

JORNADA DE CAMPO

RIEGO SUPLEMENTARIO EN PASTURAS CON PASTOREO

Centro Regional Sur, Facultad de Agronomía

11 de marzo 2022

Organizan:



Ministerio
de Ganadería,
Agricultura y Pesca

Auspician:



EQUIPO DE TRABAJO

NOMBRE	TAREAS DESARROLLADAS
Ing. Agr. (Dra.) Lucía Puppo	Responsable del Proyecto. Unidad de Hidrología
Ing. Agr. (PhD) Pablo Boggiano	Director de la Tesis de Maestría de Ana Elhordoy.
Ing. Agr. (PhD) Mario Pérez Bidegaín	Dpto Suelos y Aguas. Edafología
Ing. Agr. MSc. Raquel Hayashi	Asistente Investigación Hidrología
Ing. Agr. Pablo Morales	Asistente de Investigación Hidrología
Ing. Agr. Sofia Calero Dieppa	Asistente contratada para apoyo en todos los trabajos del CRS e INIA Las Brujas
Ing. Agr. Juan Manuel Ernst	Ayudante contratado para apoyo en todos los trabajos del CRS e INIA Las Brujas
Ing. Agr. Matías Cardozo	Becario ANII, tesis de Maestría en la actividad de riego por melgas.
Ing. Agr. Marco Cracco	Becario ANII, tesis de Maestría en la actividad de riego en festuca con pastoreo.
Ing. Agr. Ana Elhordoy	Becaria ANII, tesis de Maestría en la actividad de riego en alfalfa con pastoreo.
Bach. Julieta Arispe	Tesista de grado en el ensayo de riego en alfalfa con pastoreo
Bach. Ignacio Rocha	Tesista de grado en el ensayo de riego en festuca con pastoreo

RESPUESTA EN RENDIMIENTO DE ALFALFA Y FESTUCA A DOS UMBRALES DE RIEGO, PARCELAS A CAMPO CON PASTOREO DIRECTO

Caracterización de suelos

Material parental	Sedimentos limo arcillosos
Ubicación topográfica	Ladera media-alta
Pendiente local	1-2%
Drenaje externo	Escurrimiento medio (grado 3)
Drenaje interno	Moderadamente bien drenado
Riesgo de inundación	Nulo (clase 1)
CLASIFICACIÓN	Brunosol

Parámetros hídricos del suelo por horizonte:

Profundidad cm	CC (% vol)	PMP (% vol)	D _{Ap} (g/cc)	AD/horiz (mm)
00-20	38,9	22,5	1,25	32,8
20-45	43,6	25,1	1,43	46,3
45-60	38,6	21,4	1,43	25,8
60-85	38,4	21,4	1,40	42,5

CC: capacidad de campo; PMP: Punto de marchitez permanente; D_{Ap}: densidad aparente; AD: Agua disponible

Diseño experimental: Bloques con parcelas al azar con 3 tratamientos y 4 repeticiones (parcelas de 11x11m)

Tratamientos:

T1: 30% de agotamiento del agua disponible (21,4 mm), se repone con 10,7mm

T2: 65% de agotamiento del agua disponible (43,6 mm), se repone con 36 mm

Secano: El aporte de agua al sistema es únicamente a través de las lluvias

Sistema de riego: por aspersión, con aspersores en cada esquina (4 por parcela). Los equipos se encuentran enterrados para minimizar daños al pastorear (aspersores emergentes que se elevan cuando comienza el riego).

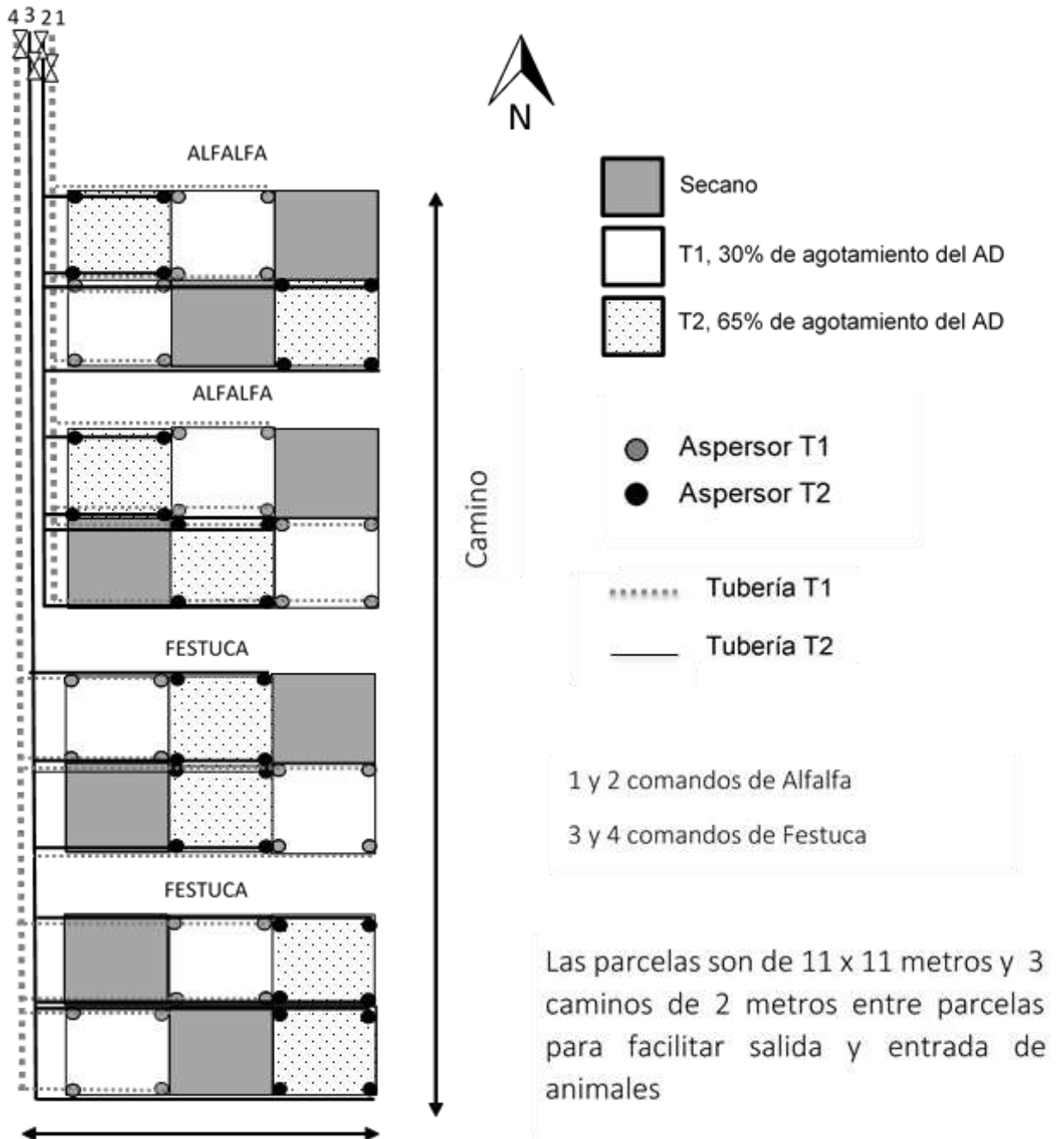
Los riegos comenzaron el 5 de noviembre de 2020.

Manejo del riego: El momento de riego se determina por balance hídrico a partir de la siguiente fórmula:

$$Dacum = D_{i-1} + ET - R_i - P_{pef}$$

Dónde: Dacum es el déficit acumulado, D_{i-1} es el déficit del día anterior, ET es la evapotranspiración del día anterior, R_i es riego y P_{pef} es la precipitación efectiva.

Croquis del ensayo



MANEJO GENERAL

	Festuca	Alfalfa
Fecha de siembra	2/8/2020	21/4/2020
Densidad de siembra (kg/ha)	20	20
Fertilización a la siembra	150 kg/ha 18-48	150 kg/ha 18-48
Urea post pastoreo (kg/ha)	70	-
Refertilización con P (otoño)	Análisis de suelo y reposición hasta nivel crítico	Análisis de suelo y reposición hasta nivel crítico
Criterio de entrada a pastoreo	2,5 hojas	8-9 nudos o 10% floración
Criterio de salida de pastoreo	5cm	5cm

DETERMINACIONES

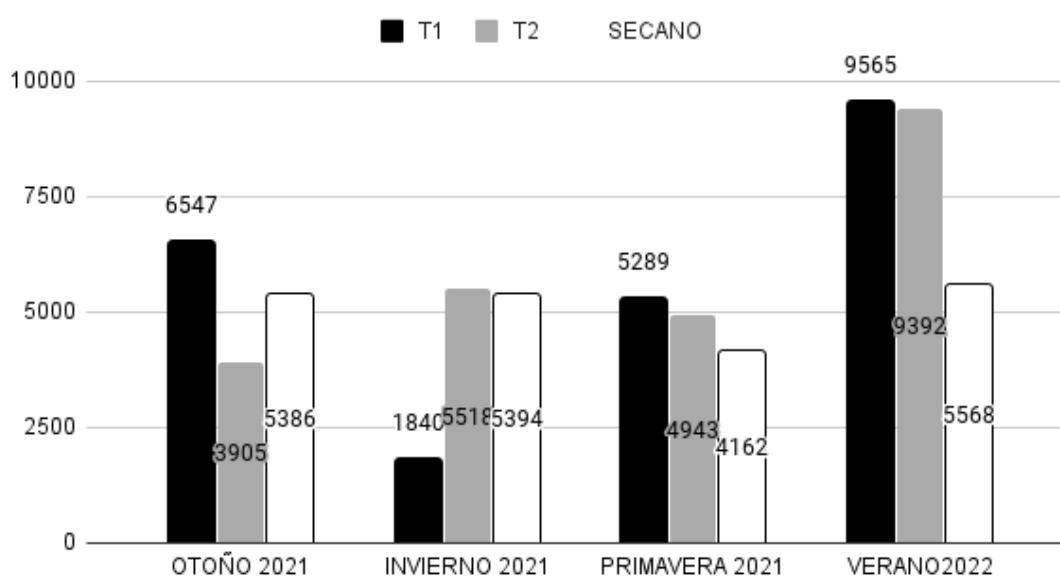
- Humedad pre riego (cuando se mide en T2 también se mide en secano): permite corroborar que los riegos se están haciendo en el momento correcto
- MS disponible previo a cada pastoreo
- Calidad química (proteína, FDN, cenizas), relación tallo/hoja y número de plantas por m² de manera estacional
- Persistencia de la pastura de manera anual
- Materia orgánica, densidad aparente, penetrabilidad, curva tensión- humedad (baja tensión) de manera anual

RESULTADOS PARCIALES

Alfalfa

Estación	Tratamiento	ETc (mm)	Riego (mm)	Precipitaciones efectivas	Nº de riegos
Otoño 2021	T1	132	43	89	4
	T2	107	36	77	1
	SECANO	112	0	117	-
Invierno 2021	T1	88	0	92	0
	T2	84	0	90	0
	SECANO	70	0	64	-
Primavera 2021	T1	180	128	55	12
	T2	202	71	120	2
	SECANO	122	0	74 *	-
Verano 2022	T1	182	118	65	11
	T2	182	107	91	3
	SECANO	174	0	177	-

Rendimiento (kg MS/ha) alfalfa

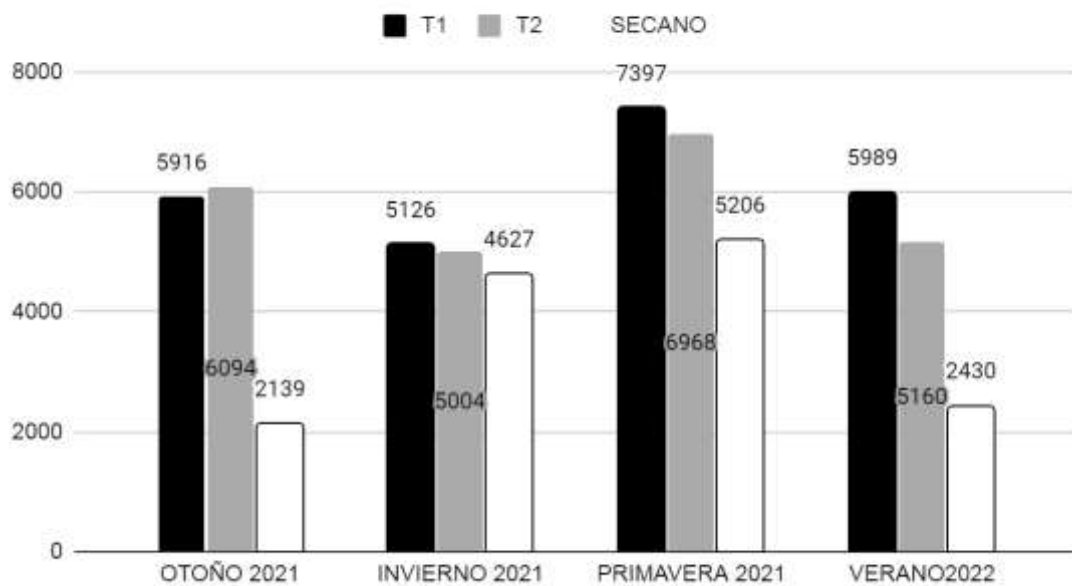


NÚMERO DE PASTOREOS			
	T1	T2	SECANO
OTOÑO 2021	3	2	2
INVIERNO 2021	1	1	1
PRIMAVERA 2021	2	3	3
VERANO 2022	3	3	3

Festuca

Estación	Tratamiento	ETc (mm)	Riego (mm)	Precipitaciones efectivas	Nº de riegos
Otoño 2021	1	94	32	65	4
	2	97	36	67	1
	Secano	137	0	136	0
Invierno 2021	1	65	0	65	0
	2	66	0	67	0
	Secano	67	0	76	0
Primavera 2021	1	267	170	82	7
	2	259	178	76	2
	Secano	89*	0	34	0
Verano 2022	1	110	43	61	14
	2	102	0	95	3
	Secano	203*	0	0	0

Rendimiento (kg MS/ha) festuca



NUMERO DE PASTOREOS			
	T1	T2	SECANO
OTOÑO 2021	2	2	1
INVIERNO 2021	2	2	2
PRIMAVERA 2021	2	2	2
VERANO 2022	2	2	1

DETERMINACIÓN DE LA ET EN ALFALFA Y FESTUCA MEDIANTE LISIMETRÍA. AJUSTES DE COEFICIENTES DE CULTIVO (Kc) Y COEFICIENTES DE ESTRÉS (Ks)

En esta actividad se realiza un balance hídrico en condiciones controladas que permite medir la evapotranspiración (ETc) y a partir de los datos medidos ajustar los coeficientes de cultivo (Kc) y los coeficientes de estrés (Ks) asociados a los distintos umbrales. Esta información básica servirá para manejar el riego. La instalación de lisímetros está ubicada en la Estación Experimental Las Brujas del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Está constituida por 12 lisímetros de drenaje de dimensiones 1,9 x 0,9 x 1,35 m de profundidad, protegidos por una estructura que se cierra en forma automática cuando se registran lluvias superiores a 3 mm.

Siembra de alfalfa: El 7 de noviembre de 2021 se sembró la alfalfa cultivar Chaná en 6 de los 12 lisímetros. La densidad de siembra utilizada fue 20 Kg/ha. No fue necesario fertilizar con fósforo a la siembra debido a los altos niveles de este nutriente en el suelo de relleno.

Riego: Inmediatamente a la siembra se colocó el equipo de riego por goteo para efectuar los tratamientos. Cada lisímetro está regado por dos líneas paralelas de goteros de caudal 1,2 L/h, distanciados a 30 cm, que totalizan una tasa de aplicación de 9,8 mm/h y aseguran un riego uniforme en toda la superficie. Se midió el coeficiente de uniformidad al inicio de los tratamientos, CU=96%.

Tratamientos: T1: Riego sin estrés hídrico, se riega cuando se agota el 30% del agua disponible; T2: Riego con estrés, se riega cuando se agota el 65% del agua disponible. Tres repeticiones de cada tratamiento.

Se realizó la caracterización hídrica del suelo de relleno por horizonte: capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y agua disponible (AD):

Prof (cm)	CC %ps	PMP % ps	AD ps	D Ap (g/cc)	AD mm/10 cm
0-20	31,43	18,26	13,17	1,22	16,0
20-40	34,54	20,56	13,98	1,39	19,4
40-60	30,91	17,88	13,04	1,4	18,3
60-80	31,52	18,32	13,19	1,42	18,7

Previo a iniciar los tratamientos los lisímetros se humedecieron hasta capacidad de campo.

El momento de riego en cada tratamiento se está determinando mediante balance hídrico, mientras que el tiempo de riego es el necesario para devolver el suelo a CC en la profundidad radicular.

Diariamente se registran los datos de evapotranspiración de referencia (ETo-PM), las fechas y el volumen de riego, así como el volumen de drenaje.

Dos veces por semana se monitorea la humedad del suelo en cuatro profundidades diferentes con sonda de neutrones. Para ello se instaló un tubo de acceso por lisímetro de 1 m de profundidad. En forma paralela se está realizando la calibración de la sonda (para cada horizonte de suelo) con el método gravimétrico, en un séptimo lisímetro sembrado con alfalfa para este fin.

La ETr se calculará por balance de volúmenes mediante la fórmula: $ETr = R - D \pm \Delta Hs$. Siendo: ETr - evapotranspiración real de la pastura; R - riego; D - drenaje; ΔHs - variación de humedad en el suelo. Se ajustará el coeficiente de cultivo (Kc), como el cociente entre la ETc medida en el lisímetro y referida a su superficie (1,9 x 0,9 m) y la ETo-PM (Allen et al., 1998, 2011). Se está evaluando el rendimiento por tratamiento (cosecha del total de biomasa producida en el área de cada lisímetro).

EVALUACIÓN DEL RIEGO POR MELGAS CON EL MODELO WinSRFR

Parámetros hídricos por horizonte:

Profundidad (cm)	CC % vol	PMP % vol	DAP g/cc	AD mm
0 - 20	29	17	1,20	29
20 - 40	32	19	1,17	30

CC: capacidad de campo; PMP: Punto de marchitez permanente; DAP: densidad aparente; AD: Agua disponible

Diseño experimental

Parcelas al azar, 9 melgas con riego.

3 repeticiones

3 Caudales (Q):

	Al inicio		Actualmente	
	LS ⁻¹ m ⁻¹	LS ⁻¹	LS ⁻¹ m ⁻¹	LS ⁻¹
Q 1	0,20	1,2	0,20	1,2
Q 2	0,33	2,0	0,30	1,8
Q 3	0,50	3,0	0,40	2,4

Dimensiones de melgas

Cuadro: Dimensión de cada melga

Melga	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Largo (m)	65	64	63	63	62	58	57	56	55	55	53	52	51	50
Ancho (m)	5,8	5,9	5,8	5,5	5,9	5,2	5,8	5,5	5,9	5,9	6,0	6,3	6,1	5,9
Pend long. (%)	2,9	2,8	2,9	2,8	2,7	2,3	2,6	2,7	2,7	2,7	2,5	2,1	2,3	1,5

Pend long.= pendiente longitudinal

Manejo del riego: El momento de riego se determina por balance hídrico a partir de la siguiente fórmula: $Dacum = Di-1 + ET - Ri - Ppef$

Dónde: $Dacum$ es el déficit acumulado, $Di-1$ es el déficit del día anterior, ET es la evapotranspiración del día anterior, Ri es riego y $Ppef$ es la precipitación efectiva.

$Dacum = LN = 50\%$ agotamiento de AD en profundidad radicular.

Croquis del ensayo



MEDICIONES

Humedad pre y post riego: permite determinar el tiempo de riego a utilizar y conocer la lámina infiltrada real (LN real)

Tiempo de riego: se determina previo a cada evaluación, utilizando los datos obtenidos en el modelo de simulación WinSRFR y los valores de humedad pre riego.

Hidrograma de entrada y salida: Aforadores WSC de distinto tamaño, a la entrada y al pie

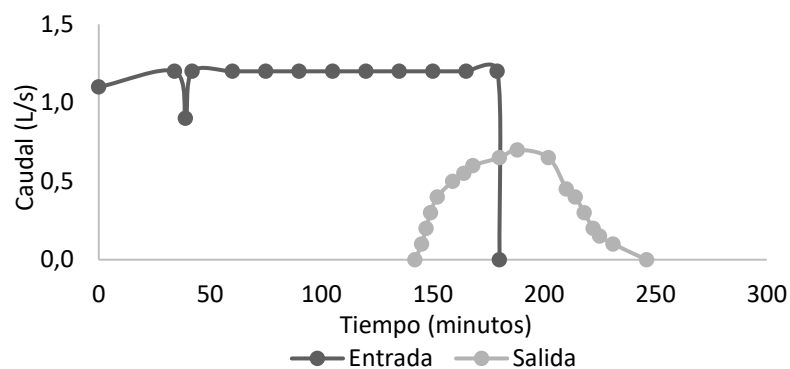


Figura: Ejemplo hidrograma de entrada y salida Q1 (1,2 L/S) – 14/01/2021

Curva de avance y receso: Con estacas cada 10 m se determina el tiempo de llegada y retiro del agua en cada estaca (Tiempo de oportunidad).

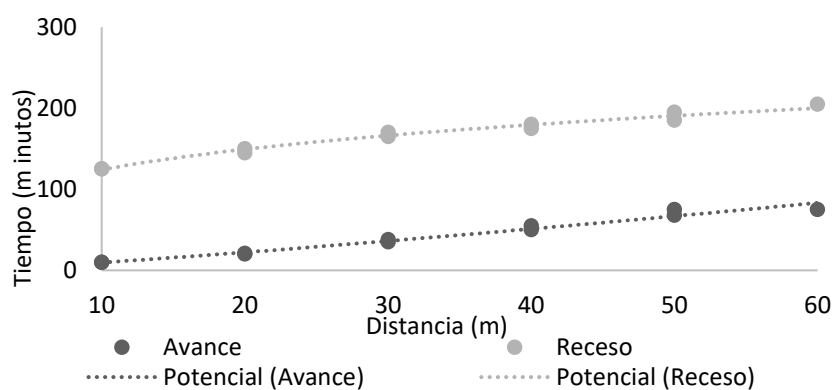


Figura: Ejemplo curva de avance y receso Q2 (1,8 L/S) – 31/01/2022

PARÁMETROS PARA EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DEL RIEGO

Eficiencia de Aplicación: $EA \% = (LN \text{ real} / LB) \times 100$

Uniformidad de Distribución:

$UD \% = (Linf \text{ en cuarto menos regado} / Linf \text{ promedio en toda la melga}) \times 100$

Escurrimiento % = (Lámina escurrida/LB) x 100

Percolación % = 100% - EA% - Escurrimiento %

RESULTADOS PARCIALES

Tiempo de riego: Utilizando el modelo de simulación WinSRFR y para condiciones particulares de las melgas asignadas a cada caudal, se determinó el tiempo de riego oportuno para asegurar una LN mínima al pie de cada melga.

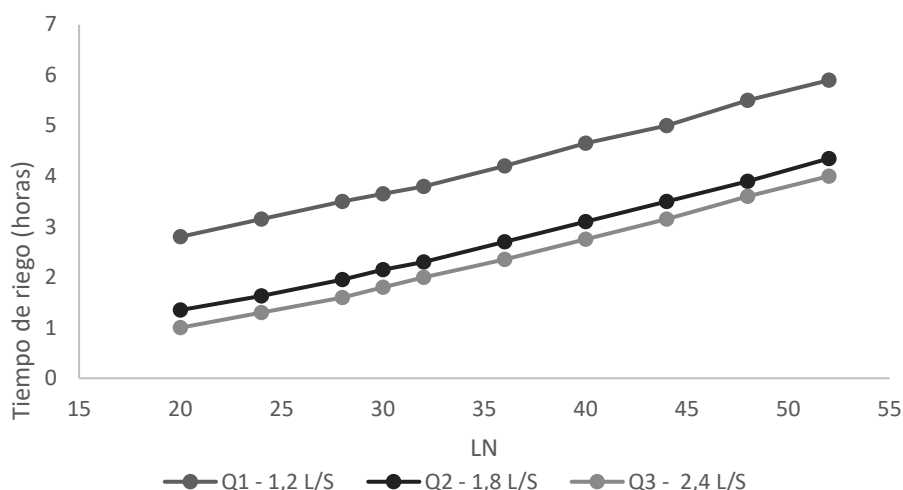


Figura: Tiempo de riego según caudal

Parámetros de desempeño:

Se presenta para cada evaluación, los datos obtenidos a campo comparándolos con datos del modelo de simulación.

Los parámetros en el modelo se obtienen de dos maneras, primero estimándolos con la LN objetivo determinada previa a la evaluación y posteriormente con la LN realmente infiltrada.

Para las dos primeras evaluaciones de riego la LN objetivo se había fijado en 30 mm independiente del caudal y de la humedad pre riego. Como ya se mencionó, a partir de la tercera evaluación, utilizando la humedad pre riego, previo a realizar el ensayo se determina LN objetivo y tiempo de riego.

Cuadro: Principales parámetros de desempeño.

14/01/2021	Evaluación		Modelo simulación LN objetivo			Modelo simulación con LN infiltrada		
L/S	EA%	UD%	LN	EA%	UD%	LN	EA%	UD%
1,2	87	93	30	74	44	34	82	44
2	94	95	30	75	78	37	82	78
3	48	96	30	38	94	40	51	94

15/01/2022	Evaluación		Modelo simulación LN objetivo			Modelo simulación con LN infiltrada		
L/S	EA%	UD%	LN	EA%	UD%	LN	EA%	UD%
1,2	94	81	30	45	77	62	85	77
2	84	92	30	58	84	42	75	84
2,4	91	89	30	53	88	51	69	88

31/01/2022	Evaluación		Modelo simulación LN objetivo			Modelo simulación con LN infiltrada		
L/S	EA%	UD%	LN	EA%	UD%	LN	EA%	UD%
1,2	73	93	30	67	57	33	74	57
2	72	91	24	71	73	24	71	73
2,4	71	96	30	73	84	28	69	84

Infiltración

Cuadro: LN (mm) objetivo y efectivamente infiltrada para cada evaluación

Q	14/01/2021		15/01/2022		31/01/2022	
	Objetivo	Infiltrada	Objetivo	Infiltrada	Objetivo	Infiltrada
1	41	34	89	62	30	30
2	35	37	63	42	24	22
3	47	40	73	51	30	31

Además de conocer el comportamiento promedio, es importante estar al tanto del comportamiento a lo largo del ensayo, por esto se presenta en las siguientes tres figuras, datos de lámina infiltrada en cada evaluación y se realiza un cálculo de LN infiltrada (mm) menos LN objetivo (mm), que denominamos déficit, para conocer si se tuvo un exceso o una faltante de agua a lo largo del ensayo.

Cuando el déficit es positivo es porque en esa zona ocurrió una infiltración de agua menor a la requerida (riego deficiente).

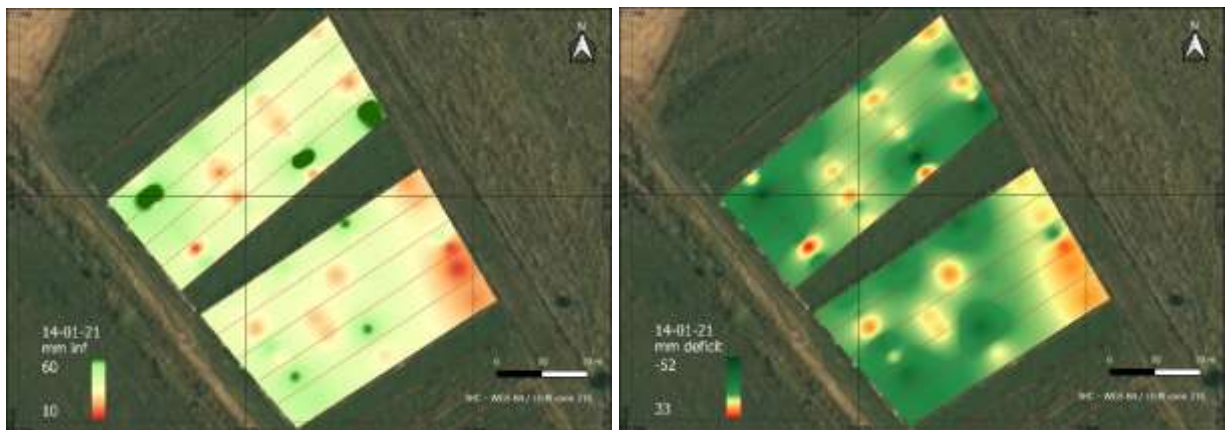


Figura: Izquierda: LN infiltrada (mm). Derecha: cálculo de LN infiltrada - LN objetivo (mm), (Déficit) en la evaluación del 14/01/21

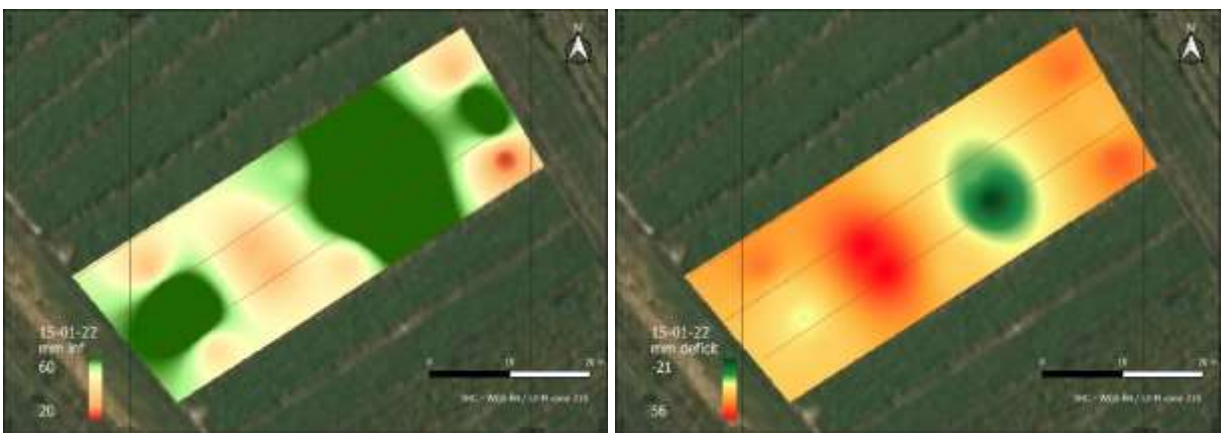


Figura: Izquierda: LN infiltrada (mm). Derecha: cálculo de LN infiltrada - LN objetivo (mm), (Déficit) en la evaluación del 15/01/22

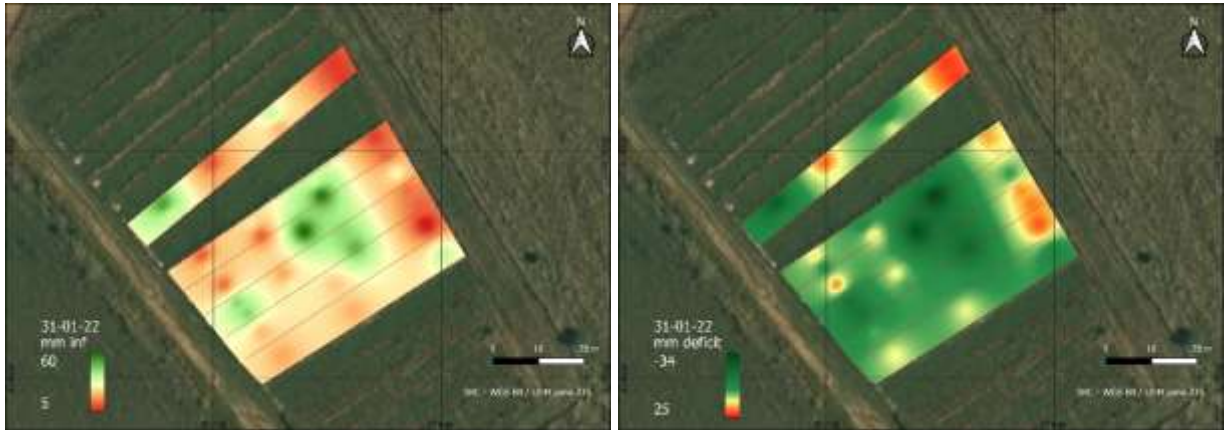


Figura: Izquierda: LN infiltrada (mm). Derecha: cálculo de LN infiltrada - LN objetivo (mm), (Déficit) en la evaluación del 31/01/22

Nota: Tonalidades de rojo muestra baja lámina infiltrada y déficit positivo (riego deficiente). Tonalidades verdes muestran una eficiente o alta lámina infiltrada y déficit negativo (riego adecuado)

Analizando el último cuadro y las tres últimas figuras, se puede afirmar que para la primer y tercer evaluación se obtuvo una LN infiltrada muy próxima a la LN objetivo, lo que demuestra un momento oportuno de riego y una evaluación correcta.