

NOTA TÉCNICA

Nuevas normas netas de riego para los cultivos agrícolas en Cuba

New crop's net water requirement's for the agricultural cultivations in Cuba

Dr.C. Carmen Duarte Diaz, Dr.C. Julián Herrera Puebla, Dr.C. Teresa López Seijas, Dr.C. Felicita González Robaina y M.Sc. Elisa Zamora Herrera

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

RESUMEN. Las normas netas de riego de los cultivos agrícolas son elementos imprescindibles en el cálculo de la demanda de agua por la agricultura, por ello, resulta imprescindible contar con datos confiables y actualizados de este parámetro para realizar un balance de agua que satisfaga las necesidades de la agricultura y a la vez cuidar del uso de este recurso. El presente trabajo actualiza las normas de riego vigentes desde hace más de 15 años a la vez que describe las bases de esta actualización y propone pautas a seguir en el futuro sobre las investigaciones en este sentido.

Palabras clave: demanda de agua, bases de cálculo.

ABSTRACT Net water requirements of agricultural crops are important data necessary in the calculation of the demand of water for the agriculture; hence, it is indispensable to have reliable and up-to-date data to carry out a balance of water requirements to satisfy the necessities of the agriculture and at the same time to use the water judiciously. The present work upgrades the effective water requirements used for more than 15 years, and at the same time describes the bases of this upgrade and proposes rules to be used in the future on the researches in this field.

Keywords: water requirements, calculation bases.

INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), mediante la resolución 21 del año 1999 (Resolución 21/99) INRH (1999)¹, aprobó y puso en vigor las normas netas y coeficiente de eficiencia para el cálculo de la norma bruta de riego de los principales cultivos agrícolas en Cuba. Esta resolución, determina la base de cálculo para la elaboración del Plan de Uso del Agua (PUA) para el riego agrícola.

Las normas recogidas en la resolución arriba citada, fueron calculadas por el Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD, hoy Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, (IAgric) a partir de investigaciones desarrolladas por investigadores de este y de otras Instituciones de Investigación de Cuba.

MÉTODO

Para el cálculo de estas normas, se siguió el procedimiento

descrito en la Norma Cubana 48-46 (NC 48-46: 1987), utilizando la información de lluvias de la red de pluviómetros y evaporímetros del INRH y del Instituto de Meteorología para sitios donde había al menos 20 años de observación. Los coeficientes de los cultivos fueron obtenidos en investigaciones de campo a partir de la relación entre el consumo real del cultivo para el mejor tratamiento de riego y la evaporación del evaporímetro clase A² del sitio experimental (coeficientes bioclimáticos Kb).

Las propiedades hidrofísicas de los suelos fueron obtenidas de los trabajos realizados por el INRH (Nakaidze y Simeón, 1972). Estos datos fueron procesados mediante el programa de computo "Régimen" creado al efecto por investigadores del IIRD, el cual finalmente brindaba la norma de riego neta para el ciclo del cultivo con probabilidad del 75%.

Posteriormente el coeficiente bioclimático se actualizó (Zamora *et al.*, 2014) siguiendo las nuevas tendencias en la de-

¹ INRH: Normas Totales Netas y Coeficiente de Eficiencia para la Determinación de las Normas Brutas de los Principales Cultivos Agrícolas, INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRÁULICOS (INRH), Resolución No.21/99. La Habana, abril de 1999.

terminación de las necesidades de agua de los cultivos; en esta modificación fue utilizada la evapotranspiración de referencia (ET_o) calculada a través de la fórmula de Penman-Monteith en lugar de la evaporación del tanque clase A, obteniendo con ello el coeficiente de cultivo (K_c).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la estimación de ET_o se encuentran incorporados la mayoría de los efectos de los diferentes factores meteorológicos. Por lo tanto, mientras ET_o representa un indicador de la demanda climática, el valor de K_c varía principalmente en función de las características particulares del cultivo, variando solo en una pequeña proporción en función del clima. Esto permite la transferencia de valores estándar del coeficiente del cultivo entre distintas áreas geográficas y climas (Allen *et al.*, 2006). Este hecho constituye la razón principal de la aceptación general y utilidad de la metodología del coeficiente del cultivo, así como de los valores de K_c desarrollados en estudios anteriores.

Al utilizar el criterio anteriormente explicado, se modificaron algunas normas ya establecidas en la resolución 21/99 y se incorporaron otros cultivos no incluidos anteriormente.

En la precisión de las normas netas de riego, también se tuvo en cuenta la actualización de las propiedades hidrofísicas de los suelos de todo el país según los resultados de Cid, *et al.*, (2012)

Por otra parte, el estudio realizado en todas las provincias como respuesta a la Política de Riego del MINAG, permitió conocer los valores casi reales de consumo de cada cultivo y provincia, tanto a nivel de balance de agua como de explotación. Estos valores fueron comparados con las normas antes propuestas y las calculadas recientemente, y a partir de las mismas surgen las normas netas que se presentan en este documento. Este estudio mostró que las diferencias entre municipios dentro de cada provincia no superan los 100 m³ ha⁻¹; de igual modo las diferencias varietales siguen el mismo patrón, a lo que se agrega que las mismas no son reportadas al momento de hacer los balances de agua.

Diferencias mucho más importantes se introducen con el tipo de cultivo, la forma de siembra y la duración del ciclo, de ahí que se haya considerado como elemento fundamental el establecer, por el momento, una norma neta de riego única por cultivo para cada provincia, teniendo en algunos casos en cuenta la duración del ciclo y la forma de siembra.

Estos resultados apoyan al esquema hidráulico nacional INRH, (1999), se ejecuta y utiliza como indicadores fundamentales para las demandas de agua, las normas de riego y la eficiencia de los sistemas, determinadas por el actual Instituto de Investigaciones Agrícolas (IAgric), (Herrera *et al.*, 2011), (Herrera *et al.*, 2015)

Las normas netas de arroz no se modifican por el momento; estudios realizados utilizando el Programa CROPWAT Smith

et al. (2007)², para la región de los Palacios para un período de 20 años, Ruiz, (2014)³, han mostrado que no existen diferencias entre las normas netas actualmente en uso y las calculadas para una probabilidad del 75%.

Las Tablas 1, 2 y 3 muestran las nuevas normas propuestas.

Otras modificaciones que se proponen consisten en:

- Se conserva la estructura para los grupos de cultivos del I al VII; pero se reorganiza el formato de la tabla, para facilitar la consulta. En el nuevo aparecen las normas por cultivos y provincias en una sola tabla en formato Excel, lo que facilita el cálculo automatizado.
- Los cítricos y frutales, que antes aparecían con una sola norma, ahora se presentan divididos en 8 cultivos, incluyendo dentro de ellos el plátano fruta, que antes estaba considerado dentro del plátano en general.
- Se introducen normas para el café y los pastos y forrajes se dividen en pastos rastreros y Kinggrass (cultivo dominante entre los forrajes de corte con riego).
- En las viandas se elimina el término “otras viandas” y se incluyen la yuca, el boniato (invierno y primavera) y la calabaza.
- Para las hortalizas, se elimina también el término “otras hortalizas” y se incluyen las normas netas para el pimiento (siembra directa y trasplante), ajo, cebolla, col (dos variantes de siembra), pepino, remolacha, zanahoria y lechuga. Estas nuevas inclusiones facilitan el trabajo de cálculo de balance de agua para la agricultura urbana y periurbana.
- Se introducen las actualizaciones de las propiedades hidrofísicas de los suelos cubanos
- Se incluyen las nuevas provincias La Habana, Artemisa y Mayabeque, para adecuar a cambios político-administrativos

Perspectivas futuras del estudio de las normas de riego

Las normas netas de riego de los cultivos pueden tener diferencias regionales importantes. Una administración del agua a nivel de cuenca demandará de un balance de agua también a este nivel. Lo que incrementará la precisión en los cálculos de las demandas para facilitar la inserción de las localidades en el concepto de desarrollo sustentable del riego, (Cid *et al.*, 2012)

Se cuenta a nivel regional con información de las características hidrofísicas de los suelos, existe una red pluviométrica con densidad suficiente a los efectos de la demanda de agua de los cultivos y se ha calculado la ET_o de referencia, elemento este que con la información actualizada del clima según INSMET (2013)⁴, y las facilidades de computo actuales y en aumento a nivel de entidad productiva, resulta en la actualidad relativamente fácil de calcular las normas de riego

² SMITH, M.; HALSEMA, G. V.; MARAUIX, F.; IZZY G.; WAHAY, R. & MUÑOZ, G.: CROPWAT, 8. Programa de ordenador. 2007.

³ RUIZ, L. G.: Requerimientos de agua en el cultivo del arroz en la UEB “Sierra Maestra”, Los Palacios, Pinar del Río, Trabajo de Diploma presentado en opción al título de Ingeniero Hidráulico. Facultad de Ingeniería Civil, Centro de Investigaciones Hidráulicas, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (MINAG), La Habana, junio 2014.

⁴ INSMET: Segunda Comunicación Nacional de la República de Cuba a la Convención Marco de las Naciones Unidas, Instituto de Meteorología (INSMET), La Habana, 2013.

Como se señaló anteriormente, el coeficiente de cultivo es una proporción constante dependiente solo del cultivo y que solo varía en función del % de la necesidad de agua que se quiera satisfacer en el cultivo, lo cual no es problema en nuestras condiciones toda vez que el balance de agua se realiza en función de la satisfacción del 100 % de la necesidad del cultivo

De acuerdo a lo anterior, y teniendo en cuenta las necesidades de un balance en el futuro más preciso, debería considerarse introducir cambios en la resolución, donde solo se legisle sobre los coeficientes a emplear por cultivo, y a partir del mismo se introduzca una metodología donde cada usuario del agua para riego calcule su propia norma y con ella la demanda. Esto permitirá un balance más ajustado acorde con la región, el suelo,

el clima y el cultivo.

CONCLUSIONES

- Las normas netas de riego actualizadas y ajustadas a los nuevos estudios y enfoques nacionales e internacionales que en éste trabajo se relacionan, podrán ser utilizadas en una mejor cuantificación para el riego de los cultivos agrícolas en Cuba.
- Estas normas servirán para la predicción de la demanda anual de agua del Minag al INRH, por cultivos y provincias, con vistas a establecer los pronósticos de riego de forma más eficiente

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M.: *Evapotranspiración del Cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*, edit. Estudio FAO Riego y Drenaje 56, Ed. FAO, ISBN-92-5-304219-2, Roma, 2006.
- CID G., J. HERRERA, T. LÓPEZ y F. GONZÁLEZ: "Algunas consideraciones para lograr una agricultura de regadío sostenible", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 2(1): 3-11, 2012.
- CID. G, T. LÓPEZ, F. GONZÁLEZ, HERRERA. J, M.E. RUÍZ: "Características físicas que definen el comportamiento hidráulico de algunos suelos de Cuba". *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 2(2): 25-31, 2012.
- DUARTE, D. C., ZAMORA E. y LEÓN M.: "Efecto del coeficiente de estrés hídrico sobre los rendimientos del cultivo de la cebolla", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 21(4): 42-44, 2012.
- HERRERA, P. J., T. LÓPEZ, F. GONZÁLEZ: "El uso del agua en la agricultura en Cuba", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 1(2): 1-7, 2011.
- HERRERA, P. J., F. GONZÁLEZ: "Estudio de las necesidades de agua de los cultivos, una demanda permanente, un nuevo enfoque", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761 5(1): 52-57, 2015.
- NAKADIDZE, E.K.; SIMEÓN, R. F.: "Características hidrofísicas de los principales suelos de Cuba", *Revista Voluntad Hidráulica*, ISSN: 0505-9461, 10(23):33-40. 1972.
- NC 48-46: 1987: *Oficina Nacional de Normalización: Régimen de riego de Proyecto. Método de Cálculo*, La Habana, Vig. 1987.
- ZAMORA, H. E., C.E. DUARTE, R. CUN, R. PÉREZ y M. LEÓN.: "Coeficientes de cultivos (K_c) en Cuba", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 4(3): 16-22, 2014.

Recibido: 10/03/2015.

Aprobado: 14/11/2015.

Publicado: 05/12/2015.

Carmen Duarte Díaz, Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Carretera de Fontanar, km 2 ½, Rpto. Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Correo electrónico: jdptoriego@iagric.cu

Julián Herrera Puebla, Correo electrónico: direccioninvest1@iagric.cu

Teresa López Seijas, Correo electrónico: directoradjunta@iagric.cu

Felicita González Robaina, Correo electrónico: dptoambiente4@iagric.cu

Elisa Zamora Herrera, Correo electrónico: dptoriego6@iagric.cu

TABLA 1. Normas de riego netas totales para el arroz ($m^3 \cdot ha^{-1}$) por provincia

Época de Siembra	Ciclo	Provincia														
		PR	ART	MAY	MZA	VC	CFO	SS	CA	CMY	LT	HL	GM	SC	GTO	IJ
Normas netas totales (ciclo completo) $m^3 \cdot ha^{-1}$																
Frío período seco /Siembra en seco	Ciclo medio	11286	11286	11286	11286	11799	11799	11799	11543	11543	11849	11849	11849	11849	11849	11286
Pre. Primavera Período seco/ Siembra Seco	Ciclo medio	10415	10415	10415	10415	10700	10700	10700	10600	10600	10340	10340	10340	10340	10340	10415
Primavera Período seco/ Siembra agua	Ciclo medio	9000	9000	9000	9000	9685	9685	9685	9585	9585	9400	9400	9400	9400	9400	9000
Primavera Período seco/ Siembra seco	Ciclo medio	8798	-	-	-	9150	9150	9150	8971	8971	8879	8879	8879	8879	8879	8798
Primavera Período seco/S. Fangueo	Ciclo medio	-	9733	9733	9733	9833	9833	9833	9659	9659	9459	9459	9459	9459	9459	-
Preparación seco/ Siembra agua	Ciclo medio	10500	10500	10500	10500	10985	10985	10985	10285	10285	10100	10100	10100	10100	10100	10500
Frío Período Seco/Siembra Seco	Ciclo corto	9172	9172	9172	9172	9763	9763	9763	9226	9226	9526	9526	9526	9526	9526	9172
Primavera Período seco/ Siembra agua	Ciclo corto	8326	8326	8326	8326	8362	8362	8362	8382	8382	8366	8366	8366	8366	8366	8326
Primavera Período seco/ Siembra seco	Ciclo corto	7858	7858	7858	1858	7940	7940	7940	7905	7905	7905	7905	7905	7905	7905	7858
Primavera Período seco/Agua Desinfección	Ciclo corto	9626	9626	9626	9626	9640	9640	9640	8966	8966	9066	9066	9066	9066	9066	9626
Primavera Período Fangueo (Doblaje)	Ciclo corto	-	8621	8621	-	8721	8721	8721	8543	8543	8643	8643	8643	8643	8643	-

Leyenda: PR- Pinar del Río, ART- Artemisa, MAY- Mayabeque, MZA- Matanza, VC- Villa Clara, CFO- Cienfuegos, SS- Sancti Spiritus, CA- Ciego de Ávila, CMY- Camagüey, LT- Las Tunas, HL- Holguín, GM- Guantánamo, SC- Santiago de Cuba, GTO- Guantánamo, IJ- Isla de la Juventud.

TABLA 2. Normas de riego netas (m³·ha⁻¹) por cultivos y provincias (excepto arroz)

Cultivos	Provincias															
	PR	LH	ART	MAY	MZA	VC	CFO	SS	CA	CMY	LT	HL	GM	SC	GTO	IJ
	Normas netas totales (ciclo completo) m³·ha⁻¹															
	CITRICOS Y FRUTALES															
Limón Fomento	6118	6630	6630	6630	7744	7314	6325	7242	6972	6475	6740	8019	3471	8164	9152	7248
Naranja Fomento	4994	6150	6150	6150	6500	6320	5720	6447	6170	5405	6710	6049	5984	5760	6739	5784
Naranja Producción	4872	5179	5179	5179	4565	5214	4202	5292	4901	4392	4944	5904	5049	4740	7470	4992
Toronja					5280											
Guayaba/E roja	3480	3400	3400	3400	3500	3500	3500	3600	3700	3700	3600	3700	3700	3700	3600	3600
Papaya/M. roja			2200													
Piña	635	635	635	635	635	635	635	635	635	635	635	635	635	635	635	635
Plátano Fruta	7400	8200	8200	8200	8500	8500	8600	8200	8400	8400	8600	8400	7700	8400	8400	7400
	TABACO															
Tabaco tapado	1300		2000			1400		1600								1400
Tabaco al sol	1400		2100		2000	1600		1800	1800	1800	1700	1700	1700	1700	1600	1600
CAFÉ																
Café	4185		4185			5675	5675	5675				5448	5448	5448	5448	5448
	PASTOS Y FORRAJES															
Pastos rastrores	4200	4200	4200	4200	4200	4500	4500	4500	4500	4500	5000	5500	6000	6000	6000	4200
King grass	4300	4300	4300	4300	4300	5000	5000	5000	5000	5000	5500	6000	7000	7000	7000	4300
	VIANDAS															
Papa 70 días	3800	3600	3600	3600	3800	3800	3600	3600	4100	3600	3800	3800	3800	3700	3500	3800
Papa 90 días	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4200	4100	4100	4100	4300	4100	4300	4400
Papa 110 días	4700	4500	4500	4500	4500	4500	4700	4700	4700	4700	4600	4600	5000	4600	4600	4800
Malanga	11000	13200	13200	13200	13200	13200	13200	12900	13400	12900	13600	13800	13800	13200	13200	13200
Plátano Vianda	7500	8400	8400	8400	8400	8600	8500	8500	8400	8400	8600	8600	8600	8600	8400	8500
Boniato Invierno	4080	4410	4410	4410	4410	4648	4350	5025	3976	3794	5109	3576	4605	4576	5792	4215
Boniato primavera	1350	1100	1100	1100	1100	693	828	891	992	1088	1592	1470	1469	1350	2056	648
Yuca	1730	1710	1710	1710	1710	2200	2200	2200	2100	2100	2400	2400	2400	2100	2900	2100
Calabaza	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1500	1600	1900	2400	2300	2600	2500	2800	1800

Leyenda: PR- Pinar del Río, LH- La Habana, ART- Artemisa, MAY- Mayabeque, MZA- Matanza, VC- Villa Clara, CFO- Cienfuegos, SS- Sancti Spiritus, CA- Ciego de Ávila, CMY- Camagüey, LT- Las Tunas, HL- Holguín, GM- Guantánamo, SC- Santiago de Cuba, GTO- Guantánamo, IJ- Isla de la Juventud.

TABLA 3. Normas de riego netas ($m^3 \cdot ha^{-1}$) por cultivos y provincias (excepto arroz)

Provincia	PR	LH	ART	MAY	MZA	VC	CFO	SS	CA	CMY	LT	HL	GM	SC	GTO	IJ
Normas netas totales (ciclo completo) $m^3 \cdot ha^{-1}$																
HORTALIZAS																
Tomate Crec. Determinado 100 días	4100	4100	4100	4100	3900	4100	4100	4100	4300	4300	4200	4400	4400	4200	4100	4400
Tomate Crec. Determinado 130 días	4300	4300	4300	4300	4200	4300	4200	4300	4400	4400	4300	4500	4600	4300	4500	4700
Tomate Crec. Indeterminado 120 días	3800	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3800	4000	3800	3800	4000	4000	3800	3700	4000
Tomate Crec. Indeterminado 150 días	4300	4000	4000	4000	4000	4500	4500	4500	4300	4300	4300	4400	4400	4000	4200	4400
Pimiento Trasplante	3366	3690	3690	3690	3690	3876	3842	3842	3638	3519	3374	3546	3632	3510	3712	3552
Pimiento Siembra directa	4422	5166	5166	5166	5166	5170	5160	5160	4896	4656	4800	4756	5359	4862	5382	4928
Ajo	3400	3600	3600	3600	3600	3488	3582	3618	3456	3400	3504	3502	3504	3632	3780	3502
Cebolla	4296	3800	3800	3800	4000	4119	4392	4048	4378	4137	4060	4091	4140	4920	4646	4136
Col trasplante	1480	1890	1890	1890	1890	2070	2211	2304	1970	1910	2208	2210	2385	2277	2776	1672
Col siembra directa	2745	3570	3570	3570	3570	3689	3485	3632	3587	3383	3555	3375	3405	3664	3774	3488
Pepino	2000	2300	2300	2300	2300	2000	2150	2382	200	2090	2548	2150	2400	2460	2717	2304
Remolacha	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Zanahoria	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800
Lechuga	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620
GRANOS																
Frijol	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	2700	3100	3100	3000	3000	3100	3000	3400	3400
Soya	3000	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	3000	2900	3000	3300	3300	2800	2800	3000
Maíz tierno	4800	4800	4800	4800	4800	4600	4800	4800	4600	4800	4800	4800	4800	4300	4400	4700
Maíz Grano seco	5900	5900	5900	5900	5900	5800	5800	5800	5900	5900	5900	6400	6000	5800	5800	5900

Leyenda: PR- Pinar del Río, ART- Artemisa, MAY- Mayabeque, MZA- Matanza, VC- Villa Clara, CFO- Cienfuegos, SS- Sancti Spiritus, CA- Ciego de Ávila, CMY- Camagüey, LT- Las Tunas, HL- Holguín, GM- Guantánamo, SC- Santiago de Cuba, GTO- Guantánamo, IJ- Isla de la Juventud.