

## **ANEXO EXPLICATIVO DE LA REVISIÓN DE LAS NORMAS TÉCNICAS**

**Agosto 2017**

La revisión de las normas técnicas de agua para riego fue realizada con la participación de técnicos de INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria), Facultad de Agronomía y Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, referentes en el tema:

MGAP:

Técnicos de la Dirección General de Recursos Naturales y técnicos de la Dirección General de la Granja.

INIA:

Claudio García, Francisco Montoya, Alvaro Otero, Gonzalo Zorrilla, Gonzalo Carracelas

Facultad de Agronomía:

Raquel Hayashi, Lucía Puppo, Pablo Morales, José Zamalvide

El presente anexo profundiza sobre la información contenida en las Normas Técnicas de agua para riego.

### **CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO**

Las modificaciones a la sección de Calidad de Agua y el contexto de este anexo están basados en el documento Calidad de Aguas para Riego en Producciones Hortícolas y Frutícolas (Zamalvide, 2000) y conversaciones con técnicos del sector. En base a los resultados encontrados hasta la fecha se cambió el valor de bicarbonatos para el riego en cultivos de invernadero de 250 a 150 mg/L CaCO<sub>3</sub>.

En cuanto a las posibles afectaciones del agua de riego al recurso suelo y cultivo al cual se aplica debido a su calidad, la investigación nacional indica que la mayoría de los parámetros usados en otras regiones del mundo para categorizar agua de riego en base a una calidad mala, media o buena, no son transferibles a la situación nacional. Asimismo, incluso modelos de predicción de acumulación de sales en el suelo no reflejan los datos obtenidos en Uruguay.

La investigación nacional aún no ha adquirido masa crítica para definir parámetros o indicadores de calidad de agua para riego adaptados a la realidad nacional.

Se tienen los antecedentes necesarios para poder realizar recomendaciones generales con respecto a los análisis químicos de agua y del suelo que dan un diagnóstico de los potenciales problemas del uso de cierta agua de riego para un cultivo y suelo en particular, enmarcado en un sistema de riego. Es importante reconocer que es preferible

anticipar posibles problemas a dar cuenta *a posteriori* de su existencia por pérdidas en productividad de los cultivos o deterioro del medio ambiente.

En general, las aguas superficiales uruguayas no presentan un problema de calidad de agua para riego (Zamalvide, Junio 2015).

Del mismo modo, el agua de los acuíferos del norte del país tampoco presenta un problema de calidad de agua para riego, porque tiene baja concentración de sales. La concentración de bicarbonatos puede suponer un riesgo de alcalinidad cálcica en sistemas de riego que no permiten la lixiviación mediante agua de lluvia. Esto es importante a tener en cuenta en cultivos que necesitan de suelos con pH neutro o ácido para la movilización de ciertos nutrientes. Por ejemplo, pH alcalinos inmovilizan el hierro y ocasionan clorosis férrica en los arándanos.

En contraste, las aguas subterráneas del sur del país presentan mayores concentraciones de sales.

Los potenciales problemas asociados al uso de agua de riego para la producción son los siguientes: salinidad (concentración de sales en el perfil del suelo, con consecuencias tales como: incremento de pH, incremento del potencial de agua), sodicidad (incremento del ion sodio en la matriz del suelo, que puede ocasionar dispersión de las partículas sólidas), y mayormente en Uruguay, la alcalinidad cálcica (por el aumento de bicarbonato de calcio, que aumenta el pH significativamente). La incidencia de estos problemas en el suelo y cultivo dependerán de las características de ese suelo (pH inicial, características físico-químicas) y cultivo (resistencia/sensibilidad a las sales, sensibilidad a cambios en pH), además del drenaje y la proporción de agua de lluvia que pueda incluir el régimen de riego.

Por lo tanto, se observa que los valores expuestos en la Norma Técnica son sólo un punto de comienzo. Se destaca la importancia de que el técnico proyectista estudie los resultados de los análisis físico-químicos del agua de riego en conjunto con los otros factores que inciden en el impacto que la calidad del agua de riego puede tener sobre el suelo y el cultivo, al momento de asignar un riesgo a esa agua.

Los factores a estudiar incluyen: proporción del riego en el agua total suministrada a ese suelo (comparando con agua de lluvia), situación de drenaje del suelo regado, cultivo, características físico-químicas del suelo, secuencia de cultivos, etc. En cada caso debería realizar un análisis del impacto de la calidad del agua disponible y establecer estrategias de mitigación cuando sea necesario.

## **CANTIDAD DE AGUA**

### **a. Cultivos no inundados**

Los valores del Cuadro 3 en el documento de Normas Técnicas – Requerimiento neto de agua de riego durante el ciclo anual de cultivo, fueron obtenidos como resultado de un balance hídrico mediante el programa WInlsareg 1.3 y consideran distintos tipos de suelo para esa región.

### **Datos meteorológicos usados**

Se usaron series de datos meteorológicos de las estaciones experimentales de INIA, entre 26 y 31 años, considerando la Estación Experimental INIA Salto Grande para la región norte, INIA La Estanzuela para la región oeste, INIA Las Brujas para la región sur e INIA Treinta y Tres para la región este.

### **Estrategias de riego**

Se realizaron corridas para tres Estrategias de riego y los resultados se presentan en el Cuadro 6 de este anexo:

Estrategia 1 (valores en negro del cuadro 6): sin restricciones, se permite agotamiento del agua disponible hasta un umbral del contenido de agua del suelo permitido (p) y se repone hasta capacidad de campo (CC).

Esta estrategia fue usada para el riego de tomate, caña de azúcar, alfalfa y festuca (excepto festuca para la zona sur). En las pasturas del sur se plantea riego por aspersión y los valores que se presentan equivalen a riego de baja frecuencia.

Estrategia 2 (*valores en cursiva y en verde del cuadro 6*): se permite agotamiento hasta p y se repone 10 mm con cada riego. Esta estrategia de riego fue usada para determinar la demanda de maíz y soja.

Estrategia 3 (*valores en azul y resaltado gris del cuadro 6*): se permite agotamiento hasta un p equivalente a 10 mm y se repone con cada riego. Esta estrategia fue usada para la demanda de citrus, pera, durazno de estación, manzano y olivos.

Se observa que la demanda de riego usando la estrategia 3 es mayor que las otras estrategias ya que no se aprovecha el aporte de la lluvia.

### **Fenología y coeficientes de cultivo:**

La fenología de los cultivos establecida para la aplicación del modelo se presenta en los cuadros 1, 2, 3 y 4. Las fechas son de referencia, usadas para las corridas del modelo.

El objetivo del riego es satisfacer la demanda de evapotranspiración de los cultivos para la obtención de los mayores rendimientos con la máxima calidad del producto, sin considerar el agua como factor limitante, por lo tanto el periodo de riego seleccionado fue de acuerdo con el conocimiento existente para llevar adelante este supuesto.

En cultivos frutícolas, se plantea la acumulación de reservas para la futura floración, criterio que fue tenido en cuenta para el momento de aplicación del riego.

Cuadro 1: Fenología considerada para frutales, región sur.

Canelones FRUTALES								
Etapa	Durazno Temprano	Prof	P	Kc	Durazno Estación	Prof	P	Kc
Plena Floración	05-ago	0,40	0,50	0,80	07-set	0,40	0,50	0,80
Inicio crecimiento vegetativo	20-ago	0,40	0,50		20-set	0,40	0,50	
Follaje completo	15-oct	0,40	0,25	0,90	01-nov	0,40	0,25	0,90
Cosecha	20-nov	0,40	0,25		15-ene	0,40	0,25	
Fin de riego	01-mar	0,40	0,50	0,75	15-mar	0,40	0,50	0,75

  

Canelones FRUTALES								
Etapa	Pera	Prof	P	Kc	Manzano	Prof	P	Kc
Plena Floración	07-oct	0,40	0,50	0,45	07-oct	0,40	0,50	0,80
Inicio crecimiento vegetativo	07-oct	0,40	0,50		07-oct	0,40	0,50	
Follaje completo	10-nov	0,40	0,40	0,95	30-nov	0,40	0,40	0,95
Cosecha	01-feb	0,40	0,50		01-mar	0,40	0,50	
Fin de riego	30-mar	0,40	0,70	0,75	15-abr	0,40	0,70	0,75

En el caso del olivo se simuló un riego satisfaciendo las necesidades hídricas del cultivo en el período de setiembre a mayo inclusive. No se incluyeron en el ciclo del cultivo los meses de invierno, de forma que las bajas necesidades hídricas del cultivo en junio, julio y agosto fueran cubiertas sólo por las precipitaciones y la reserva de agua acumulada en el suelo. Para calcular la evapotranspiración del cultivo (ETc) se usó el coeficiente de cultivo (Kc), 0,7, citado en FAO-56 (Allen *et al.*, 1998) para montes con 40-60% de cobertura del suelo por la canopia.

Cuadro 2: Fenología considerada para el cultivo de papa.

	Sur primavera	Sur otoño	Este primavera temprana	Este primavera tardía	Kc
Siembra	1-set.	1-feb	1-oct.	1-dic	0,5
Emergencia	20-set	20-feb	20-oct	15-dic	
Cobertura total	15-oct	15-mar	15-nov	15-ene	1,15
inicio senescencia	30- nov	15-abr	30-dic	28-feb	0,75
Cosecha	30-dic	15-may	15-ene	15-mar	

Para el consumo de agua del cultivo de papa se considera la demanda del ciclo “Primavera tardía” (diciembre a marzo).

Para el caso de los citrus la fenología se presenta en el Cuadro 3:

Cuadro 3: Fenología considerada para el cultivo de citrus

Etapa	Citrus Navel	Citrus limón
Inicio Crecimiento Vegetativo	20-ago	05-set
Floración	24-set	01-oct
Cuajado de fruto	01-oct	12-oct
Fin de riego	01-abr	20-jun
Cosecha	10-may	20-jun

Cuadro 4: Fenología y parámetros del cultivo. Parámetros según zona cuando corresponda.

<b>Canelones</b>								
<b>Etapas</b>	<b>Maíz Medio</b>	<b>Prof</b>	<b>P</b>	<b>Kc</b>	<b>Tomate</b>	<b>Prof</b>	<b>P</b>	<b>Kc</b>
Siembra,	07-oct	0,20	0,50	0,35	01-oct	0,40	0,50	0,50
Inicio Crecimiento Vegetativo	01-nov	0,20	0,50		20-oct	0,40	0,50	
100% cobertura o Floración	01-ene	0,50	0,30	1,20	30-nov	0,40	0,50	1,15
Formación del rendimiento	20-ene	0,50	0,30		15-dic	0,40	0,25	
Comienzo de senescencia	25-feb	0,50	0,40	0,60	09-ene	0,40	0,25	0,80
Cosecha	15-mar	0,50	0,50			0,40	0,50	

  

<b>Colonia</b>								
<b>Etapas</b>	<b>Maíz Corto</b>	<b>Prof</b>	<b>P</b>	<b>Kc</b>	<b>Maíz Medio</b>	<b>Prof</b>	<b>P</b>	<b>Kc</b>
Siembra	01-oct	0,20	0,50	0,35	01-oct	0,20	0,50	0,35
Inicio Crecimiento Vegetativo	08-oct	0,20	0,50		08-oct	0,20	0,50	
100% cobertura o Floración	15-dic	0,50	0,40	1,20	20-dic	0,50	0,40	1,20
Formación del rendimiento	04-ene	0,50	0,30		10-ene	0,50	0,30	
Comienzo de senescencia	08-feb	0,50	0,40	0,60	18-feb	0,50	0,40	0,60
Cosecha	04-mar	0,50	0,50		19-mar	0,50	0,50	

Cuadro 4 continuación. Fenología y parámetros del cultivo. Parámetros según zona cuando corresponda.

<b>Colonia</b>												
Etapa	Soja GM 4	Prof.	P	Kc	Soja GM 5-6	Prof.	P	Kc	Soja GM 7-8	Prof.	P	Kc
Siembra	28-oct	0,2	0,5	0,5	28-Oct	0,2	0,5	0,5	28-Oct	0,15	0,5	0,5
Inicio C. Vegetativo	5-nov	0,2	0,5		7-nov	0,2	0,5		7-nov	0,3	0,5	
100% Cobertura o Floración	16-dic	0,4	0,5	1,15	26-dic	0,4	0,5	1,15	5-ene	0,4	0,5	1,15
Formación Rendimiento	23-dic	0,4	0,5		17-ene	0,4	0,5		3-feb	0,4	0,5	
Comienzo Senescencia	22-mar	0,4	0,75	0,75	28-mar	0,4	0,75	0,75	28-mar	0,4	0,75	0,75
Cosecha	30-mar	0,4	0,75		12-abr	0,4	0,75		21-abr	0,4	0,75	

<b>Colonia</b>									
Etapa	Alfalfa Fecha Corte	Prof.	P	Kc	Festuca Fecha Corte	Prof.	P	Kc	
1° Corte	29-Jun	0,4	0,5	0,4	15-ago	0,4	0,5	0,95	
2° Corte	30-Set	0,4	0,5		30-set	0,4	0,5		
3° Corte	1-Nov	0,4	0,5	0,95	2-nov	0,4	0,5	1,05	
4° Corte	1-Dic	0,4	0,25		15-dic	0,4	0,5		
5° Corte	15-Ene	0,4	0,25	0,9	1-feb	0,4	0,5	1	
6° Corte	1-mar	0,4	0,5		29-mar	0,4	0,5		

Cuadro 4 continuación. Fenología y parámetros del cultivo. Parámetros según zona cuando corresponda.

<b>Salto</b>												
Etapa	Maíz Medio	Prof.	P	Kc	Caña de Azúcar	Prof.	P	Kc	Soja GM 5-6	Prof.	P	Kc
Siembra	30-set	0,2	0,5	0,35	15-agos	0,5	0,65	0,4	1-Oct	0,2	0,5	0,5
Inicio Crecimiento Vegetativo	15-oct	0,2	0,5		14-set	0,5	0,65		10-oct	0,2	0,5	
100% Cobertura o Floración	15-dic	0,5	0,4	1,2	10-nov	0,5	0,65	1,25	11-dic	0,4	0,5	1,15
Formación Rendimiento	5-ene	0,5	0,3		10-ene	0,5	0,65		15-ene	0,4	0,5	
Comienzo de Senescencia	10-feb	0,5	0,4	0,6	15-mar	0,5	0,65	0,75	1-mar	0,4	0,75	0,75
Cosecha	15-mar	0,5	0,5		15-jun	0,5	0,65		10-mar	0,4	0,75	

<b>Salto</b>								
Etapa	Alfalfa Fecha Corte	Prof.	P	Kc	Festuca Fecha Corte	Prof.	P	Kc
1° Corte	29-Jun	0,4	0,5	0,4	15-ago	0,4	0,5	0,95
2° Corte	30-Set	0,4	0,5		30-set	0,4	0,5	
3° Corte	1-Nov	0,4	0,5	0,95	2-nov	0,4	0,5	1,05
4° Corte	1-Dic	0,4	0,25		15-dic	0,4	0,5	
5° Corte	15-Ene	0,4	0,25	0,9	1-feb	0,4	0,5	1
6° Corte	1-mar	0,4	0,5		29-mar	0,4	0,5	

Cuadro 4 continuación. Fenología y parámetros del cultivo. Parámetros según zona cuando corresponda.

<b>Treinta y Tres</b>								
Etapa	<b>Maíz C. Corto</b>	Prof.	P	Kc	<b>Soja GM 5-6</b>	Prof.	P	Kc
Siembra	07-oct	0,5	0,65	0,4	1-Nov	0,2	0,5	0,5
Inicio Crecimiento Vegetativo	14-oct	0,5	0,65		17-nov	0,2	0,5	
100% Cobertura o Floración	23-dic	0,5	0,65	1,25	31-dic	0,4	0,5	1,15
Formación Rendimiento	12-ene	0,5	0,65		26-ene	0,4	0,5	
Comienzo de Senescencia	13-feb	0,5	0,65	0,75	30-mar	0,4	0,75	0,75
Cosecha	04-mar	0,5	0,65		25-abr	0,4	0,75	

<b>Treinta y Tres</b>				
Etapa	<b>Festuca</b>	Prof.	P	Kc
1° Corte	15-ago	0,2	0,5	0,35
2° Corte	30-set	0,2	0,5	
3° Corte	10-nov	0,5	0,4	1,2
4° Corte	15-dic	0,5	0,3	
5° Corte	1-feb	0,5	0,4	0,6
6° Corte	29-mar	0,5	0,5	

## Suelos

Los Grupos CONEAT y perfiles de suelo dominante considerados para las cuatro regiones se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Grupos CONEAT y perfiles de suelo

Salto		Treita y Tres		Colonia		Canelones	
Grupo CONEAT	Perfil	Grupo CONEAT	Perfil	Grupo CONEAT	Perfil	Grupo CONEAT	Perfil
03.10	B19-07(1)	2.21	F23-01	10.3	M25-05	10.6 a	L28-03
03.10		2.21		10.3		10.6 a	
9.6	USDA 4	3.51	D20-52	10.5	P24-02	10.8 a	J27-12
9.6		3.51		10.5		10.8 a	
12.11	USDA 5	3.52	D21-57	11.7	USDA 15	10.8 b	USDA 1
12.11		3.52		11.7		10.8 b	
12.22	USDA 6	3.54	C24-28	10.8 b	USDA 1	11.1	P20-02
12.22		3.54		10.8 b		11.1	
S10.21	O05-03	4.1	D20-54	5.02 b	O23-06	11.9	USDA 15
S10.21		4.1		5.02 b		11.9	
		10.7	F29-20				
		10.7					
		12.11	USDA 5				
		12.11					

## Algunas particularidades

- En el caso de los frutales los valores de demanda neta de riego son para el monte adulto.
- En el caso de pasturas plurianuales las demandas netas presentadas en el cuadro 3 de las Normas Técnicas pertenecen a la pastura a partir de su segundo año de crecimiento.
- El modelo fue corrido para Durazno temprano y Durazno de estación. En las normas técnicas se presenta la demanda del Durazno de estación por tener mayor consumo.
- La demanda de riego de citrus del norte es para Navel, media estación.
- Para el caso de la papa de la zona sur, el valor presentado corresponde con el ciclo de papa de primavera regado con alta frecuencia, por ser la mayor demanda. Para la zona este se usó el ciclo de primavera tardía, riego con alta frecuencia, siendo la demanda muy similar a la primavera temprana.
- Para la demanda de riego de soja se considera la variedad GM 5-6
- Para la zona norte y zona este se supone el maíz corto. Para la zona oeste tanto el maíz corto como el medio tienen la misma demanda. Para la zona sur se considera el maíz ciclo normal.

## Caudal ficto continuo

Los valores del caudal ficto continuo fueron calculados usando los siguientes criterios:

- Para la evapotranspiración de referencia se usó el trabajo *Determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>) para el diseño de equipos de riego en el Uruguay* (García Petillo, M; Puppo L., 2015), para cada zona y el mes de máximo consumo de cada ciclo del cultivo. Este valor de evapotranspiración corresponde a promedios decádicos (10 días) con una frecuencia acumulada del 80%.
- Los valores de K<sub>c</sub> fueron los usados para las corridas del Winsareg
- La eficiencia de cada sistema de riego es estimada según la realidad en campo
- Una jornada de riego de 20 horas diarias

## Resultados

Cuadro 6: Requerimientos neto de agua de riego durante el ciclo de cultivo, según zonas y cultivos

Cultivo	Norte	Oeste	Sur	Este
	mm/ciclo	mm/ciclo	mm/ciclo	mm/ciclo
Caña de azúcar	975 – 1021	--	--	--
Citrus	500 682	--	420-460 630-638	--
Pera	--	--	480-510 706	--
Durazno Temprano	--	--	450-470 645-651	--
Durazno de estación	--	--	490-510 646 - 651	--
Manzano			510-550 746-752	
Olivos	587	520	510	452
Tomate	--	--	310 – 314	--
Papa			160-233 325-417	285-355 300-380
Alfalfa	500-552 390-440	435-482 370-390	570-600	--
Festuca	513-570 410-470	511-546 410-430	350-380	321-404 270-310 404-321
Maiz			500-533 460-480 756-762	
Maiz corto	561-627 490-560	598-637 540-570 768-788	--	460-470

Maiz medio	--	580-692 <i>540-570</i>	--	--
Soja GM 4	693-772 <i>460-540</i>	542-622 <i>470-510</i>	--	--
Soja GM 5-6	763-820 <i>520-600</i>	577-633 <i>480-510</i>	--	466-493 <i>390-420</i>
Soja GM 7-8	--	564-625 <i>480-510</i>	--	--

Como fue mencionado la demanda de riego se modeló para distintos tipos de suelos en cada región (excepto en los casos donde se presenta un único valor que se modeló con un suelo representativo). Cuando los resultados de demanda de riego para distintos suelos tuvieron una diferencia mayor a 10% se presenta en las normas el rango de valores de demanda mínima y máxima en esa región. Si la demanda de riego para distintos suelos no es mayor a 10% se elige como demanda para la región un valor medio.

#### **b. Arroz**

El cultivo de arroz se riega por inundación a partir de 15 a 30 días de la emergencia y hasta 20 días antes de la cosecha, requiriendo alrededor de 100 días de riego. El requerimiento bruto de riego para el cultivo de arroz varía mucho dependiendo de los sistemas y de las condiciones climáticas durante el cultivo, estimándose un rango entre 1000 a 1700 mm por ciclo.

El caudal ficto continuo necesario promedio es de 2 l/s/ha con un rango de 1,5 a 2,4 l/s/ha de cultivo. Se debe considerar que el mismo tiene una variación importante en función de las distintas etapas del cultivo, alcanzando caudales máximos puntuales de 3-5 l/s/ha para la inundación inicial y mínimos de 1-1,5 l/s/ha para el mantenimiento de la lámina de riego dependiendo de los valores agroclimáticos en el momento (evapotranspiración). Estos valores son mayores en el norte que en el este por las diferencias climáticas, tipos de suelos y pendientes donde se siembra el cultivo de arroz.