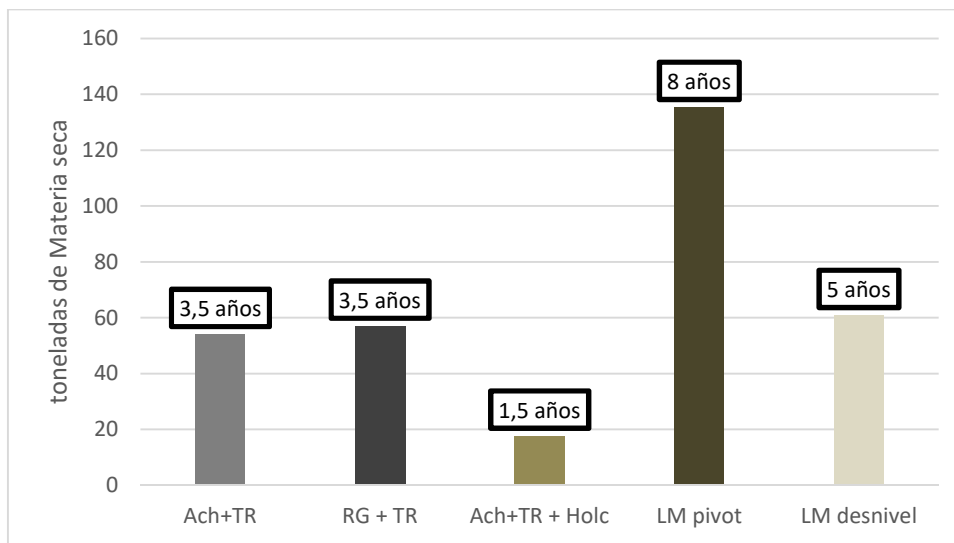


PRODUCCION BAJO RIEGO DE PASTURAS PERSISTENTES DE ALTA CALIDAD

Gerónimo Cardozo (INIA) y Juan Pablo Marchelli (SUL)

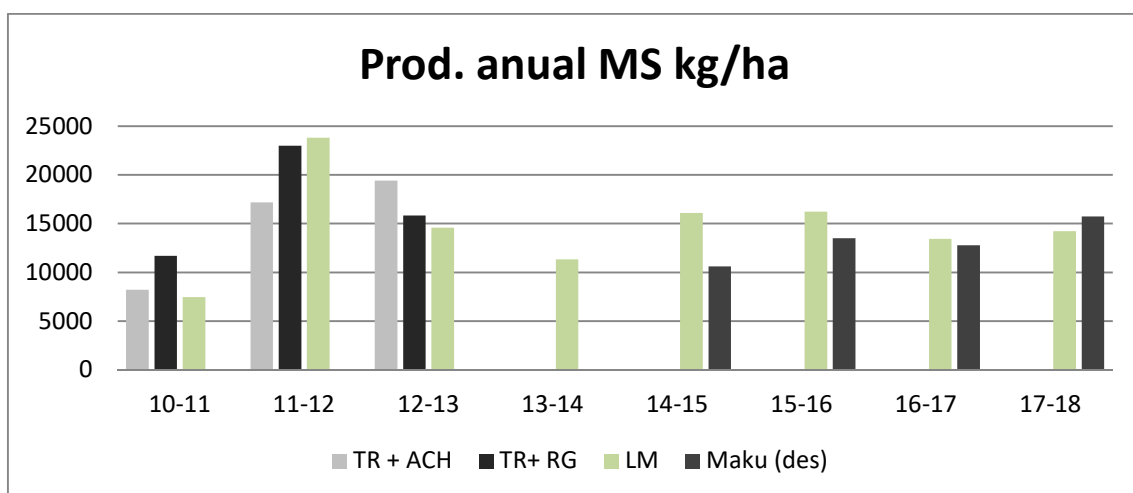
¿Cuánto producen las pasturas regadas en su vida productiva? ¿Hay grandes diferencias entre pasturas cortas y largas?

Grafica 1. Producción total de materia seca en toneladas para las diferentes pasturas



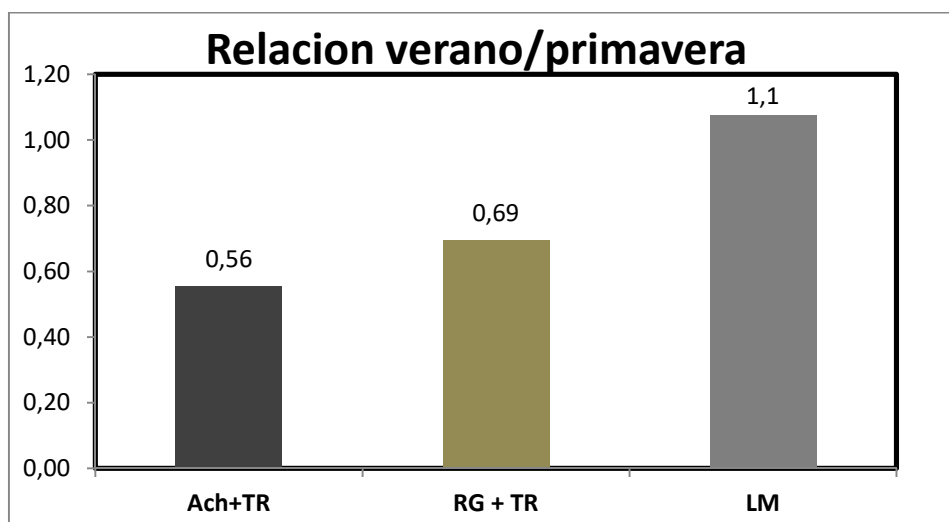
¿Cómo se comportan las pasturas según su año de vida?

Grafica 2. Producción de materia seca en kilogramos según ejercicio para las diferentes pasturas



¿Cómo se comportan las pasturas en el verano?

Grafica 3. Relación entre la producción por hectárea de materia seca en el verano y la producción de primavera



¿Cuánto producen de peso vivo las pasturas regadas en su vida productiva?

Pasturas largas

Cuadros 1 y 2. Días de pastoreo, producción de peso vivo, relación producción kg materia seca y kilogramos de peso vivo

Lotus Maku Pívo	Promedio	Min-Max	Lotus Maku desnivel	Promedio	Min-Max
Días pastoreo	194	130-295	Días pastoreo	193	151-256
Producción PV/ha	802	400-1330	Producción PV/ha	764	784-1086
Kg MS/ Kg PV	23	9-41	Kg MS/ Kg PV	19	12-25

Pasturas cortas

Cuadros 3, 4 y 5. Días de pastoreo, producción de peso vivo, relación producción kg materia seca y kilogramos de peso vivo

Raigrás y Trébol Rojo	Promedio	Min-Max
Días pastoreo	235	222-248
Producción PV/ha	918	792-1045
Relación Kg MS/ Kg PV	21	20-22

Achicoria y Trébol Rojo	Promedio	Min-Max
Días pastoreo	235	222-248
Producción PV/ha	844	809-879
Relación Kg MS/ Kg PV	21	20-22

Achicoria, Trébol Rojo y Holcus (18-19)	Valor*
Días pastoreo	126
Producción PV/ha	569
Relación Kg MS/ Kg PV	12

*ejercicio 18-19

Conclusiones y consideraciones:

- Curva de producción según año de vida de pasturas similar a secano
- 13-15 toneladas producción de materia seca anual estable
- Mayor persistencia de las pasturas
- No hay mayores diferencias en la producción anual de las pasturas cortas y largas de las pasturas probadas hasta el momento
- Primavera larga (producción de forraje del verano similar a la de primavera)
- Producción promedio de 800-850kg de peso vivo por hectárea
- Relación KgMS/KgPV 20-25
- Necesidad de ajuste de carga permanente y flexible
- Agua + Fertilidad (muestreo anual de nivel de nutrientes y ajustar fertilización)

Seguimiento de la evolución de las pasturas mediante percepción remota

Daniel Formoso (Técnico Privado)

Comentarios sobre las diapositivas de la presentación

Diapositiva 3. Las imágenes satelitales se presentan en un tipo de archivo denominado raster o sea una matriz de celdas (píxeles) organizadas en filas y columnas que tienen un valor llamado número digital (ND) que corresponde a la reflectancia de los objetos en la superficie terrestre captada por el sensor en diferentes longitudes de onda que corresponden a las bandas espectrales.

Las imágenes se pueden descargar de manera completa (todas las bandas disponibles) o sólo aquellas con las que se quiere trabajar.

Diapositiva 4. De los muchos satélites que orbitan la tierra, están los de disponibilidad gratuita de sus componentes, y los que son de pago. Para seleccionar un sensor se debe conocer diversas características que se presentan en el cuadro y que satisfagan el objetivo de la investigación. Se destacan algunas de ellas como la resolución espacial y el periodo de revisita.

Diapositiva 5. De las imágenes que hay que pagar se presenta una captura de pantalla del portal Land viewer que permite bajar de forma gratuita hasta 10 imágenes por día de las sin costo, y presenta el precio para adquirir imágenes por encargo. Por ejemplo, la imagen donde está el riego del 22-11-2018 del SPOT 6 cuesta 9700 dólares, e incluso no es una imagen limpia, sino que presenta nubes. El costo varía según el tratamiento que tenga la imagen.

Diapositiva 6. En la elección del sensor, se presentan las diferencias en la cobertura de píxeles según MODIS (6.25 ha), Landsat (900 m²) y Sentinel -2 (100 m²) en el área del riego pivot. Como las parcelas son pequeñas, es necesario trabajar con el sensor de mayor resolución para captar estructuras y cambios en la pastura. No es que MODIS y Landsat no sirvan, sino que se utilizan para otros objetivos.

Diapositiva 7. Seleccionado el sensor, se realizan diferentes composiciones de bandas para analizar la imagen, conociendo la respuesta en color que muestran determinadas estructuras según la composición espectral. La imagen corresponde a Sentinel y pertenece al área donde se encuentra Cerro Colorado. Previamente las bandas deben ser tratadas (corrección atmosférica, rescalado a una determinada resolución, etc).

Diapositiva 8. Los índices corresponden a determinada relación entre bandas, son prácticos porque no tienen unidades. Hay muchos, quizás el más conocido es el NDVI cuyos valores varían entre 1 y -1. Las grandes estructuras temáticas

(suelo desnudo, agua, vegetación, edificaciones) tienen valores similares y la literatura las sitúa en ciertos puntos del rango del índice lo que permite realizar clasificaciones a nivel de esas macro clases aunque no se conozca el área. Como ejemplo se presenta la evolución del NDVI de la parcela de Maku en riego por desnivel. Los valores de cada categoría así como el color de la misma son arbitrarios. Quizás con menos categorías desde el punto de vista forrajero sería suficiente, pero la imagen se vería muy plana y se perdería la heterogeneidad espacial de la pastura. Por ejemplo en la imagen del 11-01-2017 hay un área con algo de suelo descubierto y baja vegetación resultado de un pasaje de rotativa para controlar el pajonal que venía avanzando pero todavía estaba tierno.

Diapositiva 9. La última imagen (01-01-2019) presenta un NDVI por encima de 0.657 que, de acuerdo con la escala y la paleta de color, homogeneiza casi toda el área, menos en una zona en el extremo inferior (que corresponde a un pajonal con restos secos acumulados) y otra sobre el borde derecho cerca del final de la pastura (un pixel) que corresponde al término del canal de riego. Sin embargo, al recorrer la pastura observa un pajonal entremezclado con la leguminosa y otros pastos que no concuerda con la homogeneidad observada. Para ello se utilizan otros parámetros, como la cantidad de clorofila y el índice de área foliar (IAF), que permiten captar diferencias en la estructura. Conociendo que el área foliar es mayor donde domina la leguminosa respecto a plantas erectas como la paja mansa, la mayor concentración de clorofila e IAF corresponderían a zonas donde LM tiene dominancia. Multiplicando clorofila por IAF se obtiene la concentración total en la pastura (microgramos por metro cuadrado). Los sitios con menor concentración corresponden al canal de riego y a pajonales con restos secos. En resumen, combinando parámetros biofísicos se extrae información de la respuesta al manejo por ejemplo.

Diapositiva 10. La aplicación del EVI, otro índice temático que supuestamente mejora la capacidad del NDVI permite identificar la cobertura del área de interés y de acuerdo a los valores obtenidos, la cantidad relativa de material verde presente. Los valores son similares al NDVI y las categorías son arbitrarias.

Diapositiva 11. La clasificación temática de un área determinada utilizando una imagen satelital lleva los pasos que se describen en la figura. Hay dos modos de realizar una clasificación: *supervisado*, identificando zonas conocidas en la imagen para usarlas de "patrones". Estas zonas tienen determinados valores llamados firmas espectrales y los programas buscan similitud en las firmas para otorgarle la misma categoría temática. *No supervisado*: la zona no se conoce, aplicándose algoritmos como k-means y cuadrado medio del error para que el programa agrupe diferentes pixeles que cumplen con restricciones impuestas a priori. Luego debe comprobarse a terreno a qué corresponde lo clasificado.

Diapositiva 12. Instalación de la manga de riego. Fotos del estado de desarrollo del LM sembrado en setiembre de ese año (2013).

Diapositivas 13-16. Vista aérea del área de LM en riego por desnivel. En la 13 y 15-16 se destaca la zona de pajonal con restos secos donde se identificó bajo nivel de clorofila y de IAF. En la 14 se observa que las nuevas matas de paja se sitúan encima de las melgas de riego.

Diapositiva 17. Mapa temático de la pastura de LM. Primero se realizó una clasificación no supervisada y luego se adjudicó en el terreno la composición predominante en cada área. Como se conoce la cantidad de pixeles que ocupa cada clase temática, puede obtenerse la extensión de la misma en el área de interés. Obviamente pueden reducirse las clases o cambiarse. Ocurren en estas extensiones reducidas muchos cambios debido a la influencia del manejo por lo que debe cuidarse en la clasificación. No son clases estables como selva, sabana, lagos, edificaciones.

Balance hídrico de las pasturas bajo pivot central y en riego por desnivel.

Monitoreo del riego bajo sustento informático.

Claudio García (INIA)

El balance hídrico permite hacer una buena planificación o programación del riego durante la temporada, con consecuencias importantes en el mejor aprovechamiento del agua de lluvia y de menores costos (de energía y mano de obra). Para esto se deben tener en cuenta las características del **suelo**, las variables del **clima**, el **cultivo** a regar (en este caso, pasturas) y obviamente el **sistema de riego** (lámina a aplicar y eficiencia del mismo).

Con estos cuatro parámetros se construye el balance hídrico, el cual permite hacer el manejo del riego. El proyecto de riego en el CIEDAG atiende dos áreas bien definidas: pivot central (círculo efectivo 3.4 has) en cada posición, aplicando una lámina bruta promedio que oscila entre 15 y 18 mm en 11 horas (figura 1), regando al presente 4 posiciones y por otra parte un área de aproximadamente 2 has para regar mediante melgas o fajas de 4 metros (m) de ancho. La lámina de diseño es de $0.6 \text{ l s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ de faja (litros por segundo por metro de faja) para aplicar una lámina bruta de 63 mm con una eficiencia de aplicación de agua del 75%.

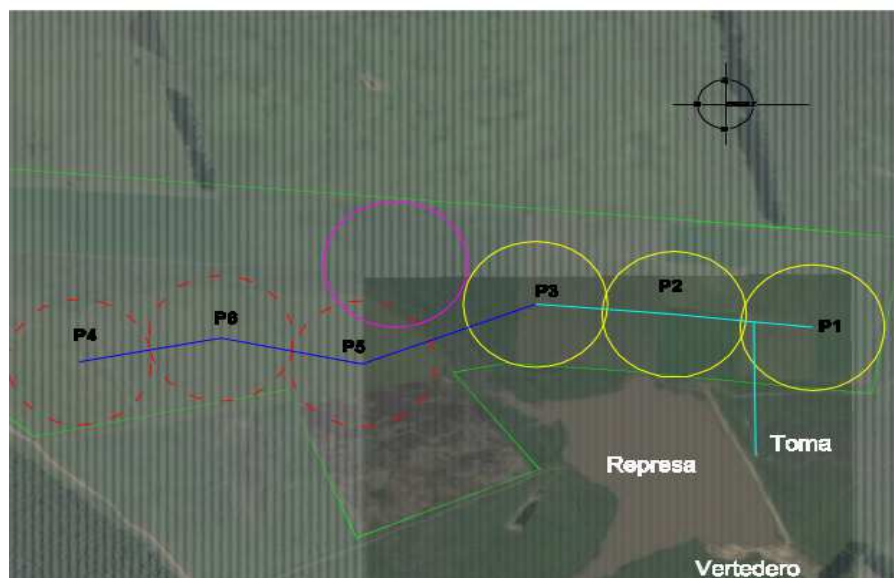


Figura 1. Riego por pivot central de las parcelas con diferentes especies forrajeras.



Figura 2. Construcción de melgas o fajas de 4 metros de ancho.

A los efectos del presente trabajo y para mejor entendimiento se detallará el trabajo de balance hídrico y monitoreo de la pastura de lotus cv. Maku que está regada por aspersión (pivot central) y por superficie. El suelo es característico de los suelos predominantes en las unidades de suelo del Cristalino, donde se presentan las características hídricas principales en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Capacidad de almacenamiento de agua de los suelos a ser regados y capacidad de infiltración.

	Perfil de suelo (cm)	Suelo de riego por aspersión	Suelo de riego por desnivel
Almacenamiento total de agua (mm)	0 -25	62	42,5
	25 - 50	74	32,5
Capacidad de infiltración (mm h ⁻¹)		1,7	7,7

Fuente: Preve, F. y Formoso, D. Resultados de la utilización de sistemas de riego en pasturas sembradas para producción ovina, 2012

El suelo tiene una capacidad de almacenamiento de agua en el perfil de arraigamiento de las raíces (50 cm) de 75 mm, que se presentan en cuadro 1 y que fueran determinadas en el laboratorio de física de suelos de INIA.

Los datos de las variables climáticas que componen la ecuación de evapotranspiración fueron tomados de una estación meteorológica automática Davis ubicada en la sede del CIEDAG a una distancia menor a 2 km de los sitios a ser regados.

Con los datos de suelo, pastura, clima y sistema de riego se viene realizando un balance hídrico del suelo desde el año 2010, de manera de tener la mejor indicación (con base técnica y científica) del riego según cada caso (pivot central y superficie), no solo debido al sistema de riego sino también a la disponibilidad de materia seca, carga animal y época del año. El sustento informático utilizado por INIA es el Sistema Irriga (Universidad Federal de Santa María, Brasil), el cual se mantiene un convenio de trabajo desde el año 2004 para las áreas donde se realiza investigación pero que también es utilizado por predios comerciales.

The screenshot displays the 'SISTEMA IRRIGA' web application. The main content area is titled 'CUANDO REGAR - RECOMENDADO'. It features a warning message: 'Atención! La información abajo es actualizada diariamente a las 12:00 hs. Valores de previsión pueden variar.' Below this, there are dropdown menus for 'Establecimiento' and 'Sistema de Riego', and an 'Enviar' button. A legend indicates four irrigation states: Sin riego (green), Riego (blue), Lluvia (cyan), and Riego extra (orange). The main part of the interface is a calendar grid showing irrigation recommendations for various systems from 26/01 to 01/02. Below the calendar is a table with the following data:

Sistema	Cultivo	Riego	26/01	27/01	28/01	29/01	30/01	31/01	01/02
Surco superficie	Brachiaria		22.40						
Pivot 01 A	Pasto	Postergar	22.40					15.00	
Pivot 01 A	Festuca	Anticipar	22.40						15.00

The screenshot shows the 'SISTEMA IRRIGA' web application. The main content area features a table titled 'ÚLTIMOS 7 DIAS - RIEGOS *' with the following data:

Sistema	Cultivo	Fecha						
		25/01	26/01	27/01	28/01	29/01	30/01	31/01
Pivot 01 A	Pasto						15,00	
Pivot 01 A	Festuca							
Surco superficie	Brachiaria							

En el siguiente cuadro (Cuadro 2) se presentan los datos resumidos de los 8 años de monitoreo de la pastura bajo pivot central y de los últimos 5 de la pastura regada por superficie. Este balance si bien es muy general en cuanto a manejo del riego (solo se utiliza la evapotranspiración y la lluvia), da una idea de la magnitud y la frecuencia que hay déficit hídrico para poder lograr estabilidad y alta producción en los sistemas productivos. Se muestra también las precipitaciones que se dieron durante la zafra de utilización del riego (octubre-marzo) y los riegos aplicados a las pasturas durante los años 2010-11 hasta la zafra 2017-18.

Cuadro 2. Evapotranspiración de referencia (ET) y la precipitación para los años de estudio en el CIEDAG. Riegos aplicados en cada una de las 8 temporadas (2010-11 al 2017-18).

	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
octubre	-57,1	-29,5	144,4	-105,1	27,9	-40	-2	2,5
noviembre	-115,5	-22	-92,9	62,2	45,5	-67,1	-26,3	-107,7
diciembre	-174,5	-106,4	73,2	-192,4	-104,2	-40,5	-20,3	-80,7
enero	-154,7	-139,2	-136	255,4	-58,3	-171,2	7,5	-82,5
febrero	-93,4	-22	-44,9	193,4	-122	-73,1	-10,7	-108,5
marzo	-78,7	18,2	-36,5	-21,3	-47	s/d	-46,8	49,9
balance (mm)	-673,9	-300,9	-92,7	192,2	-258,1	-391,9	-98,6	-327
Evapotranspiración (mm)	794	608	538	633	615	760	713,1	845,6
Precipitación (mm)	189	419	889	959	536	37	614,5	518,6
Riegos pivot central (mm)	260	190	330	-	120	126	180	165
Riegos por superficie (mm)	-	-	-	77	162	260	135	495

Algunos aprendizajes/comentarios:

- La magnitud de los déficits hídricos no solo afecta la producción de materia seca en ese período sino que compromete la longevidad y persistencia de la pastura, además los espacios que van dejando las plantas en general son ocupadas por malezas y esto compromete la vida útil de la misma.
- El riego por pivot no siempre puede cumplir con los requerimientos de agua de toda el área ya que muchas veces se subdimensiona el equipo para el área real de riego.

- La utilización del balance hídrico con sustento informático (Sistema Irriga) ha contribuido a contar con un criterio técnico más ajustado a las condiciones de producción, además de tener cuantificado no solo el consumo de las pasturas sino las láminas que se aplican en cada temporada.

Evaluación Económica de Sistemas de Riego en el

“Centro de Investigación y Experimentación

Dr. Alejandro Gallinal” - CIEDAG – SUL

Cr. Ado Yiansens (SUL)

	Riego por Pívo	Riego por Desnivel
Ejercicios evaluados	6 años	4 años
Costo promedio pastura regada	922 US\$/ha	553 US\$/ha
Punto de equilibrio kg de peso vivo/ha	680 kg de cordero o 722 kg de vaca gorda	427 kg de cordero o 454 kg de vaca gorda
Producción de carne promedio	833 kg/ha	764 kg/ha
MB/ha promedio general	308 US\$/ha	485 US\$/ha

- ✓ Alta sensibilidad del MB/ha frente a variaciones en los precios de venta por la intensificación de la producción de carne.
- ✓ Al aumentar el número de riegos en desnivel, el costo de RRHH adquiere mayor participación en el costo total.
- ✓ El costo de amortización y bombeo obtienen mayor porcentaje sobre el costo total en riego por pívot.