

MEMORIA TÉCNICA

Avances de la Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo 2012-2022

Contexto productivo del área bajo riego de 25 de Mayo, La Pampa

COMPILADORES: Aumassanne Carolina y Masseroni Maria Luján



Avances de la Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo 2012-2022

Contexto productivo del área bajo riego de 25 de Mayo, La Pampa

COMPILADORES

Carolina Aumassanne y María Luján Masseroni



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía
Argentina

Centro Regional La Pampa-San Luis

Estación Experimental Agropecuaria Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas"

**Este documento queda sujeto al cumplimiento
de la Ley Nro. 26.899**

**Colaboradora y Curadora de Datos del
Repositorio Institucional - INTA Digital**
Bibl. Flavia Epuñan

Diseño Gráfico
Dis. Gráf. Francisco Etchart

Junio de 2023



EDICIONES INTA

Centro Regional La Pampa-San Luis
EEA INTA Anguil “Ing. Agr. Guillermo Covas”
RN N°5 Km 580, CP 6326, Anguil, La Pampa, Argentina

EDITORIAL

Desde la Agencia de Extensión Rural de INTA 25 de Mayo se genera información científico-técnica a partir de demandas territoriales o vacíos de conocimiento en el área bajo riego de 25 de Mayo, La Pampa. Este perfil de la unidad se genera a partir de la formación de los recursos humanos que integran el equipo de trabajo interdisciplinario, y por radicarse en un área con actividad agropecuaria relativamente nueva, con un enorme potencial de desarrollo.

Esta publicación es una reseña de resultados logrados por integrantes de la Agencia durante los primeros diez años de trabajo, y se constituye como un antecedente e información de base para el área bajo riego de 25 de Mayo. La información que esta publicación contiene es demandada diariamente por productores, técnicos, profesionales, tomadores de decisión, estudiantes y docentes de

escuelas agropecuarias, por lo que consideramos que volcarla en este documento dinamizará el acceso y uso. Los trabajos originales que se presentan en esta publicación se encuentran disponibles en acceso abierto en el repositorio institucional y en la biblioteca INTA Digital.

En nuestro caso, todos los ensayos son realizados en campos de productores, los cuales se convierten en socios estratégicos para el abordaje de líneas de trabajo y experimentación a campo. En muchas oportunidades aportan su tiempo, recursos y capacidades; es por ello que les agradecemos especialmente, ya que son un eslabón fundamental para el desarrollo técnico de nuestra Agencia y el desarrollo productivo y social del territorio.

CONTENIDOS

Capítulo 1

Evaluación de la producción de materia seca en variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) de diferentes grupos de maduración, en el área bajo riego de La Pampa

Disponible en:

<http://hdl.handle.net/20.500.12123/14382>

Capítulo 2

Efecto de diferentes frecuencias de corte sobre la producción de alfalfa bajo riego en la provincia de La Pampa

Disponible en:

<http://hdl.handle.net/20.500.12123/14325>

Capítulo 3

Determinación del número potencial de cortes del cultivo de alfalfa a partir de información meteorológica

Disponible en:

<http://hdl.handle.net/20.500.12123/14326>

Capítulo 4

Modelo de recría bovina en 25 de Mayo, área bajo riego de la provincia de La Pampa

Disponible en:

<http://hdl.handle.net/20.500.12123/14327>

Capítulo 5

Efecto del distanciamiento entre líneas y fertilización de nitrógeno y fósforo en la producción de semillas en cebadilla chaqueña (*Bromus auleticus*) y agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*)

Disponible en:

<http://hdl.handle.net/20.500.12123/14332>

5 **Capítulo 6** 23

Análisis de constantes hídricas en suelos bajo riego de 25 de Mayo, La Pampa

Disponible en:

<http://hdl.handle.net/20.500.12123/14351>

Capítulo 7

10 **Capítulo 7** 27

Variabilidad edáfica y su implicancia en la producción del cultivo de alfalfa bajo riego

Disponible en:

<http://hdl.handle.net/20.500.12123/14369>

Capítulo 8

13 **Capítulo 8** 33

Variación temporal de la evapotranspiración de referencia en el área bajo riego de 25 de Mayo, La Pampa

Disponible en:

<http://hdl.handle.net/20.500.12123/14352>

Capítulo 9

17 **Capítulo 9** 36

Optimización de la potencia de bombeo en pivotes centrales

Disponible en:

<http://hdl.handle.net/20.500.12123/14353>

CAPÍTULO 1

Evaluación de la producción de materia seca en variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) de diferentes grupos de maduración, en el área bajo riego de La Pampa

Zamora, Carlos¹; Sartor, Paolo¹; Fontanella, Dardo¹; Aumassanne, Carolina¹; Fontana, Laura Maria Celia²; Ruiz, Maria de los Angeles²

1 INTA. Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo. La Pampa, Argentina. 2 INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas". La Pampa, Argentina

RESUMEN

En 25 de Mayo (La Pampa), la totalidad de la producción agrícola se realiza bajo riego debido a las condiciones de aridez presentes en la región. Aquí, la alfalfa es la especie con mayor expansión, con adaptación a un amplio rango de ambientes, abarcando desde suelos arenosos a arcillosos (EPRC, 1999 revisado en Michellini, 2010). El objetivo de este trabajo fue identificar las variedades comerciales que mejor se comportan en la zona en cuanto a su producción de materia seca y cobertura.

El ensayo se realizó en Sección V del área bajo riego del Sistema de Aprovechamiento Múltiple de 25 de Mayo (La Pampa), en el establecimiento agropecuario Curacó (Latitud 37,91 S y Longitud 67,79 O). Se sembró el 11 de abril de 2013 seleccionándose 10 cultivares con diferente grado de reposo invernal. Los materiales fueron: WL1058 de Grupo Reposo Invernal (GRI) 10, Ruano GRI 10, Mecha GRI 9, WL903 GRI 9, CW194 GRI 9, CW660 GRI 6, Monarca GRI 8, Sofía GRI 8, Victoria GRI 6 y Taba GRI 6. El sistema de riego es gravitacional y se regaron las melgas cada 15 días desde el 30 de agosto hasta el fin de ciclo del cultivo, aplicándose durante toda la temporada de producción 2013-2014 unos 1300 mm aproximadamente.

Las diferencias en producción fueron independientes del GRI, tanto en la producción por cortes

como en el total anual, resultados similares fueron obtenidos por Rebora *et al.* (2015). No obstante, existieron diferencias entre los distintos materiales genéticos evaluados. En cuanto a la producción de materia seca las variedades rindieron en un rango máximo entre 19-21 t MS/ha/año, siendo los materiales Sofía y WL903 los de mayor producción. La pastura presentó un buen stand de plantas con un 98,5 % de cobertura.

Palabras clave: Alfalfa, riego, materia seca.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa es la principal forrajera cultivada de la Argentina, con un área de siembra estimada en 3,7 millones de hectáreas, 60 % de los cuales son de cultivos puros y 40 % en mezclas con gramíneas templadas. Sus principales áreas de producción se localizan en la provincia de Córdoba, Santa Fe, Buenos Aires y La Pampa, representando el 90 % de la superficie con alfalfa en la Argentina (Basigalup 2015).

Bajo riego, este cultivo predomina en la región de Cuyo, Santiago del Estero, Catamarca, La Rioja, Salta y en los valles de los ríos Patagónicos entre los que se encuentra la cuenca del río Colorado. El mayor desarrollo se presenta en la cuenca baja (Hilario Ascasubi) con 16.000 hectáreas en producción de alfalfa que en su mayoría son regadas con riego gravitacional. En la cuenca media esta

forrajera es cultivada en el área de Catriel, Peñas Blancas, Valle Verde y 25 de Mayo.

Actualmente existe un interés en incrementar la calidad del forraje producido, el mismo se encuentra vinculado a la necesidad de generar mayor eficiencia en la producción animal y a la demanda de heno de alfalfa de calidad para exportar. Este escenario plantea interesantes desafíos para los programas de mejoramiento genético de alfalfa, demandando no solo resistencia a pulgones y enfermedades, sino también alto potencial de producción de forraje y tolerancia a estrés abiótico, especialmente salinidad y sequía.

Entre las leguminosas perennes, representa la especie de mayor producción y difusión en el área bajo estudio. Su adaptación a un amplio rango de ambientes es evidente, abarcando desde suelos arenosos a arcillosos. En 25 de Mayo (La Pampa), la totalidad de la producción agrícola se realiza bajo riego debido a las condiciones de aridez presentes en la región, donde las escasas precipitaciones imposibilitan la actividad agrícola de secano. El agua para riego proviene del río Colorado y para su aprovechamiento se han realizado obras de infraestructura hidráulica que permiten abastecer a un área de 46.000 ha, de las cuales 4600 ha se encuentran actualmente en producción (EPRC, 1999 revisado en Michellini, 2010) y de estas 2000 ha se dedican al cultivo de alfalfa. El 50 % son exclusivamente para la producción de mega fardos destinados fundamentalmente al mercado local. El resto de la se transforma en pellets o cubos, rollos, fardos o silaje de planta entera.

El riego gravitacional está siendo reemplazado por el uso del riego presurizado, principalmente por pivotes centrales, esta tecnología incrementa aún más el área que se podría regar, ya que la eficiencia en el uso del agua es considerablemente mayor.

En la cuenca del Río Colorado, CORFO (Corporación de Fomento del Valle del Río Colorado) informó que la producción de materia seca podría ser entre 10-12 t MS/ha/año, con 4 a 5 cortes anuales y con variedades de grupos de reposo invernal (GRI) de 6-10 (Basigalup 2015), es por esto que existe la necesidad de contar con información validada localmente.

Recopilando información de la Red de evaluación de cultivares de alfalfa desde 1995 a 2015

(Spada *et al.*, 1995-2015), se puede observar como el rendimiento de materia seca por ha/año y la persistencia, varían en función del GRI y la variedad comercial. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es identificar las variedades comerciales que mejor se comportan en la zona en cuanto a la producción de materia seca anual y persistencia. Este estudio surge a partir de la necesidad de generar información local del comportamiento de las diferentes variedades de alfalfa presentes en el mercado de semillas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio involucra el margen derecho del río Colorado y sus zonas de influencia, en el sudoeste de la Provincia de La Pampa. El ensayo se realizó en Sección V del área bajo riego del Sistema de Aprovechamiento Múltiple de 25 de Mayo (La Pampa), en el establecimiento agropecuario Curacó (Latitud 37,91° S y Longitud 67,79° O). Se sembró el 11 de abril de 2013 seleccionando 10 cultivares con diferente grupo de maduración.

El análisis de las condiciones ambientales de la región permite comprender que la realización de actividades productivas basadas en la agricultura sería imposible sin la aplicación de técnicas de regadío, dado que la aridez domina la zona. El clima es continental, con bajas temperaturas en invierno y altas en verano, con una media anual de 15 °C, aunque se registran amplitudes térmicas diarias y anuales elevadas. El promedio de precipitaciones oscila en 261,2 mm, siendo los meses más lluviosos los de octubre a marzo (serie histórica 1971-2007. Estación Meteorológica del Ente Provincial del Río Colorado).

El suelo es de origen aluvional, con una marcada heterogeneidad de la textura, que va desde suelos arenosos francos a franco arcillosos. En la Tabla 1 pueden observarse características químicas de suelo, correspondientes al lote en el que se estableció el ensayo. Las muestras de suelo fueron extraídas previo a la siembra, una vez definido el lote.

Diseño de ensayo

Los materiales evaluados fueron: WL1058 de Grupo Reposo Invernal (GRI) 10, Ruano GRI 10,

Materia Orgánica (%)	Materia Orgánica (Tn/ha)	P (ppm)	Nitratos (ppm)	pH	CE (dS/cm)
2,12	53	6,7	33,9	7,5	0,92

Mecha GRI 9, WL903 GRI 9, CW194 GRI 9, CW660 GRI 6, Monarca GRI 8, Sofía GRI 8, Victoria GRI 6 y Taba GRI 6. Se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorizados con cuatro repeticiones, en parcelas experimentales de 6m² (1 x 6 m) con hileras distanciadas a 0,20 m (5 surcos).

El manejo del riego fue acorde al realizado por el productor, por medio del sistema de riego gravitacional, en el que se regaron las melgas cada 15 días desde el 30 de agosto hasta el fin de ciclo del cultivo, aplicándose durante toda la temporada de producción 2013-2014 una lámina aproximada de 1300 mm. Por inconvenientes en el sistema de riego no se regó durante 45 días desde principio de diciembre a mediados de enero, afectando negativamente la producción de materia seca y el período entre cortes. El control de malezas con herbicidas se realizó de la siguiente manera: 2,4 DB para hoja ancha como *Brassica campestris* L. *Raphanus sativus* L. *Taraxacum officinale*. Para *Thinopyrum ponticum*, *Festuca arundinaceae* y *Setaria viridis*, se aplicó un gramínicida. Además, en manejo de plagas se utilizó Clorpirifos para el control químico principalmente de pulgones y trips.

Durante la temporada 2013-2014 se midieron las producciones de materia seca y persistencia de las diez variedades comerciales. Los cortes se realizaron con una cortadora de césped de 60 cm de ancho y de 8 cm de altura (Pampa Pro serie 625 de 190 cm³), posteriormente se pesó la totalidad del forraje producido en cada parcela. Se cosecharon 3 de los 5 surcos, dejando 2 surcos de bordura y 0,5 m en cada cabecera. Los cortes se efectuaron cuando la mayoría de las parcelas alcanzaba el 10 % de floración, o cuando los rebrotes desde la corona median aproximadamente 5 cm, expresándose la producción de materia seca para cada cultivar en kg de MS/ha. Para la determinación del % de materia seca, durante el corte se tomó en las parcelas una muestra que luego se secó a 65 °C en estufa hasta peso constante. La persistencia se obtuvo a través de la medición de espacios vacíos mayores a 15 cm en todas las líneas de siembra de cada parcela.

Los resultados obtenidos de las variables estudiadas se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias con un test a posteriori (LSD Fisher) con un nivel de confianza del 95 % utilizando el paquete estadístico Infostat. (Di Rienzo *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las precipitaciones ocurridas durante el período evaluado (2013-2014) superaron en un 60 % al promedio histórico debido a las lluvias excepcionales ocurridas durante el mes de abril (Figura 2). Si bien el riego es integral, las precipitaciones ocurridas en el período evaluado influyen en el comportamiento productivo de los cultivares.

Con respecto a los grupos de maduración, no se observó una influencia en el rendimiento de los cultivares y su grado de latencia. Resultados similares se obtuvieron por Rebora *et al.* (2015) en ensayos realizados en el norte de Mendoza, donde se evaluaron 5 materiales de diferentes grupos de maduración (6, 7, 8, 9, 10) y en el que no se obtuvieron diferencias significativas.

Otro aspecto evaluado en el presente trabajo es el número de cortes. En la temporada analizada se realizaron un total de 5 cortes, donde en la primera cosecha de noviembre (06/11/2013) el cultivar Sofía resultó con mayor rendimiento y presentó diferencias significativas solamente con Ruano. En el segundo corte (29/11/2013) el material que mayor rendimiento tuvo fue Ruano, no diferenciándose con el resto de los materiales (Figura 3). Al analizar el rendimiento encontrado con el corte del mes de febrero de 2014, nuevamente la variedad Sofía resultó ser la que presentó mayor cantidad de MS/ha, diferenciándose significativamente los cultivares Sofía, Mecha, WL 903 y WL 1058 con respecto a Monarca que fue la que menor rendimiento tuvo (Figura 3). En el mes de marzo de 2014 WL903 superó a los demás materiales, diferenciándose significativamente de Monarca y CW 660. Y en el último corte correspondiente al mes de mayo CW194 registró el

mejor comportamiento, encontrando diferencias significativas entre CW 194, Victoria, Sofía y Taba con WL 1058 (Figura 3).

Al analizar el rendimiento como puede observarse en la Figura 4, se registraron para esta temporada diferencias significativas en la producción anual de materia seca entre los materiales evaluados. Siendo los cultivares Sofía y WL903 los de mayor producción, aportando un rendimiento aproximado de 21 t MS/ha.

Resultados similares se obtuvieron en los ensayos de la Red de Cultivares de alfalfa en Hilario Ascasubi, en donde se midió la producción anual de materia seca de diferentes materiales sin reposo invernal (grado de reposo 8 – 9 – 10), produciendo 22,59 t MS/ha como máximo y 13,90 t MS/ha como mínimo, generando un total de 6 cortes anuales (ciclo de evaluación 2014 -2015).

Con respecto a los grupos de maduración, no se observó influencia en el rendimiento de los cultivares y su grado de latencia.

Realizando una comparación de la producción según la estación del año, se puede observar que en primavera se acumula el 34 % de la producción, mientras que en el periodo de verano se

logró un aporte del 16 %, por otro lado, en otoño el cultivo entregó un 50 % del total de materia seca producida durante toda la temporada (Figura 5).

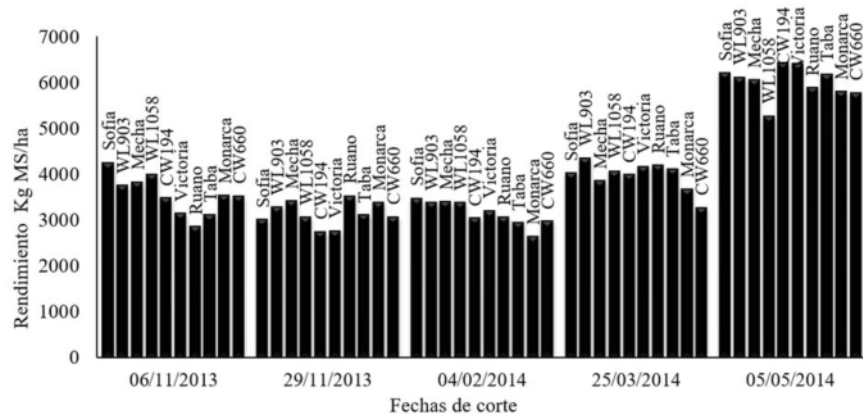
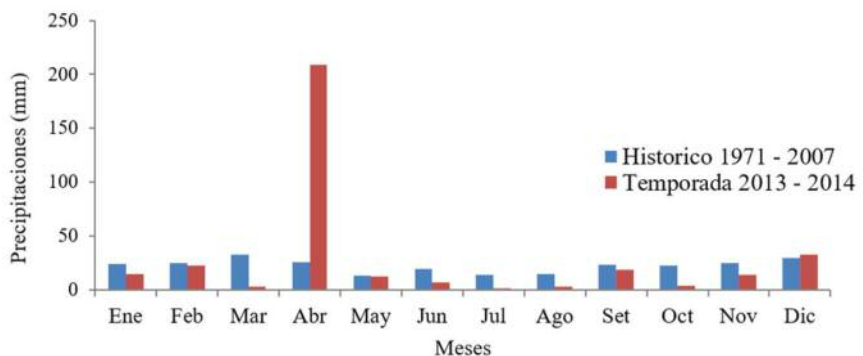
El % de cobertura se midió en la temporada 2014-2015 (segundo año de producción), donde no se encontraron diferencias significativas entre los cultivares, siendo el promedio 98,5 % (Figura 5).

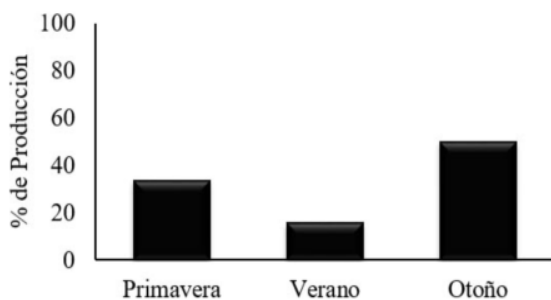
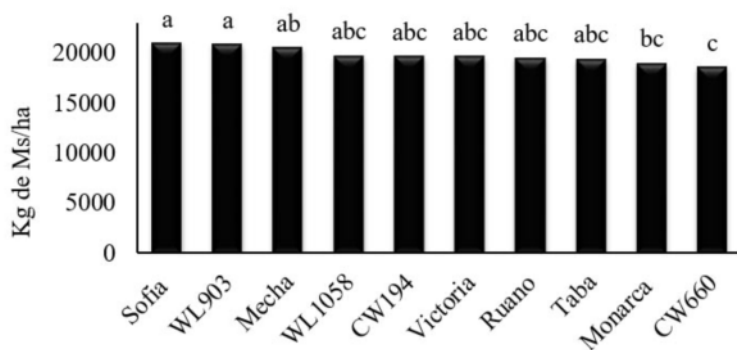
CONCLUSIONES

Para la temporada evaluada observamos que las diferencias en producción son independientes de GRI (Grado de Reposo Invernal), tanto en la producción por cortes como en el total anual, no obstante existen diferencias entre los distintos materiales genéticos evaluados.

En cuanto a la producción de materia seca las variedades rindieron en un rango máximo entre 19-21 t MS/ha/año, siendo los materiales Sofía y WL903 los de mayor producción, realizando 5 cortes anuales. La producción de materia seca total en el año se distribuyó un 34 % en la primavera, 16 % en marzo y finalmente un 50 % en el otoño.

En el ciclo evaluado se obtuvo una alta persis-





tencia de plantas en la pastura, no registrándose diferencias, con un valor promedio de 98,5 % de cobertura. Este resultado es muy importante ya que nos indica que la pastura presenta un buen stand de plantas, independientemente de las variedades comerciales y del grupo de madurez.

Creemos importante ampliar la cantidad de cultivares a evaluar en la zona como así también analizar distintos años de producción.

BIBLIOGRAFÍA

- Basigalup, D.H. 2015. Producción de heno de alfalfa en Argentina. Cuadernos de la Alfalfa. Jornada Todo Alfalfa. INTA EEA Manfredi Córdoba.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L.,

Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar> .

- Hijano, E.H. y Navarro, A. 1995. La Alfalfa en Argentina. Subprograma Alfalfa. Edición: En E.H Hijano Y A. Navarro. Cuyo.

- Hijano, E.H. y Basigalup, D.H. 1995. El cultivo de la alfalfa en la República Argentina. En E.H Hijano, E.H. y Navarro, A. La alfalfa en la Argentina (pp. 11-18).Cuyo.

- Michelini, J.J (2010) Instituciones, capital social y territorio: La Pampa y el dilema del desarrollo de la cuenca del Colorado. Editorial Biblos, Buenos Aires.

- Reborá, C., Barros, A., Ibarguren, L., Bertona, A., Antonini, C., y Arenas, F. 2015. Efecto del grado de reposo invernal de alfalfa (*Medicago sativa* L.) sobre el rendimiento de heno en el oasis norte de Mendoza. Rev. FCA UNCUYO. 47(2): 43-51.

- Sánchez, R.M. 2013. Estimación de los requerimientos hídricos de los principales cultivos POOLE, G., D. PUTNAM and S. ORLOFF. 2003 Considerations in choosing an alfalfa variety. Proceedings 33rd California Alfalfa and Forage Symposium, pp. 191-200. (<http://alfalfa.ucdavis.edu>).

- Spada, M. 2014. Ensayos Territoriales red de evaluación de cultivares de alfalfa. Revista Avances en alfalfa. Año 24, número 24.

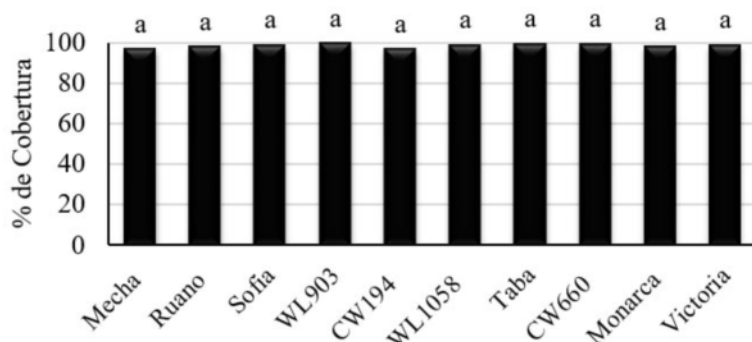


Figura 5: % de cobertura de 10 materiales evaluados en la temporada 2014-2015. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos (Test: LSD Fisher $p < 0,05$).

CAPÍTULO 2

Efecto de diferentes frecuencias de corte sobre la producción de alfalfa bajo riego en la provincia de La Pampa

Zamora, Carlos¹; Sartor, Paolo¹; Fontanella, Dardo¹; Babinec Francisco^{2,3}; Aumassanne, Carolina¹; Masseroni, María Lujan¹

1 INTA. Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo. La Pampa, Argentina. 2 INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas". La Pampa, Argentina. 3 UNLPam. Facultad de Agronomía. La Pampa, Argentina

RESUMEN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la forrajera perenne de mayor importancia en Argentina, y en sistemas de producción de henos o sistemas de pastoreos resulta de importancia conocer la respuesta del cultivo a la acumulación de forraje en diferentes situaciones de frecuencia de cortes.

Es por esto que el objetivo del trabajo fue conocer la producción acumulada del cultivo en función de las diferentes frecuencias de cortes.

El ensayo se realizó en la Sección V del área bajo riego del Sistema de Aprovechamiento Múltiple de 25 de Mayo (La Pampa), se compararon cinco frecuencias de corte, cada 21, 28, 35, 42 días y cuando se alcanzaba el 10 % de floración. A su vez, las frecuencias se combinaron con tres variedades, CW 194 de latencia 9, Monarca de latencia 8, y Pastora de latencia 7.

Los datos analizados corresponden a la temporada 2015-2016, no mostrando evidencia de interacción entre frecuencias de corte y variedades de alfalfa ($p = 0,16$), además no se observaron diferencias significativas entre variedades ($p = 0,25$), mientras que hubo diferencias significativas ($p < 0,01$) entre las frecuencias de corte. Si bien la mayor producción se obtuvo al cortar cuando el cultivo alcanza un 10 % en floración, y la producción disminuyó a medida que la frecuencia de corte se incrementó, las mermas no son significativas con frecuencias mayores al mes.

Palabras clave: rendimiento de forraje; materia seca; producción de heno; alfalfa.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la forrajera perenne de mayor importancia en Argentina. En sistemas bajo pastoreo o corte para producción de henos es importante considerar dos aspectos importantes como son la producción y la calidad del forraje cosechado. Las frecuencias de corte son determinantes a la hora de producir materia seca, modificando también las calidades nutricionales de la pastura. El objetivo de este trabajo es determinar el efecto de diferentes frecuencias de corte en la producción acumulada de forraje durante una temporada en un cultivo de alfalfa bajo riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la Sección V del área bajo riego del Sistema de Aprovechamiento Múltiple de 25 de Mayo (La Pampa), en el establecimiento agropecuario Curacó (Latitud 37,91° S y Longitud 67,79° O). El clima es continental, con una media anual de 15 °C y con amplitudes térmicas diarias y anuales elevadas. El promedio anual de precipitaciones oscila en 261,2 mm. El suelo es de origen aluvial con una marcada heterogeneidad de la textura, que va desde suelos arenosos francos a franco arcillosos.

El ensayo se sembró el 11/03/2013 con una densidad de 20 kg/ha, con un diseño experimental en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y arreglo factorial 3 x 5. Se compararon cinco frecuencias de corte, cada 21 días, 28, 35,

Frecuencia de corte	Nº de cortes	Producción total de Materia Seca (kg ha ⁻¹)	Estado Fenológico
% 10 floración	5	17,011.39 ^a	10 % Floración
42	4	15,946.92 ^a	Fructificación temprana
35	5	15,425.41 ^a	Floración Tardía
28	7	11,617.09 ^b	Botón Floral
21	8	8,130.61 ^c	Vegetativo medio

Tabla 1: Producción acumulada de materia seca en kg/ha, número total de cortes y estado fenológico para las diferentes frecuencias de corte. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos (Test: Tukey $\alpha = 0, 01$)

42 y cuando se alcanzaba el 10 % de la parcela en floración, y tres variedades, CW 194 de latencia 9, Monarca, de latencia 8, y Pastora, de latencia 7. Se usaron parcelas de 6 m² (1 x 6 m), con cinco hileras distanciadas a 0,20 m. El manejo del riego fue acorde al realizado por el productor, por medio del sistema de riego gravitacional. Para la fertilización en la temporada evaluada, se utilizó una dosis equivalente a 80 kg/ha de fosfato monoamónico a la siembra y 600 kg/ha en una dosis única en septiembre, después del primer riego.

Se cosecharon tres de los cinco surcos, dejando dos de bordura y 0,5 m sin cosechar en cada cabecera. Se evaluó el forraje producido, expresándose la producción de materia seca para cada cultivar en kg/ha. Los datos analizados corresponden a la temporadas 2015-2016 y los resultados se analizaron por ANOVA y prueba de diferencia de medias de Tukey ($\alpha = 0,01$) mediante el programa Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontró evidencia de interacción entre frecuencias de corte y variedades de alfalfa ($p = 0,16$), por lo cual estos dos factores se analizaron de manera independiente. En lo que respecta a las variedades, no se observaron diferencias significativas ($p = 0,25$), a diferencia de la frecuencia de corte, cuyas diferencias resultaron significativas ($p < 0,01$). Como se puede apreciar en la Tabla 1, no se encontraron diferencias en la producción de materia seca entre los cortes a los 35 y 42 días y al 10 % de floración. Estos tres tratamientos difieren significativamente del corte cada 28 días y además la frecuencia de corte cada 21 días, difiere significativamente de los restantes tratamientos.

CONCLUSIONES

Si bien la mayor producción se alcanza al cortar cuando el cultivo alcanza un 10 % en floración y la producción disminuye al aumentar la frecuencia de corte, las mermas no son significativas con frecuencias mayores al mes. Esto es importante para aquellos planteos de producción de henos en los que se maximiza el rendimiento por ha, ya que cortar cada 42 días implica operativamente menores dificultades en el sistema de producción. Sin embargo debe tenerse en cuenta cómo afectarían las distintas frecuencias de corte a las calidades nutricionales del cultivo. Resulta importante continuar estos trabajos para mejorar las tecnologías de manejo del cultivo de alfalfa, debido a la importancia que tiene la producción de henos en la zona.

BIBLIOGRAFÍA

- Bariggi, C.; N. Romero.; M. Zanelli.; A. Cragnaz y R. Rossanigo. 1979. Efecto del período de pastoreo, descanso y largo del ciclo de utilización en la productividad y longevidad de la alfalfa. Bs. As. Proyecto PNUD-FAO-INTA Arg. 75/ 006. Doc. Trabajo 7. 38 p.
- Basigalup, D.H.. (2007). El Cultivo de la Alfalfa en la Argentina. Buenos Aires: Ediciones INTA.
- Basigalup, D.H. 2015. Producción de heno de alfalfa en Argentina. Cuadernos de la Alfalfa. Jornada Todo Alfalfa. INTA EEA Manfredi Córdoba.
- Brown, H. E.; Moot, D. J.; Pollock, K. M. 2003. Long term growth rates and water fgbkltfjk. Proceedings of a New Zealand Grassland Association symposium, Lincoln University, 18-19 November 2003. Grasslands Research and Practice Series; no. 11: 89-97.
- CARRETE, J., SCHENEITER, O., COLABIANCHI B., & AMENDOLA, C.. (Diciembre 2006). UTILIZACIÓN DE PASTURAS DE ALFALFA - FESTUCA ALTA CON DOS SISTEMAS

DE PASTOREO II. CARGA ANIMAL Y PRODUCCIÓN DE CARNE. RIA, 35, pp.19-28.

- Cangiano, C. (2008). Efecto de la defoliación en otoño en cultivares de alfalfa con distinto reposo invernal sobre el rendimiento de forraje y persistencia en Balcarce (Argentina). Asociación Latinoamericana de Producción Animal, 16, pp.95-99.
- Hendershot, K. L.; Volenec, J. J. 1992. Taproot nitrogen accumulation and use in overwintering alfalfa (Medicago Sativa L.). Journal of Plant Physiology 141: 68-74.
- HENDRICKSON, J.R. & BERDAHL, J. D.. (2003). Survival of 16 alfalfa populations space planted into a grassland. JOURNAL OF RANGE MANAGEMENT, 56, pp.260-265.
- Guzmán, C., Spada, M. del C. & Mombelli, J. C.. (2007). Eficiencia del uso de la radiación de cultivares de alfalfa de distinto grado de reposo en Córdoba, Argentina. APPA - ALPA - Cusco, Perú, pp.1-4.
- Kim, T. H.; Ourry, A.; Boucaud, J.; Lemaire, G. 1991.

Changes in source-sink relationship for nitrogen during regrowth of lucerne (Medicago Sativa L.) following removal of shoots. Australian Journal of Plant Physiology 18: 593-602.

- MOOT, D. J., H.E. BROWN, E.I. TEIXEIRA & K.M. POLLOCK. (.10). Crop growth and development affect seasonal priorities for lucerne management. Legumes for Dryland Pastures, pp.201-208.
- Romero, N. 1988. Investigaciones y progresos en el manejo de la alfalfa. III. Producción y persistencia. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 8 (6): 519.
- ROMERO, N. A., Comerón, E. A., & Ustarroz, E. (1995). MANEJO Y UTILIZACIÓN DE LA ALFALFA. Sitio Argentino de Producción Animal., pp.1-24.
- Sardiña, C. Una mirada a la utilización del cultivo de alfalfa. EEA INTA Gral. Villegas Argentina.<http://www.forrateg.com.ar/manuales/pdfs/93-20160108152716-pdfEs.p>

CAPÍTULO 3

Determinación del número potencial de cortes del cultivo de alfalfa a partir de información meteorológica

Zamora, Carlos D.¹; Aumassanne, Carolina¹; Fontanella, Dardo¹; Sartor, Paolo¹

¹ INTA. Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo. La Pampa, Argentina.

RESUMEN

La alfalfa es la principal forrajera cultivada de la Argentina y en la cuenca media del río Colorado no es la excepción, siendo la totalidad de su producción realizada bajo riego debido a las condiciones de aridez de esta región.

Tradicionalmente, las recomendaciones para manejar el intervalo entre cortes/pastoreos de este cultivo, se han basado en aspectos de desarrollo que guardan relación con la temperatura, factor determinante para el crecimiento de las forrajeras. El objetivo del presente trabajo es determinar el número potencial de cortes para el área bajo riego de 25 de Mayo, La Pampa, a partir de los grados días acumulados. El criterio seguido para el cálculo de los grados días fue la sumatoria de la temperatura media diaria menos la temperatura basal de la alfalfa. El patrón de crecimiento y desarrollo de la alfalfa dentro de cada temporada analizada, muestra una variación estacional e interanual. A partir de la acumulación de grados días, se determinó para las dos campañas (2014-2015 y 2015-2016) el número de cortes potenciales y el intervalo de días entre cortes. En la campaña 1, se obtuvo un potencial de ocho cortes de alfalfa, con tres cortes durante la primavera, y 5 cortes durante el verano-otoño. Durante la campaña 2 se alcanzaron seis cortes, con un corte durante la primavera y cinco cortes durante el verano-otoño. La alta heliofanía que presenta la zona, combinada con una alta temperatura, generan un alto potencial de cortes para el cultivo.

Palabras clave: grados día; fotoperiodo; región árida.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa es la principal forrajera cultivada de la Argentina. En la cuenca media del río Colorado la totalidad de la producción agrícola se realiza bajo riego debido a las condiciones de aridez. En esta región, la alfalfa representa la especie de mayor producción y difusión (Basigalup, 2015). En estos sistemas, este cultivo es uno de los principales recursos forrajeros de los planteos pastoriles de engorde de ganado bovino y la difusión del mismo se apoya en sus altos rendimientos de materia seca por hectárea, su excelente calidad forrajera y su gran adaptabilidad a diversas condiciones ambientales (suelos y manejo).

Tradicionalmente, las recomendaciones para manejar el intervalo entre cortes/pastoreos de este cultivo, se han basado en aspectos de desarrollo del cultivo, en el paso del tiempo en días calendario, o en grados días de crecimiento o suma térmica (Romero, 1988; Bariggi, *et al.*, 1979). La temperatura es el factor determinante para el crecimiento de las forrajeras. En este sentido, existe un mínimo de temperatura para todos los cultivos denominado temperatura basal, por debajo de la cual las plantas no crecen; para la alfalfa esa temperatura es de 5 °C (Moot *et al.*, 2003).

Actualmente el desafío en el manejo de la alfalfa es incrementar la oferta de forraje de alta calidad, cosechar la mayor cantidad de forraje

producido y no comprometer la persistencia productiva de la pastura. Para ello, es necesario conocer las condiciones ambientales de la zona y el requerimientos de temperatura del cultivo. Esta información resulta de interés para productores y asesores, ya que les permite determinar la frecuencia de corte que se ajusta mejor a la curva de producción de forraje teórica potencial. En estos sistemas, la planificación forrajera incluye la toma de decisiones en el mediano plazo, como receptividad y oferta forrajera, para lo cual es imprescindible conocer las tasas de acumulación de forraje de las pasturas. El objetivo del presente trabajo es determinar el número potencial de cortes para el área bajo riego de 25 de Mayo, La Pampa, a partir de los grados días acumulados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área bajo estudio corresponde a la cuenca media del río Colorado. El clima de la zona es continental, árido y mesotérmico. La precipitación media anual es de 263 mm y la época de mayor precipitación es el semestre cálido (octubre a marzo), con picos máximos al principio y al fin del período. La temperatura media anual es de 14,6 °C, siendo enero el mes más cálido, con una temperatura media de 23,5 °C y junio-julio los meses más fríos con una temperatura media de 6,2 °C, dando lugar a un período medio libre de heladas de 158 días.

Para el presente trabajo, se cuenta con información meteorológica desde agosto de 2014 a abril de 2016. La misma proviene de la estación meteorológica perteneciente al Departamento Provincial del Agua, ubicada en la localidad de Catriel.

Moot *et al.* (2003) propuso dividir el período de crecimiento de la temporada en dos etapas: (1) desde el 1 de septiembre al 21 de diciembre (380° día) y (2) desde el 22 de diciembre al 30 de marzo (540° día).

La determinación de los grados días se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$St = \sum \{ [(T_{max} + T_{min}) / 2] - Tb \} \quad (1)$$

Donde:

St: suma térmica.

Σ : sumatoria de la temperatura media diaria menos la *Tb*.

Tmax: Temperatura máxima.

Tmin: Temperatura mínima.

Tb: Temperatura base de crecimiento de alfalfa (5°C).

El criterio seguido para el cálculo de los grados días fue la sumatoria de la temperatura media diaria menos la temperatura basal de la alfalfa.

Luego se elaboró la curva teórica potencial de acumulación de materia seca a partir de la acumulación de grados día durante las dos temporadas bajo análisis.

Por último, se estimaron las horas de luz durante los 2 ciclos de producción evaluados, a partir de modelos que utilizan la Latitud y la fecha como variables explicativas (<http://astro.unl.edu>).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El patrón de crecimiento y desarrollo de la alfalfa dentro de cada temporada analizada, muestra una variación estacional e interanual (Figura 1). A partir de la acumulación de grados días, se determinó para las dos campañas (2014-2015 y 2015-2016) el número de cortes potenciales y el intervalo de días entre cortes (Figura 1). En la campaña 1, se obtuvo un potencial de ocho cortes de alfalfa, con tres cortes durante la primavera, y 5 cortes durante el verano-otoño. Durante primavera, el intervalo entre cortes fueron, 42, 31, 25 y 32 días, y durante el verano-otoño de 27, 31, 34, 46 días. Durante la campaña 2 se alcanzaron seis cortes, con un corte durante la primavera y cinco cortes durante el verano-otoño (Figura 1). Con intervalos de 27 días en primavera y 24, 27, 29, 34 y 35 días para verano-otoño.

La tasa de crecimiento del cultivo aumenta con el aumento de la temperatura, pero es más alto en primavera que en otoño, para la misma temperatura.

Durante el verano, las condiciones climáticas como la temperatura y el fotoperiodo, aceleran el desarrollo fenológico de la planta, acortando el intervalo entre cortes y, por lo tanto, la produc-

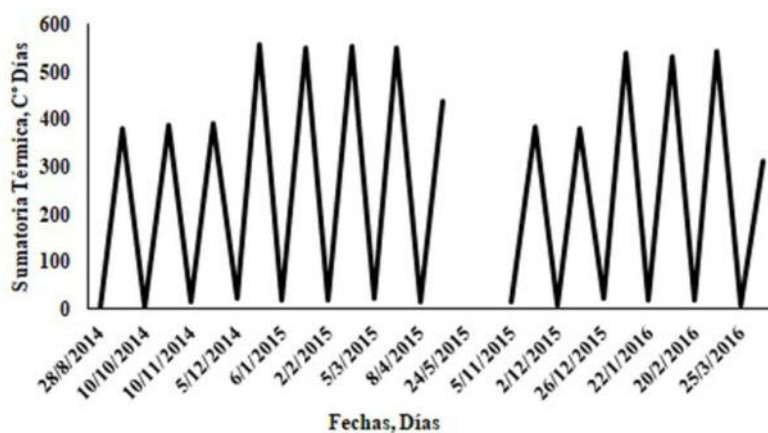


Figura 1: Acumulación de °C durante 2 temporadas de producción.

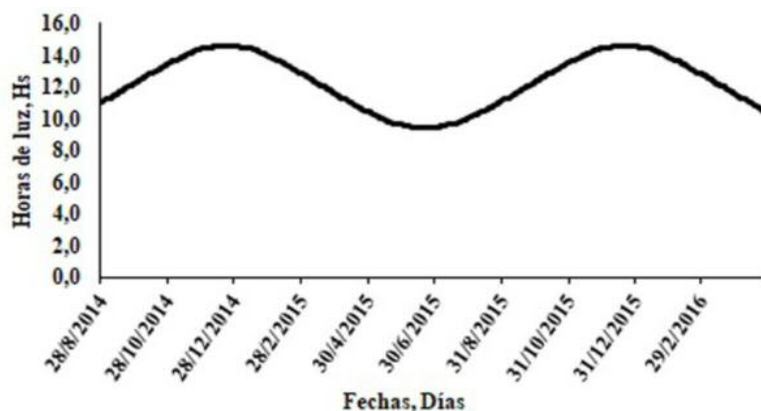


Figura 2: Horas de luz en función de 2 temporadas de producción de alfalfa, calculados para el área bajo estudio.

ción de materia seca (Moot *et al.*, 2003). Por el contrario, el crecimiento de otoño se reduce por el aumento de la partición de asimilados a las raíces para reponer las reservas durante el invierno y favorecer el rebrote en primavera (Hendershot y Volenec, 1992; Kim *et al.*, 1991).

Según varios autores (Brown *et al.*, 2003; Moot *et al.*, 2001), la acumulación de materia seca depende de las condiciones meteorológicas de temperatura y fotoperiodo en las diferentes estaciones del año, por lo que en trabajos posteriores se debe asociar las variables de fotoperiodo y temperatura con la acumulación de materia seca.

En 25 de Mayo el fotoperiodo (Figura 2) alcanza su máxima expresión el 21 de diciembre con un valor calculado de 14,6 horas de luz, mientras que hacia el final del ciclo de producción del cultivo puede tomar valores de 9,8 horas de luz a mediados de mayo.

CONCLUSIONES

La alta luminosidad que presenta la zona, combinada con una alta temperatura, generan un

alto potencial de cortes para el cultivo, y se expresa al máximo cuando estas 2 variables adquieren magnitudes considerables.

Es necesario conocer las variaciones anuales e interanuales de la temperatura para entender el desarrollo del cultivo de alfalfa y determinar así las frecuencias óptimas de corte. Esta información sirve de base para la planificación y el manejo de la pastura en la zona, aunque es necesario seguir evaluando estas herramientas, que surgen como un importante aporte para la toma de decisiones.

BIBLIOGRAFÍA

- Bariggi, C.; N. Romero.; M. Zanelli.; A. Cagnaz y R. Rossanigo. 1979. Efecto del período de pastoreo, descanso y largo del ciclo de utilización en la productividad y longevidad de la alfalfa. Bs. As. Proyecto PNUD-FAO-INTA Arg. 75/ 006. Doc. trabajo 7. 38 p.
- Basigalup, D.H. 2015. Producción de heno de alfalfa en Argentina. Cuadernos de la Alfalfa. Jornada Todo Alfalfa. INTA EEA Manfredi Córdoba.
- Brown, H. E.; Moot, D. J.; Pollock, K. M. 2003. Long term growth rates and water fgbklftjk. Proceedings of a New Zealand Grassland Association symposium,

Lincoln University, 18-19 November 2003. Grasslands Research and Practice Series; no. 11: 89–97.

• Cangiano, C. 2008. Efecto de la defoliación en otoño en cultivares de alfalfa con distinto reposo invernal sobre el rendimiento de forraje y persistencia en Balcarce (Argentina). Archivos Latinoamericanos de Producción Animal (Arch. Latinoam. Prod. Anim.) www.alpa.org.ve/ojs/index/php.

• Hendershot, K. L.; Volenec, J. J. 1992. Taproot nitrogen accumulation and use in overwintering alfalfa (*Medicago Sativa* L.). *Journal of Plant Physiology* 141: 68-74.

• Romero, N. 1988. Investigaciones y progresos en el manejo de la alfalfa. III. Producción y persistencia. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol. 8 (6): 519.

• Kim, T. H.; Ourry, A.; Boucaud, J.; Lemaire, G. 1991. Changes in source-sink relationship for nitrogen during regrowth of lucerne (*Medicago Sativa* L.) following removal of shoots. *Australian Journal of Plant Physiology* 18: 593-602.

• Sardiña, C. Una mirada a la utilización del cultivo de alfalfa. EEA INTA Gral. Villegas Argentina. <http://www.forratec.com.ar/manuales/pdfs/93-20160108152716-pdfEs.p>

CAPÍTULO 4

Modelo de recría bovina en 25 de Mayo, área bajo riego de la provincia de La Pampa

Zamora, Carlos¹; Javier Herrada²; Sartor, Paolo¹; Fontanella, Dardo¹; Aumassanne, Carolina¹; Masseroni, María Lujan¹

1 INTA. Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo. La Pampa, Argentina. 2 Cámara de Productores Agropecuarios Bajo Riego de 25 de Mayo

RESUMEN

Particularmente en Argentina, el corrimiento de la frontera agrícola ha obligado a la ganadería a desarrollarse en ambientes menos productivos que la pampa húmeda, tanto en el norte, como en el oeste y sur del país. Es importante mencionar que el 70 % de la superficie de la provincia de La Pampa corresponde a zonas semiáridas y áridas, en donde la productividad por hectárea del pastizal natural es dependiente de la intensidad y distribución de las precipitaciones a lo largo del año. Por otro lado, en la provincia existe un oasis de riego en la margen izquierda del río Colorado, el cual se encuentra en pleno desarrollo y con un gran potencial productivo. En función de esta situación, se planteó como objetivo, la evaluación de indicadores físicos de un sistema de producción de recría bovina bajo riego.

El ensayo se diseñó para medir la respuesta animal y cuantificar la eficiencia del pastoreo, obteniéndose una producción total de forraje de 14.144 kg MS/ha, con un total de 6 pastoreos a lo largo de la temporada que duró el ensayo. Por otro lado, la producción total de carne fue de 1.870 kg/ha.

Palabras clave: ganadería bajo riego, recría.

INTRODUCCIÓN

Particularmente en Argentina, el corrimiento de la frontera agrícola ha obligado a la ganadería

a desarrollarse en ambientes menos productivos que la pampa húmeda, tanto en el norte, como en el oeste y sur del país. En este sentido, el 70 % de la superficie de la provincia de La Pampa corresponde a zonas semiáridas y áridas, en donde la productividad por hectárea del pastizal natural es dependiente de la intensidad y distribución de las precipitaciones a lo largo del año.

Por otro lado, en la provincia existe un oasis de riego en la margen izquierda del río Colorado, el cual se encuentra en pleno desarrollo y con un gran potencial productivo. Específicamente, en la localidad de 25 de Mayo, se llevan adelante producciones bajo riego de alfalfa para henificación y maíz para grano o silo. También, se logran excelentes resultados en la producción de pasturas con base de alfalfa asociada a otras leguminosas y gramíneas, donde se establecen sistemas ganaderos. Planteado este escenario productivo, se determinó como objetivo la evaluación de indicadores físicos de un sistema de producción de recría bovina bajo riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante la temporada 2016-2017, bajo sistema de riego gravitacional en el establecimiento agropecuario de la empresa Ventrenco S.A (Latitud 37,51° S y Longitud 67,39° O). Se eligieron 9 potreros con una superficie ganadera total de 6 Ha, la condición de suelos del ensayo tiene importantes limitaciones a partir de la sistematización. Estos lotes contenían alfalfa de

Nº de Individuos	Raza de los Terneros	Edad	Peso medio de Entrada (kg)	Carga instantánea (cab/ha)	Carga animal en kg/ha	Carga animal en ev/ha
101	Bradford	5 meses	122	16,8	2054	10

Tabla 1: Características de los animales seleccionados.

Disponibilidad total (Kg Ms/ha.año)	Eficiencia de Cosecha (%)	
	Promedio	Min - Max
14144	77	65 - 92

Tabla 2: Valores de disponibilidad promedio del área en estudio y valores de eficiencia de cosecha medidos en pastoreo.

grupo 9 y sembrados 3 años antes del ensayo, presentando al momento de la campaña un buen stand de plantas, libres de malezas y buena sanidad, requiriéndose solamente un control de pulgones en el mes de octubre.

Los terneros a criar provinieron de un establecimiento agropecuario tradicional de secano en la localidad de Santa Isabel, La Pampa. Una vez establecidos en la zona bajo riego, se los alimentó con rollos de alfalfa durante 10 días para su acostumbramiento al manejo del alambrado electrificado, junto con la realización del protocolo sanitario.

El ensayo se diseñó para medir la respuesta animal y cuantificar la eficiencia del pastoreo. Para cumplir con estos, se determinó la disponibilidad de forraje en el potrero antes de que los animales ingresaran a la parcelas. Terminado el pastoreo y cuando los animales eran cambiados de franja, se procedía a medir remanente en dicho sitio. El manejo del pastoreo fue diario y con cambios de parcelas durante el día, además se asignó la materia seca necesaria para cubrir los requerimientos del 2 % del peso vivo (PV), siguiendo el principio de carga constante y superficie variable. Los animales ingresaron a la parcela por la mañana, manejando el acceso al forraje de 1,5 m de

ancho por 105 m de largo de la melga en el sentido de riego, cada 2 horas se fue corriendo el alambrado electrificado. Por otro lado, se realizó una rotación del circuito de pastoreo, donde la oferta fue definida por estado de maduración de la alfalfa, entre botón floral y principio de floración, las parcelas que se pasaron de este estado se henificaron y los rollos se utilizaron en el ensayo, contabilizándose como hectáreas ganaderas.

Las parcelas se regaron dos veces entre pastoreos, evitándose las condiciones de estrés hídrico en el cultivo, determinante para lograr una alta producción de materia seca.

El encierre nocturno se realizó a última hora de la tarde, donde además los animales recibieron una suplementación del 1 % del PV, compuesto por grano entero de maíz y un núcleo con monensina para prevenir el meteorismo. Esta suplementación se distribuyó de la siguiente manera: 50 % a la mañana antes de ir a la pastura y 50 % a la tarde y posterior al encierre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como puede observarse en la Tabla 2 la producción de forraje total fue de 14.144 kg MS/ha y se lograron 6 pastoreos en toda la temporada que duró el ensayo. También puede apreciarse que la eficiencia promedio del pastoreo fue del 77 %, pudiéndose mejorar aún más ajustando el pastoreo ya que, en algunos lotes, se obtuvieron eficiencias de cosecha del 87 y 92 %.

En la Tabla 3, se puede ver los parámetros de producción de carne que han dejado las 4 pesa-

Fecha de Pesada	Ganancia promedio (gr/día)	Kg/ha	Kg totales producidos	Kg ganados/ animal
06/10/2016	Pesada inicial	Pesada inicial	Pesada inicial	Pesada inicial
29/11/2016	521	473	2839	28
09/02/2017	757	917	5503	54
08/04/2017	526	480	2878	31
Total	601	1870	11220	113

Tabla 3: Valores medidos de los parámetros físicos en la producción de carne.



Figura 1: Fotos de la tropa al momento de la pesada inicial 06/10/16 previo al comienzo del ensayo.



Figura 3: Terneros en la pesada final 08/04/17.

das en los 184 días que duró esta experiencia. En este sentido, la producción de las pasturas permitiría, por lo menos, 30 días más de pastoreo. La ganancia diaria de peso vivo por cabeza fue de 601 gr, llegando a sumar 11.220 kg de carne total producidos durante el ensayo, con un promedio de 113 kg por cabeza. La producción total de carne fue de 1.870 kg/ha.

CONCLUSIONES

Es importante destacar la alta producción de carne por hectárea que tienen estos sistemas intensivos de pastoreo, que durante toda la temporada arrojó un total de 1.870 kg/ha, además de la flexibilidad en cuanto al manejo del rodeo en el sistema planteado.

La optimización de la mano de obra se lograría con el manejo de 300 cabezas por tropa.

El adecuado manejo del riego entre pastoreos es clave para lograr alta producción de alfalfa por ha. El pastoreo con altas cargas instantáneas, puede conseguir eficiencias de cosecha de hasta el 92 %.

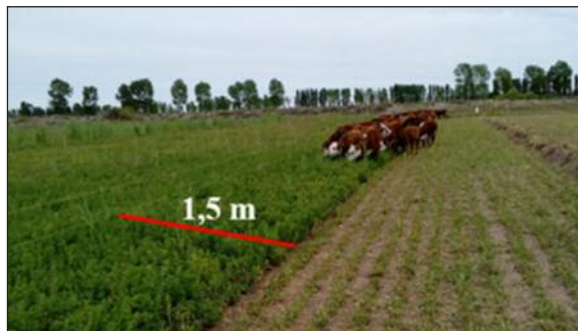


Figura 2: Diseño del pastoreo en franjas.

Agradecimientos

A la empresa Ventrenco SA por brindar toda la infraestructura necesaria para la experiencia.

Al personal de campo de Ventrenco SA por su responsabilidad y dedicación en el trabajo diario.

A la Cámara de Productores Bajo Riego de 25 de Mayo por el apoyo constante y su compromiso en el desarrollo del área bajo riego de La Pampa.

BIBLIOGRAFÍA

- AMÉZQUITA, M.C. (1984). Consideraciones sobre planeación, diseño y análisis de experimentos en pastoreo. Diciembre 19, 2017, Evaluación de pasturas con animales.
- ALTERNATIVAS METODIOLÓGICAS Sitio web: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/evaluacion_pasturas_04.pdf.
- CONSEJO GENERAL DE INVERSIONES (1982). Estudio de Revisión y Actualización del Sistema de Aprovechamiento Múltiple del Río Colorado en Colonia 25 de Mayo - La Pampa, Informe Final, Volumen I y II, Intercónsul S.A., Franklin Consultora S.A. y A.D.E.S.A
- INSTITUTO DE PROMOCIÓN DE LA CARNE VACUNA. (2017). Informe elaborado por el Área de Información Económica y Estadística IPCVA Faena y Producción de Carne Vacuna. http://www.ipcva.com.ar/documentos/1668_1484674430_informedefaenayproduccion4trimestre2016.pdf.
- Vázquez, P., Adema, E., Llorens, E., Butti, L., Poey, S., Stefanazzi, I. Babinec, F. (2016). Modelado y predicción de la productividad neta de forraje en el árido-semiárido de la provincia de La Pampa. Publicación técnica N 102.
- Pordomingo, A. J. (2013). Avances en calidad de carne bovina. Publicación Técnica N° 92: Ediciones INTA.

CAPÍTULO 5

Efecto del distanciamiento entre líneas y fertilización de nitrógeno y fósforo en la producción de semillas en cebadilla chaqueña (*Bromus auleticus*) y agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*)

Zamora, Carlos¹; Sartor, Paolo¹; Fontanella, Dardo¹; Aumassanne, Carolina¹; Masseroni, María Lujan¹; Ruiz, María de los Angeles²

1 INTA. Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo. La Pampa, Argentina. 2 INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas". La Pampa, Argentina

RESUMEN

La cebadilla chaqueña es una gramínea perenne nativa de Sudamérica que crece en áreas subhúmedas y húmedas de climas templados, por otra parte, el agropiro es una gramínea forrajera perenne de regiones templadas. En el área bajo riego del río Colorado, estas pasturas tienen buena adaptación y producción de forraje, es por esto que se planteó un ensayo con el objetivo de determinar la producción de semilla (kg/ha) de los cultivos antes mencionados en cuanto a dos manejos diferentes de fertilización y distanciamientos entre líneas. El ensayo se realizó en el establecimiento agropecuario Curacó (Latitud 37,91° S y Longitud 67,79° O) perteneciente al sistema de aprovechamiento múltiple del río Colorado, en Sección V del área bajo riego de La Pampa.

Para los dos cultivos evaluados no se encontró evidencia de interacción entre la fertilización y el distanciamiento entre hileras ($p=0.0613$ para cebadilla, y $p=0.5631$ para agropiro), por lo cual se analizaron de manera independiente. Para la cebadilla se registraron diferencias significativas en cuanto al factor distanciamiento ($p=0.0311$), siendo mayor la producción distanciada a 80 cm. Por otra parte, el factor fertilizantes ($p=0.3519$) no presentó diferencias significativas. Con respecto al agropiro en los dos tratamientos no se pre-

sentaron diferencias significativas en cuanto la producción de semillas ($p=0.085$ para distanciamiento y $p=0.6331$ en el caso del fertilizante).

Palabras clave: cebadilla chaqueña, *Bromus auleticus*, agropiro, riego, distanciamiento, fertilización.

INTRODUCCIÓN

La cebadilla chaqueña es una gramínea perenne nativa de Sudamérica que crece en áreas subhúmedas y húmedas de climas templados. Se encuentra naturalmente en el centro y este de Argentina, Uruguay y sur de Brasil.

Por otra parte, el agropiro es una gramínea forrajera perenne de regiones templadas que se adapta a condiciones extremas de humedad (desde húmedas a semiáridas) y temperatura (desde templadas a frías), pudiendo sembrarse en casi todo el territorio de la Argentina. La producción de semilla en cebadilla chaqueña como la de agropiro, es afectada por algunas prácticas de manejo como es la fecha del último corte, densidad de siembra y aplicación de fertilizantes. En el área bajo riego del río Colorado, estas pasturas tienen buena adaptación y producción de forraje. En esta zona se carece de información acerca del comportamiento productivo en la producción de semilla tanto de cebadilla chaqueña como del

agropiro alargado, por lo que se planteó como objetivo determinar la producción de semilla (kg/ha) de los cultivos antes mencionados en cuanto a dos manejos diferentes de fertilización y distanciamientos entre líneas. Tanto el agropiro como la cebadilla además de producir semilla, son muy importantes desde el punto de vista ganadero debido a que son buenos socios para la alfalfa y otros recursos forrajeros, teniendo muy buena producción y adaptación a las diferentes condiciones de suelo que se presentan en las áreas bajo riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el establecimiento agropecuario Curacó (Latitud 37,91° S y Longitud 67,79° O) perteneciente al sistema de aprovechamiento múltiple del río Colorado, en Sección V del área bajo riego de La Pampa. El clima de la zona es árido continental, con altas amplitudes térmicas y una temperatura media anual de 15°C, además posee un promedio de precipitaciones de 250 mm con marcada estacionalidad primavero-estival. Los suelos de la zona son en su mayoría pertenecen al orden de los Entisoles, caracterizados por la falta de horizontes definidos, presencia de arenas, y escaso contenido de materia orgánica (< 0.05 %), Ph > 7, con contenidos de fosforo alrededor de las 6 ppm y en algunos casos se puede ver la presencia de sales. Las parcelas se sembraron el 12 de abril de 2013 con una densidad de 20 kg/ha para agropiro var. Pucara (INTA) y para cebadilla chaqueña var. pampeana INTA.

El diseño experimental fue en bloques comple-

tos al azar (n=3), con arreglo factorial de los tratamientos (2 fertilizaciones por 2 distanciamientos) y las parcelas estuvieron constituidas por 4 surcos de 2m de longitud. Se utilizó un sistema de riego gravitacional, regándose las parcelas cada 15 días desde el 20 de agosto hasta el fin del ciclo del cultivo. Los distanciamientos entre surcos fueron 50 cm y 80 cm, mientras que para la fertilización con nitrógeno se utilizó urea a razón de 100 kg/ha, y para la fertilización con fósforo + nitrógeno se utilizó una dosis de 90 kg/ha de fosfato diamónico más 100 kg/ha de urea, que fueron aplicados el 3 de septiembre.

La cebadilla se cosechó el 15/02/15, mientras que el Agropiro 10/03/15, cuando sus semillas alcanzaron 48 % de humedad, tomando de la parcela las panojas en 1m de largo de los 2 surcos centrales.

Los resultados se analizaron por ANOVA y la comparación de medias de tratamientos por la prueba DMS ($\alpha=5\%$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para los dos cultivos evaluados no se encontró evidencia de interacción entre la fertilización y el distanciamiento entre hileras ($p=0.0613$ para cebadilla, y $p=0.5631$ para agropiro), por lo cual se analizaron de manera independiente estos 2 factores. Para la cebadilla se registraron diferencias significativas en cuanto al factor distanciamiento ($p=0.0311$), siendo mayor la producción distanciada a 80 cm. Por otra parte el factor fertilizantes ($p=0.3519$) no presentó diferencias significativas. Con respecto al agropiro en los dos tra-

Cultivo	Fertilizante	Distanciamiento (cm)		Total
		50	80	
Cebadilla chaqueña	N	1606	1760	1683 a
	N+P	1184	2883	2033 a
	Total	1395 a	2321 b	
Agropiro alargado	N	574	869	721 a
	N+P	700	856	778 a
	Total	637 a	863 a	

Tabla 1: Producción de semillas en kg/ha (13 % de humedad) de cebadilla chaqueña y agropiro alargado en función del distanciamiento entre hileras y diferentes fuentes de fertilización en la temporada 2014-2015. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos (Test: Tukey $p < 0, 05$).

tamientos no se presentaron diferencias significativas en cuanto a la producción de semillas ($p=0.085$ para distanciamiento y $p=0.6331$ en el caso del fertilizante).

CONCLUSIONES

Es importante destacar que el distanciamiento de 80 cm para los 2 cultivos produjo mayor rendimiento en kg/ha de semillas, siendo sólo significativo para cebadilla chaqueña. Si bien en el diseño experimental no se estableció un testigo sin fertilizar, cuando se comparan las 2 diferentes fertilizaciones, se observa que el tratamiento N+P da mayor rendimiento, aunque estas diferencias no resulten estadísticamente significativas.

Resulta relevante seguir con este tipo de trabajos, para mejorar las tecnologías de manejo, debido a la importancia que tiene la producción de semillas para la zona.

BIBLIOGRAFÍA

- Ansín, O.E., Deregibus, V.A., Hoffmann, E.A. y Ringuet, J.A. 1990. Preferencia forrajera de los vacunos por comunidades halomórficas en un pastizal de la Pampa Deprimida. Posibles efectos de la calidad del forraje. Resúmenes del 15º Congreso Argentino de Producción Animal, Huerta Grande, Córdoba. PPS.
- Bertin, O.D. 1988a. Los modelos de macollaje de una pastura de festuca alta bajo diferentes regímenes de defoliación. Resultados comprobados N°59. EEA Pergamino, INTA.
- Boggiano, P. y Zanoniani, R.A. 2001. Producción de semilla de *Bromus auleticus* Trinius. Consideraciones generales. Diálogo LVI. Los recursos fitogenéticos del género *Bromus* en el Cono Sur. PROCISUR Montevideo Uruguay: pp. 29-33.
- Covas, G. 1963. Pasturas perennes artificiales para la región pampeana subhúmeda y semiárida. Boletín de Divulgación Técnica No3. EEA Anguil INTA, La Pampa.
- RUIZ, M. DE LOS A. 1999. Tecnología para la producción de semilla de *Bromus auleticus* Trin. Evaluación de la calidad y determinación de la madurez fisiológica. Tesis M.S. Facultad de Agronomía, UNC. 79 p.
- Ruiz, M de los A., Pérez, MA. y Argüello, A. 2001. Efecto de la interacción temperatura x luz sobre la germinación de *Bromus auleticus* Trin. Boletín de Divulgación Técnica N° 71, EEA INTA Anguil : pp.13-15.
- Ruiz M.A., G. Blain, R.D. Ernst, J.L. Stemphelet, N.A. Juan & L.M.C. Fontana. 2018. Acumulación y calidad de forraje de especies de agropiro durante la etapa de implantación bajo distintas densidades de siembra. *Semiárida* 28(2): 1724.
- Ruiz M.A., R. Ernst, L.M.C. Fontana, F.J. Babinec & D. Villagra. 2017. Producción de forraje de variedades de agropiro criollo y alargado en suelos con y sin limitante por salinidad. 40 Congreso Argentino de Producción Animal. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 37(1): 154.

CAPÍTULO 6

Análisis de constantes hídricas en suelos bajo riego de 25 de Mayo, La Pampa

Sartor, Paolo¹; Aumassanne, Carolina¹; Zamora, Carlos D.¹; Masseroni, María Lujan¹, Fontanella, Dardo¹; Álvarez, Cristian²; Beget, María Eugenia³; Di Bella, Carlos³

1 INTA. Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo. La Pampa, Argentina. 2 INTA. Agencia de Extensión Rural General Pico. La Pampa, Argentina. 3 INTA. Instituto de Clima y Agua. Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

En las áreas agrícolas bajo riego, conocer la cantidad de agua almacenada en el perfil del suelo y qué parte de ese total está disponible para los cultivos es clave para planificar la lámina y frecuencia del riego, con el fin de lograr satisfacer la demanda del cultivo. Para ello, es necesario determinar la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP) de los suelos. Se trabajó sobre un pivote central en la zona de 25 de Mayo (L. P.), donde se tomaron muestras de suelos en 6 puntos a 3 profundidades (0-30 cm, 30-70 cm y 70-100 cm), para determinar en laboratorio la CC y el PMP. En la profundidad de 0-30 cm, se obtuvieron valores promedio de CC de 16,78 %, desde los 30-70 cm un valor promedio de 18,78 %, y de 70-100 cm de profundidad, un 13,79 %. Los valores de PMP oscilaron entre los 6,62 % para la profundidad de 0-30 cm, 10,17 % entre los 30-70 cm y 6,59 % para los 70-100 cm. Además, en las mismas profundidades, se calculó el agua útil (AU) resultando de 10,17 %, 8,61 % y 7,20 %, respectivamente. A partir de esta información, y mediante el seguimiento periódico de la humedad del suelo, es posible determinar la cantidad de agua disponible y establecer umbrales a partir de los cuales sería necesario aplicar el riego.

Palabras clave: riego, capacidad de campo, puntos de marchitez permanente, suelo.

INTRODUCCIÓN

En general los suelos de la cuenca alta y media

del río Colorado (sudoeste de la provincia de La Pampa - Argentina) pertenecen al orden Entisoles. Los suelos presentan poco desarrollo debido a las condiciones climáticas particulares de la zona (aridez, vientos fuertes, balance hídrico deficitario, salinidad), caracterizados por carecer de horizontes definidos, por la deposición de grandes cantidades de arena, baja concentración de arcilla y escaso contenido de materia orgánica (MO) (Panigatti, 2010). Por estas particularidades es que se definen como suelos áridos, no desarrollados, de muy baja fertilidad y con problemas de salinidad. Debido a su condición de aridez, la actividad agrícola del sudoeste pampeano se desarrolla mediante riego integral, con el aporte de agua proveniente del río Colorado.

Las estrategias de manejo del agua en sistemas de producción bajo riego deben necesariamente abordarse con enfoque sistémico. De esta manera se puede garantizar la conservación y la eficiencia de uso de este recurso, resultando necesario tener en cuentas los siguientes aspectos: un mejor conocimiento sobre los factores que gobiernan la dinámica del agua: la eficiencia en captación/almacenaje (interfase suelo-atmósfera) y la eficiencia de uso del agua (productividad física kg/mm.ha y económica \$/mm.ha). En este sentido, es clave la identificación de las mejores combinaciones genotipo/ambiente/manejo para una producción más eficiente, ya que la capacidad de retención de agua (CRA) y los contenidos de agua útil (AU) poseen una significativa influencia en la productividad. Esta disponibilidad de agua resulta dependiente de aspectos genéticos de los suelos (textura, espesor), del cultivo y del manejo (Corrò

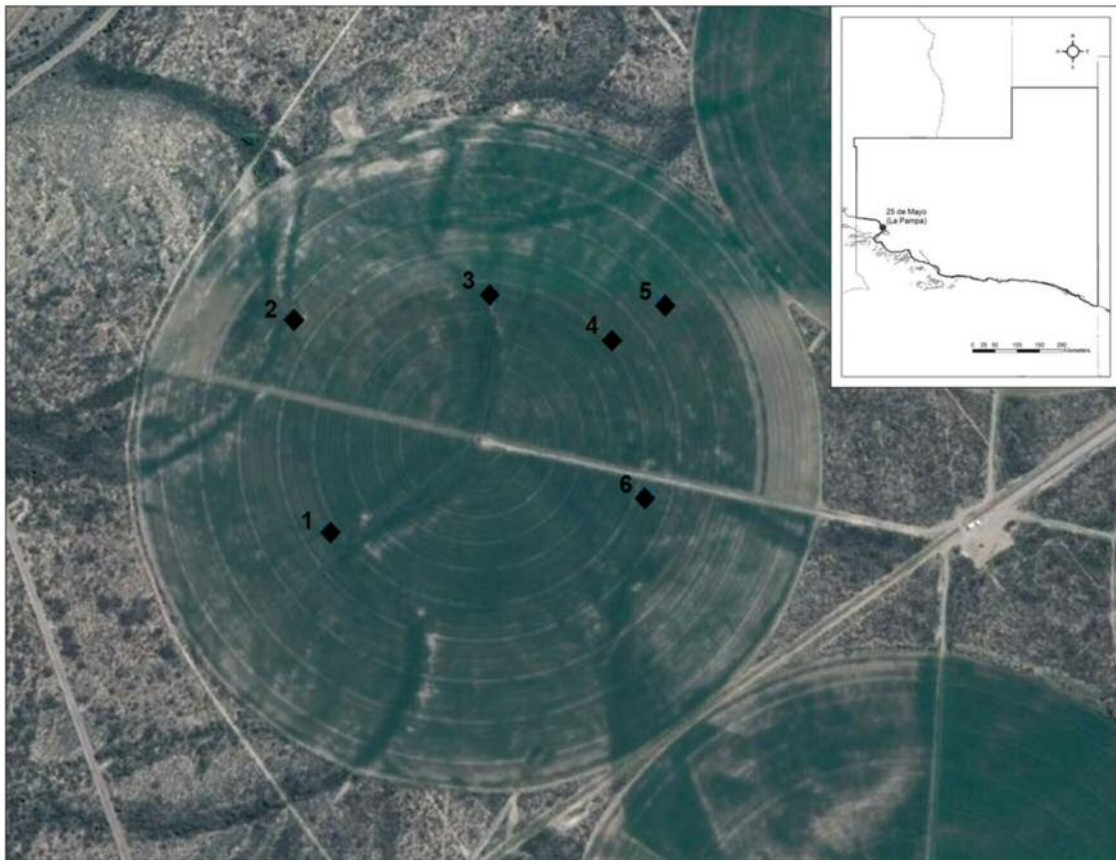


Figura 1: Pivote de riego central con cultivo de alfalfa. Ubicación de los 6 sitios de muestreo.

Molas y Ghironi, 2012).

El contenido de agua en el suelo se establece como la cantidad de agua perdida por el suelo cuando se lo seca a 105 °C, expresada como peso de agua por unidad de peso de suelo o como volumen de agua por unidad de volumen de suelo. Esta relación dice poco acerca de la cantidad de agua disponible para las plantas, porque un suelo arenoso puede estar saturado con un determinado contenido de agua, el cual sería muy seco para el crecimiento de una planta en un suelo arcilloso. Por tal motivo, es preferible expresar la disponibilidad de agua para la planta en lámina de agua (eje: mm de agua por centímetro de suelo). Para llegar a ello, primero hay que determinar los puntos de capacidad de campo y marchitez permanente del suelo.

El objetivo de este trabajo fue conocer la cantidad de agua almacenada en el perfil del suelo en un pivote bajo riego y qué parte de ese total está disponible para los cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio involucra el margen izquierdo del río Colorado y sus zonas de influencia, en el sudoeste de la provincia de La Pampa.

El trabajo se realizó en el establecimiento Zille Agro S.A., ubicado a 37° 54` 53,28``S y 67° 46` 16,55``O, en un lote con cultivo de alfalfa bajo riego con pivote central con una superficie aproximada de 70 ha (Figura. 1). Para el muestreo de suelos, se tomaron 6 zonas en las que se realizaron calcatas y se colectaron muestras de suelo a 3 profundidades diferentes (0-30 cm, 30-70 cm y 70-100 cm).

Las muestras se llevaron al laboratorio y se utilizaron para determinar Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP). La técnica para CC, se basa en la aplicación de aire a 33 KPa de presión a las muestras de suelo saturados. Al someter los suelos a una succión equivalente a 33 KPa., durante 16 a 24 horas, el agua gravitacional es expulsada y el contenido de

Presión KPa	Diámetro (micrones)	Altura columna de agua (m)	Rango de porosidad
1	300,0	0,10	Macroporos
2	150,0	0,20	
3	100,0	0,30	
4	75,0	0,40	Mesoporos
5	60,0	0,50	
6	50,0	0,60	
8	37,5	0,80	
10	30,0	1,00	
12	25,0	1,20	
16	18,8	1,60	
20	15,0	2,00	
24	12,5	2,40	
33	9,1	3,30	
50	6,0	5,00	Microporos
100	3,0	10,00	
500	0,6	50,00	
1000	0,3	100,00	
1500	0,2	150,00	

Tabla 1: Relaciones entre las diferentes maneras de expresar la humedad del suelo.

humedad que queda en la muestra es la de CC. La variación de este método para determinar el PMP es que extrae el agua de las muestras a una presión de 1500 KPa y luego se determina el peso del agua (Richards, 1948) (Tabla 1). Entre estos valores considerados (CC y PMP) se encuentra lo que se llama "agua útil", es decir el agua aprovechable por las plantas. Además, se determinó la densidad aparente (método del cilindro) de cada una de las 3 capas en las cuales se trabajó.

RESULTADOS

De acuerdo a los análisis realizados de cada uno de los sitios, se pueden observar diferencias entre los mismos. La textura y la Dap varían no sólo entre cada uno de los sitios, sino que también varían entre capa y capa, y de la misma manera sucede con las constantes hídricas analizadas. Estas variaciones encontradas se reflejan en el agua útil y las posibilidades de retención de agua en cada uno de los sitios, teniendo sitios que pueden almacenar más de 100 mm en el perfil contra otros que apenas superan los 50 mm (Tabla 2).

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos promediados para las distintas capas de las diferentes determinaciones realizadas. En ella se observa que en la profundidad de 0-30 cm, se obtuvieron valores promedio de CC de 16,78 %,

desde los 30-70 cm un valor promedio de 18,78 %, y de 70-100 cm de profundidad, un 13,79 %. Los valores de PMP oscilaron entre los 6,62 % para la profundidad de 0-30 cm, 10,17 % entre los 30-70 cm y 6,59 % para los 70-100 cm. Además, en las mismas profundidades, se estimó el AU resultando de 9,59 %, 8,28 % y 7,08 %, respectivamente.

En los datos de las constantes hídricas en las 3 profundidades, se observa una marcada diferencia en la segunda capa, de 30 – 70 cm, en donde los valores de CC y PMP son más elevados. Estos valores son coherentes con cambios a nivel textural en el perfil de suelo, en el cual tenemos una textura arenosa en superficie, seguida de una capa franco arenosa, y finalizando después de los 70 cm hasta el metro de profundidad con una capa nuevamente arenosa. Esta variabilidad, es característica de los suelos de la zona, presentando gran variabilidad textural en el perfil que se manifiestan en cambios de los parámetros físico-hídricos como son la CC, PMP y Dap.

Por otro lado, el valor de Dap promedio obtenido en la capa superficial fue de 1,514 g/cm , siendo el más elevado respecto a las otras 2 capas, que mostraron valores de 1,36 g/cm y 1,403 g/cm , respectivamente. El cálculo de retención de agua en el perfil muestra que dicho suelo puede almacenar hasta el metro de profundidad 80 mm (Tabla 2).

Tabla 2: Valores de CC, PMP, AU, Dap y retención de agua en el perfil de los 6 sitios muestreados en el pivote de riego central.

Sitios	Profundidad (cm)	A+L	CC	PMP	AU	Dap (g/cm ³)	Retención de agua en el perfil (mm)
1	0-30	56.02	23.36	8.21	15.15	1.48	54.46
	30-70	52.82	15.55	6.64	8.91	1.28	26.72
	70-100	31.47	19.69	7.12	12.56	1.18	33.81
2	0-30	37.42	18.03	5.81	12.22	1.48	43.90
	30-70	69.38	32.95	17.89	15.06	1.14	38.68
	70-100	29.22	11.00	4.93	6.06	1.33	19.16
3	0-30	39.66	14.92	8.82	6.10	1.58	23.87
	30-70	76.50	24.17	13.57	10.61	1.28	31.73
	70-100	62.46	19.67	11.28	8.39	1.35	18.00
4	0-30	51.96	13.06	5.38	7.68	1.48	27.64
	30-70	55.70	19.81	13.13	6.69	1.40	22.37
	70-100	16.11	10.57	6.54	4.04	1.45	14.16
5	0-30	20.16	9.12	5.15	3.98	1.62	15.96
	30-70	26.66	6.15	3.35	2.80	1.46	9.89
	70-100	22.56	13.89	6.72	7.17	1.44	24.88
6	0-30	34.29	19.02	6.57	12.45	1.47	44.61
	30-70	20.66	11.99	6.31	5.68	1.66	23.45
	70-100	37.49	8.86	4.56	4.30	1.68	18.07

Tabla 3: Valores promedios de CC, PMP, AU, Dap y retención de agua en el perfil.

% A+L	Profundidad (cm)	CC	PMP	AU	Dap (g/cm ³)	Retención agua en perfil (mm)
39,91	0-30	16,78	6,62	9,59	1,51	35,07
50,28	30-70	18,78	10,17	8,28	1,36	25,47
33,21	70-100	13,79	6,59	7,08	1,40	21,34

CONCLUSIONES

Conocer los parámetros hídricos de nuestros suelos es imprescindible para una planificación de riego correcta. Por lo tanto, determinar CC, PMP y el parámetro de AU, constituye una importante característica del suelo cuando es interpretado apropiadamente y es una herramienta fundamental en la elaboración del balance hídrico de los cultivos. Además, el presente trabajo sirve de base para futuros, donde se complementan otros parámetros específicos para la gestión del agua de riego.

BIBLIOGRAFÍA

- Corró Molas, A.E.; Ghironi, E.M, (2012) Avances de la agricultura por ambientes en la región semiárida pampeana. Ediciones INTA. EEA INTA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas".
- Panigatti, J.L. (2010) Argentina: 200 años, 200 suelos. Ediciones INTA, Buenos Aires.
- Richards, L.A. (1948) Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soil. Soil Science 66(2):105-110.

CAPÍTULO 7

Variabilidad edáfica y su implicancia en la producción del cultivo de alfalfa bajo riego

Sartor, Paolo¹; Aumassanne, Carolina¹; Fontanella, Dardo¹; Pérez, María Micaela²; Masseroni, María Lujan¹; Álvarez, Cristian³; Beget, María Eugenia⁴; Di Bella, Carlos⁴

1 INTA. Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo. La Pampa, Argentina. 2 INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas". La Pampa, Argentina. 3 INTA. Agencia de Extensión Rural General Pico. La Pampa, Argentina. 4 INTA. Instituto de Clima y Agua, Buenos Aires, Argentina.

INTRODUCCIÓN

En general, los suelos de la cuenca alta y media del río Colorado (sudoeste de la Provincia de La Pampa - Argentina) pertenecen al orden Entisol, presentando poco desarrollo debido a las condiciones climáticas particulares de la zona (aridez, vientos fuertes, balance hídrico deficitario, salinidad). Se caracterizan por carecer de horizontes definidos, por la deposición de grandes cantidades de arena, baja concentración de arcilla y escaso contenido de materia orgánica (MO) (Panigatti, 2010). Por estas particularidades es que se definen como suelos áridos, no desarrollados, de muy baja fertilidad y con problemas de salinidad. Dichas condiciones y, consecuentemente, la cantidad y calidad de la cobertura vegetal han sido insuficientes para modificar sus propiedades originales. En términos espaciales, su origen aluvional ha dado lugar a una importante heterogeneidad en los suelos de la región, lo que origina variabilidad en la producción de los cultivos dentro de cada lote (Panigatti, 2010). En este sentido, los rendimientos de alfalfa varían considerablemente, producto de dicha heterogeneidad espacial, dada por su origen y manejo de riego, afectando las propiedades físicas y químicas del suelo.

Uno de los desafíos actuales, es poder manejar la variabilidad una vez conocidas las brechas productivas. Una alternativa de manejo que ha cobrado importancia, es la delimitación de zonas de uniforme (a través de imágenes aéreas, índice verde, relieve, etc). Éstas se definen como subre-

giones dentro de los lotes con características relativamente homogéneas, en las que resulta apropiada una única proporción de insumos (Doerge, 1999). Luchiari *et al.* (2000) establecieron que estas características de homogeneidad conducen a resultados similares en cuanto a rendimiento potencial del cultivo, eficiencia en el uso de insumos e impacto ambiental.

Una problemática frecuente de la zona bajo riego de La Pampa, es la aparición de sectores donde los cultivos implantados presentan menor desarrollo, principalmente de la parte aérea vegetal. Estas zonas con productividad reducida alternan con áreas donde la vegetación presenta mayor desarrollo. Una de las características sobresalientes de este fenómeno es el abrupto cambio entre la superficie "afectada" y la "no afectada", siendo las dimensiones de las áreas de baja productividad del orden de metros.

Por ser la alfalfa (*Medicago sativa L.*) el principal recurso forrajero del área en la cuenca media del río Colorado, la heterogeneidad espacial adquiere relevancia productiva y económica. Para esta pastura, la variabilidad en el rendimiento se manifiesta generalmente al año de implantada, y con una distribución muy heterogénea.

El reconocimiento de la importancia de esta variabilidad, y principalmente su manejo es fundamental para realizar prácticas que apunten a hacer un uso más eficiente de los recursos disponibles, como agua y nutrientes, por ejemplo realizando aplicaciones diferenciales de agua y fertilizantes. Esto conlleva a una reducción del impacto ambiental y ayuda a la planificación territorial,

identificando las limitantes y riesgos para la producción a fin de conocer y maximizar el potencial productivo de los suelos. La producción de los cultivos varía dentro de los lotes, como consecuencia de la variación que presentan diversos factores, entre ellos, principalmente las propiedades del suelo (Godwin y Miller, 2003; Taylor *et al.*, 2003).

En el marco de esta problemática, se planteó como objetivo identificar y evaluar diferentes variables edáficas y su relación con la producción del cultivo de alfalfa bajo riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio involucra el margen izquierdo del río Colorado y sus zonas de influencia, en el sudoeste de la provincia de La Pampa (Figura 1). El desarrollo de las áreas bajo riego ha sido consecuencia de la acción conjunta del Estado y de empresas privadas. En ellas se han desarrollado principalmente cultivos de cereales, forrajeros y hortalizas (Sánchez, 2013). En la actualidad, los cultivos que prevalecen en la cuenca media alta son: alfalfa (*Medicago sativa*), maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum bicolor*) con algunas hectáreas con riego gravitacional y, en su mayoría, con riego presurizado (pivote central).

El análisis de las condiciones ambientales de la

región permite comprender que la realización de actividades productivas basadas en la agricultura sería imposible sin la aplicación de técnicas de regadío. El clima es continental con una media anual de 15 °C, aunque se registran amplitudes térmicas diarias y anuales elevadas. El promedio de precipitaciones oscila en 250 mm (período 1939-1994), siendo los meses más lluviosos los de octubre a marzo. Las variaciones climáticas condicionan el proceso de producción en la agricultura y hacen que mantenga una secuencia de labores rutinarias a lo largo del año.

Desde el punto de vista de los procesos pedogenéticos el factor climático, a través de la baja cantidad de agua de precipitación, el régimen térmico, los vientos fuertes y el balance hídrico muy deficitario, determinan un escaso desarrollo de suelos. La lixiviación es casi nula ya que la poca cantidad de agua caída no alcanza a lavar las sales más solubles. El proceso de pedogénesis está en su fase inicial, los contenidos de materia orgánica y nitrógeno son bajos. Los suelos formados bajo tales condiciones climáticas y con las características mencionadas pertenecen al orden Entisoles y se clasifican como Torripsamments Tipicos y Torriortentes (Cano *et al.*, 1980).

En un perfil pedológico de la zona se puede observar que, con excepción de las lomas con rípio, los suelos de las demás geoformas presen-



Símbolo	Orden Predominante	Desarrollados sobre
M	Molisol	Llanuras medianosas
EM	Entisol con Molisol subordinado	Lomas relictos
E1	Entisol	Médanos y planicies arenosas
E2	Entisol	Materiales limosos en pendientes muy fuertes
E3	Entisol	Rodados Tehuelches
E4	Entisol	Materiales aluviales salinizados
B	Entisoles someros y basaltos	Coladas lávicas
R	Entisoles someros y otras rocas	Afloramientos rocosos
A	Aridisol	Lomadas y planicies con tosca

Figura 1: Clasificación de las aptitudes y usos de los suelos en la Provincia de la Pampa. Se puede apreciar que la localidad de 25 de Mayo se clasifica como tierra con riego y el tipo de suelo predominante es el Entisol. Adaptado de Ediciones INTA, Cruzate y Panigatti, 2008.



Figura 2: Lote de alfalfa bajo riego con pivote central del establecimiento Zille Agro S.A. Los puntos rojos indican las zonas de muestreo de suelos.

tan una sucesión de estratos constituidos por arenas eólicas depositadas sobre un material aluvial; por debajo se distinguen un manto de ripio y un estrato impermeable subyacente al ripio. El material eólico arenoso es no carbonatado y no salino. Este estrato aluvial varía de texturas moderadamente finas hasta moderadamente gruesas (franco arcillo - arenosa hasta franco arenosa), es de color pardo rojizo claro y presenta además contenidos de carbonatos y sales en paleocauces. En cambio en las formas positivas del relieve, generalmente no presentan contenido importante de sales. Tanto el color como las acumulaciones salinas no se consideran resultado de la pedogénesis actual o pasada sino características heredadas de los sedimentos que transporta el río Colorado.

Todos los suelos de la zona descansan a una cierta profundidad sobre un manto de ripio, mezclado con un material que, por lo menos en su parte superior, varía entre texturas arenosa hasta franco arcillo-arenosa.

Diseño del muestreo

El trabajo se llevará a cabo en el establecimiento Zille Agro S.A., ubicado a 37° 54` 53,28``S y 67° 46` 16,55``O, en un lote con cultivo de alfalfa

bajo riego con pivote central con una superficie aproximada de 70 ha (Figura. 2). Para el muestreo dirigido de suelos, se determinaron zonas de rendimiento homogéneo a partir de imágenes aéreas, datos de sensores remotos, las cuales se chequearon a campo. En cada zona (bajo y alto rendimiento de alfalfa) se realizó una calicata y se colectaron muestras de suelo a diferentes profundidades o capas.

Reconocimiento y cuantificación la productividad del cultivo de alfalfa

Los métodos más eficientes de implementación de manejo variable, tienen como punto de partida la conformación de una base de datos digital y georreferenciada de la zona de estudio. La información se obtuvo a partir de imágenes satélites y drones, mediante índices de vegetación, caracterizando las condiciones del suelo, o el crecimiento y desarrollo de un cultivo (Moran *et al.*, 1997; Senay *et al.*, 1998).

Para la estimación del rendimiento, se cuantificó la producción de materia seca (MS) por corte manual sobre cada sitio de muestreo. Se tomó una muestra de 0,2m x 1m de manera perpendicular a las hileras de siembra, y se cortó cuando el

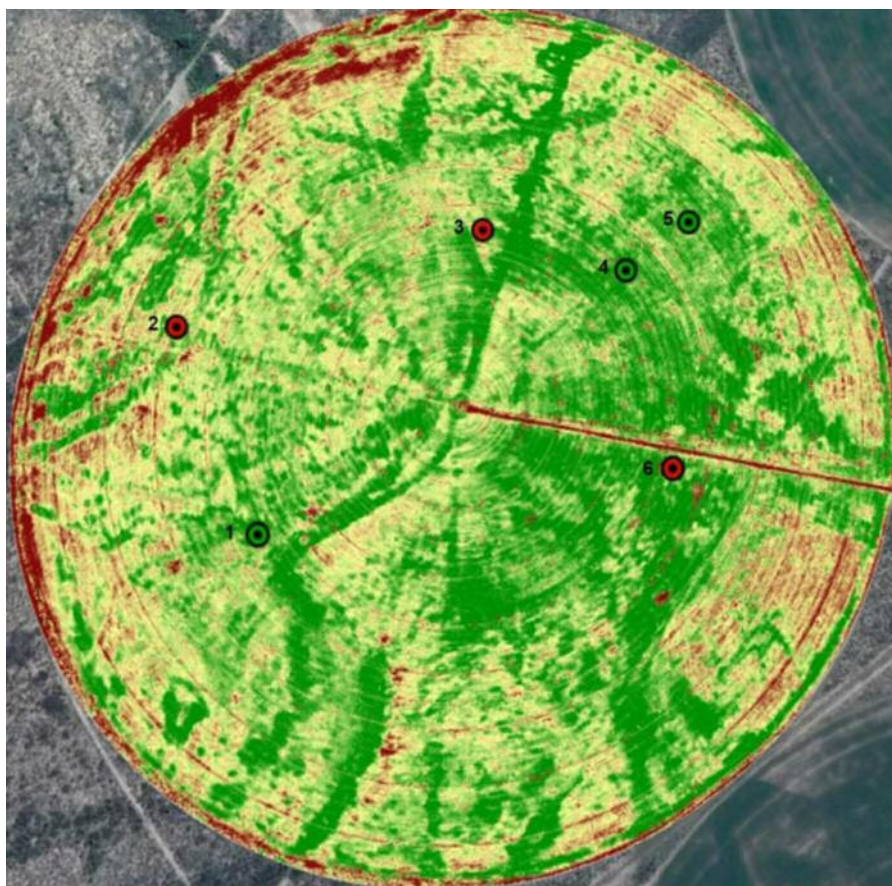


Figura 3. Imagen de NDVI de alta resolución espacial (50 cm por pixel) obtenida a partir de un dron sobre el pivote de alfalfa bajo riego. Zonas rojas y verdes indican baja productividad y alta productividad, respectivamente

cultivo de alfalfa alcanzó el 10 % de floración, o cuando los rebrotes de la corona midieron aproximadamente 5 cm. Las muestras se secaron y pesaron expresando su valor en t MS/ha (Ed. INTA, 2014).

La información obtenida fue fundamental, permitiendo visualizar y analizar las diferentes zonas de forma fácil y simple.

El muestreo de suelos en las diferentes zonas homogéneas identificadas a través de la información georeferenciada, se realizaron en puntos estadísticamente representativos del comportamiento de cada zona. En cada uno de los sitios seleccionados se determinó: profundidad de cada capa de suelo, pH 1:2,5, cationes de intercambio (Helmke *et al.*, 1996, Suarez, 1996) y conductividad eléctrica en extracto de pasta de saturación (Rhoades, 1996).

Los análisis se realizaron en los laboratorios de la AER 25 de Mayo de INTA y en el laboratorio de suelo de la Estación Experimental de INTA Anguil "Guillermo Covas" (EEA-Anguil).

RESULTADOS

A partir del uso de imágenes de alta resolución (30 m por pixel) y media resolución (30 m por pixel), se observó una alta variabilidad espacial de la producción de alfalfa dentro del lote ($3222 \pm 0,27$); con lo cual se diferenciaron 2 ambientes, zona de alta y zona de baja producción (Figura. 3 y 4).

La productividad de alfalfa en promedio varió entre ambientes en un 45 % (Figura. 5).

En cuanto a los análisis de suelo (Tabla 1), se encontraron variaciones de la CE, entre 1-6 y 6-18 dS/m para zonas de alta y baja productividad respectivamente, estas variaciones se correlacionaron negativamente con producción por corte ($r = -0,79$, $p=0,02$). La concentración de Na intercambiable varió entre 0,7-2 y 3-6 meq/100g para sitios de alta y baja productividad respectivamente, correlacionando negativamente con producción por corte ($r=-0,83$, $p=0,01$).

La identificación de los factores que condicionan la productividad (en este caso, CE y Na) es

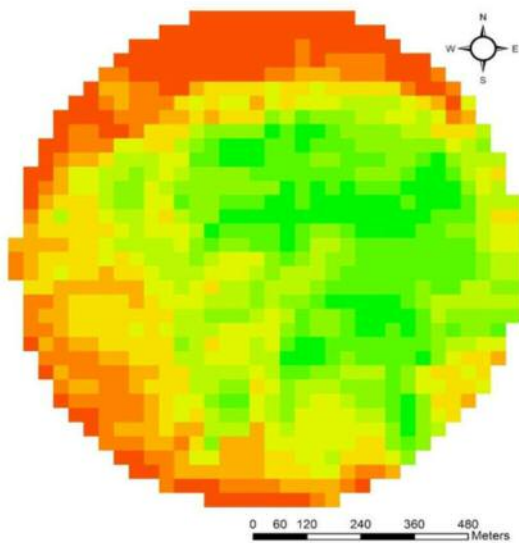


Figura 4. Imagen de NDVI de media resolución espacial (30 m por píxel) obtenida a partir del satélite Landsat sobre el pivote de alfalfa bajo riego.

fundamental para realizar prácticas de manejo que disminuyan el efecto de los mismos, mejorando no solo la productividad del cultivo, sino también la eficiencia del agua y los nutrientes disponibles.

BIBLIOGRAFÍA

- Cano, E., Casagrande, G., Conti, H., Salazar Lea Plaza, J., Peña Zubiato, C., Maldonado Pinedo, D., Martínez, H., Hevia, R., Scoppa, C., Fernández, B., Montes, M., Musto, J., Pittaluga, A. 1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la provincia de La Pampa. ISAG, Buenos Aires. 493 p.
- Doerge, T. A. 1999. Management zone concepts. SSMG-2. In: Information Agriculture Conference. Stewart Center, Purdue, IN.
- Ediciones INTA. 2014. Avances en alfalfa. Ensayos territoriales-red de evaluación de cultivares de alfalfa. ISSN 1515-4602 Año 14 N°14.

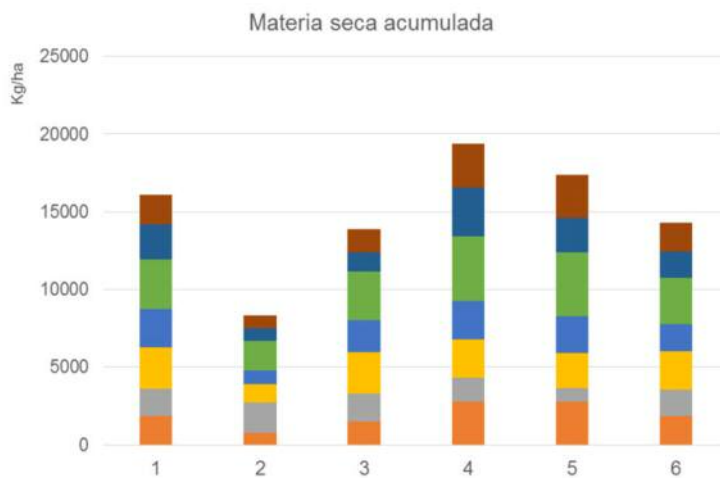


Figura 5. Productividad acumulada de alfalfa en cada uno de los sitios desde noviembre de 2014 a marzo 2015.

Tabla 1. Análisis físico-químico de suelos. En la Tabla se describe la clase textural, % de Materia orgánica (% MO), P ppm, pH, conductividad eléctrica (CE), N total, Na+ intercambiable y densidad aparente (DA) de los sitios utilizados en el presente trabajo.

Sitio	Profundidad	A+L	Arcilla	Limo	Arena	Textura	MO total %	P ppm	pH	CE	N total (%)	Na intercambiable (cmolc/kg = meq/100g)	DA (g/cm ³)
1	0-30	56,02	19,66	36,35	43,98	Franco	1,17	10,10	7,83	3,51	0,07	1,52	1,20
2	0-30	37,42	17,47	19,95	62,58	Franco Arenoso	0,40	7,80	7,94	8,90	0,02	4,55	1,20
3	0-30	39,66	16,90	22,77	60,34	Franco Arenoso	0,22	12,30	7,86	1,56	0,07	0,67	1,30
4	0-30	51,96	20,74	31,22	48,00	Franco	0,54	9,10	7,87	2,02	0,03	0,67	1,20
5	0-30	20,16	11,71	8,45	79,84	Franco Arenoso	0,49	13,50	7,82	1,28	0,04	0,71	1,34
6	0-30	34,29	3,54	30,75	65,71	Franco Arenoso	1,65	17,80	7,75	3,34	0,08	1,29	1,19

- Godwin, R. y C. Miller. 2003. A review of the technologies for mapping within-field variability. *Biosyst. Eng.* (2003), 1-15.
- Helmke, P.A. y D.L. Sparks. 1996. Chapter 19 Lithium, sodium, potassium, rubidium and cesium. In: Sparks DL (Ed.), *Methods of soil analysis Part 3-chemical methods*, USA: SSSA - ASA Madison WI pp.551-573.
- Luchiari, A. Jr.; Shanahan, J.; Francis, D.; Schlemmer, M.; Schepers, J.; Liebig, M. ; Schepers, A. and S. Payton. 2000. *Strategies for establishing management zones for sites specific nutrient management*. Precision Agriculture Center, ASA, CSSA and SSSA, Madison.
- Moran, M.S., Inoue, Y., Barnes, E.M. 1997. Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management. *Rem. Sens. Environ.* 61, 319–346.
- Panigatti, J.L. (2010) *Argentina: 200 años, 200 suelos*. Ediciones INTA, Buenos Aires.
- Rhoades, J. D. 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids. In: Sparks DL (Ed.), *Methods of soil analysis. Part 3: Chemical methods*. USA: SSSA - ASA, Madison WI pp. 417-436.
- Sánchez, R. M. 2013. Estimación de los requerimientos hídricos de los principales cultivos en el Valle Bonaerense del río Colorado. Informe Técnico N 40. INTA. 31 p.
- Senay, G.B., Ward, A.D., Lyon, J.G., Fausey, N.R., Nokes, S.E. 1998. Manipulation of high spatial resolution aircraft remote sensing data for use in site-specific farming. *Trans. ASAE* 41 (2), 489–495.
- Suarez, D.L. 1996. Chapter 20 Beryllium, magnesium, calcium, strontium and barium. In: Sparks DL (Ed.), *Methods of soil analysis Part 3-chemical methods*, USA: SSSA - ASA Madison WI pp.575-601.
- Taylor, J., G. Wood, R. Earl y R. Godwin. 2003. Soil factors and their influence on within-field crop variability. Part II: Spatial analysis and determination of management zones. *Biosyst. Eng.* 84(4), 441–453

CAPÍTULO 8

Variación temporal de la evapotranspiración de referencia en el área bajo riego de 25 de Mayo, La Pampa

Aumassanne, Carolina¹; Fontanella, Dardo¹; Beget, María Eugenia²; Di Bella, Carlos²

1 INTA. Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo. La Pampa, Argentina. 2 INTA. Instituto de Clima y Agua INTA. Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

En las regiones áridas y semiáridas, el agua constituye el principal factor limitante al desarrollo agrícola, y el riego es la práctica mediante la cual se satisfacen las necesidades de agua de los cultivos. La estimación de estos valores, constituye un dato básico para el diseño de un proyecto y planificación de estrategias de riego. Para determinar la cantidad de agua necesaria que tiene que ser aplicada en el riego, es esencial conocer los requerimientos del cultivo (evapotranspiración) así como la cantidad de agua de lluvia aportada durante el periodo de crecimiento. En este trabajo se aplicó la metodología propuesta por FAO, mediante la aplicación del programa ETo calculator para la estimación de la ETo. Se utilizó la serie de datos de una estación meteorológica ubicada en Sección I del Sistema de Aprovechamiento Múltiple de Colonia 25 de Mayo La Pampa, Argentina, abarcando los años de 1971 a 2006, pertenecientes al Ente Provincial del Río Colorado (Gobierno de La Pampa).

Palabras clave: análisis de frecuencia; región árida; agricultura.

INTRODUCCIÓN

En las regiones áridas y semiáridas, el agua constituye el principal factor limitante al desarrollo agrícola, y el riego es la práctica mediante la cual se satisfacen las necesidades de agua de los cultivos. La estimación de estos valores, constituye

un dato básico para el diseño de un proyecto y planificación de estrategias de riego. Para determinar la cantidad de agua necesaria que tiene que ser aplicada en el riego, es esencial conocer los requerimientos del cultivo (evapotranspiración) así como la cantidad de agua de lluvia aportada durante el periodo de crecimiento.

La fuerza evaporativa de la atmósfera puede ser expresada por la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET₀) y trasladada a cultivos como Evapotranspiración del cultivo (ET_c) a través de un coeficiente de cultivo (K_c), según la ecuación: $ET_c = ET_0 \times K_c$. ET₀ Representa la pérdida de agua de una superficie cultivada estándar, sin restricciones de agua, y corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas (Allen *et al.*, 2006). Los únicos factores que afectan ET₀ son los parámetros climáticos. Por lo tanto, ET₀ es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos. Desde este punto de vista, el método FAO Penman-Monteith se recomienda como el único método de determinación de ET₀ con parámetros climáticos. Esto se debe a que existe una elevada probabilidad de que este método prediga correctamente los valores de ET₀ en una amplia gama geográfica y climática, y cuenta con previsiones para su uso en situaciones de falta de datos (Allen *et al.*, 2006). Por ello, es frecuente el uso de valores medios mensuales de los parámetros climáticos para la determinación de ET₀. Cuando se dispone de registros climáticos suficientemente largos es conveniente hacer un análisis de distribución de frecuencias a fin de conocer la magnitud

y la probabilidad de ocurrencia de los valores extremos.

Para el área bajo riego de 25 de Mayo, se cuenta con datos climáticos de una amplia serie histórica. Aquí se desarrolla la agricultura bajo riego, donde la mayor producción corresponde a alfalfa, seguida por pasturas mixtas, maíz, y cultivos hortícolas, mediante riego gravitacional o presurizado, donde el segundo ha sido el sistema que se ha desarrollado en los últimos años. El objetivo de este trabajo es analizar los valores medios mensuales de ET₀ en la cuenca media del río Colorado, y determinar su frecuencia según niveles de probabilidad de ocurrencia. La información obtenida constituye una herramienta para la toma de decisiones, tanto a nivel de productores, como de los gestores y planificadores del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se aplicó la metodología propuesta por FAO (Allen *et al.*, 2006), mediante la aplicación del programa ETo calculator (Raes, 2012) para la estimación de la ETo. Se utilizó la serie de datos de una estación meteorológica ubicada en Sección I (37° 51' 43.95" S 67° 39' 57.45" O 344 m.s.n.m.) del Sistema de Aprovechamiento Múltiple de Colonia 25 de Mayo La Pampa, Argentina, abarcando los años de 1971 a 2006, pertenecientes al Ente Provincial del Río Colorado

Tabla 1: Valores mínimos (Min), máximos (Max), promedios mensuales (PM) de ET₀ (mm.d-1) y coeficiente de variación (CV).

	Min	Máx	PM	CV %
Ene	6.3	9.5	7.8	9.8
Feb	5.3	8.9	6.9	10.7
Mar	4.1	6.6	5.4	12.5
Abr	2.3	5.2	3.6	17.2
May	1.2	3.8	2.3	27.0
Jun	1.0	3.5	1.9	35.1
Jul	1.0	2.8	2.0	23.8
Ago	2.2	4.0	3.1	11.4
Sep	3.5	5.7	4.5	13.2
Oct	4.8	7.1	5.8	10.6
Nov	5.9	8.6	7.2	9.7
Dic	6.0	9.0	7.8	9.9

(Gobierno de La Pampa). El clima de la zona es continental, árido y mesotérmico. La precipitación media anual es de 263 mm, llegando a cubrir aproximadamente sólo el 20 % de las necesidades potenciales de agua. La época de mayor precipitación es el semestre cálido (octubre a marzo), con picos máximos al principio y al fin del período. La temperatura media anual es de 14,6 °C. El mes más cálido es enero, con una temperatura media de 23,5 °C y los meses más fríos son junio y julio con una temperatura media de 6,2 °C, dando lugar a un período medio libre de heladas de 158 días. La velocidad media del viento es de 6,18 km/ha a 2 m de altura, con dirección dominante sudoeste.

El programa ET₀ calculator utiliza el método de Penman-Monteith para la estimación de la tasa de ET del cultivo estándar de referencia (ET₀). Se calculó la ET₀ media mensual para toda la serie y luego se realizó un análisis de frecuencia y cálculo de probabilidad para los valores obtenidos en cada mes, en toda la serie de años bajo análisis disponiendo en la mayoría de los casos de n=35 valores de ET₀.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los meses correspondientes a primavera-verano, presentan la máxima demanda evaporativa, coincidiendo con el período de riego de los cultivos, en el área bajo estudio. Aquí, las características meteorológicas de la zona desértica como alta temperatura, viento y radiación y baja humedad relativa son determinantes en el cálculo de la ET₀.

Los valores máximos determinan las características de diseño de los equipos y posterior planificación de la operación de riego. El mes de enero resulta con el valor máximo de ET₀ y los meses de junio y julio con los mínimos (Tabla 1).

Se presenta a continuación, y a modo de ejemplo, el análisis estadístico realizado para el mes de enero (Figura.1), correspondiente al mes que presenta los mayores valores de ET₀ de la serie analizada. Este procedimiento se repite para cada uno de los meses restantes.

La distribución de frecuencias obtenida permite asignar a cada valor mensual de ETo (lámina media diaria) una probabilidad de no excedencia según el nivel seleccionado (Tabla 3). Siguiendo con el mes tomado como ejemplo, enero, el valor

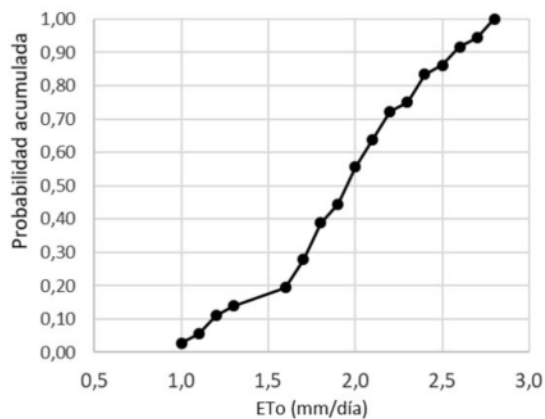
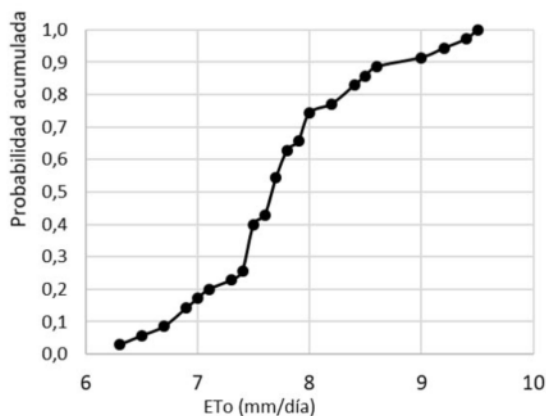


Figura 1: Frecuencias para valores de ETo del mes de enero (izquierda) y julio (derecha).

medio es 7,7 mm con un 50 % de probabilidad y 9,0 mm con 90 % de probabilidad, significa que para cada valor de ETo existe la probabilidad de ocurrencia indicada, para valores iguales o inferiores a los señalados, y que este valor se incrementó un 17 %. Con una probabilidad de no excedencia del 90 %, el nivel de ETo alcanzado supera al de los valores obtenidos con las medias mensuales en un 9 % (febrero) y 59 % (junio).

CONCLUSIONES

Los valores máximos y mínimos de ETo y su probabilidad de ocurrencia mensual tienen gran

Tabla 3: Valores de ETo con diferentes probabilidades de ocurrencia en cada mes.

	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %
Ene	7.7	7.8	7.9	8.4	9.0
Feb	6.8	6.9	7.2	7.4	7.5
Mar	5.3	5.5	5.6	6.0	6.2
Abr	3.6	3.8	4.0	4.1	4.2
May	2.1	2.2	2.4	2.7	3.1
Jun	1.7	1.8	2.1	2.5	2.7
Jul	1.9	2.0	2.1	2.3	2.6
Ago	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
Sep	4.4	4.7	4.8	5.0	5.2
Oct	5.8	5.9	6.1	6.2	6.5
Nov	7.1	7.2	7.5	7.7	7.9
Dic	7.7	8.0	8.3	8.4	8.8

importancia desde el punto de vista del diseño y programación de riegos. Las necesidades de riego determinadas a partir de los valores medios mensuales de Eto resultan escasos, por lo tanto, es aconsejable utilizar además los valores de distribución de frecuencias, a partir de la serie histórica de datos.

REFERENCIAS

- Allen R. G.; Pereira, L. S.; Raes D.; Smith. M. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje N° 56, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Roma, 298 pp.
- Raes, D. 2012. The ETo Calculator, Reference Manual Version 3.2. Publication from Food and Agriculture Organization of the United Nations, Land and Water Division. Rome, Italy.

CAPÍTULO 9

Optimización de la potencia de bombeo en pivotes centrales

Fontanella, Dardo¹; Schmidt, Enrique²; Aumassanne, Carolina¹; Sartor, Paolo¹; Zamora, Carlos¹; Masseroni, María Lujan¹

1 INTA. Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo. La Pampa, Argentina. 2 Ente Provincial del Río Colorado. Gobierno de la provincia de La Pampa, Argentina.

RESUMEN

La incorporación de tecnología a los sistemas de riego ha incrementado la eficiencia del uso del agua, principalmente mediante el uso de sistemas presurizados por pivote central. En el área de regadío del río Colorado, en la provincia de La Pampa, se generan importantes ahorros de agua de riego debido a su alta eficiencia de aplicación comparados con los tradicionales sistemas gravitacionales.

Esta eficiencia se logra optimizando la conducción y distribución del agua a partir de la sustitución de la energía gravitacional por energía eléctrica, siendo esta entonces un costo importante en el costo total del cultivo. El objetivo del presente trabajo es analizar casos usados actualmente y plantear alternativas en el diseño de los pivotes centrales para minimizar la presión de trabajo y por ende su demanda energética.

El trabajo se realiza junto con el Ente Provincial de Río Colorado, a partir de información generada en la Chacra Experimental EPRC Sección II del Sistema de Aprovechamiento Múltiple 25 de Mayo. Se puede disminuir significativamente la potencia de bombeo del sistema de riego y por ende sus costos energéticos de bombeo, a partir de la optimización del diseño y operación de los equipos de riego.

Palabras claves: riego presurizado, pivote central, eficiencia de riego, 25 de Mayo.

INTRODUCCIÓN

En Argentina el 70 % del territorio es desértico o semidesértico, y desde el punto de vista agronómico se caracteriza porque el requerimiento de agua de los cultivos es superior a las precipitaciones, donde la práctica de riego permite aportar el agua que necesitan los cultivos para obtener rendimientos óptimos. Por esta razón, las estrategias de aprovechamiento hídrico serán vitales en el desarrollo económico, social y productivo.

La incorporación de tecnologías a los sistemas de riego ha incrementado la eficiencia del uso del agua. El uso eficiente del agua y de la energía es de fundamental para el incremento de la productividad en la agricultura de regadío, principalmente en zonas áridas y semiáridas como 25 de Mayo, La Pampa, en las que el riego es integral y donde se aplican láminas de agua de 1400 mm/ha año⁻¹; además permite ser sostenible ambientalmente. En este contexto, el óptimo uso de agua y energía va implícito con la necesaria modernización del riego presurizado, donde las demandas energéticas son altas (Moradi-Jalal, 2003-2004, IDEA, 2011, Reca *et al.*, 2014).

El nivel tecnológico utilizado en la aplicación de agua a los cultivos depende directamente de los recursos disponibles y de los beneficios que son posibles de obtener al optimizar dichos recursos. Sin embargo, el uso de un mayor nivel tecnológico permite garantizar un mejor control de algunos de los factores que afectan el rendimiento de los cultivos y con ello disminuir los riesgos

producto de las fluctuaciones de dichos factores (Becerra, 1995).

El consumo de energía eléctrica depende de la potencia adsorbida por la bomba de riego (según el caudal y la presión de trabajo), de la eficiencia de las bombas y el costo de operación de las estaciones de bombeo que depende además de las tarifas eléctricas. La optimización global del funcionamiento de un sistema de distribución de agua requiere la evaluación de diferentes alternativas de bombeo y la adecuación del funcionamiento a las tarifas con el fin de minimizar el costo total, teniendo en cuenta la anualidad de la inversión y los gastos de operación (energéticos y de mantenimiento), con las correspondientes tasas de actualización de costos (Merriam y Keller, 1983; MAGRAMA, 2000; Pulido-Calvo, 2001).

En el área de regadío del río Colorado, en la provincia de La Pampa, se generan importantes ahorros de agua de riego debido a su alta eficiencia de aplicación mediante pivotes centrales comparados con los tradicionales sistemas gravitacionales. Esta eficiencia se logra optimizando la conducción y distribución del agua a partir de la sustitución de la energía gravitacional por energía eléctrica, significando ésta un insumo importante en el costo total del cultivo. El objetivo del presente trabajo es analizar casos usados actualmente (original) y plantear alternativas en el diseño hidráulico de los pivotes centrales, para minimizar la presión de trabajo y por ende su demanda energética.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realiza en conjunto con el Ente Provincial de Río Colorado (EPRC), a partir de información generada en la Chacra Experimental del EPRC en la Sección II del Sistema de Aprovechamiento Múltiple 25 de Mayo. En el

establecimiento se cuenta con dos pivotes centrales de 58 ha, desde 2016 dedicadas a la experimentación adaptativa de cultivos y formas de aplicación del agua. Los pivotes tienen una pluviometría correspondiente a una lámina bruta de 14 mm/día. Cuentan con diferentes paquetes de aspersores para realizar diferentes ensayos. Cada bomba de riego está impulsada por un motor eléctrico de 100 HP, tiene servicio de energía de red y agua de riego por canal.

El pivote central corresponde a uno de los equipos de mayor nivel tecnológico en la aplicación del agua mediante aspersión a los cultivos, con grandes ventajas que han incentivado su adopción (Figura 1). Definido según Tarjuelo (1999) como ramales auto desplazables, donde el agua es aplicada a través de emisores localizados sobre o bajo una tubería elevada (aspersores de alta presión tipo impacto, de media presión tipo wobblers, rotadores, spiners y de baja presión, tipo spray y LEPA). La tubería se divide en tramos, que son soportados por un número variable de torres automotrices que se desplazan en círculo sobre el terreno, alrededor del punto fijo denominado punto pivote (Martínez *et al.*, 2001). Este último integra el tablero de comando, la interconexión hidráulica proveniente del sistema de impulsión y las conexiones de suministro eléctrico que permiten el accionamiento de toda la unidad.

Se evaluó la cartilla de diseño de pluviometría del pivote original y dos propuestas alternativas para la optimización del sistema de riego. Para la evaluación de las alternativas se parte de la premisa de la no necesidad de trabajar con reguladores de presión debido que no existen desniveles topográficos mayores de 2 mts dentro del radio que ocupa el lateral del equipo de riego en cualquier posición en el campo, con esta condición se evita la pérdida de carga generada por el regulador, disminuyendo la presión de trabajo. Además, se

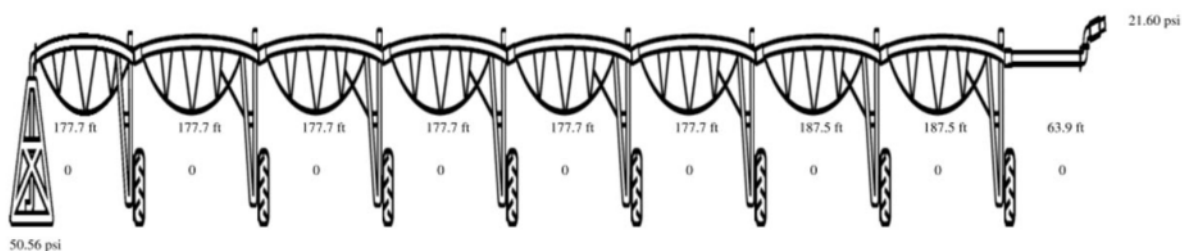


Figura 1: Esquema del equipo de pivote central de 8 tramos.

evita el recambio por desgaste prematuro originado por condiciones de sedimentos normales del agua de la zona.

También, en esta propuesta se plantea la posibilidad de cambiar los aspersores actuales (I-Wob) por el modelo LDN (Low Drift Nozzle) que permiten configurar al equipo para operar en condiciones de LEPA (Low Energy Precision Application). Las ventajas del sistema LEPA, es que trabaja con la menor presión de todos los aspersores del mercado, tienen una alta eficiencia de aplicación (95 %). Específicamente, la eficiencia es 10 % superior a los aspersores colocados actualmente. Además, no moja la planta, no produce deriva, y minimiza la evaporación.

Condición original

- Caudal 417 m³/h.
- Utilización de reguladores de presión (fuera del rango de operación por desgaste) de 15 PSI en todas las bajadas, aspersores Senninger modelo I-Wob.
- Presión entrada pivote 56 PSI a nivel de terreno, al final del equipo 25 PSI.
- Potencia de bombeo 100 HP (75 Kw).
- Necesidades para adoptar esta alternativa:
 - Comprar 197 reguladores de 15 PSI.
 - Comprar 197 aspersores I-Wob.

Alternativa 1

- Caudal 417 m³/h.
- Utilización de reguladores de presión de 15 PSI y aspersores I-Wob desde el 1º al 3º tramo.
- Utilización de sistema LEPA (SIN REGULADOR) desde el tramo 4º al 9º (voladizo).
- Disminución de presión de equipo: entrada 40 PSI a nivel de terreno, al final del equipo 10 PSI mínima presión de operación recomendada en pivotes.

- Disminución de la potencia de bombeo a 81 HP.

Alternativa 2

- Caudal: 375 m³/h (disminución de un 10 % respecto al actual por conseguir mayor eficiencia de riego).
- Utilización de reguladores de presión de 15 PSI y aspersores I-Wob desde el 1º al 3º tramo.
- Utilización del sistema LEPA (SIN REGULADOR) desde el tramo 4º al 9º (voladizo).
- Disminución de la presión de equipo: entrada a 41 PSI a nivel de terreno, al final del equipo a 10 PSI mínima presión de operación recomendada en pivotes.
- Disminución de la potencia de bombeo a 59 HP.

Para los cálculos de demanda de potencia se tuvo en cuenta la disminución de caudal y presión respecto a la condición original, manteniendo la bomba original, siendo necesario solamente el reemplazo del impulsor por uno de menor diámetro, de esta manera, se mantiene la operación dentro del rango de eficiencia de la bomba.

Las cartillas pluviométricas fueron confeccionadas por Jim Bordovsky de la Universidad de Texas EEUU, aplicando su experiencia de más de 30 años con el sistema LEPA.

RESULTADOS

La potencia absorbida por la bomba es máxima (100 HP) en la condición original y mínima (49 HP) en la Alternativa 2, definidas por la máxima presión y alto caudal en la condición original respecto a la Alternativa 2. En esta alternativa se alcanza una menor presión de bombeo la cual resulta suficiente y considerando el importante

Tabla 1: Planteo de alternativas de costos, potencia, caudal y presión de bombeo.

	Cuadro Evaluación de Alternativas		
	Cond.Original	Alternativa 1	Alternativa 2
Potencia motor bomba. HP (Kw)	100 (75)	81 (60.75)	59 (44.25)
Costo electricidad mensual \$	67992	55086	40142
Ahorro mensual energía %	0	19	41
Presión estación bombeo PSI	64	50	49
Presión pivote a nivel de terreno PSI	56	40	41
Caudal m ³ /hs	417	417	375

ahorro de energía (41 %), resultaría la mejor propuesta respecto a la condición original (Tabla 1).

La adopción del sistema LEPA es favorable desde el punto de vista hidráulico, agronómico, operativo, económico y mejora la eficiencia de riego.

Hidráulicamente:

- Permite reducir la presión de bombeo minimizando el desgaste de las toberas y prolongando su vida útil.
- Consume significativamente menos energía de bombeo, manteniendo los estándares de uniformidad de aplicación.
- Solo hay que realizar trabajo de tornería en el impulsor de la bomba, reduciéndolo al diámetro establecido.

Agronómicamente:

- Es factible de aplicar por las características de baja pendiente topográfica.
- Alta velocidad de infiltración del suelo.
- Por la distribución de humedad en el perfil.
- No existen restricciones para los cultivos respecto a esta forma de aplicación del agua de riego.

Operativamente:

- Es sencilla la transformación a LEPA por poseer la mayoría de los tramos del equipo, las bajadas a una distancia de 1,5 metros.
- Es muy simple pasar de la configuración de spray (utilizado para hacer germinar el cultivo) a la forma "borboteador", solo hay que girar el plato deflector del aspersor.

Económicamente:

- Es una opción superadora a la actual porque garantiza menor costo operativo por una mayor vida útil.
- Es la opción más económica, para el reemplazo actual de la pluviometría (aproximadamente 53 % de ahorro).
- Genera un ahorro significativo de energía de bombeo respecto al actual del 41 %.

Eficiencia:

- Aumento de la Eficacia de aplicación (Ea), la cual se debe a las características de la pluviometría que evita la deriva, minimiza la evapo-

ración directa y la intercepción por el cultivo, todas estas variables sumamente afectadas por las condiciones climáticas de la zona (alta radiación, alta temperatura, baja humedad relativa, frecuencia y velocidad de viento).

Se genera un aumento de la eficiencia de aplicación manteniendo la lámina neta, por ende disminuye la lámina bruta (reducción del 10 % del caudal de bombeo) (2) y (3).

Se mantiene la lámina neta del sistema según la siguiente fórmula (1).

$$L_n = L_b \times E_a \quad (1)$$

L_n: Lámina de riego Neta.

L_b: Lámina de riego Bruta.

E_a: Eficiencia de Aplicación.

Condición original:

$$L_n (10 \text{ mm/día}) = L_b (11.5 \text{ mm/día}) \times E_a (85 \% \text{ I-Wob}) \quad (2)$$

Alternativa 2:

$$L_n (10 \text{ mm/día}) = L_b (10.5 \text{ mm/día}) \times E_a (95 \% \text{ LEPA}) \quad (3)$$

La disminución de presión dentro del sistema permite bajar la potencia del motor eléctrico del sistema de bombeo y ahorrar energía de bombeo, manteniendo el caudal.

Se instalaron 16 aspersores LEPA en la mitad exterior del tramo N° 8, verificando la distribución de humedad en el suelo posterior al riego por el método gravimétrico.

Seguidamente se analizan diferentes alternativas de pluviometría para reconvertir la condición de trabajo del pivote, incluida la condición original de diseño del equipo.

CONCLUSIONES

La elevada presión y las impurezas propias del agua de riego maximizan el desgaste prematuro del sistema de aspersión, por lo tanto, se sugiere reducir la presión en el sistema de impulsión y el filtrado para el material vegetal.

Se presentan 2 alternativas a la condición ori-

ginal de operación del equipo como propuestas superadoras. De las alternativas presentadas, la alternativa 2 resulta la más ventajosa para implementar por el máximo ahorro de energía de 41 % respecto a la situación original.

Se puede disminuir significativamente la potencia de bombeo del sistema de riego y por ende sus costos energéticos de bombeo, a partir de la optimización del diseño y operación de los equipos de riego.

BIBLIOGRAFÍA

- Becerra, F. 1995. Diseño, manejo y evaluación del pivote central y sus perspectivas para Chile. Proyecto de Título. Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción Chillan, Chile. 194 p.
- IDAE. 2011. Plan de acción de ahorro y eficiencia energética 2011-2020. Madrid, España: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- Martínez, J.; Sanchez, J.; Serrano, I. 2001. Evaluación del sistema de riego por aspersión en pivote central, instalado en Chapingo México. Departamento de Irrigación, Universidad Autónoma Chapingo, México. 14 p
- Merriam, J. L., Keller, J. 1983. Farm irrigation system evaluation. A guide for management. Utah State University, Logan, Utah.
- Moradi-Jalal, M., Mariño, M. A., Afshar, A. 2003. Optimal Design and operation of irrigation Pumping Stations. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 129 (3), 149-154.
- Moradi-Jalal, M., Rodin, S. I., Afshar, A. 2004. Use of genetic algorithm in optimization of irrigation Pumping Station. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 130(5), 357-365.
- Reca, J., García-Manzano, A., Martínez, J. 2014. Optimal pumping scheduling model considering reservoir evaporation. Agricultural Water Manage 148: 250-257.
- Tarjuelo, J. 1999. El riego por aspersión y su tecnología. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid. 670 p.