

III. BALANCE HÍDRICO: CONTROL Y PROGRAMACIÓN DEL RIEGO EN PASTURAS

Claudio García*

III.1. INTRODUCCIÓN

En países de clima húmedo, con precipitaciones abundantes, no es fácil poner siempre de manifiesto la importancia de la planificación de las áreas bajo riego dado que en general no existe una marcada estación de seca (falta de lluvias) como es el caso de Uruguay. Se suma a este fenómeno que siempre llueve (en todas las épocas del año) pero no se sabe con precisión cuándo ni cuánto, lo que hace aún más impreciso el cálculo de la efectividad de esas lluvias. Además en general los suelos no son profundos, haciendo que no se puedan usar como reserva de agua en el suelo para el ciclo del cultivo como sucede en otros países. Otro factor no menos importante es la baja infiltración que en promedio tienen los suelos en el país.

Frente a esas incertidumbres, algunas acciones deberían ser tomadas para enfrentarlas y transformarlas en oportunidades. Se deben conocer todas aquellas variables sobre las que se pueda tener algún tipo de control y así tener los mejores criterios para tomar decisión sobre las acciones. Esas variables sobre las que se puede tener alguna influencia son el conocer las relaciones que existen entre los datos agroclimáticos locales, suelo y planta y un conocimiento real del equipo de riego. Estas variables son los pilares donde se apoyan la mayoría de los balances hídricos para determinar el momento y la lámina de riego y en general se calibra y verifica su funcionamiento con herramientas tecnológicas como los sensores (TDR, FDR, sonda de neutrones, tensiómetros, etc.), así como imágenes satelitales, entre otras.

* Ing. Agr. (Dr.), Programa Producción y Sustentabilidad Ambiental, INIA Las Brujas.

Se presentan a continuación las variables (clima, suelo, precipitación y riego) registradas en la estación meteorológica del CIEDAG. Los resultados de los experimentos presentados corresponden a 6 años de estudio del riego en pasturas en dicho Centro en las zafras de riego (octubre-marzo) entre los años 2010 y 2016.

III.2. VARIABLES AGROCLIMÁTICAS ESTUDIADAS

Las variables agroclimáticas que se miden para determinar el consumo potencial o máximo de un vegetal en pleno crecimiento son: radiación solar, viento a 2 metros de altura sobre el nivel del suelo, humedad relativa del aire, temperatura del aire, presión atmosférica y precipitación. Si bien INIA tiene registros desde hace más de 40 años, en los últimos años con el desarrollo de estaciones meteorológicas automáticas se han diseminado en mayor número en todo el territorio pudiendo obtener un resultado de mejor calidad para cada región en estudio.

Cada una de estas variables tiene su importancia relativa en la determinación del consumo de agua por parte de los vegetales. Cuanto más cerca se encuentre la estación meteorológica del sitio en el que se aplica el riego, más ajustados serán los resultados sobre la condición de lo que ahí ocurre en términos de balance hídrico.

Si bien existen registros de precipitación desde hace años en Cerro Colorado, y son muy importantes para los estudios hidrológicos y de frecuencia de las lluvias, los datos para realizar las previsiones de riego fueron obtenidos de la estación meteorológica de INIA Treinta y Tres e INIA Las Brujas por estar a igual distancia en línea recta. A partir del año 2010 se instaló una estación meteo-

rológica automática en el predio del SUL, que envía los datos cada 15 minutos (via internet) a un servidor de INIA donde se procesan y se dejan disponibles en dominio público.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de los 6 años (2010-16) del balance entre la evapotranspiración de referencia (Penman-Monteith) y las precipitaciones en el CIEDAG. Este balance, si bien es muy general en cuanto al manejo del riego, da una idea de la magnitud y la frecuencia con la cual se debería reponer el riego, de manera de poder lograr estabilidad y alta producción en los sistemas productivos.

La aplicación de riego en los 6 años de evaluación del sistema de producción de carne en pasturas bajo riego fue de 206 mm. Se observa en el Cuadro 1 que en todas las zafas entre los meses de octubre y marzo fue necesario en algún momento el complemento del riego para poder maximizar y potenciar la producción de materia seca.

El balance hídrico realizado en otras zonas del país ha demostrado tendencias similares (García C. 2015, datos sin publicar), donde se observan láminas de reposición de riego entre 220 y 240 mm dependiendo de la magnitud de los déficits hídricos. Dicha magnitud 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 ocupados por malezas y esto compromete la vida útil de la misma.

III.3. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Dos elementos se deben tener en cuenta a la hora de incorporar la tecnología del riego en los sistemas de producción. Uno de ellos es la cantidad de agua que un suelo puede almacenar y el otro es conocer la infiltración básica o velocidad de infiltración que tiene el suelo. Ambos son elementos que determinarán el manejo del riego y la operación de los equipos.

El papel del suelo es menos importante en el caso del riego que se aplica con láminas bajas y de alta frecuencia, como el caso de la aspersión o gotero (en este caso es pivot central), ya que la lámina de agua a aplicar tiende a ser igual al consumo. Sin embargo, hay que tener en cuenta la cantidad de agua que el suelo puede almacenar, así como el agua disponible que hay en la zona de crecimiento de las raíces porque son aportes de agua al crecimiento de la pastura. La curva característica de agua en el suelo

Cuadro 1. Balance entre la evapotranspiración de referencia (ET) y la precipitación para los años de estudio en el CIEDAG. Riegos aplicados en cada una de las 6 temporadas (2010-11 al 2015-16). CIEDAG, SUL, 2016.

	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16
Octubre	-57,1	-29,5	144,4	-105,1	27,9	-40
Noviembre	-115,5	-22	-92,9	62,2	45,5	-67,1
Diciembre	-174,5	-106,4	73,2	-192,4	-104,2	-40,5
Enero	-154,7	-139,2	-136	255,4	-58,3	-171,2
Febrero	-93,4	-22	-44,9	193,4	-122	-73,1
Marzo	-78,7	18,2	-36,5	-21,3	-47	110
Balance	-673,9	-300,9	-92,7	192,2	-258,1	-281,9
Evapotranspiración (mm)	794	608	538	633	615	841
Precipitación (mm)	189	419	889	959	536	558
Riegos (mm)	260	190	307	77	162	240

permite conocer esta cantidad de agua disponible para las plantas y en combinación con el clima ayuda a una mejor gestión del riego en las chacras.

El conocer por un lado el almacenamiento de agua en el suelo permite programar los intervalos de riego y la operación del sistema de riego y por otro la infiltración de agua en el suelo permite saber o estimar la lluvia efectiva y la lámina máxima que un aspersor o pivot podría tener para no ocasionar escurrimiento y con esto el aumento en la probabilidad de erosión de suelo y contaminación de cauces.

Se presenta en el Cuadro 2 la capacidad de almacenamiento de agua en el perfil, así como los valores del contenido de humedad a diferentes tensiones.

La curva característica de agua en el suelo se determinó según método convencional de las ollas de Richard (Methods of Soil Physics, ASAE, 1969). Se realizó un muestreo gravimétrico con tres repeticiones en el área dando como resultado los datos presentados en el Cuadro 2 con un desvío estándar del orden del 3,5 % en promedio para todas las tensiones de agua en el suelo.

El otro atributo importante para el manejo del riego es conocer la infiltración de agua en el suelo. En general, los suelos en Uruguay tienen valores bajos y/o medios de la tasa de infiltración básica y es este atributo que en general contribuye al desempeño de la aplicación de agua en la chacra.

Cuadro 2. Curva característica de agua en el suelo en los diferentes horizontes del perfil de suelo. Muestra tomada en setiembre de 2010, CIEDAG, SUL, 2016.

Profundidad (cm)	Densidad de suelo	Saturado (%)	Capacidad de campo (%)	Punto de marchitez permanente (%)	Agua disponible (mm)
0-25	1,05	47,5	30	11,0	47,5
25-50	1,19	40,1	27	10,5	41,3

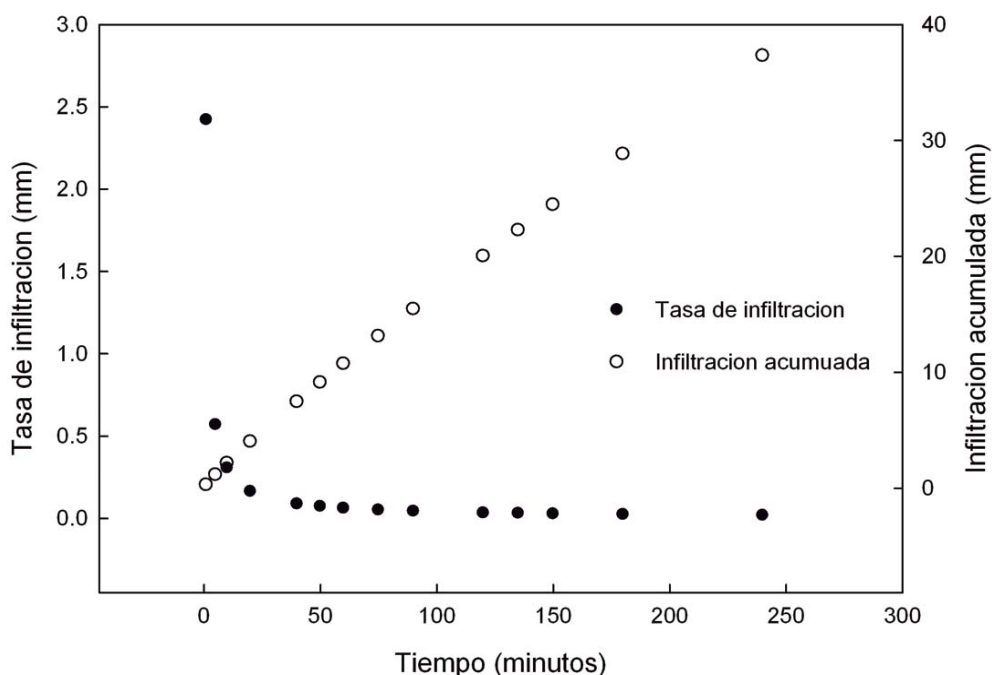


Figura 1. Infiltración básica e infiltración acumulada en el suelo bajo riego con pivot central. Predio CIEDAG, SUL, 2016.

La infiltración de agua se determinó por el método del doble anillo con un tiempo de 4 horas donde se aseguró que la infiltración era estable. La capacidad de infiltración o infiltración básica de agua en el suelo es de 1,7 mm/h (Figura 1).

III.4. SISTEMA DE RIEGO

El sistema de riego utilizado para estas evaluaciones de producción intensiva de carne bajo pasturas regadas fue un pivot central experimental (Spinner) hidráulico, de 108 m de largo de las torres compuesto por 2 tramos y 1 aspersor en la punta. El primer tramo de 60 m de largo y el segundo de 26 m, teniendo el aspersor un alcance de 22 m. Este radio de 108 m permite un área de riego bajo el pivot de 3,66 ha por cada posición que el mismo opera.

Existe en la fuente de agua (represa) una bomba centrífuga que eroga un caudal de 51,4 m³/h a una presión de 35 m. Esto permite aplicar una lámina de 15 mm a velocidad máxima del pivot (100 %) en un tiempo de 11 horas. Esto es variable por la pendiente del terreno, la humedad a la que se comience el riego y la entrega de energía a la bomba.

Evaluaciones de performance del equipo mostraron un rendimiento en relación a la uni-

formidad de distribución del agua a lo largo del pivot de 74,5 % y un coeficiente de distribución de 82,8 %. A modo de ejemplo se presentan en la Figura 2 los resultados obtenidos en una de las pruebas realizadas a campo.

Si bien la performance del equipo fue aceptable en esta prueba de campo, se deben realizar varias evaluaciones en la época de riego para conocer realmente el rendimiento del sistema de riego.

III.5. MANEJO DEL RIEGO EN LAS PASTURAS

De acuerdo con las variables clima, suelo y equipo y con el seguimiento del crecimiento de las pasturas fue que se realizó un seguimiento de las condiciones de humedad de suelo para el ajuste del balance hídrico que permitiera maximizar el potencial de producción de las plantas.

Se presenta en las siguientes figuras los resultados de las evaluaciones de las zafras de riego 2010-11, 2011-12, 2012-13 y 2015-16. La alta variabilidad que presentan las lluvias en cada año resalta la importancia de realizar un seguimiento del balance hídrico del suelo según las condiciones de cada predio debido a que las pasturas tienen una alta respuesta al ma-

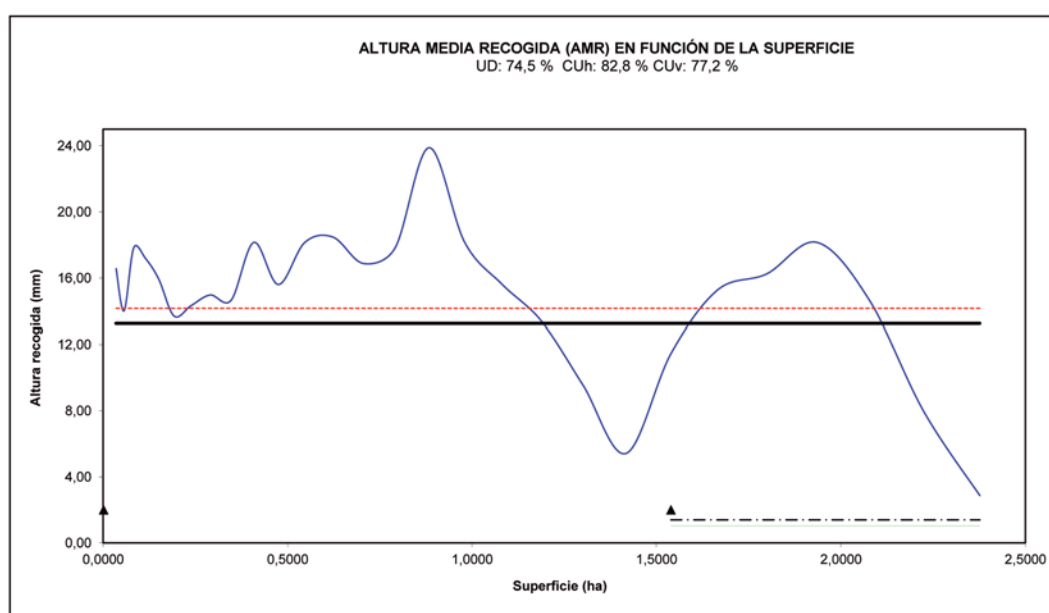


Figura 2. Lámina de agua colectada en función de la distancia. CIEDAG, SUL. 2016

nejo de las mismas y por lo tanto hay consecuencia directa también en la cantidad de agua que puedan consumir.

En las Figuras 3, 4, 5 y 6 se presentan los resultados de la evolución de la evapotranspiración máxima de la pastura, los rie-

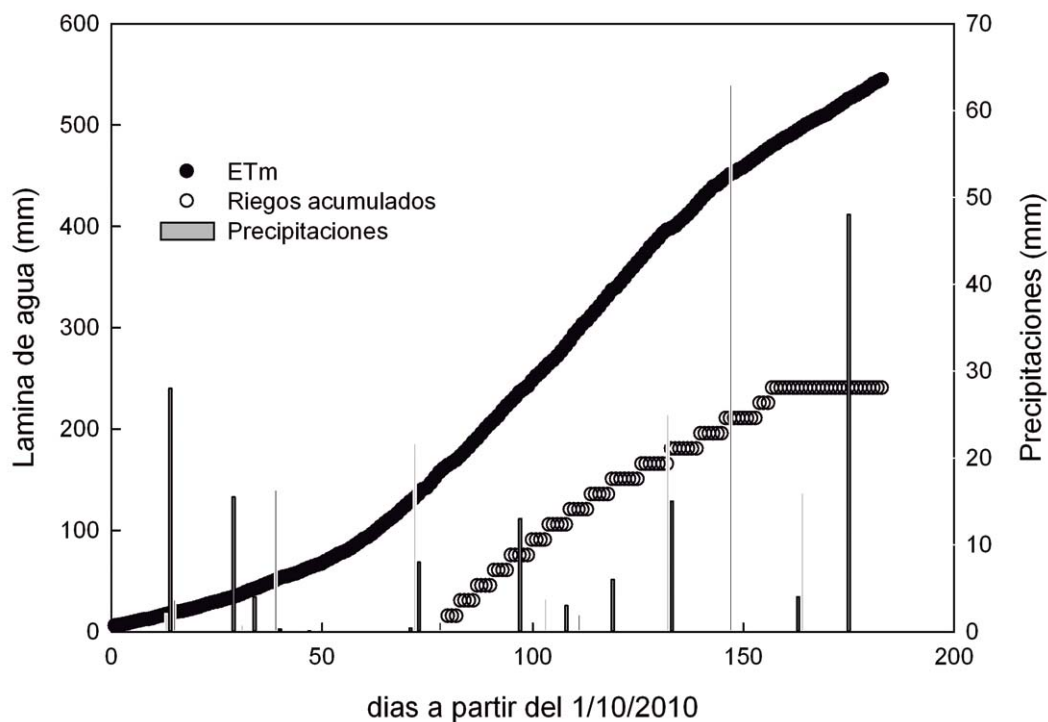


Figura 3. Manejo del riego en pastura. Balance hídrico en la zafra 2010-11, CIEDAG, SUL.2016.

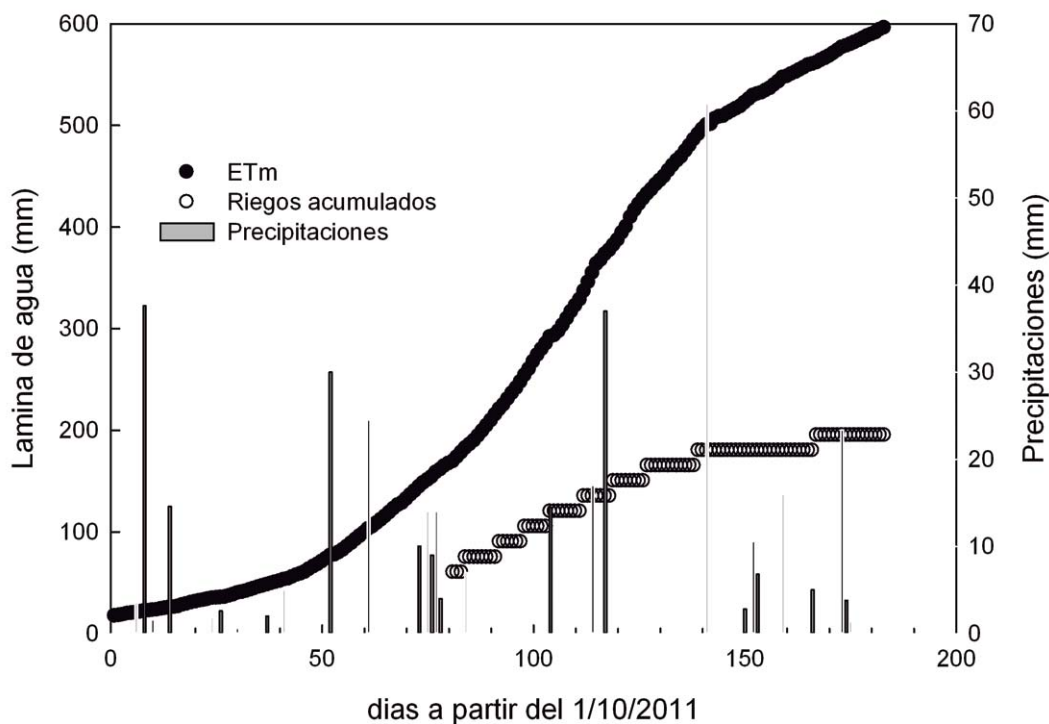


Figura 4. Manejo del riego en pastura. Balance hídrico en la zafra 2011-12, CIEDAG, SUL; 2016.

gos aplicados y las precipitaciones ocurridas en el CIEDAG durante los periodos, 2010-11, 2011-12, 2012-13 y 2015-16.

Este balance hídrico que fue realizado durante toda la temporada y que responde a ecuaciones de aproximación entre la evapo-

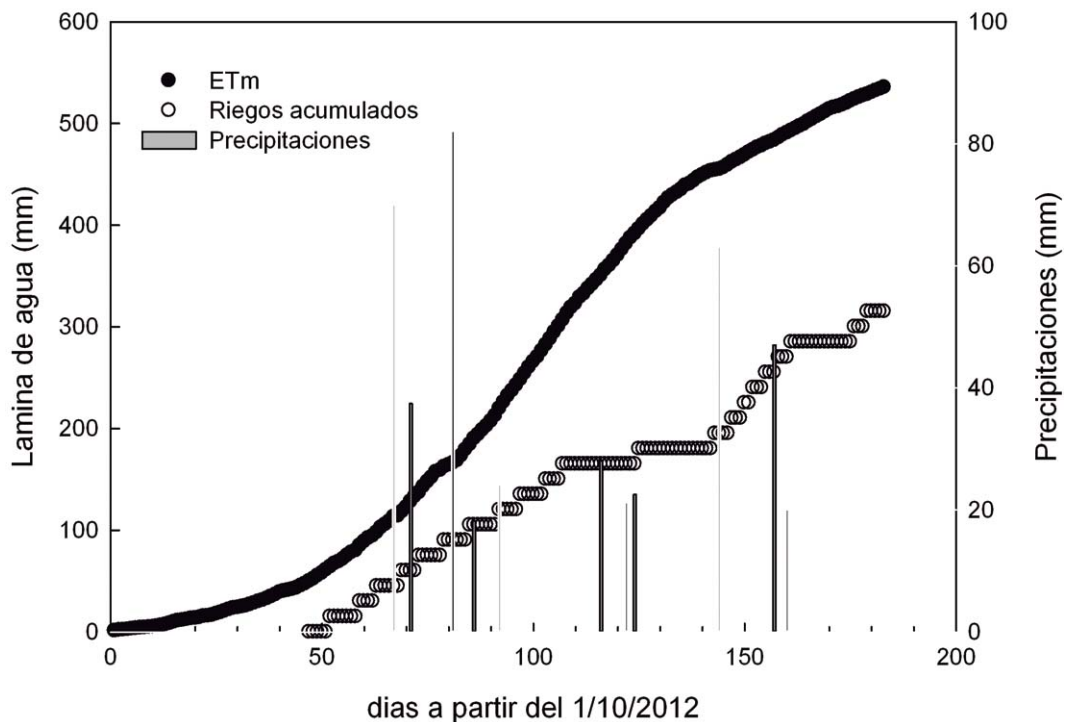


Figura 5. Manejo del riego en pastura. Balance hídrico en la zafra 2012-13, CIEDAG, SUL; 2016.

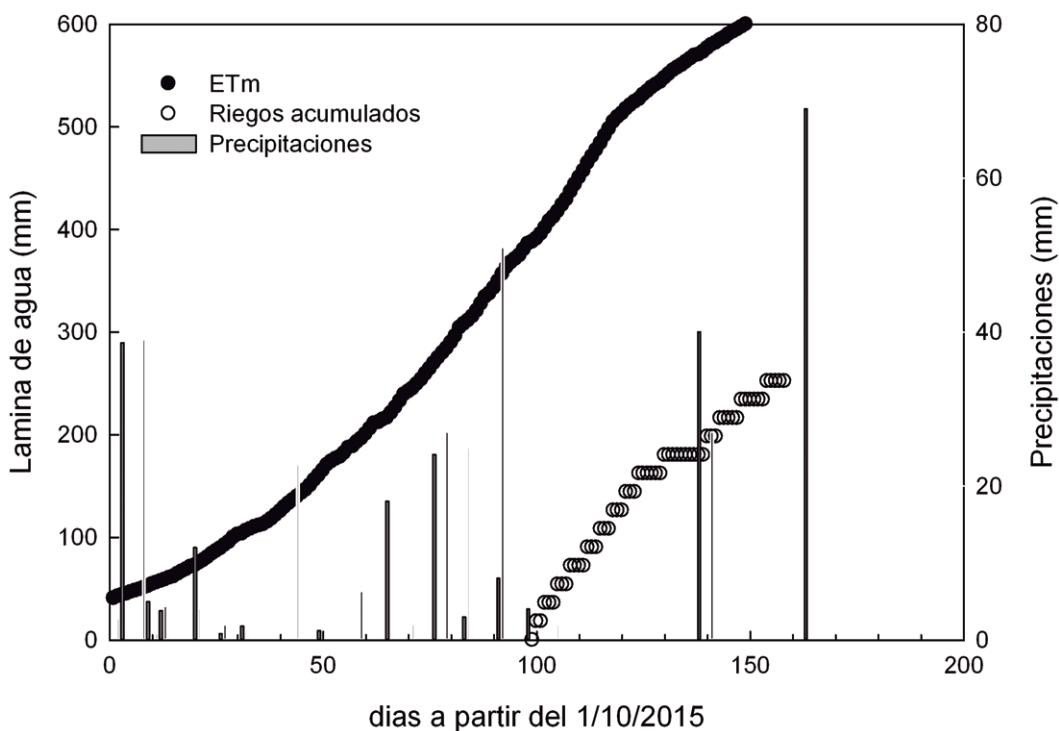


Figura 6. Manejo del riego en pastura. Balance hídrico en la zafra 2015-16, CIEDAG, SUL; 2016.

Cuadro 3. Datos de la evapotranspiración, precipitaciones y riegos durante las zafras de riego (octubre-marzo) en el período de estudio 2010-2016. CIEDAG, SUL, 2016.

	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16
Evapotranspiración (mm)	794	608	538	633	615	841
Precipitación (mm)	189	419	889	959	536	558
Riegos (mm)	260	190	307	77	162	240

transpiración del cultivo estimada a través de las variables agroclimáticas y las precipitaciones que ocurren en el sitio, es verificado con sensores que son colocados en diferentes profundidades del suelo y que registran las variaciones en la humedad del perfil. En el Cuadro 3 se presentan los resultados de las precipitaciones que se dieron durante las diferentes zafras en las que fue utilizado el riego (octubre-marzo) y la lámina de riego aplicada a las pasturas durante los años 2010-11 hasta la zafra 2015-16.

En la Figura 7 se presenta a modo ilustrativo la secuencia de mediciones desde diciembre de 2014 hasta enero de 2016 de la evolución de la humedad del suelo en las diferentes profundidades que se hace el seguimiento (0-50 cm). El límite superior de agua en el suelo es 50 % (suelo saturado) y el límite inferior (punto de marchitez permanente) es de 11 %, para este suelo en estudio.

La diferencia entre ambos valores es lo que se denomina el agua disponible para las plantas y dentro de este rango el criterio para comenzar a regar fue cuando se agotaba el 50 % de esa fracción de agua disponible. Esto varía con el crecimiento de la pastura pero también con la época del año porque depende del consumo de las plantas.

III.6. COMENTARIOS FINALES

- Se realizó el seguimiento del riego en las pasturas en el Centro de Investigación y Experimentación Dr. Alejandro Gallinal (CIEDAG), Florida, durante 6 años (2010-16) utilizando un pivot central (Spinner) experimental de 108 m de radio, aplicando una lámina promedio a 100 % (máxima velocidad) 15 mm en un lapso de 11 horas.
- Durante los 6 años de la evaluación de las condiciones óptimas de humedad en

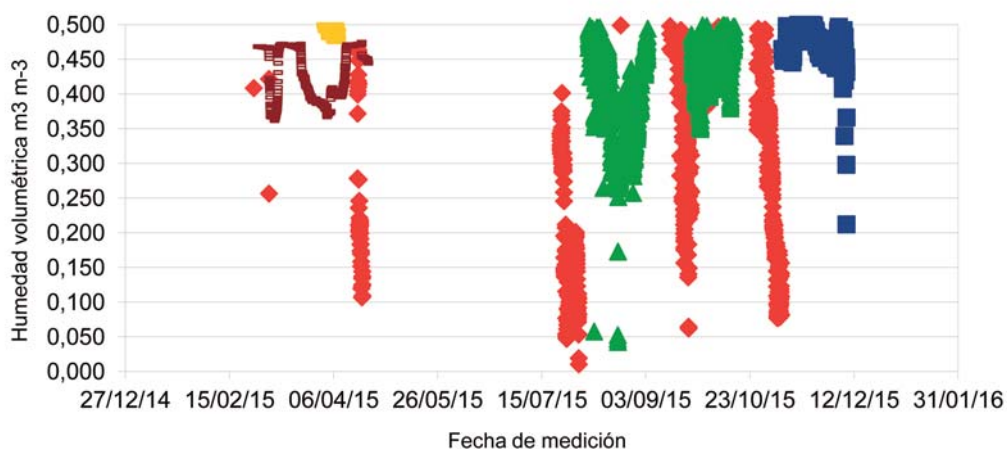


Figura 7. Evolución de la humedad del suelo a diferentes profundidades en pasturas regadas. Medidas horarias con FDR (Frequency Domain Reflectometry). CIEDAG, SUL, 2016.

el suelo fue necesario suplementar con riego, dado que las lluvias no cubrieron la demanda de agua de los cultivos en ninguno de los años para potencializar la producción.

- El conocer la cantidad de agua que almacena el perfil de suelo, así como la infiltración de agua y la cantidad de agua que aplica el equipo, es de fundamental importancia para poder hacer una programación correcta durante el período en el que se quiere utilizar el riego.
- Es importante tener algún instrumento de verificación sobre las condiciones de humedad del suelo en la zona de crecimiento de las raíces. Los mismos pueden ser tan simples como un taladro o tan complejos como una sonda de neutrones, FDR o imagen satelital dependiendo de las condiciones de cada situación.

III.7. LITERATURA RECOMENDADA

- ALLEN, R. G. 1990. Software REF-ET. Reference Evapotranspiration Calculator. Utah State University. USA. <https://www.uidaho.edu/cals/kimberly-research-and-extension-center/irrigation-and-water-resources/ref-et-software-request-form>
- ALLEN, R.G., L.S. PEREIRA, D. RAES Y M. SMITH. 1998. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Cuadernos de Riego y Drenaje N° 56. 322 p. FAO, Roma, Italia. FAO.
- CAMPBELL, G. S. and M. D. CAMPBELL. 1982. Irrigation scheduling using soil moisture measurements: theory and practice. *Advances in irrigation* 1.1: 25-42.
- SMITH, M. 1992. CROPWAT: A computer program for irrigation planning and management. Food & Agriculture Org.