelo y/o clima, no se puede implantar la alfalfa o se ha perdido por los excesos de lluvias (Romero, 2006).

La región templada-húmeda en los meses de verano presenta un balance negativo entre evapotranspiración y lluvias. El riego de alto costo y poco común, en cultivos para forraje, es una alternativa que debe ser evaluada sobre el impacto productivo y ambiental. Los cultivos de verano, en el momento crítico coinciden con muy altos valores de evapotranspiración del ambiente, por lo tanto el aporte de agua en estos momentos es importante para aumentar la producción de forraje. El agua del suelo en el momento de la floración en cultivos para grano explica más de un 80% el rendimiento (Calviño et al., 2003)

El objetivo fue evaluar la producción forrajera de distintos cultivos de verano como forraje conservado, después de verdeos de invierno, con dos niveles de precipitaciones durante siete campañas.

### Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino (33° 57' S, 60° 33' O y 68 m snm), en un suelo Argiudol típico serie Pergamino (capacidad de uso IIe), durante siete campañas consecutivas (2009/10 hasta 2015/16). En una misma superficie se realizaron CA y alfalfa (A), luego de tres ciclos se intercambiaron, o sea, donde se sembró la A luego se establecieron las secuencias de verdeos de invierno (VI: avena (*Avena sativa* L.) y raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam.)) y cultivos de verano (CV: maíz, soja, moha en las campañas 2009/10 al 2012/13, siendo reemplazada la moha por el doble cultivo de maíz en las campañas 2013/14 al 2015/16). Menos en el cultivo de moha, que se recolectó para heno, el resto fue para ensilaje. Además, hubo un tratamiento con precipitación normal (pp normal, lluvia) y otro con riego complementario presurizado por aspersión con cañón regador en la misma parcela durante todos los ciclos (pp alta).

La variable medida fue la producción de forraje (PF) en materia seca (MS) por ha. En el maíz se utilizó para la cosecha una cosechadora Cibus F Wintersteiger. La superficie de muestreo fue de 12,6 m<sup>2</sup>. En la soja y la moha se tomaron dos muestras de 1 m<sup>2</sup> a 3 cm de altura, se pesaron en el laboratorio y se separaron 250 g para la determinación de MS. Las muestras se secaron en estufa con circulación de aire forzado a 60°C durante 48 h. Durante las campañas 2010/13 se realizó el análisis de proteína bruta (PB) de los CV (Kjeldahl). La acumulación de PB surgió del producto entre la PF y la concentración de PB.

Las características del suelo (0-20 cm) fueron: pH: 5,6; materia orgánica: 3,1 %; nitrógeno: 1,6 g.kg<sup>-1</sup>; fósforo: 22,8 mg.kg<sup>-1</sup>; azufre: 7 mg.kg<sup>-1</sup>; sodio: 0,1 meq.100 g<sup>-1</sup> y porcentaje de sodio intercambiable (PSI): 0,7. La calidad del agua de riego se indica en el Cuadro 1, para la fecha de muestreo inicial y final, donde se observa que el agua se clasifica como de pH alcalino bi-carbonatada-sódica.

Los CV fueron sembrados en las fechas consideradas óptimas (Cuadro 2) y los manejos agronómicos adecuados para cada uno de ellos (siembra directa con densidades recomendadas, fertilizaciones con N-P-S-Ca, correcta elección del cultivar/híbrido para el fin específico, control de plagas, enfermedades y malezas y momentos apropiados de cosecha).

Los VI, los CV y la A fueron implantados en una superficie que luego de tres campañas se intercambiaron, o sea, donde se sembró la alfalfa después se establecieron las secuencias de VI y CV. Finalmente, fueron siete campañas, considerando tres iniciales, una de transición (2013/14) y tres finales.

Las lluvias durante el experimento (773 ± 161 mm) estuvieron por encima de la media histórica durante el periodo septiembre a febrero (Cuadro 3), salvo la campaña 2011/12 que llovió un 10% menos (60 mm). El riego suministrado fue de 191 ± 120 mm.

**Cuadro 1.** Calidad del agua de riego a través del experimento de secuencias de cultivos, para la fecha de muestreo inicial y final.

**Table 1.** Irrigation water quality through the experiment of crop sequences, for the initial and final sampling date.

| Fechas de muestreo | pH  | CE <sup>1</sup><br>(ds/m <sup>1</sup> ) | Ca <sup>++2</sup><br>(mg/l) | Mg <sup>++3</sup><br>(mg/l) | K <sup>4</sup><br>(mg/l) | Na <sup>5</sup><br>(mg/l) | CO <sub>3</sub> <sup>-6</sup><br>(mg/l) | HCO <sub>3</sub> <sup>-7</sup><br>(mg/l) | Cl <sup>-8</sup><br>(mg/l) | SO <sub>4</sub> <sup>-9</sup><br>(mg/l) | NO <sub>3</sub> <sup>-10</sup><br>(mg/l) | RAS <sup>11</sup> |
|--------------------|-----|-----------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| 26/05/2010         | 8,1 | 1,1                                     | 14                          | 10,8                        | 11,7                     | 234,6                     | ND <sup>12</sup>                        | ND                                       | ND                         | ND                                      | 16                                       | 13,1              |
| 08/09/2016         | 8,2 | 1,1                                     | 13                          | 9,6                         | 11,7                     | 269,1                     | 27                                      | 587,7                                    | 24,1                       | 44                                      | 14                                       | 13,8              |

<sup>1</sup>Conductividad eléctrica, <sup>2</sup>Calcio; <sup>3</sup>Magnesio; <sup>4</sup>Potasio; <sup>5</sup>Sodio; <sup>6</sup>Carbonatos; <sup>7</sup>Bicarbonatos; <sup>8</sup>Cloruros; <sup>9</sup>Sulfatos; <sup>10</sup>Nitratos; <sup>11</sup> relación de adsorción de sodio; <sup>12</sup>No determinado.

**Cuadro 2.** Prácticas de manejo usadas durante el ensayo, fecha promedio y desvío estándar de siembra y cosecha de los cultivos de verano durante 7 campañas.

**Table 2.** Management practices used during the trial, average date and standard deviation of sowing and harvesting of summer crops during 7 seasons.

| Cultivo            | Fecha de siembra                                             | Fertilización,<br>kg.ha <sup>-1</sup>  | Fecha de cosecha | Observaciones                                                                                      |
|--------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Maíz</b>        | 29-sep ± 9 días                                              | N: 199 ± 41<br>P: 19 ± 3<br>S: 13 ± 11 | 05-feb ± 8 días  | Híbridos de madurez relativa media a largo x: 125 d. (Cosecha: R5-R6)                              |
| <b>Soja</b>        | 01-nov ± 5 días                                              | N: 3 ± 4<br>P: 25 ± 17<br>S: 9 ± 8     | 17-feb ± 6 días  | Variedades de ciclo intermedio. Grupos V corto. Excepto el 2011/12 fue grupo VIII. (Cosecha R5-R6) |
| <b>Moha</b>        | 30-oct ± 4 días                                              | N: 61 ± 13                             | 16-feb ± 8 días  | Cultivar: Yaguané Plus INTA. (Cosecha: inicio grano pastoso)                                       |
| <b>Maíz Precoz</b> | 03-sep ± 2 días                                              | N: 107 ± 12<br>P: 34 ± 22<br>S: 22 ± 3 | 22-dic ± 6 días  | Híbridos de madurez relativa baja x: 92 d. (Cosecha: R5-R6)                                        |
| <b>2º Maíz</b>     | pp normal:<br>27-dic ± 8 días<br>pp alta:<br>22-dic ± 6 días | N: 93 ± 12<br>P: 17 ± 5<br>S: 10 ± 13  | 19-abr ± 5 días  | Híbridos de madurez relativa media a largo x : 125 d. (Cosecha: R5-R6)                             |

**Cuadro 3.** Precipitaciones (mm) ocurridas durante siete campañas durante el crecimiento de los cultivos de verano en el experimento de secuencias de cultivos: lluvias y riegos.

**Table 3.** Precipitation (mm) occurred during seven seasons during the growth of summer crops in the experiment of crop sequences: rains and irrigation.

| Mes                                     | set.       | oct.        | nov.        | dic.        | ene.         | feb.        | Total        |
|-----------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| Campañas                                |            |             |             |             |              |             | Período      |
| <b>2009/10</b>                          | 89         | 46          | 196         | 344         | 151<br>(31*) | 215         | 1041<br>(31) |
| <b>2010/11</b>                          | 87         | 85<br>(15)  | 27<br>(107) | 49<br>(145) | 234<br>(40)  | 194         | 676<br>(307) |
| <b>2011/12</b>                          | 36         | 76          | 53<br>(95)  | 14<br>(205) | 82<br>(72)   | 273         | 534<br>(372) |
| <b>2012/13</b>                          | 79         | 301         | 136         | 89          | 27<br>(60)   | 160<br>(24) | 792<br>(84)  |
| <b>2013/14</b>                          | 32<br>(48) | 62<br>(24)  | 172<br>(12) | 20<br>(96)  | 280          | 316         | 882<br>(180) |
| <b>2014/15</b>                          | 83         | 125<br>(24) | 221<br>(48) | 220         | 311          | 41<br>(12)  | 1001<br>(84) |
| <b>2015/16</b>                          | 62         | 89          | 195         | 74<br>(24)  | 132<br>(36)  | 202<br>(60) | 754<br>(120) |
| <b>Lluvia histórica<br/>(1910-2016)</b> | 55         | 106         | 103         | 109         | 112          | 109         | 594          |

Valores entre paréntesis indican los milímetros de riego aplicados

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con estructura en sub-parcelas divididas ( $n=3$ ), donde la parcela principal fue la pp, la sub-parcela el CV y la sub-sub-parcela el VI. Las sub parcelas fueron de 6 m de ancho por 20 m de largo. Los datos se analizaron mediante ANVA con el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2010) y la comparación de medias a través de la prueba de Tukey ( $p<0,05$ ). El análisis se realizó en dos periodos separados 2010/12 y 2013/16.

## Resultados y Discusión

### Período 2010/12

La campaña 2009/10 de los CV no fue considerada en este trabajo, dado que no tenían a los VI como antecesores, sino un barbecho químico, por lo tanto se lo tomó en cuenta sólo como cultivo de inicio y su eliminación no cambió ni los efectos principales ni las interacciones. La interacción triple ( $pp * VI * campaña$ ) y las dobles ( $pp * VI$ ,  $pp * campaña$  y  $VI * campaña$ ) no fueron significativas ( $p>0,05$ ) considerando las tres campañas: 2010/11 hasta la 2012/13. La pp fue significativa, siendo en estos ciclos alta la respuesta (43,7 % de mayor PF como promedio de los tres CV: maíz, moha y soja, con pp alta respecto a la pp normal; Cuadro 4), ya que en todos ellos hubo períodos de sequía que requirió riegos importantes (Agrometeorología INTA Pergamino, <http://siga2.inta.gov.ar>). Datos similares fueron observados en la campaña 2011/12 por Sardiña et al. (2014), donde el maíz tuvo baja PF y la soja no se logró implantar. El factor campaña fue significativo, siendo la 2011/12 inferior a las otras dos (6,5 vs 10,6 t  $MS.ha^{-1}$  para 2011/12 respecto a la 2010/11 y 2012/13, sin diferencias entre estos dos últimas). El VI no fue significativo en la PF de los CV durante todas las campañas.

El maíz fue el CV de mayor PF tanto con pp alta (18,3 t  $MS.ha^{-1}$ ) como con pp normal (11,9 t  $MS.ha^{-1}$ ) (Cuadro 4). La diferencia para el promedio del periodo 2010-12 fue un 53,8% mayor para pp alta con respecto a pp normal, sin embargo hubo interacción con la campaña. En la campaña de lluvia escasa (2011/12; Cuadro 3) generó una muy baja PF del maíz en pp normal (5,8 t  $MS.ha^{-1}$ ), incluso sin producción de grano y con el resto de la planta con alta proporción de material muerto, que impediría realizar un silaje de calidad. En ese mismo año con pp alta se mejoró la PF un 136%, valores similares a los señalados fueron observados con riego equivalentes por Islam et al., (2012). Estos resultados muestran la alta capacidad de PF y de respuesta que presenta el cultivo de maíz cuando se le dan las mejores condiciones de humedad, sin embargo la PF fueron inferiores a las 30 t  $MS.ha^{-1}$  señaladas por Yolku y Cetin (2015) para ensayos con fertirriego, posiblemente debido a la mejora en la eficiencia del uso de agua por el método del riego por goteo.

Si bien cuando se realizó el análisis de todos los CV la interacción campaña \* pp no fue significativa, en el caso particular de la moha en PF fue significativo el efecto pp \* campaña, siendo la respuesta a la pp alta un 132 % mayor (6,0 vs 2,7 t  $MS.ha^{-1}$  para pp alta y normal, respectivamente, para 2011/12) (Cuadro 4). En la campaña 2010/11, con déficit

hídrico sólo al inicio del cultivo, la diferencia fue de 33 % (8,0 vs 6,0 t  $MS.ha^{-1}$  para pp alta y normal, respectivamente). Sin embargo, en un año húmedo, 2012/13, en pp normal fue mayor a pp alta (5,8 vs 6,3 t  $MS.ha^{-1}$  para pp alta y normal, respectivamente), lo mismo fue observado por Velazco (2016) en la campaña 2014/15. Con pp alta esta última campaña favoreció la presencia de malezas anuales, principalmente "pasto cuaresma" (*Digitaria sanguinalis* L.), que tuvieron un efecto negativo sobre la PF. Los valores son superiores a los citados en la región para el cultivar Yaguané Plus INTA, pero inferiores a los indicados para la localidad de Rafaela (Velazco, 2016), estos datos, sin embargo, deben ser considerados en la rotación VI/CV y no como único cultivo. El efecto campaña no sólo interactuó con la pp, sino también con el cultivo antecesor. En la última campaña en pp alta y el antecesor raigrás, la moha fue desplazada por malezas en mayor proporción que con la avena. Este último VI se mostró durante los tres periodos como mejor antecesor, de moha como único cultivo, que el raigrás. En pp normal, la avena fue mejor antecesor que raigrás, en todos los años (7,0 vs 6,2 t  $MS.ha^{-1}$ ). Estos resultados podrían explicarse por algunos de estos factores: diferente ciclo de los VI y su efecto sobre las especies espontáneas y/o por la disponibilidad de agua y nutrientes.

La PF de la soja fue diferente entre pp siendo con pp alta un 30 % mayor a pp normal (Cuadro 4). La campaña 2011/12 de bajo rendimiento, 5,5 t  $MS.ha^{-1}$  en comparación con las otras dos, con 7,5 t  $MS.ha^{-1}$ , este último dato fue similar al observado por Romero (2006). Estos resultados también muestran que en años secos la PF de la leguminosa fue menor en forma significativa.

El contenido de PB en maíz fue de  $5,8 \pm 1,0\%$ . Este valor es inferior al señalado por Yolku y Cetin (2015) para ensayos de alto producción con fertirriego, aunque no tenía secuencias VI/CV. Esto mismo observó García et al. (2008) en secuencia con leguminosas. En la producción de PB hubo interacción entre pp\*campaña, que muestra el efecto de la campaña sobre la producción de PB, que tiene el mayor efecto positivo de pp alta vs normal (864 vs 379 kg  $PB.ha^{-1}$ ) en el momento de mayor déficit hídrico (campaña 2011/12).

El contenido de PB en moha fue de  $6,3 \pm 1,8\%$ , siendo este valor menor a lo observado por Velazco (2016). La producción de PB fue baja, con diferencia entre los cultivos antecesores, con 371 y 341 kg  $PB.ha^{-1}$  con avena y en raigrás, respectivamente.

En soja el contenido de PB fue de  $15,1 \pm 2,6\%$ , valores similares fueron observados Peiretti et al. (2018). El único factor significativo fue la campaña, siendo la 2011/12 de 18,0 %, la 2012/13 de 14,3% y por último la 2010/11 con 12,7%. Este bajo valor es coincidente con lo observado por Sheaffer et al. (2001) cuando uso una soja forrajera y no una para grano. La producción de PB fue de  $1.000,8 \pm 208$  kg  $PB.ha^{-1}$ , valores similares fueron observados por Sheaffer et al. (2001) y Peiretti et al. (2018). Siendo el único factor significativo la pp, con 1153 y 848 kg  $PB.ha^{-1}$  para pp alta y normal, respectivamente.

#### Período 2013/16

El doble cultivo de maíz fue la alternativa de CV de mayor PF de las tres campañas (28,6 t MS.ha<sup>-1</sup>) superando en un 38% al maíz (Cuadro 5), sin embargo la diferencia con el simple cultivo de maíz dependió del año (interacción CV \* campaña significativa). En 2014/15 la PF del maíz como único CA fueron similares al maíz-maíz, tanto con pp normal como alta (27,6 ± 2,3 t MS.ha<sup>-1</sup>), debido a las condiciones ambientales favorables en cuanto a lluvias (Cuadro 3). En cuatro meses, de octubre a enero, llovieron 877 mm, duplicando la media histórica y no teniendo meses secos. Por consiguiente, en un año de lluvias elevadas parecería no justificarse el doble cultivo de maíz. Por el contrario, con escasas lluvias y sin riego, la adopción de esta última secuencia debería ser evaluada, ya que podría ser de alto riesgo. Además, en un año de cada tres se demoró 15 días la siembra del segundo maíz por no disponer humedad en el suelo, campaña 2013/14 (Cuadro 2). El efecto del riego fue significativo para maíz-maíz (30,5 vs 26,6 t MS.ha<sup>-1</sup> pp alta y normal, respectivamente) representando sólo el 15% superior, probablemente debido a que en general fueron tres campañas de altas lluvias. La diferencia debido al efecto del VI como

antecesor no fue significativa en el doble cultivo de maíz ni la interacción VI \* pp.

La PF de maíz como único cultivo fue diferente entre campañas, siendo 2014/15 la de mayor PF con 27,0 t MS.ha<sup>-1</sup>, le siguió 2015/16 con 18,8 t MS.ha<sup>-1</sup> y por último 2013/14 con 16,4 t MS.ha<sup>-1</sup> (Cuadro 5). El efecto de la pp fue significativa, siendo la pp alta un 16% mayor a la pp normal (22,2 vs 19,2 t MS.ha<sup>-1</sup>, respectivamente). La alta PF en la segunda campaña fue similar a la observada en otros trabajos (Densley et al., 2006; García et al., 2008 y Yolku y Cetin, 2015). Sin embargo, en años con precipitaciones deficientes, aun con riego, no se alcanzó estos valores de PF, posiblemente debido a la ineficiencia del sistema de riego por aspersión.

La soja tuvo diferencias significativas entre campañas, siendo la de mayor PF la 2015/16 con 9,5 t MS.ha<sup>-1</sup> y de 7,3 t MS.ha<sup>-1</sup> las 2013/14 y 2014/15, sin diferencias entre estas últimas (Cuadro 5), ubicándose en el rango superior indicado por Romero (2006). Siendo el efecto pp no significativo, lo que demuestra que la soja en campañas de alta lluvias es menos sensible que el maíz con déficit hídrico en periodos cortos de tiempo.

**Cuadro 4.** Producción de forraje (t MS.ha<sup>-1</sup>) de cultivos de verano durante tres campañas, con precipitaciones (pp) alta y normal.  
**Table 4.** Forage production (t DM.ha<sup>-1</sup>) of summer crops during three seasons, with high and normal rainfall (pp).

| campañas<br>cultivos | 2010-11 |           | 2011-12 |           | 2012/13 |           | Medias  |           |
|----------------------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
|                      | pp alta | pp normal | pp alta | pp normal | pp alta | pp normal | pp alta | pp normal |
| Maíz                 | 19,3    | 13,2      | 13,7    | 5,8       | 22      | 16,7      | 18,3    | 11,9      |
| Moha                 | 8,0     | 6,0       | 6,0     | 2,7       | 5,8     | 6,3       | 6,6     | 5,0       |
| Soja                 | 8,7     | 6,9       | 6,8     | 4,2       | 7,7     | 6,7       | 7,7     | 5,9       |
| Medias               |         |           |         |           |         |           | 10,9    | 7,6       |

**Cuadro 5.** Producción de forraje (t MS.ha<sup>-1</sup>) de cultivos de verano durante tres campañas, con precipitaciones (pp) alta y normal.  
**Table 5.** Forage production (t DM.ha<sup>-1</sup>) of summer crops during three seasons, with high and normal rainfall (pp)

| Campañas<br>Cultivos | 2013-14 |           | 2014-15 |           | 2015/16 |           |
|----------------------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
|                      | pp alta | pp normal | pp alta | pp normal | pp alta | pp normal |
| Maíz-Maíz            | 34,3    | 29,5      | 29,8    | 26,6      | 27,3    | 23,8      |
| Maíz                 | 19,3    | 13,3      | 28,0    | 26,1      | 19,1    | 18,4      |
| Soja                 | 8,2     | 6,6       | 6,4     | 6,9       | 9,5     | 9,5       |

### Conclusiones

El cultivo de maíz fue la mejor alternativa para la producción de forraje. En años con lluvias normales o altas el doble cultivo de maíz fue una opción válida. Sin embargo, con lluvias extremadamente altas un cultivo de maíz fue similar al doble maíz. Aunque restaría evaluar a este último en su comportamiento con bajas lluvias.

Por otro lado, la soja fue el cultivo más estable ante fluctuaciones de lluvias, pero con rendimientos menores. La

moha se mostró como un cultivo de producción menor al resto de los cultivos de verano, con mayor variabilidad interanual e influenciada por el cultivo antecesor.

El riego tiene respuesta diferente según el cultivo y el maíz fue el de mayor respuesta y permite una mayor estabilización en la producción entre años. El cultivo antecesor afectó el cultivo de verano, excepto en el maíz. El mayor efecto negativo del raigrás anual fue sobre la moha.

### Bibliografía

- CALVIÑO, P.A., ANDRADE, F.H. and SADRAS, V.O. 2003. Maize Yield as Affected by Water Availability, Soil Depth, and Crop Management. *Agron. J.* v. 95. pp. 275-281.
- DENSLEY, R.J., AUSTIN, G.M., WILLIAMS, I.D., TSIMBA, R. and EDMANDES, G.O. 2006. Maize silage and winter crop options to maximize dry matter and energy for NZ dairy systems. *Proc. New Zeal. Grassland Assoc.* v. 68. pp. 193-197.
- DI RIENZO, J.A., CASANOVES, F., BALZARINI, M.G., GONZALEZ, L., TABLADA, M. y ROBLEDO, C.W. 2010. InfoStat versión 2010. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. [www.infoStat.com.ar](http://www.infoStat.com.ar).
- GARCIA, S.C., FULKERSON, W.S. and BROOKES, U.S. 2008. Dry matter production, nutritive value and efficiency of nutrient utilization of a complementary forage rotation compared to a grass pasture system. *Grass Forage Sci.* v. 63 pp. 284-300.
- ISLAM, M.R., GARCIA, S.C. and HORADAGODA, A. 2012. Effects of irrigation and rates and timing of nitrogen fertilizer on dry matter yield, proportions of plant fractions of maize and nutritive value and *in vitro* gas production characteristics of whole crop maize silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* v. 172 pp. 125-135.
- PEIRETTI, P.G., MEINER, G., LONGATO, E. and TASSONE, S. 2018. Nutritive value and fatty acid content of soybean plant [Glycinemax (L.) Merr.] during its growth cycle. *Italian J. Anim. Sci.* v. 17 pp. 347-352.
- ROMERO, L. 2006. Ensilaje de soja. Manual de actualización técnica. Calidad en forrajes conservado. Mercolactea 2006. 43-44.
- SARDIÑA, C., DIEZ, M., LARDONE, A. y BARRACO, M. 2014. Evaluación de la secuencia de cultivos forrajeros anuales: Producción, proteínas brutas y variables edáficas. Argentina. EEA Gral. Villegas. Mem. Téc. 2013-14. pp. 119-123.
- SHEAFFER, C.C., ORF, J.H., DEVINE, T.E. and JEWETT, J.G. 2001. Yield and Quality of Forage. *Agron. J.* v. 93 pp. 99-106.
- VELAZCO, J. 2016. Novedades en moha de Hungría. Man. Téc. Nº 4. CVT INTA-CEREAGRO. 17 p.
- YOLKU, R. and CETIN, O. 2015. Nitrogen fertigation to improve nitrogen use efficiency and crude protein on silage corn. *Turk. J. Field Crops.* v. 20 (2) pp. 233-241.