

Indicadores de productividad del agua por cultivos y técnicas de riego en Cuba

Water productivity estimates for agricultural crops and irrigation techniques in Cuba

Dr.C. Felicita González Robaina, Dr.C. Teresa López Seijas, Dr.C. Julián Herrera Puebla

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana, Cuba.

RESUMEN. El término “productividad del agua” ha sido muy utilizado desde de la última década del pasado siglo, y la definición como *producción x agua utilizada* es un concepto útil cuando se compara la productividad del agua en diferentes partes del mismo sistema de riego o cuenca y también cuando se compara la productividad del agua en la agricultura con otros usos posibles de la misma. El valor de la productividad del agua para un mismo cultivo es muy variable y es una función del factor que limite este rendimiento, el que puede variar en función de la adaptación del cultivo al medio donde se desarrolla, de la productividad del suelo, de los niveles de aplicación de fertilizantes. En Cuba se han calculado valores de productividad del agua a partir de resultados experimentales, sin embargo hay poca información de valores reales de esta obtenidos en condiciones reales de cultivos regados. Durante los años 2013-2014 el Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola y para dar respuestas a las demandas del Programa Hidráulico del Ministerio de la agricultura y la Política Nacional del Agua, realizó un diagnóstico en las 15 provincias del país y el municipio especial de la Isla de la Juventud. Este diagnóstico se realizó basado en una metodología diseñada para ello y utilizando la información disponible y el criterio de expertos, se obtuvieron valores de la productividad del agua en condiciones de la producción agrícola bajo riego. En este trabajo se exponen los resultados obtenidos como meta alcanzar en la productividad del agua en las áreas de riego del MINAG y se discuten los factores que la afectan.

Palabras clave: *producción bajo riego, eficiencia del agua.*

ABSTRACT. The term “water productivity” has been intensively used since the final decades of the last century, and defined like quantity of production by quantity of water used, is a very useful concept once it is compared the water productivity in different parts of the same irrigation system or basin; and also when it is compares the water productivity in the agricultural production with others possible nonagricultural uses. The water productivity for a crop is very variable and it is a function of the factor that can limits this yield, water productivity can also varied as a function of crop adaptability to the environment, soil fertility, and fertilizers application between others. In Cuba, there has been calculated water productivity's values taking from data obtained in experimental plots, but there is a very little information about its performance in irrigated agricultural crops in the field. During 2013-2014 years, the Research Institute on Agricultural Engineering, in order to respond the demand formulated by the Hydraulics Program in the Ministry of Agriculture and the National Water Policy; developed a field diagnostic along the country. Following a properly designed methodology and also using data available and expert criteria, it were obtained water productivity's data from irrigated field. The results obtained from this diagnosis are exposed in this work and are discussing some factors that affect water productivity.

Keywords: *irrigated fields, water efficiencies.*

INTRODUCCIÓN

La productividad es la relación entre la unidad de resultado y la unidad de insumo. En este caso el término productividad del agua es usado exclusivamente para denotar la cantidad o el valor del producto sobre el volumen o valor del agua consumida o desviada, que en términos generales se expresa por la razón siguiente:

$$\text{Productividad del agua} = \frac{\text{producción}}{\text{cantidad de agua}}$$

En la razón anterior, el termino producción se puede expresar en términos de peso de producto final, biomasa, dinero etc., y la cantidad de agua utilizada en valores de evapotranspiración, agua total entregada para la producción,

agua recibida como riego más lluvia, etc., (Molden *et al.*, 2003; Pereira, 2012).

La literatura sobre el tema es amplia a partir de la última década del pasado siglo, y coincidente al plantear que la productividad del agua definida como *producción x agua utilizada* es un concepto útil cuando se compara la productividad del agua en diferentes partes del mismo sistema de riego o cuenca (Molden *et al.*, 2003) y también cuando se compara la productividad del agua en la agricultura con otros usos posibles de la misma (Seckler *et al.*, 2003; Zoebl, 2006).

El valor de la productividad del agua para un mismo cultivo es muy variable, así, con una misma cantidad de agua aplicada a un cultivo cualquiera y no limitante para obtener una producción máxima, la mayor producción obtenida será una función del factor que limite este rendimiento (ley del mínimo), y que puede variar en función de la adaptación del cultivo al medio donde se desarrolla, de la productividad del suelo, de los niveles de aplicación de fertilizantes, y también con la técnica de riego que se emplee (Bouman *et al.*, 2007; Dehghanisanij *et al.*, 2009; Kandil *et al.*, 2011; González, 2013¹).

Por otra parte, definida la cantidad total neta de agua necesar-

ia para que un cultivo alcance su máxima producción en ausencia de algún factor limitante, la cantidad bruta a aplicar de agua es una función de la eficiencia de la técnica de riego con que se aplica, además de que no basta de disponer de la cantidad neta necesaria, sino que su mejor efecto se obtiene cuando se aplica en el momento oportuno y en la cantidad necesaria en ese momento.

De lo anterior se desprende que para tener estimaciones precisas de la productividad del agua se requiere del conocimiento del rendimiento de los cultivos que se riegan y de la cantidad, lo más exacta posible del agua aplicada. Salvo en condiciones experimentales (González, 2013), estos valores no se conocen en Cuba, lo que se complica además con la expresión de productividad en función de agua empleada/producción obtenida ($\text{m}^3 \text{ t}^{-1}$) en lugar del valor clásico empleado de kilogramo/agua aplicada (kg m^{-3}), que dificulta la comparación rápida con los valores reportados a nivel mundial.

Las investigaciones realizadas en Cuba sobre las necesidades de agua de los cultivos en experimentos de campo, donde el único factor variable era la disponibilidad de agua, han permitido calcular valores potenciales de la productividad del agua para el riego en el país (Tabla 1) (Gonzales *et al.*, 2011).

TABLA 1. Valores potenciales de rendimiento y productividad del agua en varios cultivos obtenidos en experimentos de campo en Cuba (1971-2007)

Cultivo	Variedad, Clon, Cultivar	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Productividad (kg m ⁻³) (agua consumida)	Productividad (kg m ⁻³) (agua aplicada)	Consumo Específico (m ³ t ⁻¹) (agua aplicada)
Ajo	Sancti Spiritus No3	10,6	2,94	3,62	276
Boniato	Clon CEMSA 78-425	73,7	15,80	88,54	11
Cebolla	Red Creole	18,7	4,41	5,11	196
Frijol	Negro/cueto 259	2,67	0,72	0,92	1087
Garbanzo	N-6	1,27	0,71	1,27	787
Maíz	T66	8,3	2,12	2,68	373
Malanga	Clon Isleña Japonesa	33,4	4,40	5,90	169
Papa	Spunta	28,7	7,61	7,59	132
	Baraka	26,3	7,87	6,96	144
	Kondor	26,3	9,07	6,96	144
	Desirée	28,7	18,01	21,22	77
	Claudia	29,9	21,9	26,72	37
Papayo	Maradol Roja	51,7	4,72	33,01	94
Pimiento	Medalla de Oro	21,9	5,76	9,6	104
Piña	Española Roja	35,4	4,01	6,57	152
Banano	Clon Cavendish Gigante	47,9	3,48	11,28	89
	Clon Tetraploide	41,2	4,43	8,89	112
	Clon Parecido al Rey	43,7	4,00	13,43	74
Plátano	Clon CEMSA ¾	32,9	2,13	4,13	242
Sorgo verano	Enana	4,95	1,08	2,65	377
Sorgo invierno	Enana	4,64	1,32	2,2	455
Soya	G-7 R-315	3,86	0,88	2,91	344
Tomate	Campbell 28	63,8	18,74	22,2	45
Yuca	Clon señorita	40,95	5,28	11,08	90
Arroz		4,61		0,8	1250
Bermuda Cruzada		173,4 (M.V)		29,4	34
King grass		10,5 (M.S)	16,7	4,06	245

¹ Gonzales, R. F.: Funciones agua-rendimiento para cultivos de importancia agrícola en Cuba. 146pp., Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias), Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, La Habana, Cuba, 2013.

Durante los años 2013-2014 el Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric) y para dar respuestas a las demandas del Programa Hidráulico del Ministerio de la Agricultura (MINAG) y la Política Nacional del Agua, realizó un diagnóstico en las 15 provincias del país y el municipio especial de la Isla de la Juventud. Este diagnóstico se realizó basado en una metodología diseñada para ello y utilizando la información disponible y el criterio de expertos, se obtuvieron valores de la productividad del agua en condiciones de la producción agrícola bajo riego. En este trabajo se exponen los resultados obtenidos como meta alcanzar en la productividad del agua en las áreas de riego del MINAG y se discuten los factores que la afectan.

DESARROLLO

Indicadores potenciales de productividad del agua

La Tabla 1, según los resultados de investigaciones en parcelas realizados en Cuba (González *et al.*, 2011) ofrece una relación de los valores potenciales de productividades del agua para los tratamientos de riego no limitantes de la producción y expresadas en producto/agua de riego empleados y agua de riego/producto. En todos los casos, excepto el arroz, estos resultados fueron obtenidos utilizando riego por aspersión. Estos indicadores deben ser tenidos en cuenta como la referencia del máximo alcanzable para las condiciones de Cuba.

Resultados del diagnóstico nacional sobre la productividad del agua

Al promediar los valores de agua demandada para la producción de una tonelada de producción por técnicas de riego para todas las provincias; el mayor valor se obtuvo, como era de esperar, con la técnica de riego superficial y el menor con el riego por goteo con valores promedios de 2183 y 629 $\text{m}^3 \text{t}^{-1}$ respectivamente (Figura 1). De igual modo, la menor desviación del valor medio correspondió al riego por goteo y la mayor al riego superficial. Esto es un índice de la percepción de la eficiencia de cada técnica que se tiene en las provincias, de este modo, en los 11 cultivos reportados en que se usa riego por goteo, correspondientes a 13 provincias (Holguín y la Isla de la Juventud no reportan riego por goteo), solo en aquellos lugares donde lo utilizan en el ajo (Sancti Spiritus y Santiago de Cuba), Tabaco (en Pinar del Río) o Plátano fruta (Sancti Spiritus) los valores de agua/producción superan los 1000 $\text{m}^3 \text{t}^{-1}$, el resto de las provincias y cultivos están por debajo de los 600 $\text{m}^3 \text{t}^{-1}$.

Los altos valores de demanda y también de la desviación del valor promedio que presenta el riego superficial son normales dado que en este análisis está incluido el arroz; a lo que se puede añadir, que estos sistemas son los más afectados por el desconocimiento de la eficiencia con que trabajan, y al no existir una medición de la cantidad de agua que realmente se aplica y no poderse realizar estimaciones con alguna precisión como ocurre con las otras técnicas, los valores reportados de agua demandada para la producción de una tonelada de producción quedan a la percepción individual del que reporta.

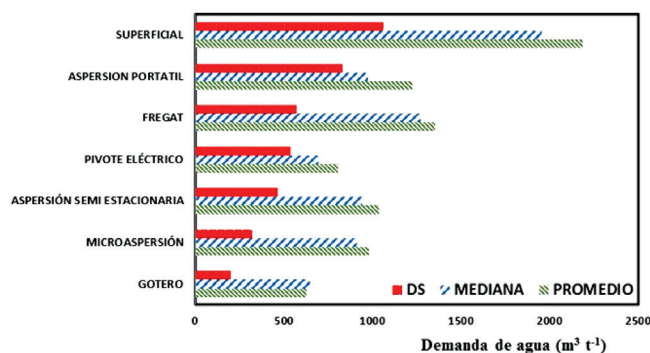


FIGURA 1. Promedio, mediana y desviación estándar de la demanda de agua por tonelada de producción ($\text{m}^3 \text{t}^{-1}$) según la técnica de riego.

En la Figura 2 se hace un análisis por cultivo para la técnica de riego superficial, por ser esta la de mayor variabilidad en el valor de agua utilizada/ton producida. El cultivo de arroz es el de mayor demanda, pero no es el que alcanza la mayor variabilidad, lo que indica una estimación más uniforme de la productividad entre todas las provincias.

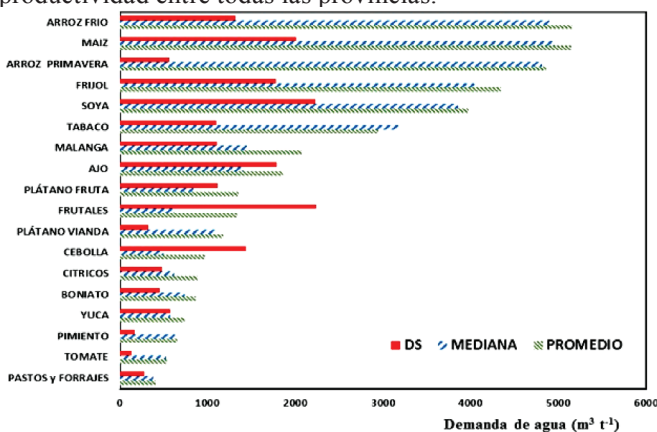


FIGURA 2. Promedio, mediana y desviación estándar de la demanda de agua por tonelada de producción según el cultivo ($\text{m}^3 \text{t}^{-1}$) para el riego superficial.

Por otra parte, el maíz alcanza una demanda de agua/tonelada de producción casi similar al arroz, con una gran variabilidad entre provincias ($\pm 2000 \text{ m}^3 \text{t}^{-1}$) para un cultivo con una norma de riego neta 70% menor que la del arroz, debido a los bajos rendimientos que se obtienen de este cultivo.

En la Figura 3 se comparan las variaciones de productividad para el frijol y maíz en las diferentes técnicas de riego que se emplean en estos cultivos, los cuales fueron escogidos por estar representados en todas las provincias y en todas las técnicas salvo las de riego localizado (micro aspersión y goteo).

Al observar esta figura se nota lo ya señalado anteriormente de la variación de la productividad del agua en función de la técnica de riego empleada debido a la variación en la norma bruta del cultivo que introduce la diferencia en eficiencia de cada técnica.

De acuerdo a lo anterior, mientras que para la producción de una tonelada de frijol y maíz utilizando el riego superficial se demandan 4000 y 5000 m^3 de agua respectivamente, al regar con pivote central solo se requieren 2200 m^3 para el frijol y

2800 m³ para el maíz. En la figura también puede observarse que la demanda (superficial> aspersión> pivotes) sigue una tendencia inversa a la eficiencia (superficial< aspersión< pivotes) del riego.

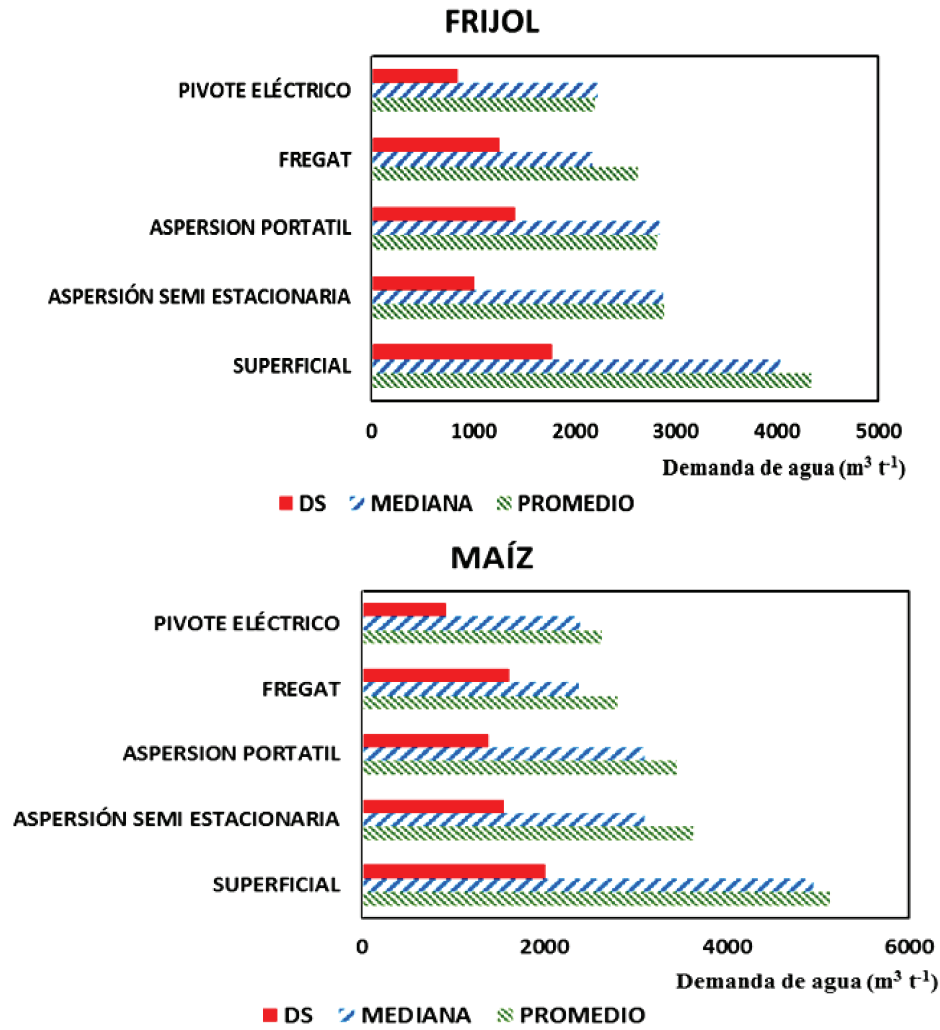


FIGURA 3. Demanda de agua de riego bruta y variabilidad de la demanda (DS) para producir una tonelada de frijol y maíz.

La Tabla 2, muestra la variación entre provincias, también para el frijol y maíz, según la percepción de cada una del valor de productividad a alcanzar para el 2016, para las diferentes técnicas de riego. Salvo en la gravedad, donde ya se ha reiterado la dificultad en el control del agua aplicada y por tanto el definir una eficiencia común, en el resto de las técnicas no se justifica esa variación, toda vez que las eficiencias del riego mediante pivote, aspersión portátil o semi estacionaria no sufren cambios entre una y otra provincia y el coeficiente de variación de la norma neta entre provincias para estos cultivos (Duarte *et al.*, 2014)² es de 5.4 y 2.4% para el frijol y maíz respectivamente.

Dada la determinante influencia de la técnica de riego empleada en la distribución del agua en la productividad, se han agrupado los cultivos por técnicas y provincias y se presentan en las Tablas 3 a la 7. En estas tablas varían la aparición de un cultivo, técnica o provincia debido a que la técnica no se emplea en la provincia o el cultivo no se riega en esa provincia por esa técnica.

TABLA 2. Coeficiente de variación (%) de la demanda según técnicas de riego para el frijol y el maíz a alcanzar para el 2016

Técnica de Riego	Cultivo	
	Frijol	Maíz
Superficial	40,9	39,1
Aspersión sSemi-eEstacionaria	35,3	42,9
Aspersión portátil	50,1	40,2
Pivote hidráulico (Fregat)	47,8	34,8
Pivote eléctrico	38,5	57,4

Para el cultivo del arroz, que se riega todo por técnica superficial, propone utilizar los valores de eficiencia reportados por cada provincia ya que ellos recogen el estado promedio de los sistemas en cada lugar, así como las condiciones, diferentes al agua en las que se realiza la producción. Para el resto de la técnico de gravedad se han homogenizado los valores de productividad atendiendo a los valores de eficiencia del riego pro-

² DUARTE, C., HERRERA, J., LÓPEZ, T.; ZAMORA, E.; GONZÁLEZ, F.: Propuesta de reorganización de la información sobre las normas netas de los cultivos agrícolas (MINAG), 7pp., Actualización de la resolución 21-99 del INRH. IAgric, septiembre, La Habana, 2014.

puestos para la misma, que son muy similares a los propuestos en la actual Resolución 21/99 (INRH, 1999)³.

Para el resto de los cultivos, teniendo en cuenta que la variación de las normas de riego entre provincias no es superior al 4,8% y que las eficiencias de estas técnicas están

claramente definidas en el país y a nivel mundial y que en las mismas las pérdidas por conducción se deben fundamentalmente a problemas de operación del sistema, casi siempre evitables, se propone inicialmente el valor promedio obtenido de todas las provincias.

TABLA 3. Indicadores de productividad del agua por cultivos y provincias para el riego superficial

CULTIVO	PR	LH	A	M	MA	VC	C	SS	CA	CM	LT	G	H	SC	GU	IJ
ARROZ FRIO	3946		7695	7695	3750	4283	5634	3943	6004	4122	5003	5587	4000	5700	4797	5154
ARROZ PRIMAVERA	4615				3652	4705	4922	4351	5258	4607	5021	5556	5313	5700	4573	4856
CÍTRICOS							890	890		890			890		890	890
FRUTALES	621		1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340
PLÁTANO VIANDA	1177		1177	1177	1177	1177	1177	1177	1177	1177	1177	1177	1177	1177	1177	1177
PLÁTANO FRUTA	1352		1352	1352		1352	1352	1352		1352	1352	1352	1352		1352	1352
MALANGA	2071		2071	2071	2071	2071	2071	2071		2071	2071	2071	2071		2071	2071
YUCA			740	740	740		740	740	740	740		740	740	740	740	740
BONIATO	865	865	865	865	865	865	865	865	865	865	865	865	865	865	865	865
TOMATE	536		536	536	536	536	536	536	536	536	536	536	536		536	536
CEBOLLA	972		972	972	972	972	972	972	972	972	972	972	972		972	972
PIMIENTO	659				659	659	659	659	659	659	659	659	659		659	659
AJO	1865		1865	1865	1865	1865		1865	1865	1865	1865	1865	1865		1865	1865
TABACO	2392					3533		3333		4552	2593	1027	3183			
FRIJOL	4343		4343	4343	4343	4343	4343		6050	2346	4343		4343	4343	5847	
SOYA	3975		3975	3975			3975		3975				3975		3975	3975
MAÍZ	4960		4960	4960	4960	4960		4960	4960	4960	4960	4960	4960		4960	4960
PASTOS y FORRAJES	413				413		413	413	413	413	413	413	413		413	413

PR- Pinar del Río, LH- La Habana, A- Artemisa, M- Mayabeque, MA- Matanzas, VC- Villa Clara, C- Cienfuegos, SS- Sancti Spiritus, CA- Ciego de Ávila, CM- Camagüey, LT- Las Tunas, G- Granma, H- Holguín, SC- Santiago de Cuba, GU- Guantánamo, IJ- Isla de la Juventud.

TABLA 4. Indicadores de productividad del agua por cultivos y provincias para el riego mediante aspersión (estacionaria, semi-estacionaria y portátil)

CULTIVO	PR	LH	A	M	MA	VC	C	SS	CA	CM	LT	G	H	SC	GU	IJ
CÍTRICOS	482				482	482	482		482	482				482	482	482
FRUTALES	415	415	415	415	415		415	415	415	415	415	415		415	415	415
PLÁTANO VIANDA		729	729	729	729		729	729	729	729	729		729		729	729
PLÁTANO FRUTA		786	786	786	786		786	786		786	786		786	786	786	786
MALANGA			1063	1063	1063		1063	1063	1063		1063		1063	1063	1063	1063
PAPA			201	201												201
YUCA			346	346	346		346	346		346		346	346		346	346
BONIATO		483	483	483	483	483	483	483	483	483	483	483	483	483	483	483
TOMATE		390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390		390	390
CEBOLLA		349	349	349	349		349	349	349	349	349	349	349		349	349
PIMIENTO		507	507	507	507		507	507	507	507	507	507	507		507	507
AJO		939	939	939	939		939	939	939		939	939	939		939	939
TABACO						1540		2083			1616		2334			1893
FRIJOL		2887	2887	2887	2887	2887	2887	2887	2887	2887	2887	2887	2887		2887	2887
SOYA			3252	3252			3252		3252				3252		3252	3252
MAÍZ		3640	3640	3640	3640		3640	3640		3640	3640	3640	3640		3640	3640
PASTOS y FORRAJES	289	289			289	289	289	289	289	289	289	289	289		289	289

PR- Pinar del Río, LH- La Habana, A- Artemisa, M- Mayabeque, MA- Matanzas, VC- Villa Clara, C- Cienfuegos, SS- Sancti Spiritus, CA- Ciego de Ávila, CM- Camagüey, LT- Las Tunas, G- Granma, H- Holguín, SC- Santiago de Cuba, GU- Guantánamo, IJ- Isla de la Juventud.

³ INRH. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. RESOLUCION No.21/99. Normas Totales Netas y Coeficiente de Eficiencia para la Determinación de las Normas Brutas de los Principales Cultivos Agrícolas. Abril de 1999.

TABLA 5. Indicadores de productividad del agua por cultivos y provincias para el riego por máquinas de pivote central

CULTIVO	PR	LH	A	M	MA	VC	C	SS	CA	CM	LT	G	H	SC	IJ
CÍTRICOS							333								
FRUTALES							470		470			470			
PLÁTANO VIANDA					655		655	655	655		655	655	655		655
PLÁTANO FRUTA							616	616				616	616		616
MALANGA			540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540		540
PAPA			281	281	281	281	281	281	281						
YUCA			338	338	338	338	338		338				338		338
BONIATO		360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360		360
TOMATE			326	326	326		326	326	326	326		326	326		326
CEBOLLA			354	354	354		354		354			354	354		354
PIMIENTO				383	383				383			383	383		383
AJO			896	896	896		896		896			896			
TABACO															
FRIJOL	2200		2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200
SOYA	2400		2400	2400	2400		2400		2400				2400		2400
MAÍZ	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800
PASTOS y FORRAJES	240				240		240		240				240		

PR- Pinar del Río, LH- La Habana, A- Artemisa, M- Mayabeque, MA- Matanzas, VC- Villa Clara, C- Cienfuegos, SS- Sancti Spiritus, CA- Ciego de Ávila, CM- Camagüey, LT- Las Tunas, G- Granma, H- Holguín, SC- Santiago de Cuba, IJ- Isla de la Juventud.

TABLA 6. Indicadores de productividad del agua por cultivos y provincias para el riego localizado por microaspersión

CULTIVO	A	M	MA	VC	C	SS	CA	CM	LT	G	H	SC	GU	IJ
CÍTRICOS			280		280								280	
FRUTALES				360	360	360					360		360	
PLÁTANO VIANDA	660	660		660	660	660			660	660	660	660	660	
PLÁTANO FRUTA	479	479		479	479	479	479			479			479	
TOMATE					350	350		350	350	350	350	350		350
CEBOLLA										300	300	300		300
PIMIENTO			336		336	336		336	336	336		336	336	336
AJO												1462		1462
TABACO						2262								

TABLA 7. Indicadores de productividad del agua por cultivos y provincias para el riego localizado por goteo

CULTIVO	PR	LH	A	M	MA	VC	C	SS	CA	CM	LT	G	SC	GU
CÍTRICOS							272		314			265		401
FRUTALES							294		294	294				171
PLÁTANO VIANDA							535		449	862	137		484	687
PLÁTANO FRUTA							329		329	329	329			329
TOMATE			339	339	150	244	353	186	114	156		278	299	104
CEBOLLA								265					353	
PIMIENTO		155	294	294	212		336	345				869	493	131
AJO								1035					1462	
TABACO	1261													
CAFÉ												2209		

PR- Pinar del Río, LH- La Habana, A- Artemisa, M- Mayabeque, MA- Matanzas, VC- Villa Clara, C- Cienfuegos, SS- Sancti Spiritus, CA- Ciego de Ávila, CM- Camagüey, LT- Las Tunas, G- Granma, H- Holguín, SC- Santiago de Cuba, GU- Guantánamo.

CONCLUSIONES

- La falta de estadística diferenciada para la producción en las áreas bajo riego y el escaso control del agua realmente aplicada no permite tener indicadores exactos de la productividad del agua. Sin embargo, el trabajo realizado a través de las 14 provincias del país arroja, además de la comprensión de la necesidad de incluir este elemento como medio de control de cómo se utiliza el agua, valores índices

para cada provincia.

- Si bien estos indicadores no son exactos, si constituyen una primera aproximación consensada de valores a introducir como indicadores de eficiencia del uso del agua utilizada por los cultivos.
- Los mismos no constituyen un trabajo terminado, por lo cual, y mediante un esfuerzo conjunto de los usuarios del agua para el riego agrícola se deberán ir perfeccionando.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOUMAN, B.A.M.; LAMPAYAN, R.M.; TUONG, T.P.: *Water management in irrigated rice: coping with water scarcity*. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute, ISBN 978-971-22-0219-3, 54 pp., 2007.
- DEHGHANISANI, H.; NAKHJAVANI, M.; TAHIRI, A. Z.; ANYOJI, H.: "Assessment of wheat and maize water productivities and production function for cropping system decisions in arid and semiarid regions", *Irrigation and Drainage*, ISSN 1531-0353, 58: 105-115, 2009.
- GONZÁLEZ, F.; HERRERA, J.; LÓPEZ, T.; CID, G.: "Productividad agronómica del agua". *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: **2227-8761**, 1 (1): 40-44, 2011.
- KANDIL, A.A.; ATTIA, A.N.; BADAWI, M.A.; SHARIEF, A.E.; ABIDO, W.A.H.: "Effect of Water Stress and Fertilization with Inorganic Nitrogen and Organic Chicken Manure on Yield and Yield Components of Potato", *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, ISSN 1991-8178, 5 (9): 997-1005, 2011.
- MOLDEN, D.; MURRAY-RUST, H.; SAKTHIVADIVEL, R.; MAKIN, I.: *A water productivity framework for understanding and action*, pp. 1-18, In: J.W. Kijne, R. Barker, and D. Molden (eds.) *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*. IWMI and CABI Publishing, ISBN 0-85199-669-8, Wallingford, UK, 2003.
- PEREIRA, L.S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I.: "Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving", *Agricultural Water Management*, ISSN 0378-3774, 108: 39-51, 2012.
- SECKLER, D.; MOLDEN, D.; SAKTHIVADIVEL, R.: *The concept of efficiency in water resources management and policy*, pp. 37-51, In: Kijne, J.W.; Barker, R.; Molden, D. (Eds.), *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*. IWMI and CABI Publishing, ISBN 0-85199-669-8, Wallingford, UK, 2003.
- ZOEHL, D.: "Is water productivity a useful concept in Agricultural water management?", *Agricultural Water Management*, ISSN 0378-3774, 84: 265-273, 2006.

Recibido: 29/09/2014.

Aprobado: 23/07/2015.

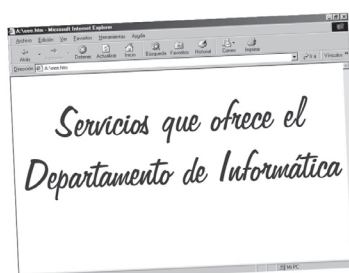
Publicado: 05/09/2015.

Felicit González Robaina, Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba, Correo electrónico: dptoam-biente4@iagric.cu

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

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

Universidad Agraria de La Habana



Diseño y montaje de Proyectos de Redes
Diseño y montaje de Proyectos de Informática Educativa

Cursos

Diseño de Páginas WEB
Programación bajo ambiente WEB
Programación bajo ambiente Windows
Sistema de información geográfica
Diseño de multimedia
Teleclases