

Operación de riego por goteo

Herramientas de manejo, control y monitoreo en viticultura

Mendoza, 11/08/2017



ARGENTINA
200 AÑOS DE
INDEPENDENCIA



Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación

Temas a abordar

1. Balance hídrico
2. Demandas:
 - 2.1. Demanda ambiental (ETo)
 - 2.2. Demanda del cultivo (ETr)
3. Monitoreo y programación
4. Plataforma de asesoramiento al regante (INTA)
5. Uso del software Cropwat (FAO)

1- Balance hídrico

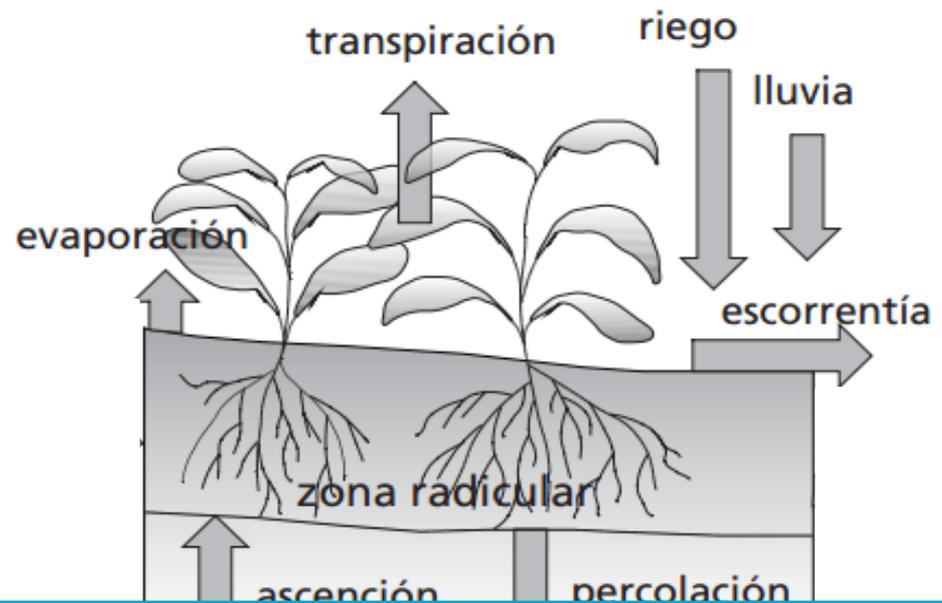
□ Agua Disponible en el Suelo

$ADS = (\text{Entradas de agua}) - (\text{Salidas de agua})$

$ADS = (LR + PP + AC) - (ES + PE + T + E)$

CONSIDERACIONES

- Sólo una parte de la PP es útil para el cultivo (PPE)
- $AC = 0$ cuando la napa freática está a > 1 m debajo de la raíz
- $ES \sim 0$ en riego por goteo
- $E + T = ET$



Controlar el balance hídrico en el suelo de cultivos permite calcular la LR a aplicar de acuerdo a las condiciones climáticas y estado fenológico del cultivo.

Agua disponible en el suelo

- ❑ **Capacidad de Campo (W_c):** cantidad de agua que un suelo bien drenado puede retener contra las fuerzas de gravedad.

A medida que aumenta el consumo, el agua remanente queda retenida con mayor fuerza por las partículas de suelo → el agua es más difícil de extraer por la planta.

- ❑ **Punto de Marchitez Permanente (W_m):** cantidad de agua retenida en el suelo que las plantas ya no pueden extraer (se marchitan permanentemente).

Agua disponible en el suelo

□ $W_d = ADT =$ agua disponible total

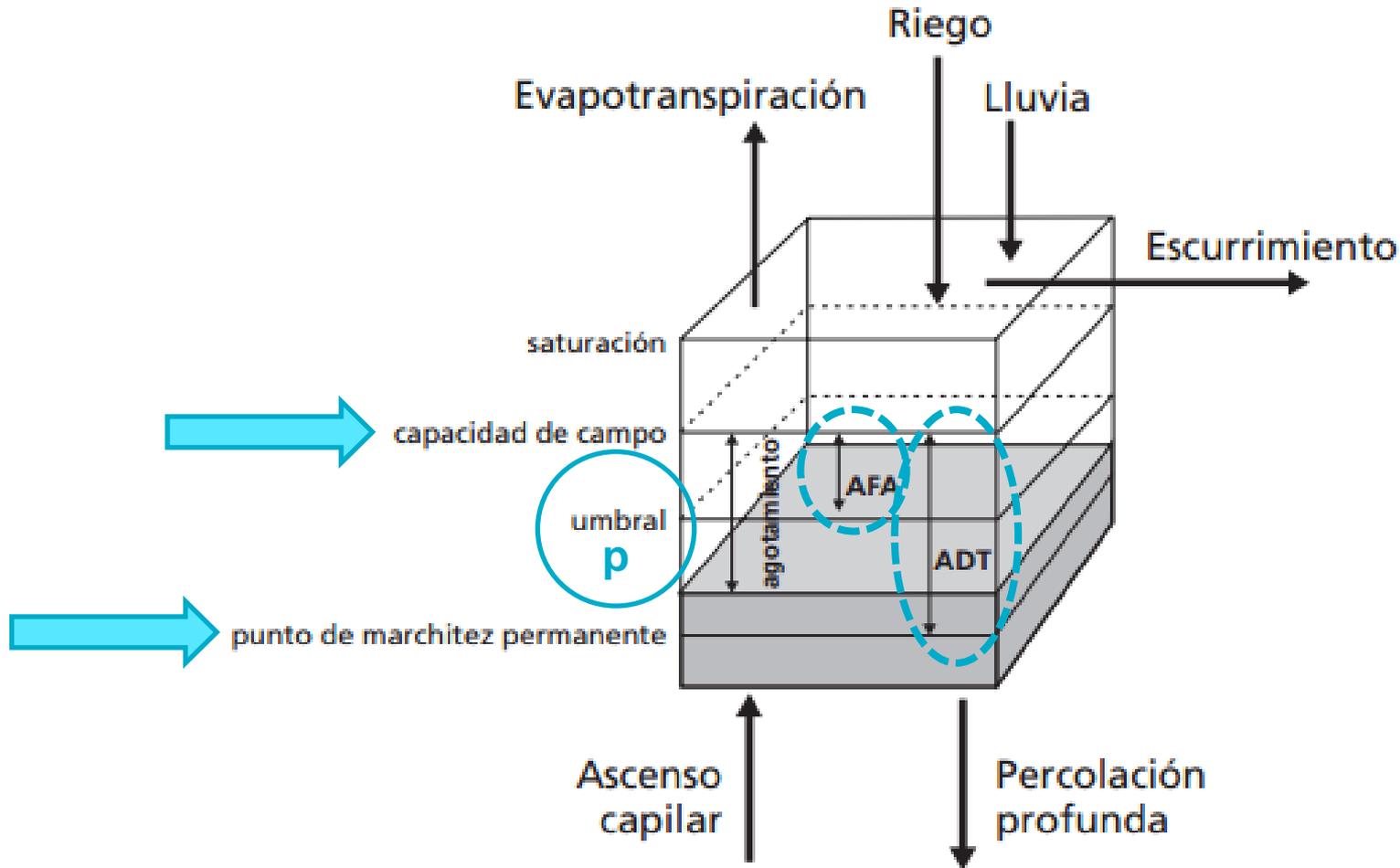
$$W_d = W_c - W_m$$

□ $p =$ fracción de W_d que puede ser agotada por el cultivo antes de presentar estrés hídrico (ej. 0,45 vid).

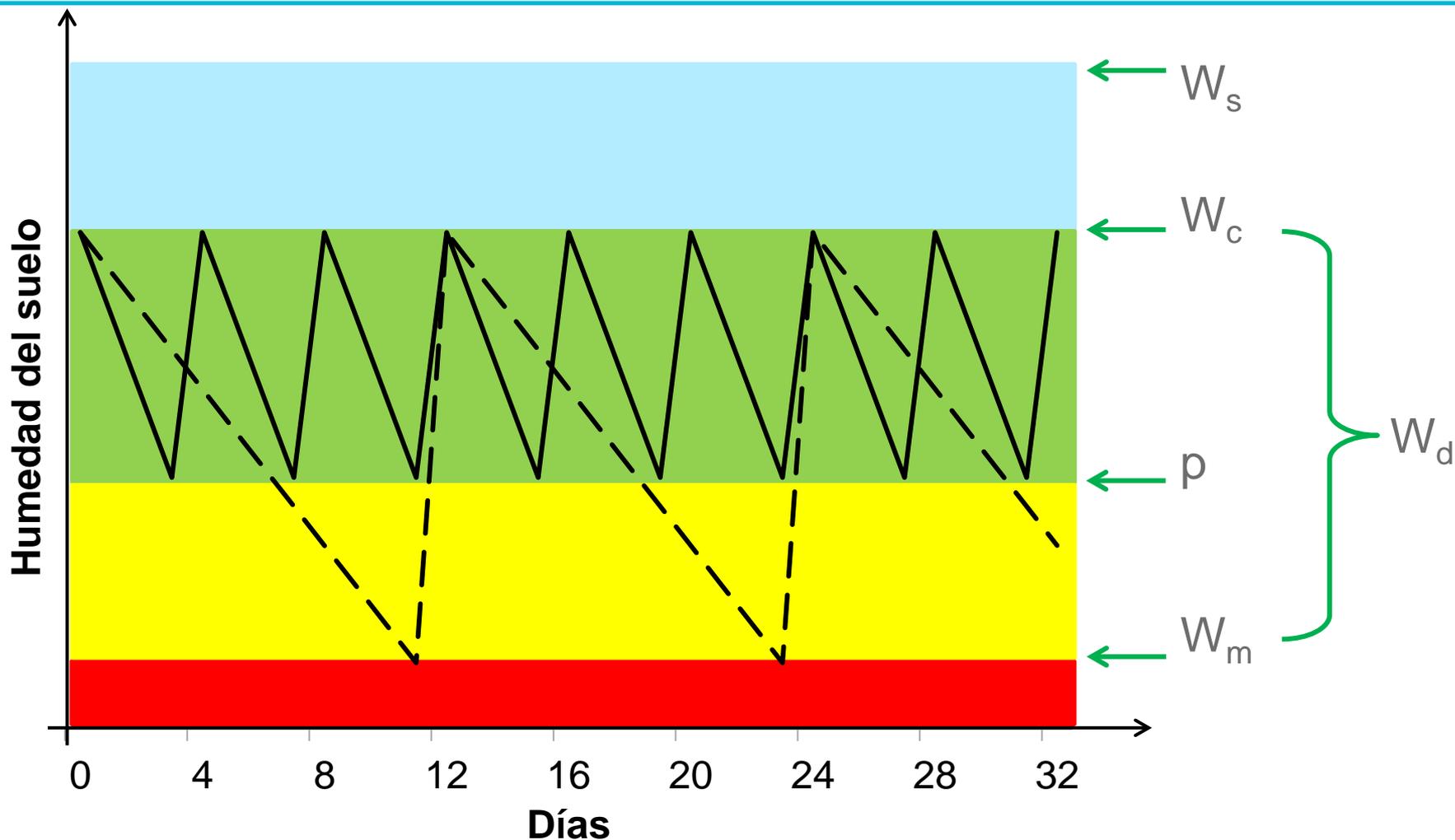
□ $W_{ur} = AFA =$ agua fácilmente aprovechable

$$W_{ur} = W_d \times p$$

Agua disponible en el suelo

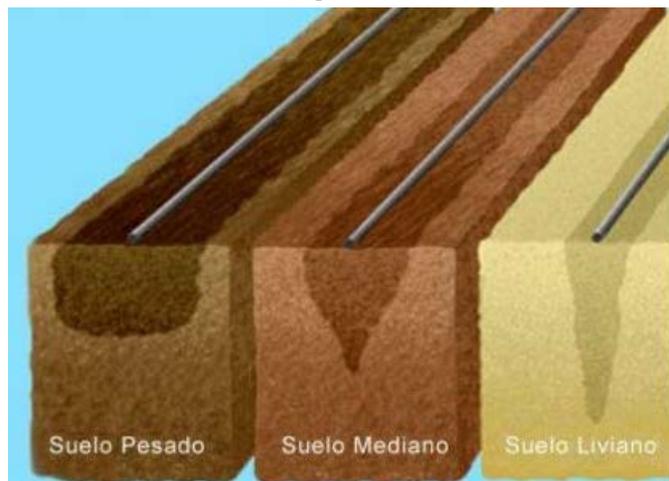


Dinámica del agua en el suelo a través del tiempo



¿Para qué regamos?

- ❑ Para compensar las salidas de agua o pérdidas por evapotranspiración.
- ❑ En el momento preciso: **cuando se agota el $AFA = W_{ur}$**
- ❑ En la cantidad adecuada: si agregamos más agua de la agotada en el suelo, entonces perdemos agua por PE y nutrientes por lavado → depende de la textura del suelo



¿Para qué regamos?

- ❑ Para compensar las salidas de agua o pérdidas por evapotranspiración.
- ❑ En el momento preciso: **cuando se agota el $AFA = W_{ur}$**
- ❑ En la cantidad adecuada: si agregamos más agua de la agotada en el suelo, entonces perdemos agua por PE y nutrientes por lavado → depende de la textura del suelo
- ❑ Pero si se regara de esa manera se salinizaría el suelo → por lo tanto:

Necesidad de Riego + Requerimiento de Lixiviación

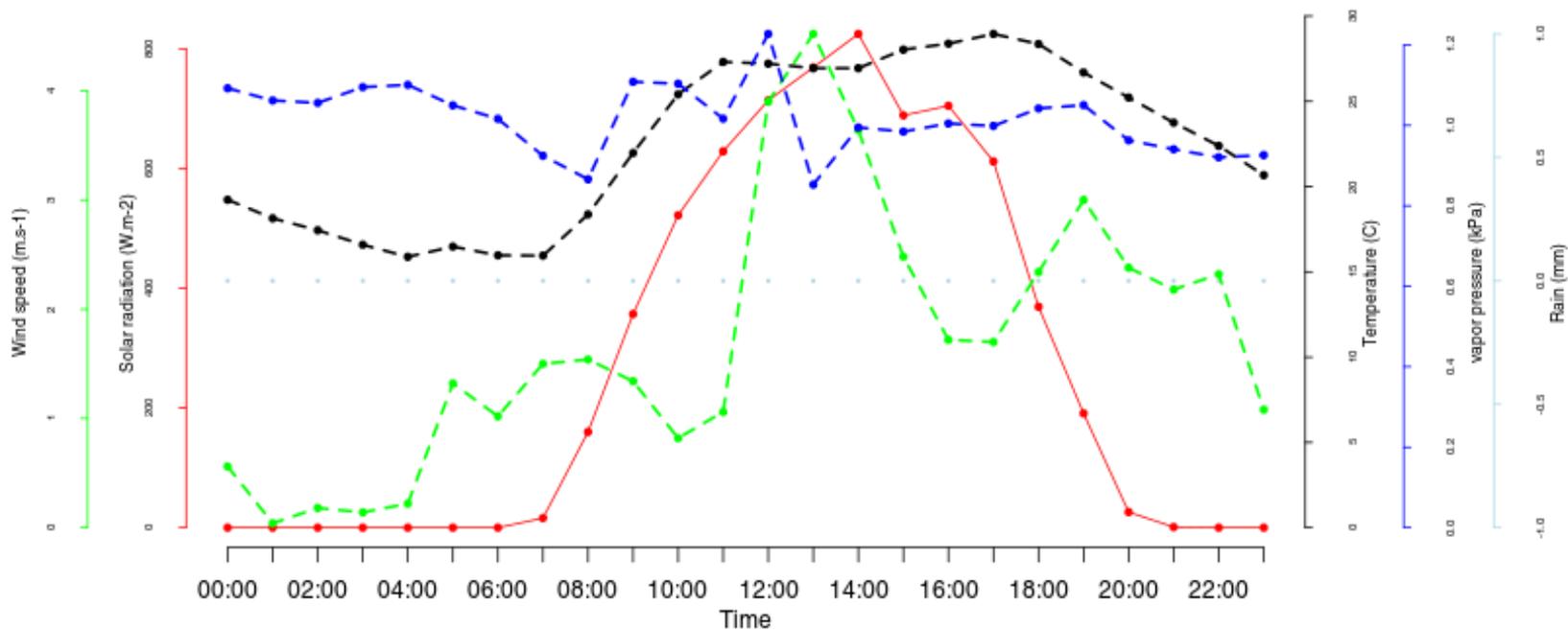
****Para asegurar un balance salino favorable****

2.1- Demanda ambiental

- ❑ La evapotranspiración de referencia es una forma de medir la demanda evapotranspirativa ambiental.
- ❑ Ecuación de Penman – Monteith → cálculo de la evapotranspiración de referencia ETo .
- ❑ Depende del déficit de presión de vapor, radiación neta y el viento.

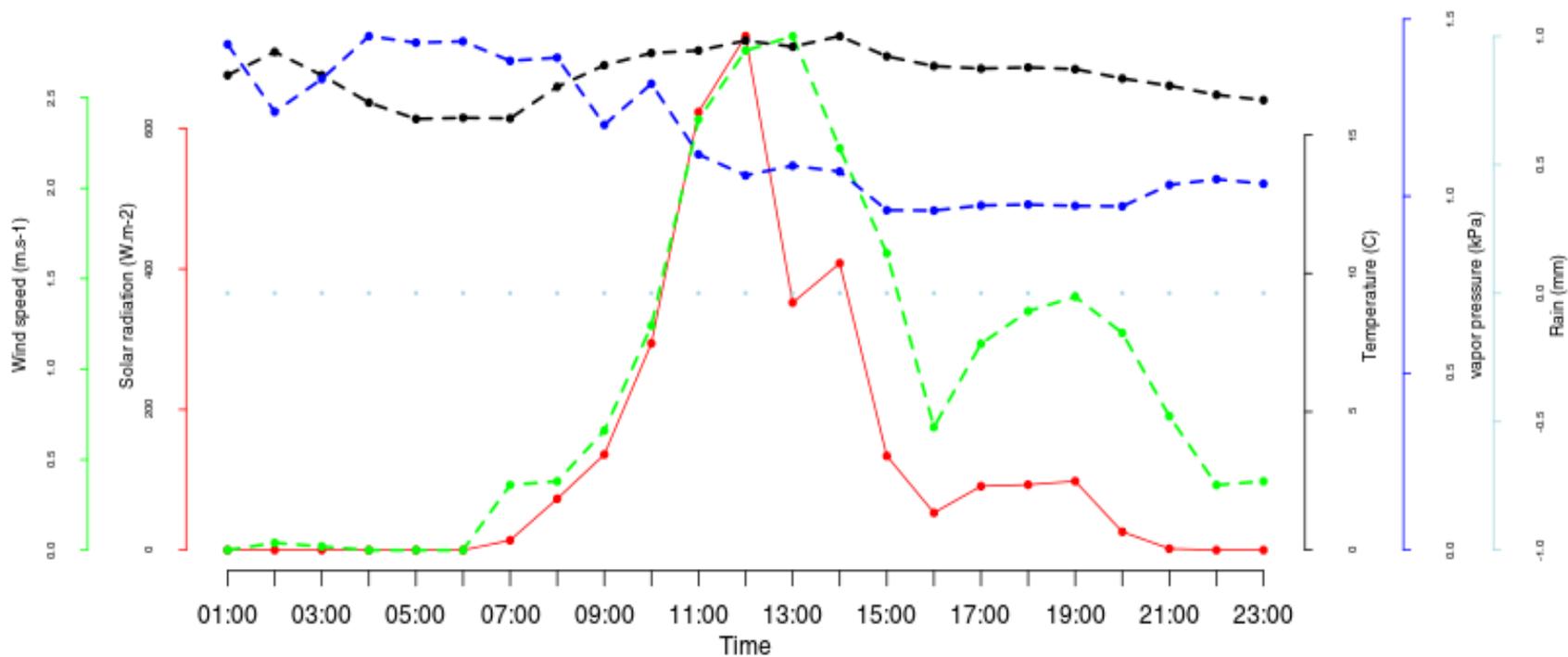
$$ETo = \frac{0,408 \times \Delta \times (Rn - G) + \gamma \times \frac{Cn}{T + 273} \times u2 \times (es - ea)}{\Delta + \gamma \times (1 + Cd \times u2)}$$

Evapotranspiración potencial



$E_{To} = 7.61 \text{ mm}$

Evapotranspiración potencial



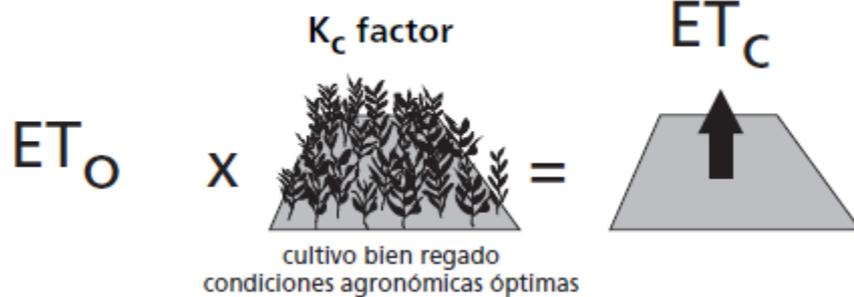
ETo = 2.99 mm

40%

2.2- Demanda del cultivo



□ ET_0 → sólo se calcula con los datos climáticos.



□ ET_c → se modifica según el cultivo (cultivo sin restricciones de ningún tipo: **hídricas, edáficas, nutritivas, sanitarias**).

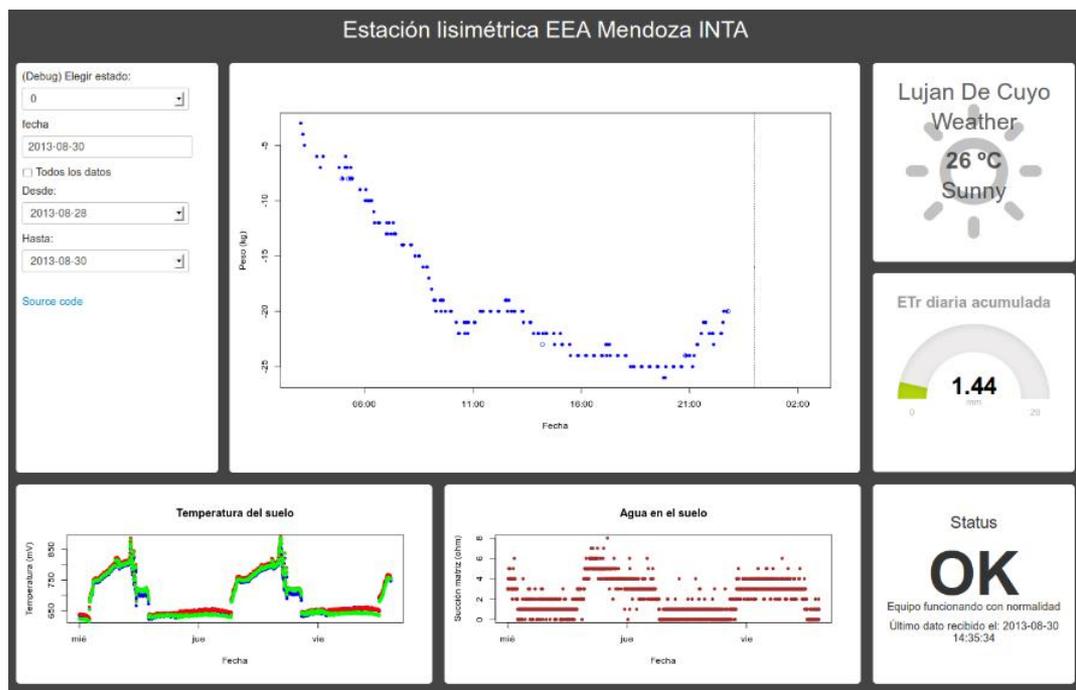
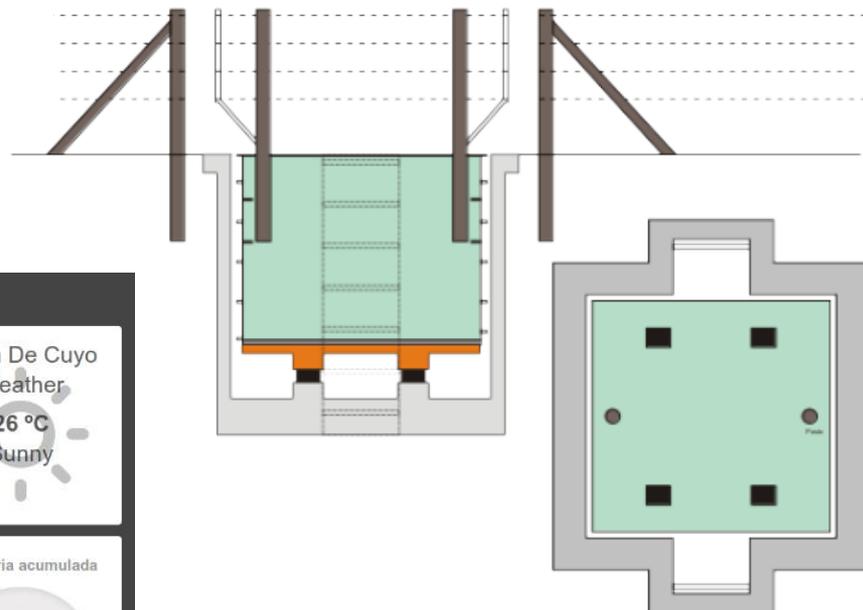


□ ET_r → se modifica según las condiciones REALES de cultivo.

Coeficiente de cultivo - Lisímetro

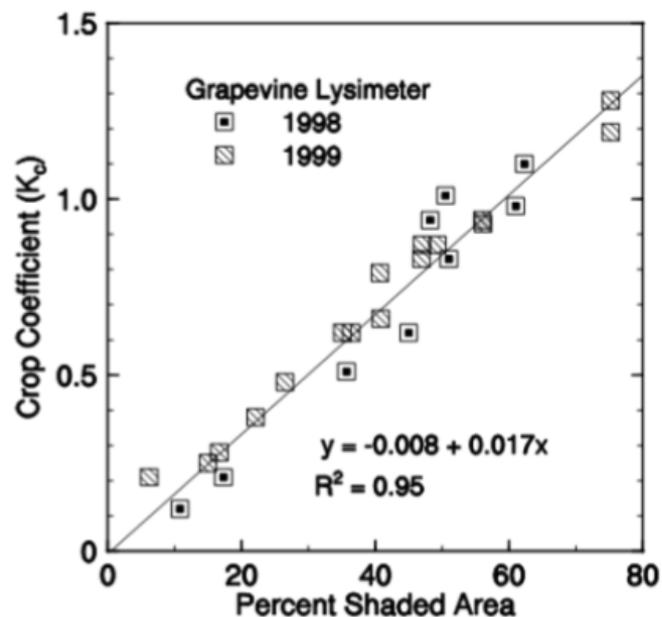
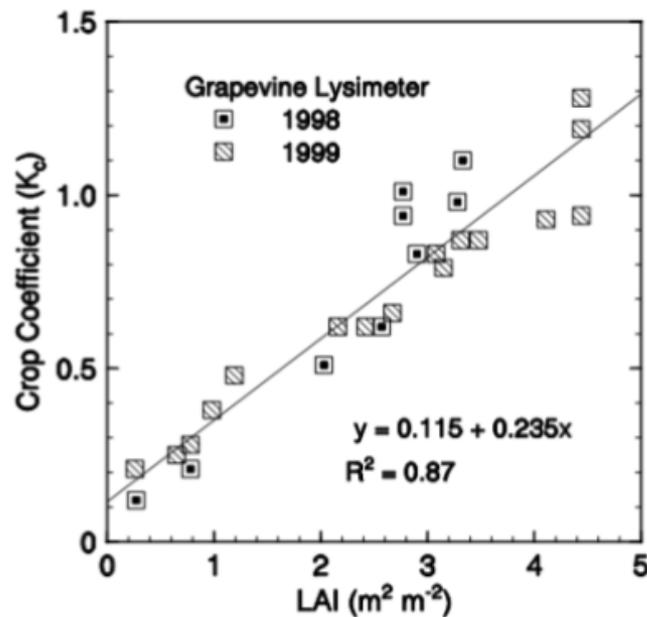


Coeficiente de cultivo - Lisímetro



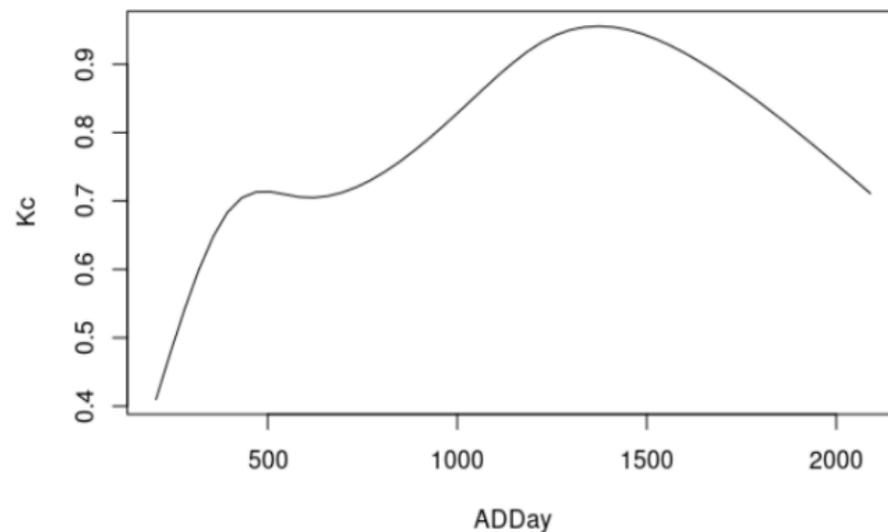
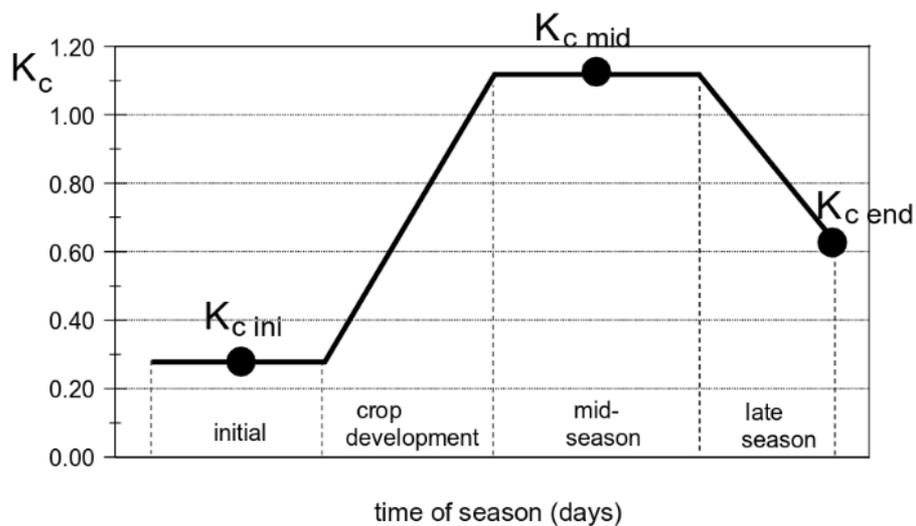
Coeficiente de cultivo

- ❑ Fracción de agua usada por un cultivo determinado con respecto a la ETo en un lugar determinado.
- ❑ Depende del estado de desarrollo del cultivo, fracción de cobertura, altura del cultivo y resistencia de la canopia.



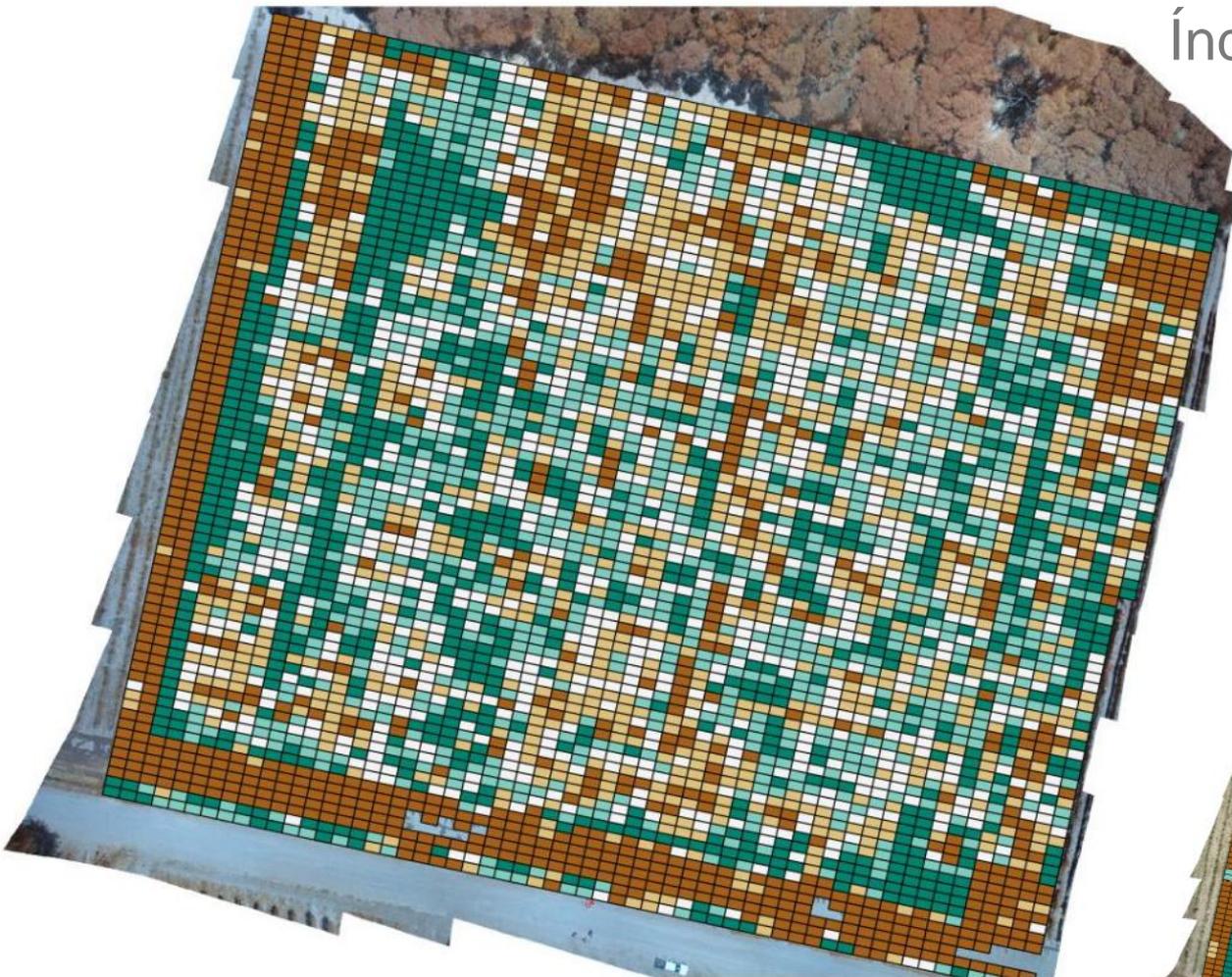
Coeficiente de cultivo – Datos tabulares

	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Kc Oriolani	0.44	0.57	0.65	0.70	0.70	0.67	0.60	0.50
Kc Vallone	0.44	0.57	0.87	0.76	1.00	1.00	0.66	0.50
Kc FAO	0.55	0.65	0.75	0.90	0.90	0.80	0.70	0.70



Coeficiente de cultivo – Variabilidad espacial

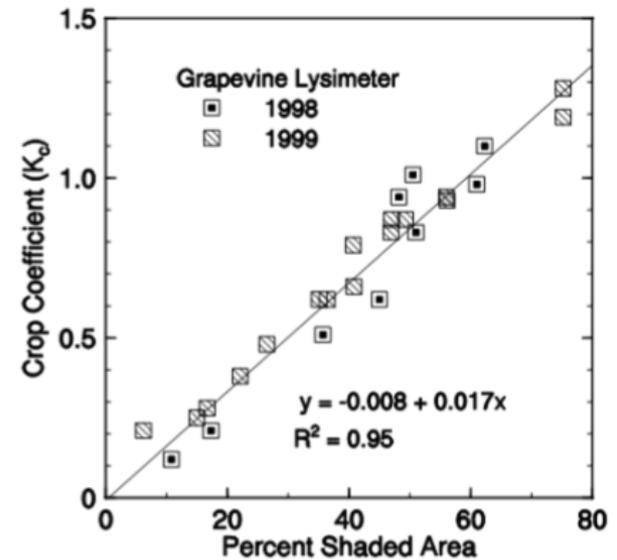
Índice de área foliar



Fracción de cobertura



Coeficiente de cultivo – Sombreamiento



Effect of row spacing on the seasonal crop coefficient of a VSP trellis.

Equations for other row spacings:

$$7 \text{ ft. } K_c = 0.74 / (1 + e^{-(x - 525)/301})$$

$$8 \text{ ft. } K_c = 0.65 / (1 + e^{-(x - 525)/301})$$

$$9 \text{ ft. } K_c = 0.58 / (1 + e^{-(x - 525)/301})$$

$$10 \text{ ft. } K_c = 0.52 / (1 + e^{-(x - 525)/301})$$

$$11 \text{ ft. } K_c = 0.47 / (1 + e^{-(x - 525)/301})$$

(7 ft = 2.13 m; 8 ft = 2.44 m; 9 ft = 2.74 m;

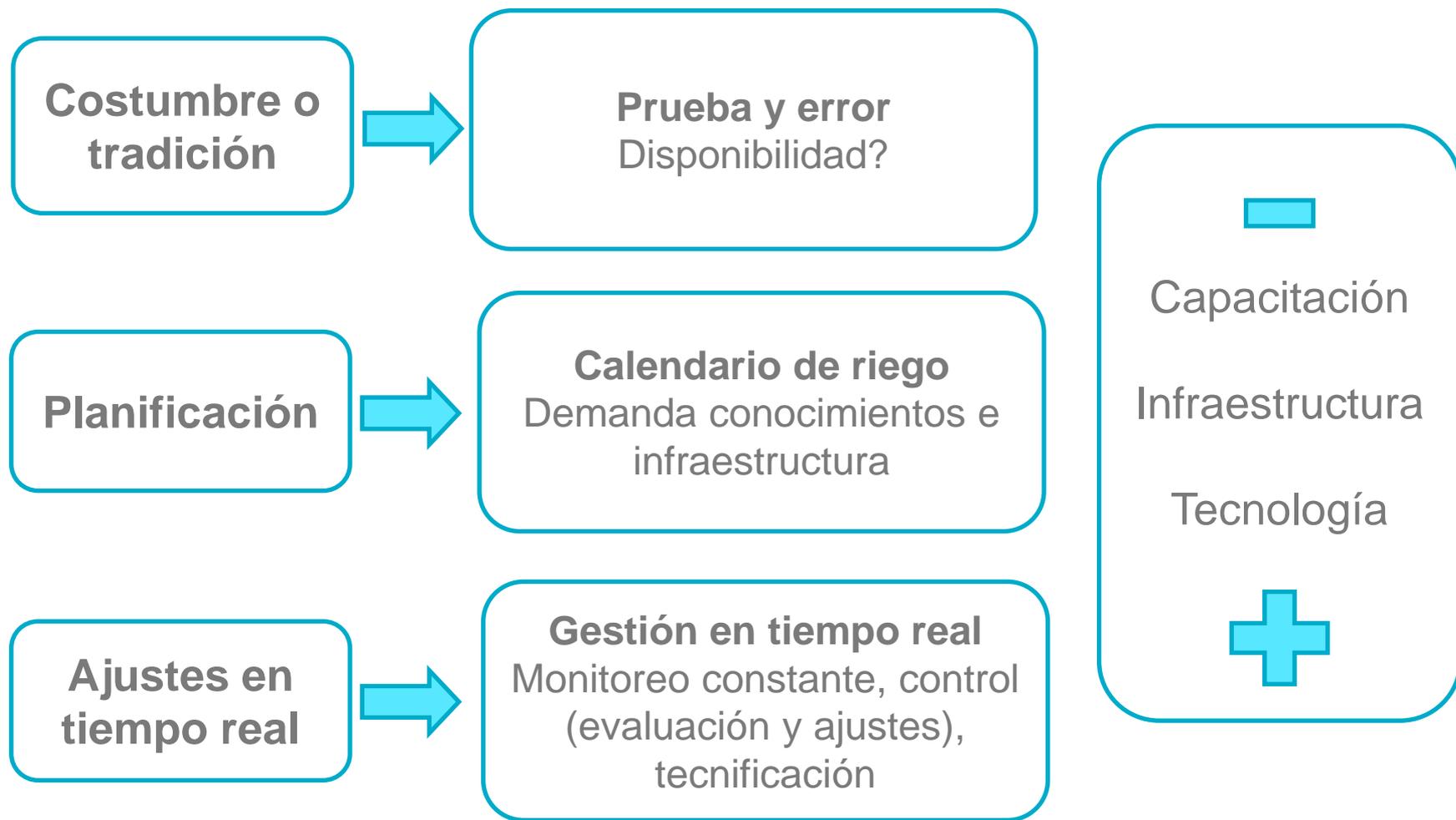
10 ft = 3.05 m and 11 ft = 3.35 m)



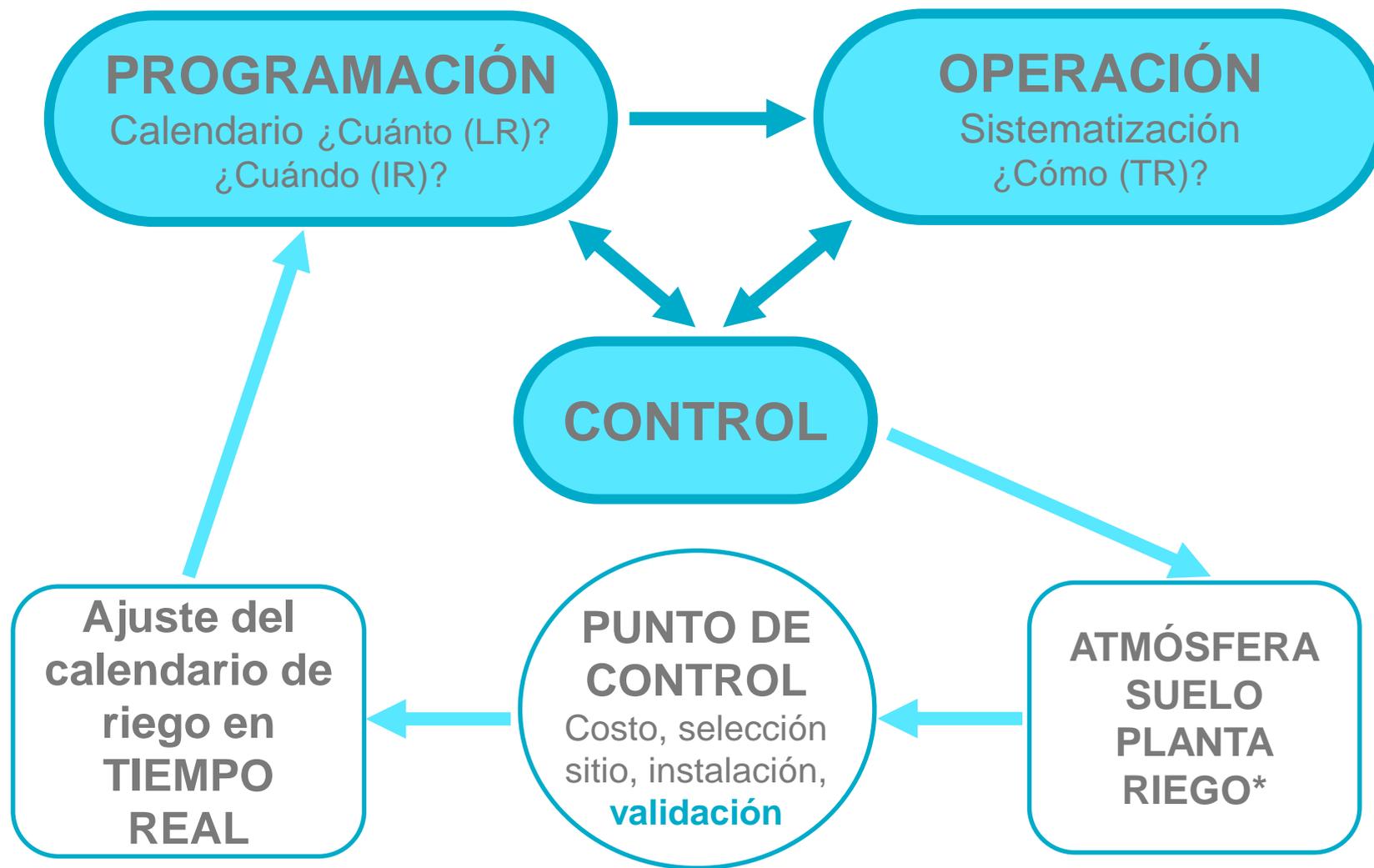
3- Monitoreo y programación

1. Formas de operación del riego
2. Esquema de gestión del riego en tiempo real
3. Sensores:
 - Atmósfera
 - Suelo
 - Planta
4. Láminas de riego
5. Coeficiente de uniformidad
6. Ejemplo de programación
7. Beneficios del monitoreo

Formas de operación del riego en finca



Esquema de gestión del riego en tiempo real



Sensores – ATMÓSFERA

□ Estación meteorológica

Medición de variables climáticas:

- Temperatura
- Radiación
- Humedad relativa
- Viento



Sensores - SUELO

EVALUACIÓN DEL AGUA DEL SUELO

Métodos que miden
contenido de agua (w)

Directos

Indirectos

¿Cuánto?

Métodos que miden
energía de retención (SM)

Directos

Indirectos

¿Cuándo?

Sensores - SUELO

EVALUACIÓN DEL AGUA DEL SUELO

Métodos que miden contenido de agua (w)

Directos

Gravimétrico

Indirectos

Neutrométrico

Dieléctricos

FDR (Frecuency Domain Reflectometry)

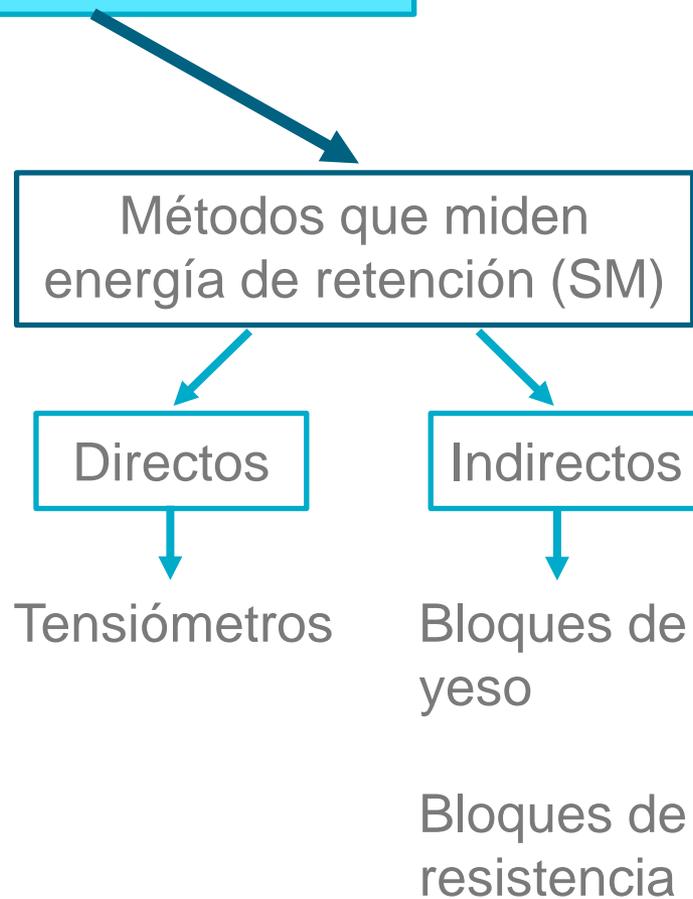
TDR (Time Domain Reflectometry)



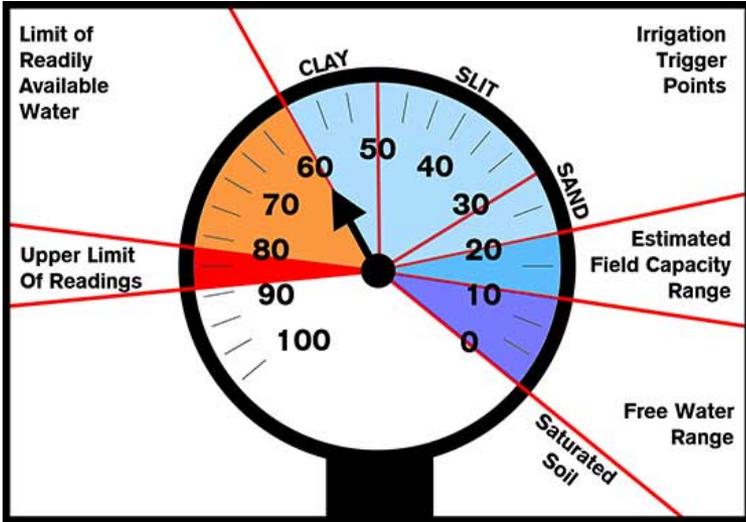
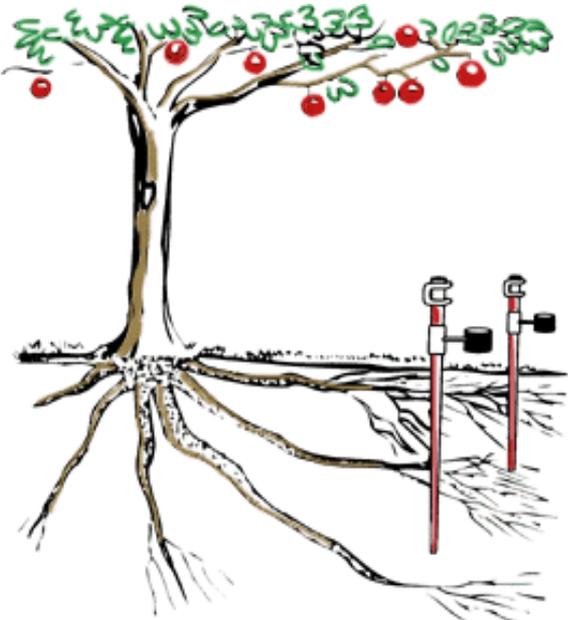
Sensores dieléctricos



EVALUACIÓN DEL AGUA DEL SUELO



Tensiómetros

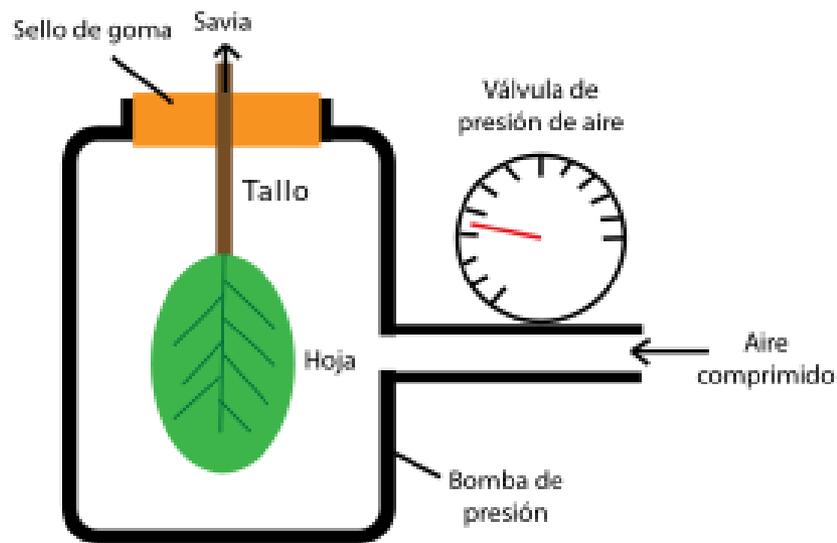


Bloques



Sensores – PLANTA

- **Cámara de Scholander:** para la medición del estado hídrico del cultivo.



Algunas experiencias en programación

- En muchos países la **programación** del riego está asociada a sistemas informáticos y redes de estaciones meteorológicas automáticas:

“SISTEMAS DE ASESORAMIENTO AL REGANTE”

- **MÉXICO**: “Sistema de Pronóstico del Riego en Tiempo Real” → reducción 20% de agua y aumento 26% en rendimiento.
- **CALIFORNIA**: “California Irrigation Management Information System” → optimización de frecuencia de riego y reducción del agua aplicada en viñedos.
- **CHILE**: “Sistema Integral para la Gestión Hídrica” → en viñas disminución de tiempos de riego 50%, ahorro de agua de 30-60% (energía 30%), aumento de la calidad del vino 20-30%.

Láminas de riego

- Lámina neta de riego (cultivo): $LN = ET_c - PPe$

CÁLCULO DE PPe

Fracción de la PP total que es aprovechada por las plantas

- **Método USDA (Servicio de Conservación de Suelos)**

$PPe = PP \times (125 - 0.2 \times PP / 125)$... para $PP \leq 50$ mm

- **Método FAO**

$PPe = 0.6 \times PP - 10$ para $PP \leq 70$ mm/mes

$PPe = 0.8 \times PP - 24$ para $PP > 70$ mm/mes

- **Método FAO para climas secos**

$PPe = 0.75 \times (PP - 5)$ para $PP > 5$ mm

Láminas de riego

□ Lámina neta de riego (cultivo): $LN = ETc - PPe$

□ Lámina de reposición (suelo):

$$LR = \frac{Wc - Wm}{100} \times D \times PEA \times p \times PSM \times 10$$

□ Lámina bruta de riego: $LB = \frac{LN}{CU \times (1-K)}$



Láminas de riego - k

❑ EFICIENCIA DE APLICACIÓN

Depende de:

- profundidad de la raíz del cultivo
- textura del suelo

Prof. Raiz	Aren	Fco	Arci
<0.75 m	0.90	0.95	0.95
0.75-1.5 m	0.90	0.95	1.00
>1.5 m	0.95	1.00	1.00

Ej. $k = 1 - EA = 0.05$

❑ RELACIÓN DE LIXIVIACIÓN

Para riego por goteo (Allen, 1997)

$$RL = \frac{CE_i}{6 \times CE_e - 2 \times CE_i}$$

- CE_i = conductividad eléctrica del agua de riego (ej. 0.9 dS/m)
- CE_e = CE del extracto de saturación que disminuye un 10% el rendimiento del cultivo (vid: 2.5 dS/m)

Ej. $k = RL = 0.07$

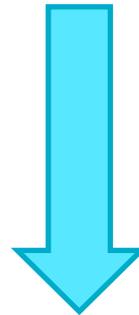
Láminas de riego

□ Lámina neta de riego (cultivo): $LN = ETc - PPe$

□ Lámina de reposición (suelo):

$$LR = \frac{Wc - Wm}{100} \times D \times PEA \times p \times PSM$$

□ Lámina bruta de riego: $LB = \frac{LN}{CU \times (1-K)}$



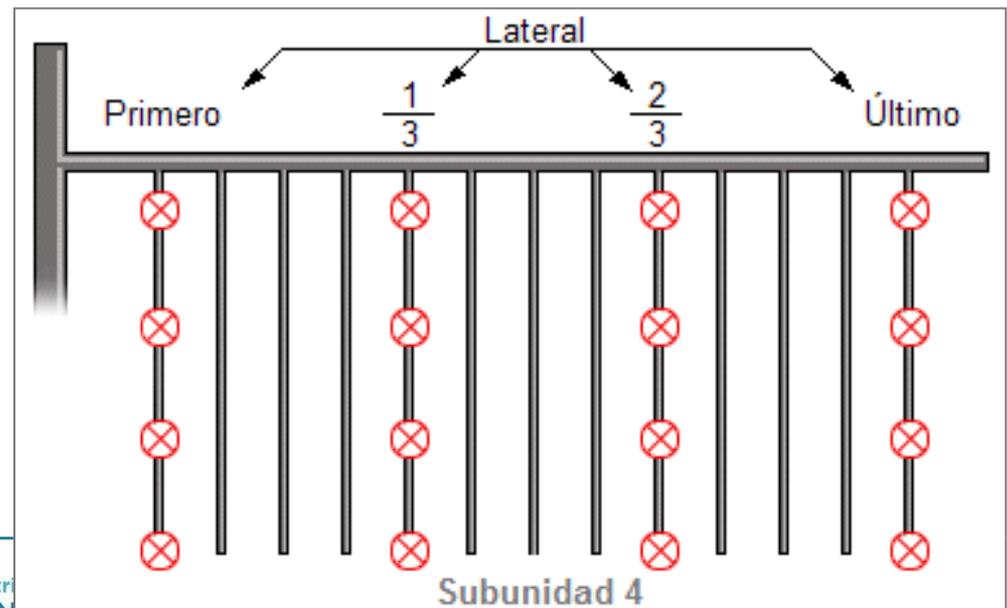
Láminas de riego – CU

□ COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

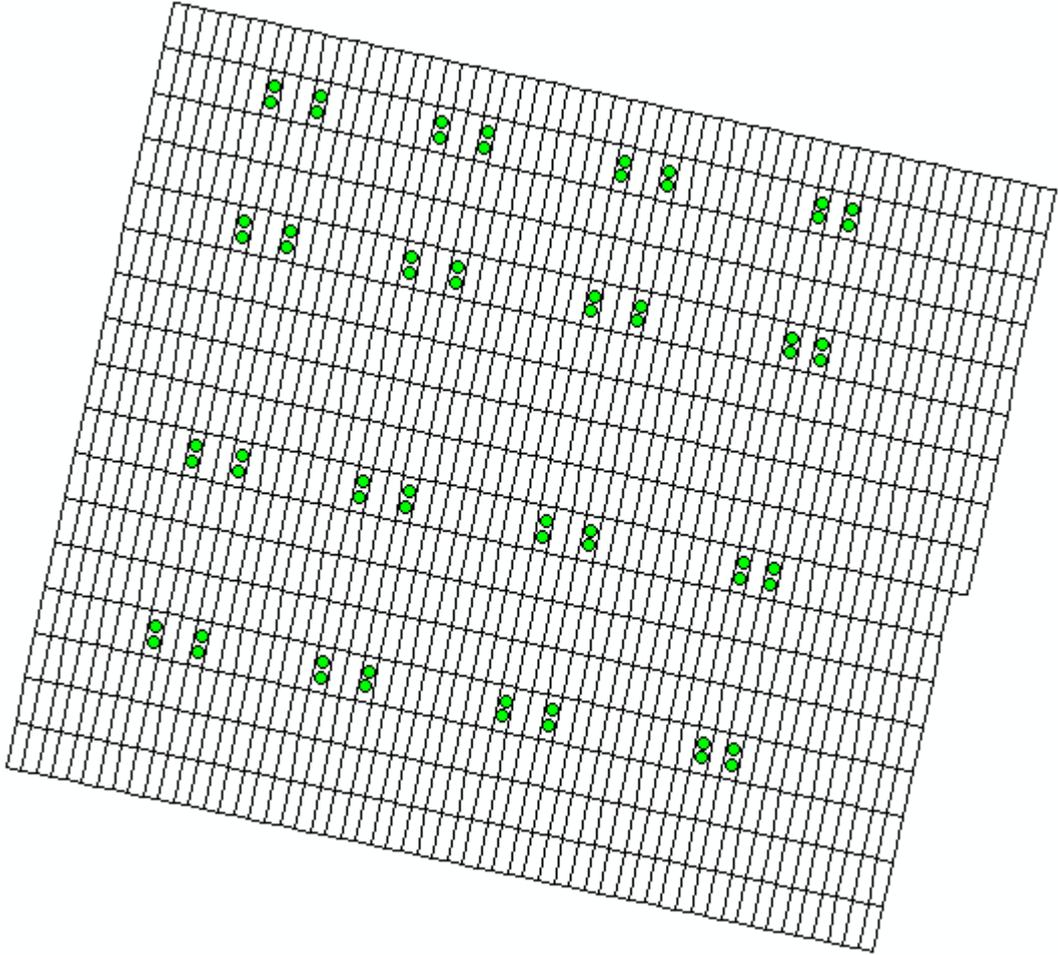
(Método de Merriam y Keller modificado, 1992)

1. Medir el caudal de 16 goteros (4 laterales, 4 goteros por lateral)
2. Calcular la media del caudal de todos los goteros (**q_{med}**)
3. Calcular la media del caudal del 1/4 de los goteros más perjudicados (**q_{min}**)
4. Calcular:

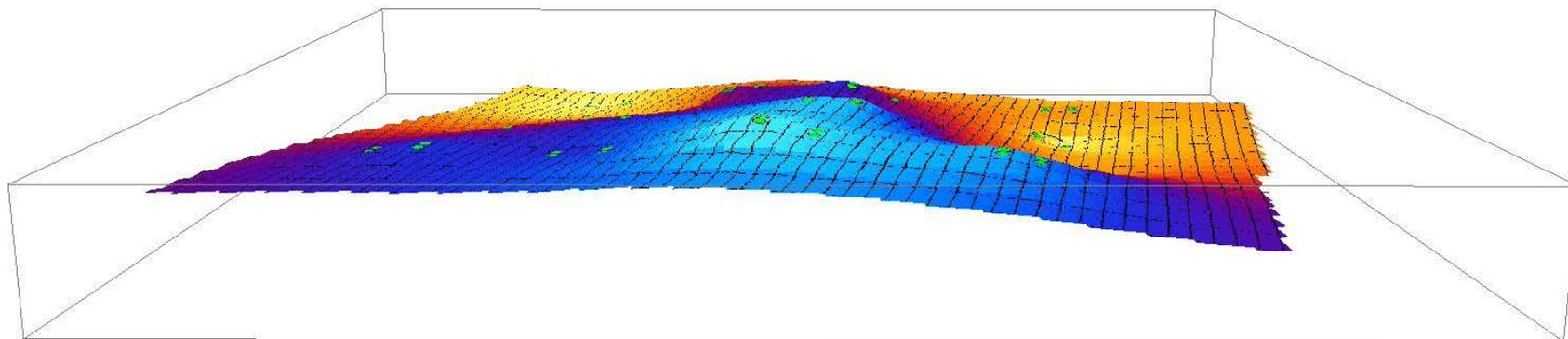
$$CU = \frac{q_{min}}{q_{med}} \times 100$$



Láminas de riego – CU



Láminas de riego – CU



Láminas de riego

□ Intervalo de riego: $IR = \frac{LR}{LB}$

□ Intensidad de precipitación del equipo: $IP = \frac{Qg}{DEH \times DEG}$

□ Tiempo de riego: $TR = \frac{LR/CU}{IP}$

Ejemplo: Programación

Meses	ETo mm/d	kc	ETc=LN mm/d	CU	IP mm/h	LR mm	LB mm/d	IR días	TR horas
09/2016	3.3	0.40							
10/2016	4.5	0.65							
11/2016	5.5	0.70							
12/2016	6.0	0.70							
01/2017	5.8	0.70							
02/2017	4.8	0.68							
03/2017	3.9	0.60							
04/2017	2.6	0.47							

Ejemplo: Programación

Meses	ETo mm/d	kc	ETc=LN mm/d	CU	IP mm/h	LR mm	LB mm/d	IR días	TR horas
09/2016	3.3	0.40	1.3						
10/2016	4.5	0.65	2.9						
11/2016	5.5	0.70	3.9						
12/2016	6.0	0.70	4.2						
01/2017	5.8	0.70	4.0						
02/2017	4.8	0.68	3.3						
03/2017	3.9	0.60	2.3						
04/2017	2.6	0.47	1.2						

Ejemplo: Programación

Meses	ETo mm/d	kc	ETc=LN mm/d	CU	IP mm/h	LR mm	LB mm/d	IR días	TR horas
09/2016	3.3	0.40	1.3	0.95					
10/2016	4.5	0.65	2.9	0.95					
11/2016	5.5	0.70	3.9	0.95					
12/2016	6.0	0.70	4.2	0.95					
01/2017	5.8	0.70	4.0	0.95					
02/2017	4.8	0.68	3.3	0.95					
03/2017	3.9	0.60	2.3	0.95					
04/2017	2.6	0.47	1.2	0.95					

Ejemplo: Programación

Meses	ETo mm/d	kc	ETc=LN mm/d	CU	IP mm/h	LR mm	LB mm/d	IR días	TR horas
09/2016	3.3	0.40	1.3	0.95	1.3				
10/2016	4.5	0.65	2.9	0.95	1.3				
11/2016	5.5	0.70	3.9	0.95	1.3				
12/2016	6.0	0.70	4.2	0.95	1.3				
01/2017	5.8	0.70	4.0	0.95	1.3				
02/2017	4.8	0.68	3.3	0.95	1.3				
03/2017	3.9	0.60	2.3	0.95	1.3				
04/2017	2.6	0.47	1.2	0.95	1.3				

- $IP = 2 \text{ l/h} / (2.5 \text{ m} \times 0.6 \text{ m}) = 1.3 \text{ mm/h}$

Ejemplo: Programación

Meses	ET _o mm/d	kc	ET _c =LN mm/d	CU	IP mm/h	LR mm	LB mm/d	IR días	TR horas
09/2016	3.3	0.40	1.3	0.95	1.3	10			
10/2016	4.5	0.65	2.9	0.95	1.3	10			
11/2016	5.5	0.70	3.9	0.95	1.3	10			
12/2016	6.0	0.70	4.2	0.95	1.3	10			
01/2017	5.8	0.70	4.0	0.95	1.3	10			
02/2017	4.8	0.68	3.3	0.95	1.3	10			
03/2017	3.9	0.60	2.3	0.95	1.3	10			
04/2017	2.6	0.47	1.2	0.95	1.3	10			

- $IP = 2 \text{ l/h} / (2.5 \text{ m} \times 0.6 \text{ m}) = 1.3 \text{ mm/h}$
- $LR = ((22 \text{ g\%g} - 10 \text{ g\%g})/100) \times 1 \text{ m} \times 1.4 \text{ g/cm}^3 \times 0.20 \times 30\% = 10 \text{ mm}$

Ejemplo: Programación

Meses	ETo mm/d	kc	ETc=LN mm/d	CU	IP mm/h	LR mm	LB mm/d	IR días	TR horas
09/2016	3.3	0.40	1.3	0.95	1.3	10	1.5		
10/2016	4.5	0.65	2.9	0.95	1.3	10	3.3		
11/2016	5.5	0.70	3.9	0.95	1.3	10	4.4		
12/2016	6.0	0.70	4.2	0.95	1.3	10	4.8		
01/2017	5.8	0.70	4.0	0.95	1.3	10	4.5		
02/2017	4.8	0.68	3.3	0.95	1.3	10	3.7		
03/2017	3.9	0.60	2.3	0.95	1.3	10	2.6		
04/2017	2.6	0.47	1.2	0.95	1.3	10	1.4		

- EA = 0.95 → 1-EA = 0.05

- RL = 0.07

$$LB = \frac{LN}{CU \times (1 - k)}$$

Ejemplo: Programación

Meses	ETo mm/d	kc	ETc=LN mm/d	CU	IP mm/h	LR mm	LB mm/d	IR días	TR horas
09/2016	3.3	0.40	1.3	0.95	1.3	10	1.5	7	
10/2016	4.5	0.65	2.9	0.95	1.3	10	3.3	3	
11/2016	5.5	0.70	3.9	0.95	1.3	10	4.4	2	
12/2016	6.0	0.70	4.2	0.95	1.3	10	4.8	2	
01/2017	5.8	0.70	4.0	0.95	1.3	10	4.5	2	
02/2017	4.8	0.68	3.3	0.95	1.3	10	3.7	3	
03/2017	3.9	0.60	2.3	0.95	1.3	10	2.6	4	
04/2017	2.6	0.47	1.2	0.95	1.3	10	1.4	7	

$$LB = \frac{LN}{CU \times (1 - k)}$$

$$IR = \frac{LR}{LB}$$

Ejemplo: Programación

Meses	ETo mm/d	kc	ETc=LN mm/d	CU	IP mm/h	LR mm	LB mm/d	IR días	TR horas
09/2016	3.3	0.40	1.3	0.95	1.3	10	1.5	7	8
10/2016	4.5	0.65	2.9	0.95	1.3	10	3.3	3	8
11/2016	5.5	0.70	3.9	0.95	1.3	10	4.4	2	8
12/2016	6.0	0.70	4.2	0.95	1.3	10	4.8	2	8
01/2017	5.8	0.70	4.0	0.95	1.3	10	4.5	2	8
02/2017	4.8	0.68	3.3	0.95	1.3	10	3.7	3	8
03/2017	3.9	0.60	2.3	0.95	1.3	10	2.6	4	8
04/2017	2.6	0.47	1.2	0.95	1.3	10	1.4	7	8

$$LB = \frac{LN}{CU \times (1 - k)}$$

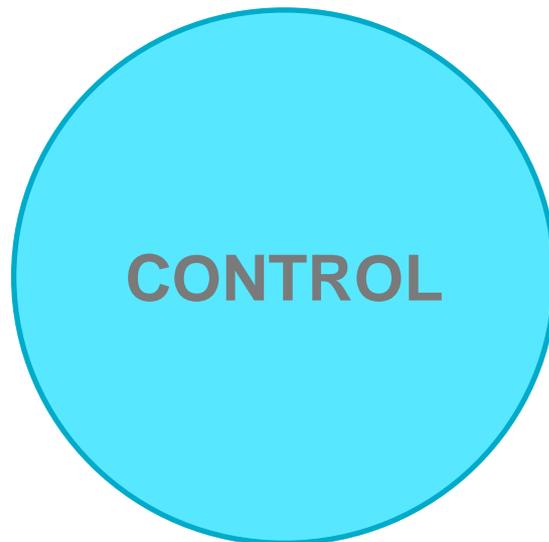
$$IR = \frac{LR}{LB}$$

$$TR = \frac{LR/CU}{IP}$$

Ejemplo: Programación

Meses	ET mm
09/2016	3
10/2016	4
11/2016	5
12/2016	6
01/2017	5
02/2017	4
03/2017	3
04/2017	2

IR días	TR horas
7	8
3	8
2	8
2	8
2	8
3	8
4	8
7	8



Ajuste del calendario de riego en TIEMPO REAL

$$LB = \frac{ET}{CU}$$

$$\frac{R/CU}{IP}$$



Ejemplo: Programación - ajustes en tiempo real

- ❑ ETo → año en curso: años más cálidos, más húmedos.
- ❑ PPe → año en curso: años más lluviosos.
- ❑ Humedad de suelo → muestreos sistemáticos o control periódico con sensores.
- ❑ Estado hídrico de la planta → controles periódicos.
- ❑ Manejo del riego en función de los objetivos de producción o de la disponibilidad hídrica → restricción hídrica, secado parcial de raíces.

Beneficios del monitoreo del riego

- Maximizar calidad y cantidad de uva según objetivos.
- Optimizar la gestión de agua, energía y fertilizantes.
- Reducir problemas por exceso o falta agua.
- Regular el crecimiento vegetativo del cultivo.
- Controlar la salinidad en los suelos.
- Ajustar el plan de riego a las condiciones del ciclo en curso.

4- Plataforma de asesoramiento al regante, INTA

- ❑ Versión 0.7 (Beta)
- ❑ Licencia AGPL (disponible en: www.github.com/midraed/INTA-riego)
- ❑ COFECYT → prueba a campo en grupo de productores.
- ❑ Plataforma de asesoramiento:
 - Aplicación para la programación y optimización del uso del agua de riego.
 - Utiliza datos de la Estación Meteorológica de INTA EEA Mendoza.

Plataforma de asesoramiento al regante, INTA

Riego EEA Mendoza! - Mozilla Firefox

Riego EEA Mendoza!



172.21.118.10:3838/riego/

Search



Riego EEA Mendoza!

Agrometeorología

Evapotranspiración

Riego

Acerca de

Desde:

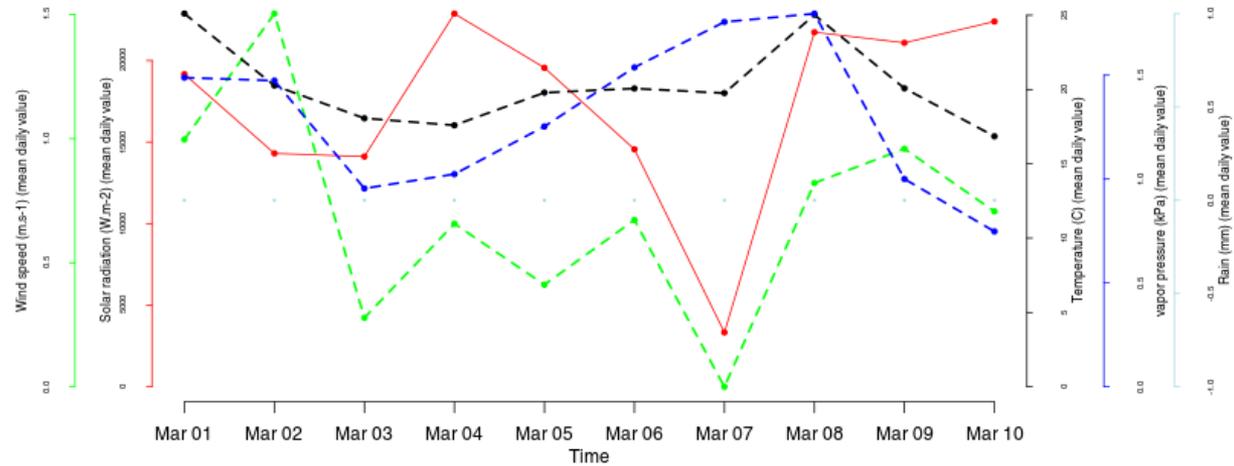
2017-03-01

Hasta:

2017-03-10

Todos los datos

Descargar



Plataforma de asesoramiento al regante, INTA

Riego EEA Mendoza! - Mozilla Firefox

Riego EEA Mendoza!

172.21.118.10:3838/riego/

Search



Riego EEA Mendoza!

Agrometeorología

Evapotranspiración

Riego

Acerca de

Desde:

2017-03-01

Hasta:

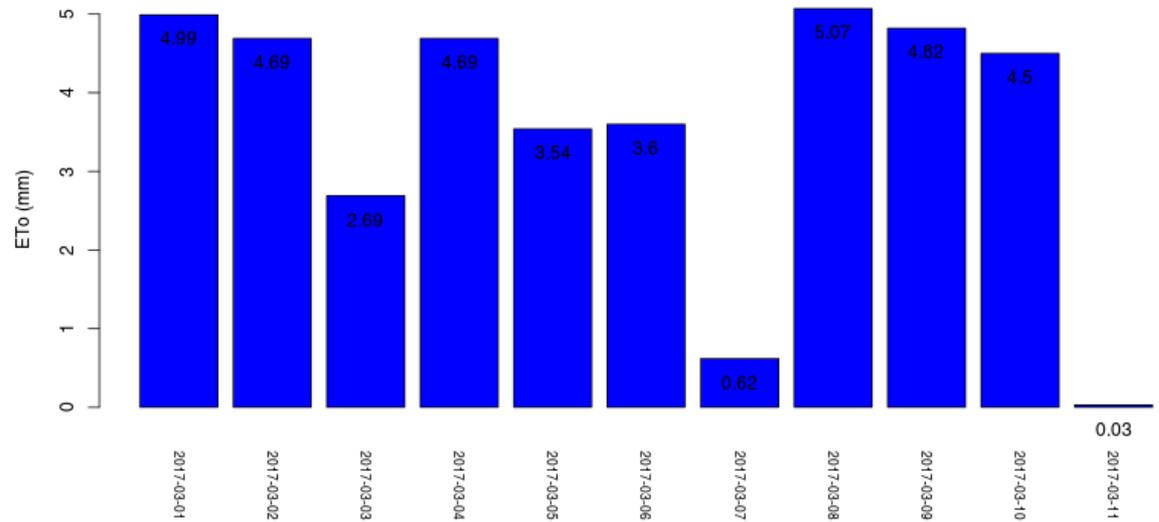
2017-03-10

Parcela:

Kc:

Descargar

ETo acumulada 39.24 mm.



Desde:

2017-02-23

Hasta:

2017-03-04

Parcela:

14 Malbec, lisimetro

Kc:

Vid Vallone

Kc febrero



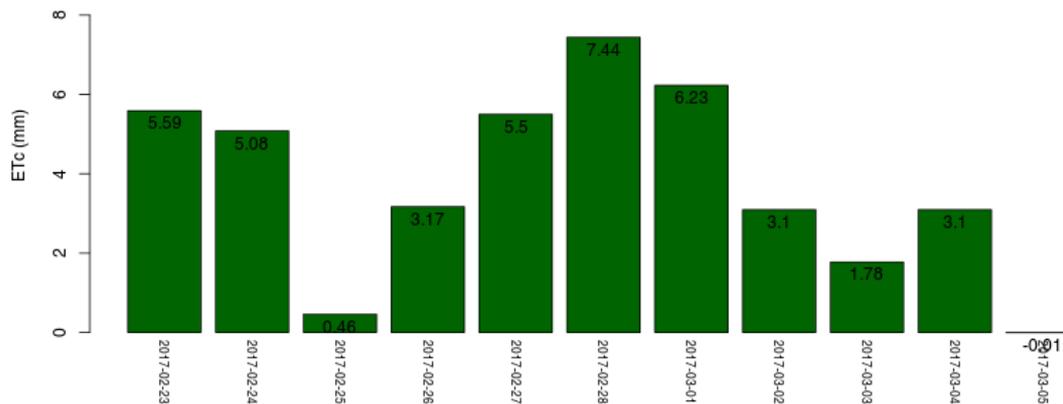
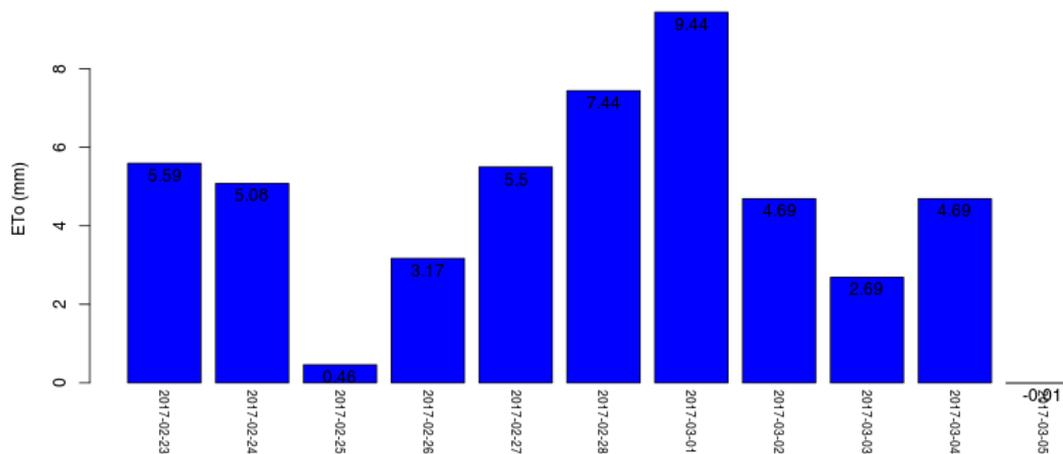
Kc marzo



Descargar

ETo acumulada 48.74 mm.

ETc acumulada 41.43 mm.



Desde:

Hasta:

2017-03-04

Parcela:

14 Malbec, lisimetro

Kc:

Vid Vallone

Kc febrero

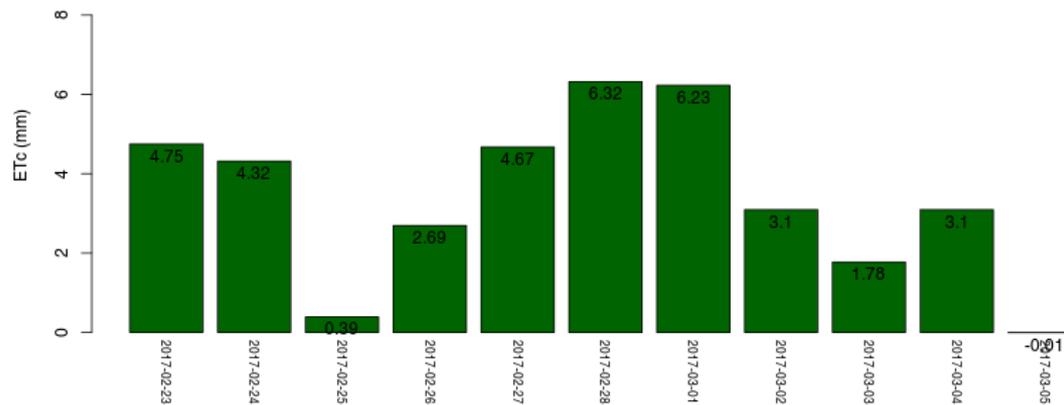
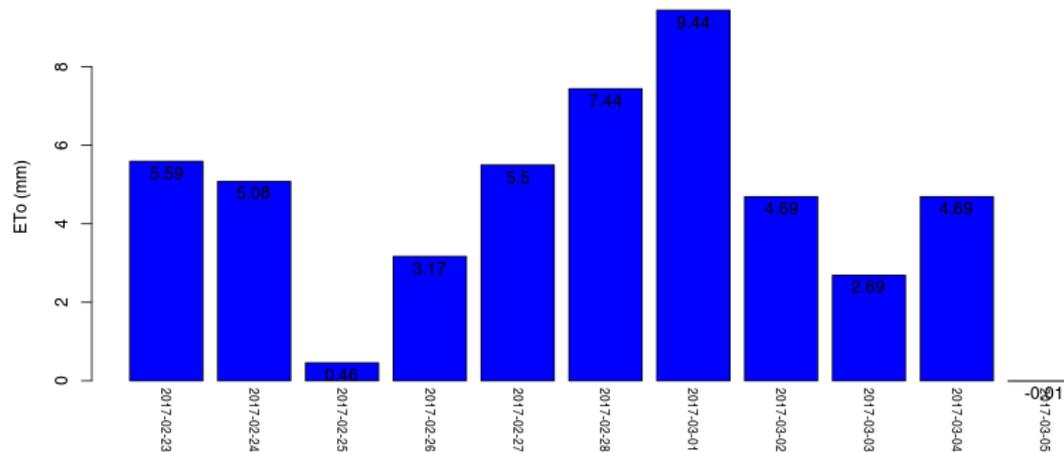


Kc marzo



Descargar

ETo acumulada 48.74 mm.
ETc acumulada 37.34 mm.



Plataforma de asesoramiento al regante, INTA

Riego EEA Mendoza! - Mozilla Firefox

Riego EEA Mendoza! x +

172.21.118.10:3838/riego/ Search

Riego EEA Mendoza! Agrometeorología Evapotranspiración **Riego** Acerca de

Desde:

2017-02-23

Hasta:

2017-03-04

Parcela:

14 Malbec, lisímetro

Eficiencia:



Descargar

Lámina de riego acumulada 27.69 mm.



Plataforma de asesoramiento al regante, INTA

- Datos de la parcela “14 Malbec” temporada 2016/2017 (aproximadamente 10 mm/riego)

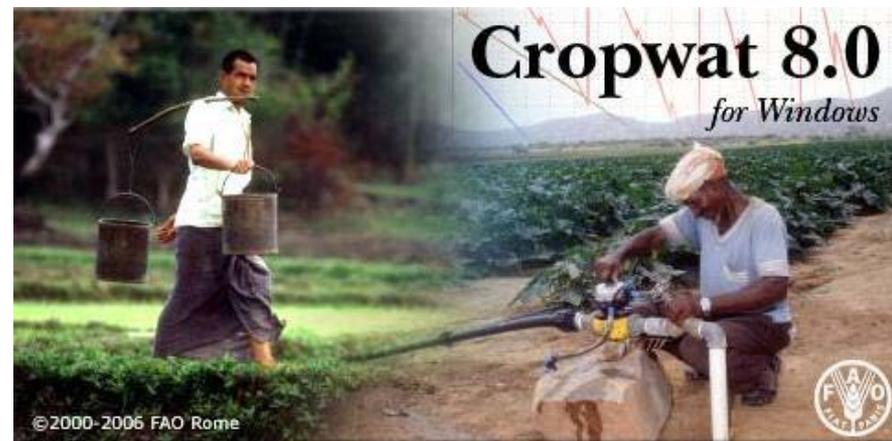
Mes	ETc	LR	PPe (FAO)	Balance	Riegos que faltaron	Riegos que sobraron
09/2016	48	46	0	-2		
10/2016	63	47	0	-16	2	
11/2016	141	43	0	-98	10	
12/2016	132	40	3	-89	9	
01/2017	103	111	2	10		1
02/2017	114	36	26	-52	5	
03/2017	91	122	9	40		4
04/2017	30	9	41	21		2
				-186	26	7

5- Uso del software CROPWAT (FAO)

<http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/>

Cálculos que realiza:

- ET_o → con los datos de: **temperatura, humedad relativa, viento, radiación**
- ET_c (diaria, mensual, semanal) → con los datos de ET_o y k_c
- PP_e → con **PP**
- Humedad del suelo inicialmente disponible → con W_c , W_m , p , infiltración, profundidad de raíz.
- Requerimiento de riego (c/10 días) → con k_c , ciclo cultivo



Panel principal

CROPWAT - Sesión: untitled

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones

- Clima/ETo
- Prec.
- Cultivo
- Suelo
- RAC
- Programación
- Patrón de Cultivo
- Sistema

Archivo ETo Arch. de prec. Archivo de cultivo Archivo de suelo Siembra Archivo pat. de cultivo Arch. de progra.

10 años INDEPENDENCIA PRESIDENCIA DE LA NACIÓN

1- Clima

CROPWAT - Sesión: untitled

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones



Clima/ETo



Prec.



Cultivo



Suelo



RAC



Programación



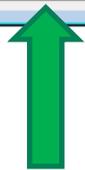
Patrón de Cultivo

ETo Penman-Monteith Mensual - C:\ProgramData\CROPWAT\data\climate\EEA Mza.PEM

País Argentina Estación INTA

Altitud 925 m. Latitud 33.00 °S Longitud 68.86 °W

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	9.2	33.9	48	88	14.1	32.6	6.65
Febrero	8.5	31.8	65	83	13.3	29.6	5.69
Marzo	7.5	32.0	67	61	12.3	24.9	4.55
Abril	5.6	28.4	72	61	11.3	19.4	3.16
Mayo	0.3	22.3	66	73	10.4	14.9	1.91
Junio	-1.8	25.0	55	76	10.0	12.8	1.64
Julio	-2.0	26.5	56	72	10.2	13.8	1.81
Agosto	-1.1	30.7	53	102	10.9	17.4	3.21
Septiembre	-0.6	25.7	45	117	11.9	22.7	3.97
Octubre	3.7	27.6	67	105	12.9	27.8	4.81
Noviembre	5.4	28.8	58	99	13.8	31.6	5.71
Diciembre	9.0	34.6	52	124	14.3	33.3	7.08
Promedio	3.6	28.9	59	88	12.1	23.4	4.18



2- Precipitación

CROPWAT - Sesión: C:\ProgramData\CROPWAT\data\sessions\inta-vid 2.SES

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones

Clima/ETo

Prec.

Cultivo

Suelo

RAC

Programación

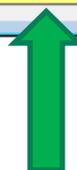
Patrón de Cultivo

Precipitación mensual - C:\ProgramData\CROPWAT\data\rain\EEA Mza.CRM

Estación INTA

Método Prec. Ef Fórmula FAO/AGLW

	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	14.0	0.0
Febrero	53.2	21.9
Marzo	50.4	20.2
Abril	6.2	0.0
Mayo	1.2	0.0
Junio	0.0	0.0
Julio	3.6	0.0
Agosto	8.2	0.0
Septiembre	8.0	0.0
Octubre	52.4	21.4
Noviembre	93.4	50.7
Diciembre	44.2	16.5
Total	334.8	130.8



Datos del clima

□ Estación meteorológica

- Presente en finca (en condiciones de referencia)
- DACC cercana y en condiciones similares

(<http://www.contingencias.mendoza.gov.ar>)



Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas (DACC)

Dirección de
**AGRICULTURA Y
CONTINGENCIAS CLIMÁTICAS**

MENDOZA
NUEVO GOBIERNO



Ministerio de Economía,
Infraestructura y Energía
Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas



PRONOSTICO

Conozca el pronóstico extendido para Mendoza.



RADAR

Información obtenida a través de radares meteorológicos.



ALERTA DE HELADAS

Alerta para prevenir el riesgo y disminuir los efectos dañinos.



FONDO COMPENSADOR AGRICOLA

Imprima su Factura Temporada 2016-2017



RUT

Identificación de las propiedades rurales de uso agrícola.

RIESGO AGRÍCOLA

AGROMETEOROLOGÍA

LUCHA ANTIGRANIZO

WRF MOD. NUMÉRICO

PEDIDO DE INFORMACIÓN

NOTICIAS

Estaciones

Datos Estadísticos

Riesgo de Heladas

Horas y unidades de frío

Evapotranspiración

Radiación

Caracterización de

Anuales

Mensuales

Estación:

Mes y Año:

● Quiénes somos

● Comité científico

● Investigación y Desarrollo

● Centros Receptores

● Contacto

Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas (DACCC)

PRONOSTICO

Conozca el pronóstico extendido para Mendoza.

RADAR

Información obtenida a través de radares meteorológicos.

ALERTA DE HELADAS

Alerta para prevenir el riesgo y disminuir los efectos dañinos.

FONDO COMPENSADOR AGRICOLA

Imprima su Factura Temporada 2016-2017

RUT

Identificación de las propiedades rurales de uso agrícola.

[RIESGO AGRÍCOLA](#)

[AGROMETEOROLOGÍA](#)

[LUCHA ANTIGRANIZO](#)

[WRF MOD. NUMÉRICO](#)

[PEDIDO DE INFORMACIÓN](#)

[NOTICIAS](#)

Datos Mensuales

Estación:

Nombre	Departamento	Propiedad	Latitud	Longitud	Altura
Junín	Junín	INTA	33° 6' 57,5" S	68° 29' 4" O	653

Fecha	Temperatura del Aire (°C)			Humedad Relativa (%)			V. Viento (m/s)		Prec. (mm.)	Hojas Mojadas (Min.)
	Máx	Med	Mín	Max	Med	Mín	Prom.	Máx		
01/02/2017	32.8	25.9	18.7	60	44	28	2	6.9	0.0	2
02/02/2017	31.9	23.7	15.9	94	65	36	2.3	8.6	3.2	397
03/02/2017	30.1	18.9	0.0	92	57	36	1.8	10.7	1.0	122
04/02/2017	26.2	19.0	14.2	99	73	43	2.8	11	6.6	352
05/02/2017	24.7	18.4	13.1	93	63	38	1.5	8.2	0.0	108
06/02/2017	29.7	19.4	9.5	99	62	29	1.2	6.4	0.0	319
07/02/2017	31.8	22.8	13.0	99	61	32	1.3	6.3	0.0	338
08/02/2017	33.4	3.2	0.0	86	59	29	1.6	7.5	0.0	3
09/02/2017	27.7	9.5	0.0	91	67	40	2.7	8.4	0.0	0
10/02/2017	24.9	19.3	14.5	99	76	53	2.2	6.8	15.0	190
11/02/2017	31.2	21.2	12.9	98	67	27	1.2	4.4	0.2	437
12/02/2017	33.2	22.5	0.0	99	62	24	1.2	5.3	0.0	517
13/02/2017	33.6	24.7	16.4	90	55	20	1.4	5.6	0.4	99
14/02/2017	33.5	23.8	13.9	95	59	24	0.9	4.6	0.0	245
15/02/2017	32.7	24.0	16.0	84	54	24	1.6	9.1	0.0	2
16/02/2017	32.9	23.1	13.6	92	59	29	1.1	6.4	0.0	277
17/02/2017	29.9	23.2	16.1	84	56	33	2.6	11.4	0.0	16
18/02/2017	33.7	24.4	15.6	81	52	23	1.3	5	0.0	0
19/02/2017	35.8	6.7	0.0	88	56	29	1.3	6.6	0.0	48
20/02/2017	36.6	4.8	0.0	98	56	24	1.2	6.2	0.0	256
21/02/2017	38.0	27.8	16.5	84	51	25	1	7	0.0	0
22/02/2017	39.1	25.7	19.0	80	57	19	1.7	6.8	0.0	0

Estación:

Nombre	Departamento	Propiedad	Latitud	Longitud	Altura
Junín	Junín	INTA	33° 6' 57,5" S	68° 29' 4" O	653

□ Algunas estaciones ap

- Cordón del Plata
- Cuadro Benegas
- El Ceibo
- Junín
- Las Catitas
- Montecaseros
- Palermo Chico
- Tres Esquinas
- Villa Atuel
- Vistalba

Fecha	Evapot.(mm.)	Acum.
01-02-2017	6,8	6,8
02-02-2017	6,5	13,3
03-02-2017	5,5	18,8
04-02-2017	5,0	23,8
05-02-2017	4,8	28,7
06-02-2017	5,6	34,2
07-02-2017	5,9	40,1
08-02-2017	5,9	45,9
09-02-2017	4,9	50,9
10-02-2017	3,8	54,7
11-02-2017	5,7	60,4
12-02-2017	5,5	65,9
13-02-2017	6,2	72,0
14-02-2017	5,4	77,5
15-02-2017	5,3	82,8
16-02-2017	5,7	88,4
17-02-2017	6,2	94,7
18-02-2017	5,8	100,5
19-02-2017	5,8	106,3
20-02-2017	5,7	112,0
21-02-2017	5,9	117,9
22-02-2017	6,7	124,7
23-02-2017	6,5	131,2
24-02-2017	6,9	138,1
25-02-2017	4,3	142,4
26-02-2017	4,9	147,4
27-02-2017	5,5	152,8
28-02-2017	5,9	158,8

3- Cultivo

CROPWAT - Sesión: C:\ProgramData\CROPWAT\data\sessions\inta-vid 2.SES

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones

Clima/ETo

Prec.

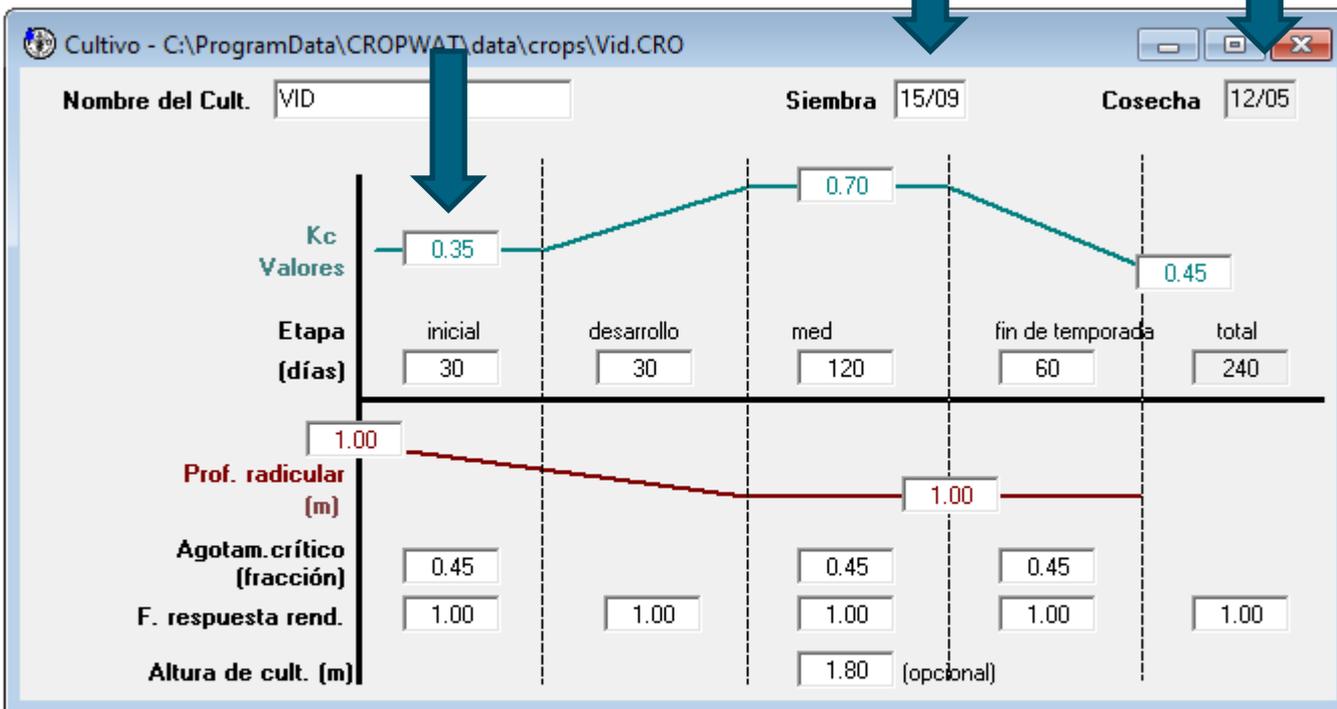
Cultivo

Suelo

RAC

Programación

Patrón de Cultivo



4- Suelo

CROPWAT - Sesión: C:\ProgramData\CROPWAT\data\sessions\inta-vid 2.SES

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones


Clima/ETo


Prec.


Cultivo


Suelo


RAC


Programación


Patrón de Cultivo

Suelo - C:\ProgramData\CROPWAT\data\soils\Franco.SOI

Nombre del suelo

Datos generales de suelo

Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	<input type="text" value="140.0"/>	mm/metro
Tasa máxima de infiltración de la precipitación	<input type="text" value="30"/>	mm/día
Profundidad radicular máxima	<input type="text" value="100"/>	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT)	<input type="text" value="50"/>	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	<input type="text" value="70.0"/>	mm/metro

5- Requerimiento de agua del cultivo

CROPWAT - Sesión: C:\ProgramData\CROPWAT\data\sessions\inta-vid 2.SES

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones

Requerimiento de Agua del Cultivo

Estación ETo INTA
 Est. de lluvia INTA
 Cultivo VID
 Fecha de siembra 15/09

Mes	Decada	Etap	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Oct	1	Inic	0.35	1.59	15.9	4.5	11.3
Oct	2	Des	0.38	1.82	18.2	6.8	11.4
Oct	3	Des	0.51	2.60	28.6	10.2	18.5
Nov	1	Des	0.65	3.51	35.1	15.7	19.4
Nov	2	Med	0.74	4.25	42.5	19.9	22.6
Nov	3	Med	0.75	4.61	46.1	15.1	31.0
Dic	1	Med	0.75	5.05	50.5	8.8	41.7
Dic	2	Med	0.75	5.44	54.4	4.7	49.7
Dic	3	Med	0.75	5.28	58.1	3.1	55.0
Ene	1	Med	0.75	5.08	50.8	0.1	50.7
Ene	2	Med	0.75	4.97	49.7	0.0	49.7
Ene	3	Med	0.75	4.73	52.0	0.1	52.0
Feb	1	Med	0.75	4.49	44.9	5.6	39.3
Feb	2	Med	0.75	4.25	42.5	8.4	34.1
Feb	3	Med	0.75	3.97	31.7	7.9	23.9
Mar	1	Med	0.75	3.68	36.8	7.5	29.3
Mar	2	Fin	0.74	3.34	33.4	7.6	25.8
Mar	3	Fin	0.69	2.82	31.0	5.1	25.9
Abr	1	Fin	0.64	2.33	23.3	0.1	23.2
Abr	2	Fin	0.60	1.90	19.0	0.0	19.0
Abr	3	Fin	0.56	1.52	15.2	0.0	15.2
May	1	Fin	0.51	1.16	11.6	0.0	11.6
May	2	Fin	0.48	0.88	1.8	0.0	1.8
					816.4	131.2	685.2

Clima/ETo

Prec.

Cultivo

Suelo

RAC

Programación

Patrón de Cultivo

Sistema

6- Programación del riego del cultivo

CROPWAT - Sesión: C:\ProgramData\CROPWAT\data\sessions\inta-vid 2.SES

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones

Programación de riego de cultivo

ETo estación: INTA Cultivo: VID Siembra: 15/09 Red. Rend.: 0.0 %
 Est. de lluvia: INTA Suelo: FRANCO Cosecha: 12/05

Formato de Tabla
 Program. de riego
 Bal. diario de agua de suelo

Momento: Regar a agotamiento crítico
 Aplicación: Reponer a capacidad de campo
 Ef. campo: 90 %

Fecha	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám. Neta	Déficit	Pérdida	Lám.Br.	Caudal
			mm	frac.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 Sep	1	Ini	0.0	0.91	91	51	71.3	0.0	0.0	79.2	9.16
2 Dic	79	Med	0.0	1.00	100	47	66.2	0.0	0.0	73.6	0.11
19 Dic	96	Med	0.0	1.00	100	47	65.7	0.0	0.0	73.0	0.50
3 Ene	111	Med	2.9	1.00	100	46	65.1	0.0	0.0	72.3	0.56
17 Ene	125	Med	0.7	1.00	100	47	66.0	0.0	0.0	73.3	0.61
1 Feb	140	Med	0.0	1.00	100	46	64.6	0.0	0.0	71.7	0.55
26 Feb	165	Med	0.0	1.00	100	47	65.9	0.0	0.0	73.2	0.34
2 Abr	200	Fin	0.0	1.00	100	45	63.5	0.0	0.0	70.5	0.23
12 May	Fin	Fin	0.0	1.00	0	44					

Totales

Lámina bruta total	586.8	mm	Precipitación total	321.0	mm
Lámina neta total	528.2	mm	Precipitación Efectiva	296.1	mm
Pérdida total de riego	0.0	mm	Pérdida tot.prec.	24.9	mm
Uso real de agua del cultivo	815.4	mm	Def. de hum. en cosecha	61.1	mm
Uso pot. de agua del cultivo	815.5	mm	Requer. reales de riego	519.4	mm
Efic. de programación de riego	100.0	%	Efic. de precipitación	92.2	%
Deficiencia de programación de riego	0.0	%			

Clima/ETo

Prec.

Cultivo

Suelo

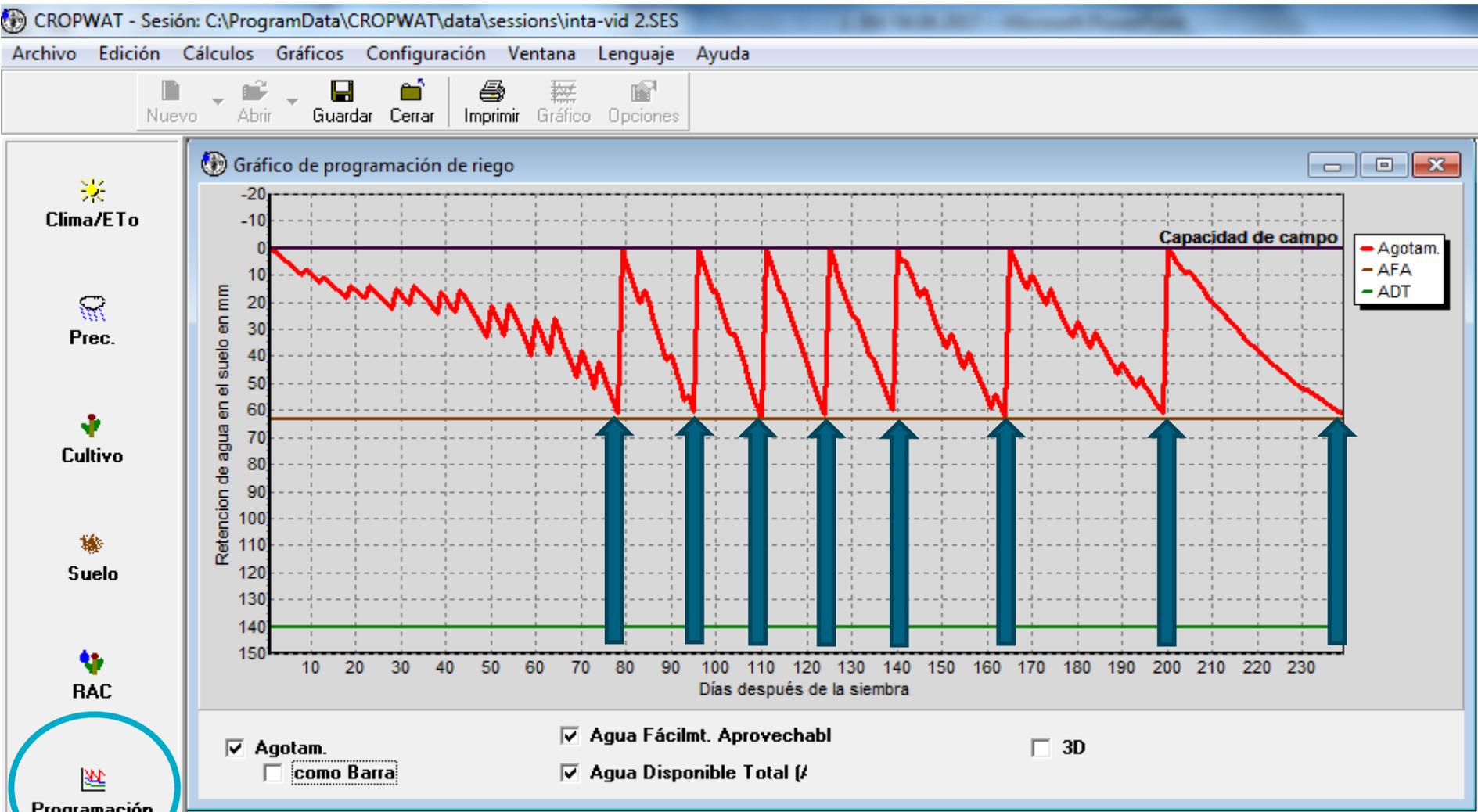
RAC

Programación

Patrón de Cultivo

Sistema

Gráfico de la programación del riego del cultivo



Programación

Patrón de Cultivo

Conclusiones finales

CÁLCULO DE LAS SALIDAS DE AGUA

Penman-Monteith ($E_{To} \times kc$) o CROPWAT calcular E_{Tc} .

CÁLCULO DE LAS ENTRADAS DE AGUA

Registro de riego (por cuartel) y precipitaciones efectivas.

Con las entradas y las salidas realizar la **PROGRAMACIÓN DEL RIEGO** y ajustarla en tiempo real mediante los puntos de control, logrando así:

- ✓ Ahorrar agua
- ✓ Ahorrar energía
- ✓ Lograr objetivos productivos deseados

Gracias por su atención



Ing. Agr. Florencia N. Ferrari (ferrari.florencia@inta.gov.ar)
Ing. Agr. Guillermo F. Olmedo (olmedo.guillermo@inta.gov.ar)
INTA EEA Mendoza