

ARTÍCULO ORIGINAL

Elementos básicos para la zonificación de las tecnologías de riego en función de la evaluación de tierras de regadío en el cultivo de la caña de azúcar en Cuba

Basics for zoning of irrigation technologies based on the evaluation of irrigated soil in the cultivation of sugar cane in Cuba

Dr.C. Reynaldo Roque Rodés, Dr.C. Carlos Lamelas Felipe, M.Sc. Mayra Ferrer Reyes, M.Sc. Ledyá Benítez Puig
Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Boyeros, La Habana, Cuba

RESUMEN: La zonificación de las tecnologías de riego, como parte de la evaluación de tierras de regadío requiere de un trabajo que permita asociar las características y cualidades del terreno con los tipos de utilización de la tierra o métodos de regadío. Sin embargo existen otros aspectos no menos importantes que contribuyen a la extensión de las nuevas tecnologías, entre los que se encuentran el posible ritmo mediante el cual el agricultor aprende a utilizar las mismas y darse cuenta de sus ventajas, el costo de inversión y la reducción de los costos de operación, así como el aumento de la eficiencia en la explotación. Por otra parte para establecer un método y técnica determinada, se necesita conocer un grupo de premisas, las cuales no son iguales para su introducción en un excelente productor cañero con cultura del cultivo, que en un productor medio. Para el primer caso, estas se identifican con elementos que faciliten la reducción en los costos de explotación, con relación a la forma en que se regaba anteriormente, aumentando la eficiencia en el uso del agua, manteniendo los rendimientos agrícolas así como logrando un efecto económico del riego por concepto de disminución de los costos; en el segundo caso se requiere que los productores puedan organizar la explotación de los sistemas de riego y drenaje, además de lograr rendimientos agrícolas sostenibles, obteniéndose un efecto económico del riego por incremento de los rendimientos agrícolas con relación a no regar o con respecto a la forma en que se regaba hasta ese momento.

Palabras clave: caña de azúcar, tierras de regadío, métodos y técnicas de riego, costos.

ABSTRACT: The zoning of irrigation technologies, as part of the assessment of irrigated land requires work that associates the characteristics and qualities of the land with the types of land use or irrigation methods. But there are other equally important aspects that contribute to the spread of new technologies, among which are the possible pace by which the farmer learns to use them and realize its benefits, the cost of investment and the reduction operating costs and increased operating efficiency. In addition to establishing a particular method and technique, you need to know a group of premises, which are not the same for an excellent introduction into sugarcane producer with farming culture, which in average producer. For the first case, these elements are identified which facilitate the reduction in operating costs, with respect to the manner in which previously watered, increasing the efficiency of water while maintaining crop yields as well as achieving economic effect concept of irrigation costs decrease, the second case requires producers to organize the exploitation of irrigation and drainage systems, and to achieve sustainable agricultural yields, obtaining an economic effect of irrigation increased crop yields water with no relation to or with respect to the way in which until then watered.

Keywords: sugarcane, irrigated land, irrigation methods and techniques, costs.

INTRODUCCIÓN

Los resultados generales de la producción de las 14 243 ha bajo riego de caña de azúcar en Cuba en el período 2010–2012 fue de 860 794,2 t para un rendimiento de 60,4 t/ha, superando en 28,6 t/ha los rendimientos de las áreas de secano.

Las áreas de riego con tecnología más eficiente y de reciente adquisición produjeron 584 006,8 t, en un área de 6 794,6 ha con para un rendimiento de 86,0 t/ha, que representó un incremento de 54,2 t/ha con respecto a las áreas del secano.

Por la importancia y significado del riego para la producción de caña de azúcar en el país, es fundamental que la toma de decisiones para la elección del método de riego, se fundamente en aspectos técnicos y económicos. Dicha elección estará en función del costo de aplicación del agua, de la eficiencia, de la sencillez del sistema, del deterioro, la erosión del suelo, de la salinidad del agua y quizás de otros factores (Doorenbos & Pruitt, 1977). La zonificación de los métodos y técnicas de riego, se necesita para la fundamentación correcta de los esquemas de utilización de los recursos hídricos, la planificación a tiempo de las solicitudes por parte de los usuarios, así como de la capacitación y por último la fundamentación de los planes

de reconstrucción de los sistemas de riego. La extensión de las tecnologías avanzadas de riego, ha dado lugar a una serie de preguntas, las cuales demandan de un análisis económico (Goyal, 1987). El objetivo del trabajo es dar los lineamientos generales para la zonificación de las técnicas de riego en el cultivo de la caña de azúcar.

MÉTODOS

Localización

La posición que tiene la fuente de abasto en los referente a la altura en que se encuentra el agua con respecto al área, así como la distancia de la propia fuente con relación al predio son aspectos a considerar en la ubicación de las tecnologías de riego. Para una altura menor de 5 m (0,5 kg/cm²) resulta factible la utilización de métodos de superficie con la técnica de riego por surcos por derivación o del método de riego localizado con la técnica de riego por goteo subsuperficial. Por otra parte la distancia de la fuente al área tiene una vital importancia debido a las pérdidas de agua para los casos de las conducciones abiertas o pérdidas de presión en las conducciones cerradas (Tabla 1).

TABLA 1. Energía de posición y distancia

Métodos	Técnicas	Energía de posición, m			Distancia, m	
		>10	5-10	0-5	<500	>500
Aspersión	Pivotes	MA	NA	NA	MA	NA
Aspersión	Enrolladores	MA	NA	NA	MA	A*
Superficial	Surcos	MA	MA	MA	MA	NA
Localizado	Subsuperficial	MA	A	NA	MA	A

* Depende la distancia MA: Muy aceptable A: Aceptable NA: No aceptable

Disponibilidad de agua de las fuentes de abasto

Cuando se disponen de caudales superiores a los 30 L/s se pueden utilizar sin restricciones todos los métodos de riego, para los casos en que los caudales se encuentren entre 15 y 30 L/s se recomienda la utilización de los métodos de riego por aspersión y localizado, pero existen restricciones en la utilización del método de riego superficial debido a las pérdidas de agua y las bajas eficiencias en el uso del agua. En el caso de tener disponibilidades de la fuente de abasto inferiores a 15 L/s no es adecuada la utilización del método de riego por superficie así como el método de riego por aspersión en las variantes de las diferentes técnicas de riego (Tabla 2).

TABLA 2. Disponibilidad de agua de las fuentes de abasto

Métodos	Técnicas	Gasto, L/s		
		>30	15-30	<15
Aspersión	Pivotes	MA	A	NA
Aspersión	Enrolladores	MA	A	NA
Superficial	Surcos	MA	NA	NA
Localizado	Subsuperficial	MA	A	A

MA: Muy aceptable A: Aceptable NA: No aceptable

Normas parciales netas de riego por tipos de suelos

Las normas parciales netas fueron calculadas por tipos de suelos, según los criterios brindados por Ascanio y Sulroca (1985), con respecto a los Agrupamientos Agroproductivos de los suelos Cañeros de Cuba (Tabla 3).

TABLA 3. Normas parciales netas de riego por tipos de suelos

Métodos	Técnicas	Ferralitiz.. Cálcicos*	S. Cálcico y n/Cálcico*	Vertisuelo, G. Sialitizado y G. Ferralitiz.*	Ferralitiz. Cuarcítico	Fersialitiz. Cálcico	Aluviales*	Ferritizados
		307 m ³ /ha	321 m ³ /ha	371 m ³ /ha	270 m ³ /ha	335 m ³ /ha	332 m ³ /ha	328 m ³ /ha
Aspersión	Pivotes	MA	MA	A	MA	MA	MA	MA
Aspersión	Enrolladores	MA	MA	A	MA	MA	MA	MA
Superficial	Surcos	NA	NA	MA	NA	NA	NA	NA
Localizado	Subsuperficial	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA

*Las normas parciales netas fueron calculadas por la información brindada por INICA e ISRIC (1995). MA: Muy aceptable A: Aceptable NA: No aceptable

TABLA 4. Velocidad de infiltración básica (mm/hora) por tipos de suelos

Métodos	Técnicas	Ferralitizado Cálcicos	S. Cálcico y n/Cálcico	Vertisuelo, G. Sialitizado y G. Ferralitiz.	Ferralitizado Cuarcítico	Fersialitizad Cálcico	Aluviales	Ferritizados
		48	12 -17,5	1- 8	12	27	30	72
Aspersión	Pivotes	MA	A	NA	A	A	A	MA
Aspersión	Enrolladores	MA	A	NA	A	A	A	MA
Superficial	Surcos	NA	NA	A	NA	NA	NA	NA
Localizado	Subsuperficial	MA	MA	A	A	A	A	MA

Profundidad efectiva (m) por tipos de suelos

Los métodos por aspersión y localizado, tienen mayores posibilidades de utilización en suelos con limitaciones en la profundidad efectiva (Tabla 5).

TABLA 5. Profundidad efectiva (m) por tipos de suelos

Métodos	Técnicas	Ferralitizado Cálcicos	Sialitizados Cálcico y n/Cálcico	Vertisuelo, G. Sialitizado y G. Ferralitizado	Ferralitizado. Cuarcítico	Fersialitiz. Cálcico y n/Cálcico	Aluviales	Ferritizados
		> 0.40	< 0.40	>0.40	<0.40	< 0.40	> 0.40	> 0.40
Aspersión	Pivotes	MA	A	A	A	A	MA	MA
Aspersión	Enrolladores	MA	A	A	A	A	MA	MA
Superficial	Surcos	A	NA	NA	NA	NA	A	A
Localizado	Subsuperficial	MA	MA	A	A	A	MA	MA

MA: Muy aceptable A: Aceptable NA: No aceptable

Calidad del agua de riego

Debe existir una armonía entre la calidad del agua y los requerimientos de los diferentes métodos y técnicas de riego. El contenido de sales de las aguas para fines de regadío es importante, tanto por su influencia sobre el cultivo de la caña de azúcar, así como por su influencia sobre el suelo y en específico

sobre la velocidad de infiltración (Tabla 6).

Otro aspecto de importancia se identifica con las partículas en suspensión tanto orgánicas como inorgánicas en las aguas que se usan fundamentalmente en el método de riego localizado con la técnica por goteo subsuperficial, debido a las posibles tupiciones de los gateros o emisores. (Ayers y Westcot, 1985).

TABLA 6. Calidad del agua de riego

Métodos	Técnicas	Salinidad	Físicos (Sólidos en suspensión)	Químicos (Precipitación)	Físico (Bacterias y algas)
Aspersión	Pivotes	MA	A	A	A
Aspersión	Enrolladores	MA	MA	MA	MA
Superficial	Surcos	NA	MA	MA	MA
Localizado	Subsuperficial	MA	NA	NA	NA

MA: Muy aceptable A: Aceptable NA: No aceptable

Microrelieve y topografía

El microrelieve es un elemento de gran importancia para la selección de los métodos y técnica de riego (FAO, 1979). Este se relaciona con el posible movimiento de tierras para la nivelación que exige cada tecnología de riego

El método de riego por superficie requiere de microrelieves inferiores a 350 m³/ha, este método exige pocos movimientos de tierra para las tareas de alisamiento o nivelación. Los métodos de riego por aspersión y localizados pueden admitir áreas con microrelieves superiores a los 350 m³/ha, debido a que no tienen grandes exigencias en cuanto a la nivelación, estas áreas se podrían asociar a características más onduladas (Tabla 7).

TABLA 7. Microrelieve y topografía

Métodos	Técnicas	Microrelieve, m ³ /ha		
		>700	350-700	< 350
Aspersión	Pivotes	A	A	MA
Aspersión	Enrolladores	A	A	MA
Superficial	Surcos	NA	NA	MA
Localizado	Subsuperficial	A	A	MA

MA: Muy aceptable A: Aceptable NA: No aceptable

Las pendientes del terreno revisten también importancia en la ubicación de los métodos y técnicas de riego (Aidarov, 1985; FAO, 1990), mientras el método de riego por aspersión puede operarse con pendientes grandes e incluso con algunas técnicas con valores superiores al 20%, en el método por superficie existen limitaciones en este sentido; para el caso específico de la técnica de riego por surcos cuando se asocian a terrenos con pendientes superiores al 1%, comienzan a existir problemas con la calidad del riego, debido a que se presentan pérdidas por escurrimiento que se identifican con la obtención de bajas eficiencias de aplicación (Tabla 8).

TABLA 8. Pendientes del terreno

Métodos	Técnicas	Pendientes, %		
		>20	2-20	<2
Aspersión	Pivotes	NA	A	MA
Aspersión	Enrolladores	A	A	MA
Superficial	Surcos	NA	NA	MA
Localizado	Subsuperficial	A	MA	MA

MA: Muy aceptable A: Aceptable NA: No aceptable

Forma geométrica de los terrenos

El macrorelieve o forma de los campos influye también en la ubicación del método y la técnica de riego a utilizar. Mientras para el método de riego por aspersión y la técnica con enrolladores y el método localizado con la técnica de goteo subsuperficial se adaptan a disímiles formas de las áreas, la aspersión con la técnica con pivotes requieren de áreas con conformación geométrica cuadrada. El caso del método de riego superficial con la técnica por surcos necesita de terrenos con formas aproximadas a las rectangulares (Tabla 9).

TABLA 9. Requerimientos geométricos del área

Métodos	Técnicas	Requerimientos geométricos del área		
		Regulares	Intermedios	Irregulares
Aspersión	Pivotes	MA	NA	NA
Aspersión	Enrolladores	MA	A	NA
Superficial	Surcos	MA	A	NA
Localizado	Subsuperficial	MA	MA	MA

MA: Muy aceptable A: Aceptable NA: No aceptable

Relación uniformidad de distribución y comportamiento del relieve

En la medida que las pendientes de los terrenos aumentan, los valores de la uniformidad de distribución del riego disminuyen (Tabla 10). El método superficial es más exigente en este aspecto con relación al resto de los métodos de riego (Tabla 11).

TABLA 10. Uniformidad de distribución, %

Métodos	Técnicas	Uniformidad de distribución, %		
		>20	2-20	<2
Aspersión	Pivotes	NA	A	MA
Aspersión	Enrolladores	NA	A	MA
Superficial	Surcos	NA	NA	MA
Localizado	Subsuperficial	MA	MA	MA

MA: Muy aceptable A: Aceptable NA: No aceptable

TABLA 11. Magnitud de las áreas por métodos y técnicas de riego

Métodos	Técnicas	Magnitud de las áreas, ha		
		< 15	15 - 30	> 30
Aspersión	Pivotes	NA	A	MA
Aspersión	Enrolladores	A	A	MA
Superficial	Surcos	A	A	MA
Localizado	Subsuperficial	A	A	MA

MA: Muy aceptable A: Aceptable NA: No aceptable

Requisitos climáticos. La velocidad del viento

El elemento climático de mayor importancia que interviene en la selección del método y la técnica de riego es la velocidad del viento, su influencia es más marcada en el método de riego por aspersión debido al efecto de distorsión que se produce en la distribución de la lámina, así como en las pérdidas por

evaporación (Tarjuelo, 2005) En el caso de la aspersión con los pivotes, la situación es de menor repercusión, debido a que estos equipos están constantemente cambiando el sentido del movimiento en su desplazamiento (Tabla 12).

TABLA 12. Magnitud de la velocidad del viento, m/s

Métodos	Técnicas	Magnitud de la velocidad del viento, m/s		
		< 2	2 -4	>4
Aspersión	Pivotes	MA	MA	A*
Aspersión	Enrolladores	MA	A	NA
Superficial	Surcos	**	**	**
Localizado	Subsuperficial	**	**	**

*Aceptable hasta 5m/s ** Indiferente. MA: Muy aceptable A: Aceptable NA: No aceptable

Aspectos económicos

Para la selección del método de riego y la técnica de riego desde el punto de vista económico se requieren en primer lugar conocer del costo de inversión del sistema de riego, la vida útil, así como el costo de operación, en el cual se incluye el costo del agua, el salario, la energía, la amortización del sistema y los mantenimientos requeridos (Tabla 13).

TABLA 13. Indicadores de los costos

Métodos	Técnicas	Indicadores de los costos			
		Costos de inversión, USD/ha	Costos de operación, USD/ha	IR, t/ha	Tr, años
Aspersión	Pivotes	1600 -1800	15.08	25 - 40	4- 5
Aspersión	Enrolladores	1800 - 2000	19.10	20 - 25	3 - 4
Superficial	Surcos	900 - 1100	8.32	40 - 50	2 - 3
Localizado	Subsuperficial	2800 - 3000	7.93	80 - 90	2 - 3

IR: Incrementos de rendimientos agrícolas con relación a no regar Tr: Tiempo de recuperación de la inversión.

CONCLUSIONES

- Las tecnologías tradicionales de riego (método por gravedad, técnica de riego por surcos) aportan mayores rendimientos agrícolas cuando los terrenos son fértiles (Vertisuelos y Gleyzados Sialitizados) y llanos, y se utilizan en áreas con fácil acceso al agua y sin empleo de energía.
- Las tecnologías modernas de riego (método por aspersión, técnica de pivote y enrolladores; método localizado y técnica de goteo subsuperficial), se deben de utilizar con prioridad en terrenos pobres de baja fertilidad (Ferralitizados Calcicos, Ferritizados) y bombeo. Las áreas con conformación geométrica regular y posibilidades de electrificación, deben ser preferenciales para los pivotes.
- En el caso de los suelos Sialitizados Cálcidos y no Cálcidos, Fersialitizados Cálcidos, con limitaciones en la profundidad efectiva, debe seleccionarse el método por aspersión con la técnica por enrolladores, con opciones también para el método localizado con la técnica subsuperficial, para el caso de limitaciones climáticas o del agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS y WESTCOT: *La calidad del agua en la agricultura*, 174pp., FAO. Riego y Drenaje 29, Roma, Italia, 1987.
- AIDAROV, I; A. GOLOVANOV y M. MAMAEV: *El riego*, 367pp., Editorial MIR Moscú, 1985.
- ARCIA, F; J. H. KAUFFMAN; R. CHANG & R. MARÍN: *Cracking heavy clay reference soils (Vertisols)*, 19pp., Ed. INICA-ISRIC, La Habana, 1995.
- BALMASEDA, C; J. H. KAUFFMAN; F. J. ARCIA (1995). *Hydromorphic soils*. 19pp., INICA-ISRIC.
- CHANG, R; R. VILLEGAS; R. MARÍN & C. BALMASEDA: *Referente Soil of the Central Valley, derived from Alluvium*. INICA-ISRIC, La Habana, Cuba, 1995.
- DOORENBOS, J & W. O. PRUITT: *Las necesidades de agua de los cultivos*, 289pp., FAO. Riego y Drenaje, Roma, Italia, 1977. 24.194 pp.
- FAO: *Evaluación de tierras para la agricultura de regadío: directivas*, Boletín de suelo de la FAO 55, 1990.
- FAO: *Soil Survey Investigations for Irrigations*, Soil Boletín 42, Roma, Italia, 1979.
- GOYAL, M.: *Manejo del riego por goteo, [en línea] 1987, Disponible en: http://www.ece.uprm.edu/m_goyal/home.htm [Consulta: octubre 20 2009].*
- LUNA, E.: *Selección de métodos de riego*. CENID. RASPA. INIFAP- SARH. 8(17): 259-276, 1991.
- MARÍN, R; C. BALMASEDA; R. VILLEGAS & J. ARCIA: *Organic matter-rich calcareous reference soil*, 13pp., INICA-ISRIC, La Habana, 1995
- MARÍN, R; C. BALMASEDA; R. VILLEGAS & E. SÁNCHEZ: *Strongly weathered refernce soils of rhe central and northeastern regions*, 24pp., INICA-ISRIC. La Habana, 1995.
- TARJUELO, J. A.: *El riego por aspersión y su tecnología*, 581pp., Ediciones Mundi – Prensa. III Edición, Madrid, España, 2005.
- VILLEGAS, R; D. PONCE DE LEÓN; C. BALMASEDA & E. PINEDA: *Brown calcareous referente soils derived from limestone*, 26pp., INICA-ISRIC, La Habana,

Recibido: 25 de octubre de 2011 / **Aprobado:** 22 de diciembre de 2012

Reynaldo Roque Rodés, Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Carretera CAI “Martínez Prieto” km 2 ½, Boyeros, La Habana, Cuba, Correo electrónico: lamela@inica.minaz.cu