

La adecuada selección de las técnicas de riego. Una contribución al manejo sostenible de tierras.

Autores: Carlos Lamelas Felipe *, Reynaldo Roque Rodés*, Mayra Ferrer Reyes*, Karina Soltura Proenza**

*Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Carretera CAI "Martínez Prieto" Km 2 ½, Boyeros, Ciudad de la Habana, Cuba. lamela@inica.minaz.cu

** Dirección Nacional de Riego y Drenaje. AZCUBA.

Resumen.

Como parte de la gestión por el aumento de la producción cañera en el país, se han realizado fuertes inversiones para incrementar las áreas de riego las cuales deben tener una respuesta productiva con una eficiente explotación. La asistencia técnica tiene como objetivo dar solución a tres grandes problemas, la no eficiencia en el uso del agua, la improductividad agrícola y la no eficiencia económica, aspectos que contribuyen significativamente al manejo sostenible de tierras. Por tanto la misma parte de un diagnóstico e inventario de riego y drenaje, continúa con recomendaciones que se identifican con la planificación de la operación de los sistemas, la zonificación de los requerimientos hídricos y las tecnologías de riego y drenaje y por último la elaboración de los proyectos agronómicos. El monitoreo de las recomendaciones se efectúa mediante la ejecución y supervisión de la operación, por el control cualitativo de las actividades agrícolas a realizar en las áreas beneficiadas por el riego. Se presentan los resultados comparativos de 259 cosechas de áreas controladas de 11 Unidades Básicas de Producción y beneficiadas con riego por máquinas de pivote central y goteo en las campañas 2009 – 2010, 2010 – 2011 y 2011-2012 y 2012-2013; fueron obtenidos rendimientos superiores a las 80 ton/ha con las máquinas de pivote y 100 ton/ha con el goteo, son factibles de lograr independientemente del tipo de cepa y edades; el número de riegos medios aplicados osciló entre 19.8 y 23 en los pivotes, además de 90 y 182 riegos para el goteo. Se obtuvieron incrementos de rendimientos medios entre 30.3 y 38.07 ton/ha para los pivotes, con ingresos entre 2 848.2 y 3 578.5 \$/ha, siendo los beneficios entre 2510.6 y 3186.6 \$/ha. En el goteo el incremento medio osciló entre 70 y 83.8 ton/ha, los ingresos fluctuaron entre 6 580 y 7 877.2 \$/ha, con beneficios variables entre 5 349.2 a 6 396.1 \$/ha. Las relaciones entre los volúmenes de agua aplicada y rendimientos agrícolas obtenidos variaron entre 5.0 y 5.8 mm/ton de caña obtenida, para el goteo y pivote respectivamente. Una asistencia técnica puede ser efectiva para la economía del productor con dos salidas fundamentales, incidir en incrementar o mantener los rendimientos agrícolas actuales, así como permitir una mayor eficiencia económica con el ahorro de los costos operativos.

Palabras claves: caña de azúcar, riego, pivote central, goteo, rendimientos, eficiencia

Abstract.

As part of the administration for the increase of the sugar cane production in the country, they have been carried out strong investments to increase the irrigation areas which should have a productive answer with an efficient exploitation. The technical attendance has as objective to give solution to three big problems, the non-efficiency in the use of the water, the agricultural unproductiveness and the not economic efficiency, this points have a contribution to management sustainable of earths. Therefore the same part of a diagnosis and irrigation and drainage inventory, continue with recommendations that are identified with the planning of the operation of the systems, the location of the water requirements and the irrigation and drainage technologies and lastly the elaboration of the agronomic projects. The pursuit of the recommendations is made by means of the execution and supervision of the operation, for the qualitative control of the agricultural activities to carry out in the areas benefitted by the irrigation. The comparative results of 259 crops of controlled areas of 11 Basic Units of Production and beneficiaries are presented with irrigation by machines of central pivot and drip in the campaigns 2009 - 2010, 2010 - 2011 and 2011-2012 and 2012-2013; superior yields were obtained to the 80 ton/ha with the pivot machines and 100 ton/ha with drip, they are feasible of achieving independently of the stump type and ages; the number of irrigation applied means oscillated between 19.8 and 23 in the pivots, besides 90 and 182 irrigation for the drip. Increments of yields means were obtained between 30.3 and 38.07 ton/ha for the pivots, with revenues between 2 848.2 and 3 578.5 \$/ha, being the benefits between 2510.6 and 3186.6 \$/ha. With respect to the drip the half increment oscillated between 70 and 83.8 ton/ha, the revenues fluctuated between 6 580 and 7 877.2 \$/ha, with variable benefits among 5 349.2 at 6 396.1 \$/ha. The relationships between the volumes of applied water and obtained agricultural yields varied between 5.0 and 5.8 mm/ton of obtained cane, for the drip and pivot respectively. A technical attendance can be effective for the economy of the producing with two fundamental exits, to impact in to increase or to maintain the current agricultural yields, as well as to allow a bigger economic efficiency with the saving of the operative costs.

Key words: cane of sugar, irrigation, center pivot, drip, yields, efficiency.

Introducción.

La agroindustria azucarera representa una actividad económica de gran importancia que proporciona al país primeramente la garantía de azúcar para el consumo interno e importantes ingresos por las exportaciones de azúcar y sus derivados, genera energía limpia, además el aprovechamiento de las mieles finales en la producción de alimento animal y el empleo de los sus residuales como fertilizantes.

El notable incremento de los precios del azúcar y su estabilización en los últimos tiempos, que se han duplicado con relación a los más bajos alcanzado en los primeros años de este siglo, han provocado que nuestro Gobierno Revolucionario haya decidido la ejecución de un Programa Emergente para recuperar la producción de caña, con el objetivo de incrementar la producción de azúcar y alcohol, fundamentalmente.

El riego y el drenaje resultan determinantes en la obtención de los objetivos propuestos. En la actualidad existen importantes disponibilidades de agua tanto superficial como subterránea, que permiten regar alrededor del 30 % del área cañera, contándose con sistemas de riego y drenaje en operación que funcionan una parte de ellos y otros que requieren su complementación, reconstrucción o mantenimiento, además de poseerse en las estructuras técnicas y estaciones experimentales principalmente, de una importante experiencia acumulada y personal capacitado.

Los resultados generales de la producción de las 14 243 ha bajo riego de caña de azúcar en Cuba en el período 2010 – 2011 fue de 860 794.2 ton para un rendimiento de 60.4 ton/ha, superando en 28.6 ton/ha los rendimientos de las áreas de secano en ese momento. En el caso de las áreas de riego con tecnología más eficiente y de reciente adquisición produjeron 584 006.8 ton, en un área de 6 794.6 ha con un rendimiento de 86.0 ton/ha, que representó un incremento de 54.2 ton/ha con respecto a las áreas del secano. (AZCUBA, 2012)

Debido a la importancia y significado del riego para la producción de la caña de azúcar en el país, es fundamental que la toma de decisiones para la elección del método de riego sea el punto de partida y se requiere 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 y Pruitt, 1977), por otra parte 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); fundamentado en los aún no satisfactorios resultados definitivos en las áreas bajo riego.

Por tanto el problema a enfrentar se identifica con la no adecuada explotación de los sistemas de riego a presión en el cultivo de la caña de azúcar, su causa se relaciona con la falta aún existente de una no adecuada organización de la explotación, derivándose a su vez de este problema una respuesta agrícola y eficiencia en el uso de la agua que aún distan de las posibilidades potenciales y por tanto una mayor respuesta económica.

El objetivo del trabajo es exponer los resultados del efecto económico del riego en el cultivo de la caña de azúcar, en los sistemas controlados o monitoreados a través de un proyecto de investigación del INICA en las campañas 2009 – 2010, 2010 – 2011, 2011-2012 y 2012-2013.

Materiales y métodos.

Una caracterización del comportamiento de las precipitaciones en las Unidades Empresariales Básicas (UEB) comprometidas con las inversiones es indicada en la figura 1. Las precipitaciones media en la parte occidental – central varían entre 1400 y 1500 mm y en la parte más oriental del país las mismas alcanzan valores inferiores a los 1200 mm. Como cuestión general se observa una tendencia a disminuir las medias de las precipitaciones hacia la parte más oriental del país, criterios coincidentes con INICA (2011); ello ratifica que en el occidente-centro el riego debe ser un complemento de las precipitaciones, sin embargo en la medida que la ubicación tienda hacia la parte más oriental, el riego es definitorio en la producción cañera

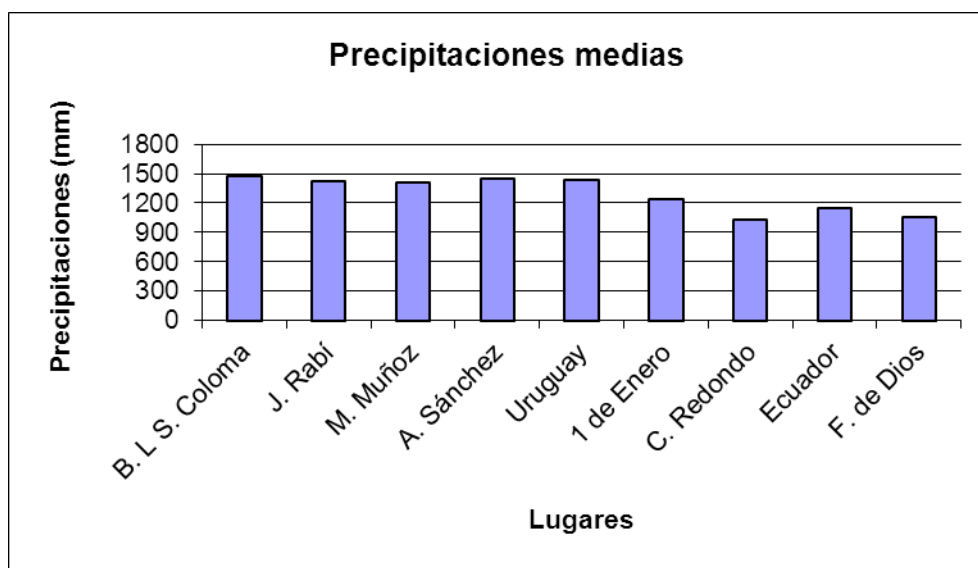


Fig.1. Comportamientos de las precipitaciones medias
Se procesó la información reportada por AZCUBA de los rendimientos, número de riegos, cepas, variedades, etc, número de cortes en áreas beneficiadas con

sistemas de riego de pivote central y con riego por goteo en las zafras 2009 – 2010 , 2010 – 2011, 2011 – 2012 y 2012-2013.

Como base para el análisis económico del riego se consideró la información de costo de INICA (2011) y AZCUBA (2012), (tabla 1), de la cual fue utilizado el costo operacional del riego, en el cual se incluye el salario, la energía, la amortización del sistema y los mantenimientos requeridos. Se empleó un precio medio de la tonelada de caña de 94 pesos y un rendimiento medio sin riego de 60 t/ha.

Tabla 1. Ficha de costo de los métodos y técnica de riego utilizadas en el trabajo

Métodos	Técnicas	Indicadores de los costos			
		Costos de inversión (USD/ha)	Costos de operación (USD/ha)	IR (ton/ha)	Tr (años)
Aspersión	Pivotes	1 600 -1 800	17.04	25 - 40	4- 5
Localizado	Subsuperficial	2 800 - 3000	10.30	80 - 90	2 - 3

IR: Incrementos de rendimientos agrícolas con relación a no regar.

Tr: Tiempo de recuperación de la inversión.

Resultado y discusión.

Un resumen de los resultados de las zafras 2009-2013 con los pivotes son indicados en las tablas 2, los riegos oscilaron entre 19.8 y 23.5, los rendimientos agrícolas entre 90.3 y 98.07 ton/ha y los incrementos de rendimiento con relación a no regar entre 30.3 y 38.07 ton/ha. Las relaciones entre los volúmenes de agua aplicada y rendimientos agrícolas obtenidos variaron entre 5.2 y 6.4 mm/ton de caña obtenida. Los costos medios fluctuaron entre 337.3 y 391.9 \$/ha. Para estos costos, los beneficios medios oscilaron entre 2510.9 y 3186.6 \$/ha (tabla 3).

Tabla 2. Pivotes. Zafra 2009-2013.

Zafras	Cosechas	Edad (meses)	No de riegos	Rend. (ton/ha)	IR (ton/ha)	mm/ton
2009-2010	31	11.2	23.5	98.1	38.07	6.00
2010-2011	57	13.0	22.5	90.3	30.3	6.40
2011-2012	57	13.7	22.0	97.6	37.6	5.70
2012-2013	87	14.6	19.8	94.1	34.1	5.20
Resumen	232	13.1	22	95	35.0	5.80

IR: Incremento de rendimiento agrícola.

Tabla 3. Efecto económico del riego para varios rendimientos y número de riegos posibles. Pivotes eléctricos.

		Costos riegos (\$/ha)				Beneficios (\$/ha)			
		Número de riego				Número de riegos			
IR(ton/ha)	Ingresos (\$/ha)	20	25	30	35	20	25	30	35
25	2350	340.8	426	511.2	596.4	2009.2	1924	1838.8	1753.6
30	2820	340.8	426	511.2	596.4	2479.2	2394	2308.8	2223.6
35	3290	340.8	426	511.2	596.4	2949.2	2864	2778.8	2693.6
40	3760	340.8	426	511.2	596.4	3419.2	3334	3248.8	3163.6
50	4700	340.8	426	511.2	596.4	4359.2	4274	4188.8	4103.6

Similar valoración de los resultados de las zafras 2009-2013, con los sistemas de riego por goteo son indicados en la tabla 4, los riegos variaron entre 90 y 182.2, los rendimientos agrícolas entre 130.5 y 143.8 ton/ha y los incrementos de rendimientos con relación a no regar variaron entre 70.5 y 83.5 ton/ha. Las relaciones entre los volúmenes de agua aplicada y rendimientos agrícolas obtenidos variaron entre 3.4 y 7.3 mm/ton de caña obtenida. Los costos medios fluctuaron entre 713.7 y 1 255.2 \$/ha; los beneficios medios variaron entre 5 700 y 6 000.6 \$/ha (tabla 5).

Tabla 4. Goteo. Zafra 2009-2013.

Zafras	Cosechas	Edad (meses)	No de riegos	Rend.(ton/ha)	IR (ton/ha)	mm/ton
2009-2010	13	16.9	182.2	130.5	70.5	7.3
2010-2011	2	12.0	119.5	132.5	72.5	4.5
2011-2012	7	14.3	90	143.8	83.8	3.4
2012-2013	5	15.0	132.7	135	75	4.9
Resumen	27	14.5	131.1	135.4	75.4	5.0

Los incrementos de rendimientos agrícolas con relación a no regar con las tecnologías son coincidentes a los divulgados por Lamelas (1995, 2008) y el INICA (2004), al plantearse valores entre 20 y 40 ton/ha para los pivotes y superiores a las 60 ton/ha para el riego por goteo.

Por otra parte los resultados agrícolas y económicos obtenidos en el caso específico de los pivotes, son coincidentes a los expuestos para las condiciones de Cuba por el MINAZ (1990) en la Empresa Azucarera Ecuador y Estuardo (2004), en la Republica de Guatemala (Ingenio La Unión S.A., Escuintla) para ciclos de reposición de 7 años, además de Lamelas (2011) en el riego por goteo.

Tabla 5. Efecto económico del riego para varios rendimientos y número de riegos posibles. Goteo.

		Costos riegos (\$/ha)				Beneficios (\$/ha)			
		Número de riegos				Número de riegos			
IR (ton/ha)	Ingresos (\$/ha)	80	120	160	200	80	120	160	200
45	4230	824	1236	1648	2060	3406	2994	2582	2170
55	5170	824	1236	1648	2060	4346	3934	3522	3110
65	6110	824	1236	1648	2060	5286	4874	4462	4050
75	7050	824	1236	1648	2060	6226	5814	5402	4990
90	8460	824	1236	1648	2060	7636	7224	6812	6400

Para casos puntuales como las UEB 1 de Enero y Ciro Redondo en la provincia de Ciego de Ávila con los pivotes eléctricos, las precipitaciones en los últimos años tuvieron un comportamiento diferente, para el primer caso las precipitaciones (figura 2) han estado por debajo de la media histórica, por lo que se ha requerido regar más para satisfacer las necesidades hídricas de la caña de azúcar. Sin embargo, es interesante que para años con comportamiento climático, edades y rendimientos agrícolas similares (zafra 2009-2010 y 2010-2011), el número de riego promedio varíe de 16 a 27; las causas pudieran argumentarse con que aún pudieran existir posibilidades de mejoras en el manejo del agua, por intermedio de la reducción de los números de riego, existieron 11 riegos de diferencia entre las zafra de mayor y menor números de riegos, por lo que reduciendo por ejemplo 5 riegos (45% de los riegos) en la zafra 2009-2010 se hubieran podido ahorrar 85.2 \$/ha en los costos de operación por concepto de riego.

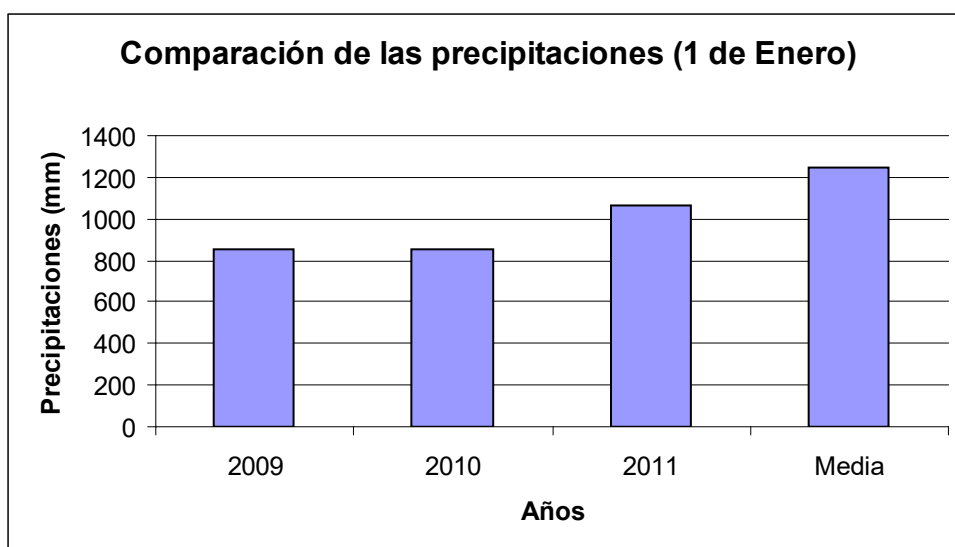


Fig. 2. Comportamiento anual de las precipitaciones.

En el segundo caso (UEB Ciro Redondo), las precipitaciones (figura 3) han sido fluctuantes con respecto a la media histórica del lugar, la zafra 2009-2010 con relación a la 2010-2011, a pesar de tener menores precipitaciones, se regó menos, sin embargo en la última zafra (2011-2012) a pesar de tener precipitaciones mayores se regó más, por lo que quizás las posibilidades de manejo del agua aún no estén agotadas, por ejemplo existieron 8 riegos de diferencias entre las dos primeras zafras, una reducción en solo un 50% hubieran podido reportar 68.1 \$/ha de ahorro en los costos operativos.

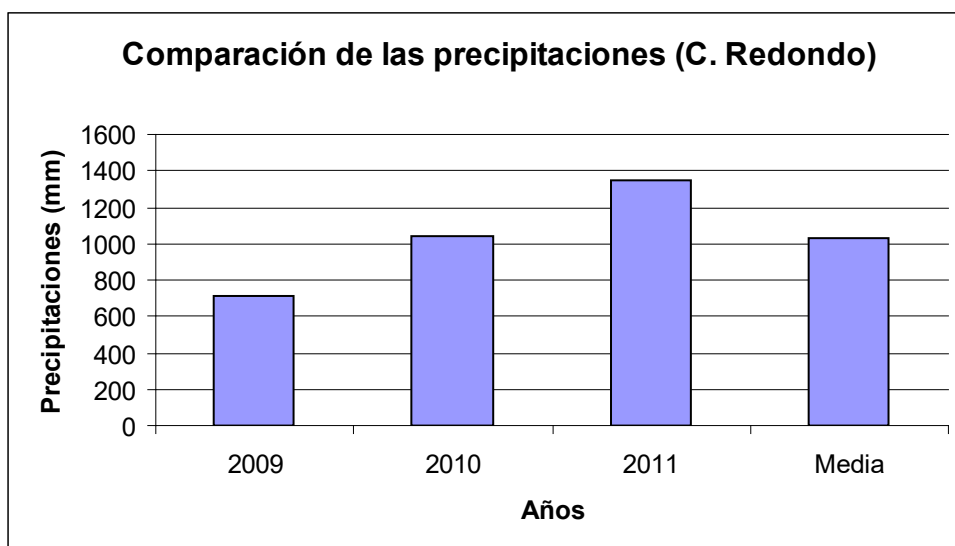


Fig. 3. Comportamiento anual de las precipitaciones.

Las tabla 6 y 7 muestran que parte de los incrementos de rendimientos obtenidos son necesarios para pagar el costo operativo del riego. Para los pivotes los mismos fluctuaron entre 3.60 y 4.25 ton/ha y en el riego por goteo entre 9.86 y 19.96 ton/ha. La maximización del beneficio sugiere que las

tecnologías modernas incrementan los rendimientos económicos en terrenos con alguna limitante (Goyal, 1987), en el caso que nos ocupa son de baja fertilidad en los cuales los costos del agua van en aumento cada día, por tanto exponemos la hipótesis que ante la posibilidad de reducción de los costos operacionales, ello dejaría opciones reales de obtención de mayores beneficios económicos.

Tabla 6. Rendimientos agrícolas necesarios para pagar el costo de operación de los pivotes.

Pivotes			
Zafras	Costos (\$/ha)	Incrementos de rendimientos (ton/ha)	Rendimientos(ton/ha) para pagar los costos operativos
2009-2010	400.4	38.07	4.25
2010-2011	383.4	30.30	4.07
2011-2012	374.8	37.60	3.98
2012-2013	337.3	34.10	3.60

Tabla 7 .Rendimientos agrícolas necesarios para pagar el costo de operación del goteo subsuperficial.

Goteo			
Zafras	Costos (\$/ha)	Incrementos de rendimientos (ton/ha)	Rendimientos(ton/ha) para pagar los costos operativos
2009-2010	1 876.6	70.5	19.96
2010-2011	1 230.8	70.5	13.09
2011-2012	927	83.8	9.86
2012-2013	1 366.8	75.0	14.5

Los saldos o beneficios económicos obtenidos en el caso de los sistemas por goteo son superiores a los sistemas de pivote central, ello se explica debido a que los incrementos de los rendimientos agrícolas son superiores en los primeros con respecto a los segundos, produciendo valores de incremento en caña que atenúan los costos mayores de los sistemas por goteo. (Tabla 8).

Tabla 8. Resumen comparativo entre los sistemas de riego.

Técnicas	IR_{medios} (t/ha)	% Incremento	Costo incremento/t caña (\$/t)	Valor incremento caña (\$/ha)	Saldo (\$/ha)
Pivotes	35.0	58.4	10.70	3 290.9	3 254.6
Goteo	75.6	125.7	23	7 087.6	7 044.0
Diferencias	40.6	67.3	12.3	3 796.7	3 789.4

Conclusiones y recomendaciones

- Los incrementos de rendimientos agrícolas obtenidos con relación a no regar utilizando la técnica de riego de pivote central, fluctuaron entre 30 y 40 ton/ha, en el caso del goteo subsuperficial fue entre 70 y 80 ton/ha; en ambas técnicas se cubre el costos de operación y dejan favorables saldos o beneficios económicos al productor.
- Las premisas para realizar la asistencia técnica a un buen productor (caso de los resultados del trabajo) deben ir en el futuro dirigidas a obtener un efecto económico del riego por concepto de reducción de los costos de explotación.
- Con relación al uso del agua y como incidencia directa en el manejo sostenible de tierras, se debe priorizar el uso de variedades de altos coeficientes de respuesta, variedades de alta eficiencia biológica y una buena eficiencia tecnológica.
- Garantizar que cada nueva inversión realizada o áreas recuperadas de riego tenga una adecuada selección de la técnica que permita un progreso medible en la gestión eficiente del agua.

Referencias bibliográficas

- AZCUBA (2012). Proyección de la actividad d riego y drenaje. Informe de Riego y Drenaje, 2011.
- Doorenbos, J Y W. O. Pruitt (1977).Las necesidades de agua de los cultivos. FAO.Riego y Drenaje 24.194 pp.
- Estuardo, V (2004). Análisis técnico-económico de un sistema de riego de pivote central y un módulo de riego por aspersión móvil en el cultivo de la caña de azúcar. Tesis presentada en la Universidad de San Carlos de Guatemala.107 pp.
- Goyal, M (1987). Manejo del riego por goteo. http://www.ece.uprm.edu/m_goyal/home.htm
- INICA. (2004) Fundamentos tecnológicos y económicos para la extensión del riego por goteo subterráneo en caña de azúcar. Informe Parcial. 23 pp.
- INICA (2011). Planificación y Operación de los sistemas de Riego y Drenaje y los Recursos Hídricos en Caña de Azúcar. Informe final de proyecto. 149 pp.
- Lamelas, C. (1995). Las máquinas de pivote, valoración técnico-económica para la utilización en el riego de la caña de azúcar en Cuba. Informe Técnico, INICA, C. Habana: 120 pp.
- Lamelas, C, M. Ferrer Reyes y María T. Oviedo Serrate (2008).La eficiencia biológica y tecnológica en el uso del agua para el riego de la caña de azúcar. Cuba Caña. No 1. 2008. p: 55 – 59.
- MINAZ (1990). Rendimientos agrícolas obtenidos en la Empresa Azucarera Ecuador. Informe parcial. 10 pp.