

ORGANIZACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO EN LA UNIDAD EMPRESARIAL DE BASE JESÚS RABÍ.

.

Lic. Lidia E. Tilán Hernández¹, Ing. Amarillys Blanco González¹, Ing Oscar Luis García Peña²

1. FUM César Modesto Rodríguez Alayón. Calimete, Matanzas, Cuba

2. UEB Jesús Rabí, Calimete, Matanzas, Cuba.

Resumen.

El presente proyecto se desarrolla en la UEB “Jesús Rabí” perteneciente a la Empresa Azucarera Matanzas, con el objetivo de determinar la técnica de riego más adecuada a emplear en cada unidad productora a partir de las condiciones edafoclimáticas y agro ecológicas existentes; donde se asume como punto de partida el plan de inversiones de sistemas de riego de nueva tecnología propuesto por AZCUBA para el periodo 2013-2017. Se exponen los criterios y metodologías básicas para la recomendación, planificación y ubicación de las nuevas tecnologías necesidad previa a la introducción en cada Unidad de Producción Cañera] a beneficiar con las inversiones de riego Se enfocan los pasos a seguir para la implementación de dichos sistemas, el consumo de agua, el tipo de suelo, los efectos del clima sobre el desarrollo del cultivo, de forma tal que los mismos satisfagan la demanda del cultivo de la caña de azúcar.

Palabras claves: *Riego; Máquinas; Inversiones; Requerimientos hídricos.*

Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es uno de los cultivos agroindustriales más importantes a nivel mundial con un área comercial de 23 875 176,0ha en cerca de 80 países Desde el punto de vista industrial, constituye la principal fuente de obtención de azúcar y edulcorantes (alrededor del 70%) y más recientemente ha incrementado su importancia en la elaboración de subproductos tales como el etanol alimento animal y biocombustibles.

El hombre no ha sabido dominar el clima y sigue estando bajo la amenaza constante de la sequía. Al disponer de agua en cantidad limitada y al crecer la población y ser necesaria una mejor y más abundante producción de alimentos, el agua ha pasado a ser el recurso natural más valioso en casi todas las regiones, por tanto resulta necesario llegar a una planificación eficaz del aprovechamiento del agua en la producción agrícola. Hay que conocer la predicción cuantitativa de las necesidades de riego con respecto a la producción agrícola así como los métodos de pronóstico para el uso del agua con fines de riego. La irrigación es una actividad costosa y compleja por su carácter ingeniero y por el equipamiento tecnológico que requiere (equipos para mantenimientos, obras hidrotécnicas, energía y agua) y un personal capacitado. Hoy día esta actividad demanda de un óptimo aprovechamiento de las inversiones realizadas y un adecuado manejo del agua a nivel parcelario.

Hasta aquí se darían pasos concretos con relación a la planificación de la operación de los sistemas de riego, sin embargo, existen problemas en la aplicación y supervisión de la operación, manifestándose ello en un incorrecto manejo del riego, volúmenes de agua que se pierden, derivando ello en bajas eficiencias de regadío. En el mundo se han dado importantes pasos en el sentido de la planificación del riego donde se define una metodología específica para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos y las técnicas de riego a utilizar así como su interrelación con los rendimientos agrícolas.

Por tanto, para ir a la aplicación de un riego eficiente hay que dominar desde las técnicas de cuándo y cuánto regar hasta la selección de las tecnologías que se identifican con el cómo regar, tratándose de buscar una mayor identificación con las de mayor eficiencia, las máquinas de riego son un ejemplo de alta eficiencia.

Food and Agricultural Organization [FAO] expone un grupo de principios con relación al planeamiento del recurso agua, entre los mismos se incluye el de la sostenibilidad. De ello surge la siguiente pregunta ¿Hasta qué punto el riego es sostenible y bajo qué condiciones?

Hasta el momento el riego ha sufrido fuertes ataques por parte de muchos ambientalistas, basándose en el hecho de que el mismo transforma parte del territorio y produce cambios que a largo plazo pueden no ser sostenibles, sin embargo la historia ha dado testimonio que ello no es así.

El presente proyecto tiene como punto de partida fundamental la problemática de no existir un estudio de factibilidad, planificación y caracterización edafoclimática previo a la introducción de las nuevas tecnologías en las áreas de las unidades de la UEB a beneficiar con las inversiones de riego. También de la poca utilización de herramientas de Información Geográfica [SIG] en la toma de decisiones, que son de uso recomendado a nivel mundial.

Problema: ¿Cómo organizar y planificar las inversiones de nuevas tecnologías de riego en cada una de las unidades productivas que conforman la UEB “Jesús Rabí” de manera que contribuyan al desarrollo sostenible de la caña de azúcar?

Hipótesis: Si se realizara una evaluación técnico organizativa previa de las zonas agro ecológicas donde se pretende introducir las nuevas tecnologías de riego en la UEB “Jesús Rabí”, se obtendrían resultados agro productivos y económicos superiores a los actuales en la producción de caña y de azúcar.

Desarrollo

Caracterización de la Unidad Empresarial de Base [UEB] de Atención a Productores “Jesús Rabí”.

La UEB “Jesús Rabí” se localiza entre las coordenadas 520 308 N y 480 288 E, Proyección Cónica Conforme de Lambert (Sistema de Coordenadas Cuba Norte), próximo al poblado de Calimete. Limita por el Norte con áreas del poblado Seis de Agosto, por el Sur con la Autopista Nacional, por el Este con el río Hanábana, (límite provincial con Cienfuegos) y por el Oeste con el poblado Reynold García y áreas del plan citrícola Victoria de Girón del municipio Jagüey Grande. La UEB estructuralmente esta conformada por un área de 10 142,0ha dedicadas al cultivo de la caña de azúcar, distribuida en 11 unidades que se dedican a la producción cañera, siete de las cuales corresponden a Unidades Básicas de Producción Cooperativa [UBPC] y cuatro Cooperativas de Producción Agropecuaria [CPA], cuya estructuración y distribución territorial se reflejan en la tabla 1.

Tabla 1. Estructura por unidades de la UEB Jesús Rabí

Unidad de Producción		No. Bloques	Área (ha)
Nombre	Código		
UBPC Demetrio	01	9	916,45
CPA A. Olano	02	22	1 168,20
UBPC Batey	03	5	559,49
UBPC Los Indios	04	8	903,65
CPA 28 De Enero	05	15	1 214,04
CPA D. Rojas	06	9	954,55
UBPC Apodaca	07	11	949,74
UBPC El Roque	08	13	1 072,67
UBPC R. González	09	14	548,49
UBPC La Esperanza	10	8	760,17
CPA A. Stambolisky	11	15	1 094,89
TOTAL	-	129	10 142,0

Principales características geomorfológicas del área estudiada.

Cuba está formada, en gran medida, por rocas calizas de las edades del Jurásico al Cuaternario. Desde el punto de vista geomorfológico, la UEB se inscribe en la extensa llanura cársica que se extiende por la mayor parte de la provincia de Matanzas. De forma general la pendiente es llana con valores que regularmente no sobrepasan el 1%. Predominan suelos formados a partir de procesos de ferralitización, caracterizados por la alteración intensa de los minerales, con lavado de la mayor parte de las bases alcalinas y alcalinotérreas, y parte de la sílice, con la materia orgánica bien evolucionada.

Características hidrográficas

La zona que ocupa la UEB no posee ríos muy caudalosos, solo el río Hanábana presenta volúmenes de cierta consideración para el uso agrícola. Existen, además, varias lagunas distribuidas fundamentalmente en la porción suroeste de la empresa, en la región cercana a la Ciénaga de Zapata. Los acuíferos subterráneos presentes en la región, constituyen la principal fuente empleada históricamente para el riego de las plantaciones de caña de azúcar debido a la riqueza y calidad del agua presente en las cuencas de la zona, y prácticamente no se emplean los ríos ni las lagunas para estos fines. Distribución, extensión y caracterización de los suelos.

Los suelos más representativos en el área agrícola son los ferralíticos rojos, que abarcan, en su conjunto 92,68% de la superficie cultivada con caña de azúcar. Dentro de éstos se destacan los subtipos compactado, hidratado y típico y, en menor grado, los concrecionarios. Otros suelos menos extendidos son los pardos con carbonatos, ferralíticos amarillentos, gleys ferralíticos y ferralíticos pardo rojizos ferromagnesiales.

Principales propiedades hidrofísicas de los suelos

En la Tabla 2 se resumen las principales propiedades hidrofísicas de los suelos más representativos dedicados al cultivo de la caña de azúcar de la región en estudio (Simeón, 1979).

Tabla 2. Propiedades hidrofísicas más representativas de los suelos

Tipos de suelos	CC(%pss)	Da(g/cc)	PMP(%pss)	Vi(mm/h)
Ferralítico amarillento gleysoso	43,7	1,25	27,4	30,0
Ferralítico amarillento típico	29,6	1,47	13,1	48,0
Ferralítico rojo compactado	30,5	1,32	17,9	48,0
Ferralítico rojo concrecionario	30,9	1,30	16,1	74,0
Ferralítico rojo hidratado	39,0	1,22	18,0	24,0
Ferralítico rojo típico	30,9	1,20	16,8	72,0
Fersialítico pardo rojizo típico	48,8	1,05	27,0	13,0

CC: Capacidad de Campo; Da: Densidad Aparente; PMP: Porcentaje de Marchites Permanente; Vi: Velocidad de Infiltración Estabilizada.

Principales factores limitantes para el cultivo de la caña de azúcar.

La existencia de factores edáficos limitativos es uno de los aspectos que tiene mayor incidencia negativa en la producción de caña de azúcar. Si bien puede ser extensa la consideración del número total de ellos, no todos poseen la misma magnitud económica adversa al cultivo en cuestión. De allí que se consideran solamente aquellos que afectan seriamente la productividad; dentro de este esquema merecen citarse la profundidad efectiva, textura, drenaje, compactación, concreciones y problemas nutricionales, entre otros. En el área que ocupa la UEB, no existen grandes limitaciones en los suelos para el desarrollo del cultivo de la caña de azúcar, aunque resulta importante la incidencia de determinados factores como son la presencia de acidez, el mal drenaje y la pedregosidad. A continuación se describen estos factores y su nivel de incidencia.

Clima

El clima se puede clasificar como tropical húmedo, característico de los llanos interiores de la provincia de Matanzas. En el área de estudio se encuentran incidiendo la estación meteorológica de Colón (332), se localiza a los 22^o 41m de latitud norte y 80^o 55m de longitud oeste, a una altura de 35m sobre el nivel del mar. Las medias históricas de las principales variables climáticas se reflejan en la Tabla 3.

Tabla 3. Promedio histórico de las variables climáticas (Estación Meteorológica 332)

Variabes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
Eo(mm/d)	134,6	150,4	200,3	223,4	214,0	170,4	194,4	183,4	150,6	149,7	125,4	132,3	169,1
VV(Km/h)	6,4	7,1	7,7	7,1	6,0	4,4	4,5	3,9	3,7	4,9	6,4	6,2	5,7
HR (%)	82,0	78,9	77,2	75,5	78,5	84,0	83,6	84,5	86,5	85,9	84,7	83,2	82,0
T (° C)	20,7	21,1	22,4	23,9	25,3	26,2	26,6	26,5	25,9	24,9	23,4	21,6	24,0
P (horas)	7,3	7,8	8,5	8,9	8,2	7,8	8,2	8,1	7,7	7,4	7,2	7,0	7,9

Eo: Evaporación; VV: Vel. del Viento; HR: Humedad Relativa; T: Temperatura media del aire; P: Brillo solar.

Evapotranspiración de la caña de azúcar

La evapotranspiración de referencia [ET_o] se determinó utilizando modelos basados en la ecuación de combinación FAO Penman–Monteith y el programa computarizado CROWAT 8.0 propuesto por (Smith 2006)

Estudio de las precipitaciones

Para las precipitaciones se realizó el análisis considerando su variabilidad espacial y la posibilidad que brinda la información de los 14 pluviómetros pertenecientes a la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Matanzas, distribuidos espacialmente en la UEB. Cada pluviómetro se asoció a cada unidad de manejo (bloques), así como a la unidad a que el mismo corresponde y con el tipo de suelo predominante en cada uno de ellos. En la Tabla 4 se muestran las normas de riego determinadas para cada tipo de suelo. La aplicación de la norma que llevará la humedad del suelo próximo a la capacidad de campo corresponde a la humedad del suelo agotada en la zona de las raíces, para una profundidad de capa activa de 0,40m y limite productivo del 80% de la CC.

Tabla 4. Norma de riego por tipo de suelo

Tipos de suelos	Norma de riego (mm)
Ferralítico amarillento gleysoso	43,7
Ferralítico amarillento típico	34,8
Ferralítico rojo compactado	32,2
Ferralítico rojo concrecionario	32,1
Ferralítico rojo hidratado	38,1
Ferralítico rojo típico	29,7
Ferralítico pardo rojizo típico	41,0

Características de la máquina de riego de pivote central Agro caja P-658

Un pivote central o lateral móvil consiste básicamente en una tubería lateral con aspersores. La tubería lateral es soportada por tensores de acero y torres espaciadas entre 30 y 60m.

Cada torre cuenta con un motor y va sentada sobre dos o cuatro grandes ruedas de goma. El conjunto de tuberías, tensores y aspersores entre dos torres se conoce como “tramo”. En cada torre hay acoples flexibles que conectan las tuberías de dos tramos adyacentes. El largo máximo de los tramos es función del tamaño de la tubería, su espesor, pendiente y topografía del terreno. El largo de los tramos no tienen por qué ser uniformes y generalmente varía para adecuarse a las dimensiones del campo o para ajustar la altura de los aspersores en terrenos ondulados. El voladizo es una tubería de menor diámetro, con aspersores, suspendida por cables al final de la última torre para aumentar el área regada cañones y sistemas de esquinas pueden ser colocados al final del equipo para aumentar el radio mojado o regar en las esquinas. La longitud más común de los pivotes es 500m y su vida útil es de 15 a 20 años.

Tabla 5. Datos generales de la máquina Agro caja P-658

Aspectos	Especificación
Modelo de pivote	AGROCAJA P-658
Diámetro exterior de la tubería (mm)	168
Diámetro interior de la tubería (mm)	162
Longitud del tramo largo (m)	44
Longitud hasta la última torre (m)	484
Longitud del alero final (m)	15
Longitud total del pivote (m)	499
Sector círculo (360/360)	1
Radio regado (m)	505
Eficiencia (%)	90
Superficie regada bruta (Ha)	80,08
Superficie regada neta (Ha)	78
Tiempo mínimo en dar una vuelta (h)	22,34
Tipo de neumático	Normales (r =0.5 m) (11,2 /10,24)
Potencia de un motor (CV)	1,5
Tensión de funcionamiento (V)	480

Las características de la máquina de riego Agro caja P-658 para su explotación se reflejan en la Tabla 6. La regulación de la máquina que más se utiliza para satisfacer las necesidades hídricas diarias de la caña de azúcar se obtiene a la velocidad del 20% de su velocidad máxima y a 3,9 atmósferas de presión, no obstante durante el ciclo vegetativo es necesario en ocasiones regar a velocidades entre el 20 y 40% de velocidad máxima.

Tabla 6. Tabla pluviométrica de la máquina de pivote central Agro caja P-658

Velocidad	Tiempo (Horas)	Lamina aplicada (mm)	Intensidad (mm/h)
5	106,90	24,36	0,228
10	99,27	22,62	0,228
15	91,63	20,88	0,228
20	84,00	19,14	0,228
25	76,36	17,40	0,228
30	68,72	15,66	0,228
35	61,09	13,92	0,228
40	53,15	12,82	0,228
45	45,82	10,44	0,228
50	38,18	8,70	0,228
55	36,27	8,27	0,228
60	34,36	7,86	0,228
65	32,45	7,40	0,228
70	30,54	6,96	0,228
75	28,64	6,53	0,228
80	26,73	6,09	0,228
85	24,82	5,66	0,228
90	22,91	5,22	0,228
95	21,00	4,79	0,228
100	19,09	4,35	0,228

Características generales de los enrolladores o carretes.

Las máquinas enrolladores o carretes son equipos de irrigación móviles provistos de un aspersor de riego giratorio montado sobre una armazón que permite su movimiento lineal a través del área de riego. Las principales características técnicas de explotación para este sistema se resumen en la Tabla 7.

Tabla 7. Datos técnicos de explotación de los sistemas de enrolladores

Aspectos	Unidades
Área que atiende	25ha
Laterales de PVC	Ø 110mm
Longitud	110 a 450m
Área regada en una posición	2 – 3,5 ha
Ancho de la Franja húmeda	60m
Alcance del aspersor	44 – 55m
Eficiencia	75 %
Gasto necesario del aspersor	18L/s
Gasto necesario de la bomba	Superior a 75L/s
Carga necesaria de la bomba	Superior a 80m
Índice de consumo eléctrico	25 Kw./ha (máx.)

Situación actual del riego en la UEB “Jesús Rabí”

Existe una estructura de riego sobre la base de la utilización de máquinas de pivote central y enrollador (Tablas 8 y 9), que emplean el agua subterránea desde pozos ubicados en los mismos sitios de riego.

Tabla 8. Cobertura actual de máquinas de pivote central agro caja P-658 en la UEB “Jesús Rabí”.

Unidad	Nº del sistema	Bloque	Área	Año de montaje	CoordX	CoordY
05	1	0510	78,5 0	2006	510.924,35	293.927,71
	2	0512	78,5 0	2007	511.567,00	294.736,19
	3	0504	63,6 0	2009	509.451,79	292.869,59
	4	0503	51,8 0	2010	510.301,00	292.780,18
	5	0516	78,5 0	2011	512.872,86	296.695,08
06	1	0606	78,5 0	2008	506.514,92	290.848,99
	2	0607	78,5 0	2009	505.780,63	290.003,55
	3	0608	78,5 0	2010	505.017,13	290.660,73
	4	0609	78,5 0	2010	505.705,22	291.412,24
01	1	0103	78,5 0	2009	518.078,84	299.121,30
04	1	0403	78,5	2009	513.799,44	296.075,85

			0			
	2	0404	78,5 0	2009	514.634,19	295.438,93
	3	0407	78,5 0	2012	512.260,36	293.843,33
	4	0408	78,5 0	2012	511.577,78	293.026,00
03	1	0305	78,5 0	2009	512.949,40	298.707,43
07	1	0705	78,5 0	2011	503.812,09	295.100,59
	2	0706	78,5 0	2012	511.577,78	293.026,00
02	1	0211	78,5 0	2012	515.258,90	299.835,98
11	1	1113	78,5 0	2012	508.462,01	302.607,34

Tabla 9. Cobertura actual de enrolladores.

Unidad	Sistema	Bloque	Área	Año montaje	CoordX	CoordY
05	1	0511	43,50	2010	510,386.54	294,713.24
	2	1501	50,00	2012	512,916.34	300,116.76
06	1	1601	100,00	2012	512,404.72	300,394.61
	2	605	50,00	2012	507,532.24	292,068.66

Criterios para la selección de los métodos y técnicas de riego a emplear

La selección de la técnica de riego depende varios factores como la localización y disponibilidad del agua, tipo de suelo, objetivo del riego y disponibilidad de fuerza de trabajo. (Tabla 10).

Tabla 10. Requerimientos para la selección de los diferentes métodos y técnicas de riego a emplear.

Índices	Enrolladores	Máquinas
Velocidad del Viento (m/seg)	0 - 3	0 - 5
Suelos		
Velocidad infiltración (mm/día)	>20	>20
Profundidad efectiva (m)	< 0.50	< 0.50
Topografía		
Pendiente (%)	Hasta 10	Hasta 10-15 (longitud o transversal)
Fuente de abasto	Subterránea o superficial	Subterráneo o superficial
Intervalo de riego preferible (días)	5 -14	5 -10

Salinidad (g/l)	<1,0	<1,0
Productividad (ha/jornada)	1,9	4,1

Cuando existe una fuente de riego superficial con mando sobre un área de suelos pesados de mal drenaje, lo más idóneo es utilizar el riego por gravedad sin bombeo. Si se dispone de poca agua, suelos profundos y unidades que garantizan buena agrotécnia se justifica la inversión del riego por goteo y si las dimensiones y formas de las áreas lo permite la instalación de máquinas resulta favorable (Tabla 11).

Tabla 11. Indicadores para la selección de las técnicas de riego

Eficiencia (%)	Inversión (CUC/ha)	Ventajas	Desventajas
Máquinas 85-90 %	1 800,00	Posibilidad de aplicar un amplio rango de normas. Ahorro de fuerza de trabajo y energía en comparación con otras técnicas.	Alto costo de inversión. Limitación de índole topográfica.
Enrolladores 65-70 %	1 250,00	Adaptable a casi cualquier topografía. Rápido montaje. Posibilidad de apoyar siembras.	Consumo elevado de combustible. Alta demanda fuerza de trabajo manual. Efecto negativo del viento.

Condiciones requeridas por las unidades productoras a ser beneficiadas por las nuevas tecnologías:

- Productores con elevados rendimientos agrícolas en secano y avances significativos en materia de reducción de costos agrícolas y empleo adecuado de los insumos y otros recursos.
- Disponibilidad de fuentes de agua de buena calidad, a distancias económicamente aceptables de las áreas a beneficiar.
- Suelos aptos para la producción del cultivo de que se trate. Ausencia de problemas de salinidad y/o drenaje impedido.
- Disponibilidad de energía eléctrica de relativamente fácil acceso.

- Convicción de los productores sobre los beneficios que les representaría disponer de riego.
- Disponibilidad de recursos financieros o facilidades de créditos para enfrentar las inversiones y la explotación de los sistemas de riego.
- Disponibilidad de infraestructura adecuada y personal con posibilidades de calificarse para establecer talleres de reparación y fabricación de accesorios y elementos de los sistemas de riego; principalmente para el caso de enrolladores y máquinas de riego.

Importancia económica del cultivo de la caña de azúcar

La caña de azúcar, es un cultivo originario de áreas del trópico húmedo en Indonesia y Nueva Guinea, crece entre los paralelos 35° N y S del Ecuador. El rango de temperatura para la brotación de las yemas del tallo oscila entre 32° y 38°. Su asombrosa capacidad de acumular grandes niveles de sacarosa (cerca de 0,7m) la convierte en única dentro de las plantas cultivadas. Se cultiva en más de 23 millones de hectáreas, tanto en regiones tropicales como subtropicales, que producen más de 1,3 billones de toneladas métricas de tallos molibles. Generalmente las dos terceras partes de la producción mundial se destinan a la obtención de azúcar, sin embargo, en la actualidad la producción de etanol (derivado de la caña de azúcar) está ganando mucha atención como una fuente de biocombustible renovable. La producción de bagazo (mayor producto de desecho generado por la industria azucarera) se utiliza para la producción de energía para la propia fábrica y también se destina a la alimentación animal y la producción de papel, aumentando la eficiencia del cultivo, La producción azucarera a nivel mundial es de 120 millones de toneladas, perteneciendo de 35 a 40% a la caña de azúcar y entre un 60 y 65% a la remolacha. Por otra parte, de la producción de 250 millones de toneladas de caña, dos tercios se destinan a la producción de alcohol etílico para combustible (Doorenbos y Kassam, 1986; Menossi y col., 2008; Suárez y Marín, 2001 y FAO-Stat, 2912).

Objetivo general

1. Determinar la técnica de riego más adecuada a emplear en cada unidad productora de la UEB “Jesús Rabí”, a partir de las condiciones edafoclimáticas existentes en cada unidad productora.

Objetivos específicos

1. Evaluar la situación actual y perspectiva del riego a partir de la caracterización edafoclimática la UEB “Jesús Rabí”.
2. Proponer los métodos y técnicas de riego más adecuados para cada unidad productora.
3. Determinar el presupuesto necesario para ejecutar las inversiones el período planificado.

Resultados esperados

- Que cada unidad productora, en dependencia de sus condiciones de suelo, clima y disponibilidad hídrica pueda establecer la técnica de riego más adecuada que le permita incrementar los rendimientos agrícolas de las áreas bajo riego en al menos 40t/ha.
- Lograr un ordenamiento de los recursos hídricos que permita elevar la eficiencia de explotación de riego por encima de un 80%.
- Contribuir al logro de un mayor efecto económico de los sistemas de riego para lograr la amortización de la inversión en un plazo no mayor de 2,5 años.
- Representar geográficamente a través de mapas temáticos la distribución por área y tipo de los sistemas de riego para viabilizar la toma de decisiones en todas las unidades productoras de la UEB “Jesús Rabí”.
- Contribuir a la preservación, de forma sostenida, del medio ambiente mediante la selección de sistemas y técnicas de riego eficientes que eviten los fenómenos de empantanamiento, salinización y erosión de los suelos, y la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.
- Contribuir al incremento de los conocimientos técnicos en la actividad de riego y drenaje de los directivos, técnicos y trabajadores de las entidades productivas para lograr un mínimo de afectación al medio ambiente.

Métodos y procedimientos. Cronograma

Métodos

- Caracterización edafoclimática de la UEB “Jesús Rabí”
- Determinación de la evapotranspiración.
- Caracterización de la precipitación.
- Cálculo de los requerimientos hídricos de la caña de azúcar.
- Metodología propuesta para la selección de las tecnologías de riego.
- Evaluación del costo de inversión de las técnicas a emplear.
- Organización cartográfica de la información.

Procedimientos

Caracterización edafoclimática de la UEB “Jesús Rabí”

Para la caracterización edafoclimática de la UEB se tuvieron en cuenta los Estudios de Suelos para el Manejo Integral del Cultivo de la Caña de Azúcar (ESMICA), realizados por EPICA (1998) y Evaluación de la Aptitud Física de las Tierras realizadas por Villegas y col. (2001) y la base cartográfica elaborada y validada por GEOCUBA (2008), y actualizadas a partir de las mediciones de áreas con Sistema de Posicionamiento Geográfico (GPS) de campos y bloques cañeros (INICA, 2010). Las principales propiedades hidrofísicas de los suelos fueron tomadas de los resultados obtenidos por Simeón, F. (1979). Las variables climáticas estudiadas se recopilaron del registro de promedios históricos de la estación meteorológica de Colón (332), perteneciente al Instituto de Meteorología de Cuba. Se evaluaron las variables comportamiento de la Evaporación, Velocidad del Viento, Humedad Relativa, Temperatura media del aire y Brillo Solar.

Aspectos importantes para realizar la caracterización.

Estructura de la Unidad Empresarial de Base

Se realizó a partir del reordenamiento propuesto por el Grupo Azucarero AZCUBA, en el cual se establecen las entidades productoras con sus límites y áreas por bloques y campos con las principales limitantes productivas y las características de su infraestructura y de los recursos materiales y humanos. Se considera la situación económica financiera de cada entidad

Volúmenes de producción

Fueron obtenidos a partir de los registros históricos y estadísticos que obran en poder de cada entidad productora, los cuales fueron triangulados con la información originada en el área (jefes de campo) y con la información asentada en los registros automatizados de la sala de análisis de la UEB

Estructura de cepas y composición de cultivares

Se procedió de forma similar a la anterior, pero consultando las recomendaciones emitidas por los Servicios del SERVAS (2013)

Principales factores limitantes de los suelos para la producción cañera

A partir de la metodología de Evaluación de la Aptitud Física de las Tierras realizadas por Villegas y col. (2001), se precedió a la clasificación, campo a campo y bloque a bloque del área de producción cañera de cada unidad productora.

La Evapotranspiración del cultivo (ET_c) se determinó a partir de los resultados obtenidos de Evapotranspiración de referencia (ET_o) determinados en el programa computarizado CROPWAT y los valores de Coeficientes de cultivo (K_c) por fases de desarrollo referidos a Penman - Monteith (Tabla 12). $ET_c = K_c \times ET_o$

Tabla 12 Coeficientes de cultivo K_c

Etapa de desarrollo	Tipo de cepa	(K _c)
Brotación	Planta	0,55
	Retoño	0,47
Cierre de campo	Planta	1,11
	Retoño	0,98
Auge de crecimiento	Planta	1,17
	Retoño	1,28
Maduración	Planta	0,90
	Retoño	0,78

Análisis de la precipitación

Para las precipitaciones se realizó el análisis considerando su variabilidad espacial y la posibilidad que brinda la información de los 14 pluviómetros pertenecientes a la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Matanzas, distribuidos espacialmente en la UEB. Cada pluviómetro se asoció a cada unidad de manejo (bloques), así como a la unidad a que el mismo corresponde y con el tipo de suelo predominante en cada uno de ellos.

Cálculo de los requerimientos hídricos de la caña de azúcar.

Para la determinación de los requerimientos hídricos se tomó el bloque vinculado a cada pluviómetro como unidad mínima de manejo, se tuvo en cuenta en los mismos la información edafoclimática actualizada de cada área en estudio.

Los parámetros a tener en cuenta en el cálculo de la dosis de riego son los siguientes:

$N=100 \text{ h } \alpha$ (CC-LP) siendo: N = norma, m³/ha H = capa activa (m) α = densidad aparente (g/cm³) CC = Capacidad de campo (%pss) LP = límite productivo (80% CC).

La dosis que llevará la humedad del suelo próximo a la capacidad de campo se consideró como riego óptimo y corresponde a la humedad del suelo agotada en la zona de las raíces con una capa activa de 0,40m.

Metodología propuesta para la regionalización de las tecnologías de riego.

Con relación a la zonificación de los métodos y técnicas de riego fue utilizada una recopilación de la metodología sugerida por Del Rosario (1994) .Siendo considerados los siguientes factores: pendiente del bloque, velocidad de infiltración, profundidad efectiva, velocidad del viento, norma parcial de riego y costo de inversión de las técnicas .

Tabla 13. Costo de inversión por técnicas

Téc. de riego Eficiencia	Inversión (CUC/ha)	Ventajas	Desventajas
Máquinas 85-90 %	1 800,00	Posibilidad de aplicar un amplio rango de normas. Ahorro de fuerza de trabajo y energía en comparación con otras técnicas.	Alto costo de inversión. Limitaciones de índole topográfica.
Enrolladores 60-65 %	1 250,00	Adaptable a casi cualquier topografía. Rápido montaje. Posibilidad de apoyar siembras.	Consumo elevado de energía. Efecto negativo del viento.

Evaluación y costo de inversión de las técnicas a emplear

Los costos de las inversiones por cada técnica de riego a emplearse se desglosan en las tablas 14 y 15. Se considera un área a beneficiar de 78,0ha para las máquinas de pivote central y 25,0ha para un equipo enrollador. La base de los costos por hectárea se estiman entre \$ 1 250,00 para enrolladores y \$1 800,00 para las máquinas.

Tabla 14. Costo sistema tecnológico para máquinas.

Sistema tecnológico	Costo \$MN
Máquina	69 680,46
Tuberías	46 923,90
Bomba y motor	28 119,02
Cable soterrado	13 525,35
Proyecto y ejecución al pie de obra (3% total ejecución)	4 747,46
TOTAL	162 996,192

Tabla 15 Costo sistema tecnológico para enrolladores.

Sistema tecnológico	Costo \$MN
Zanja para el soterrado tubería	1 308,28
Caseta E/B	2 107,07
Montaje panel eléctrico E/B	101,72

Equipamiento	13 200,00
SUB TOTAL	16 717,07
Proyecto y ejecución al pie de obra (3% total ejecución)	501,51
TOTAL GENERAL	17 218,58

Organización cartográfica de la información

En el Proceso de Diversificación y Reordenamiento Territorial que actualmente se desarrolla en la agroindustria azucarera cubana, se hace de vital importancia el uso de la información catastral mediante la utilización de la tecnología de Sistemas de Información Geográfica, el mismo sirve como base para la toma de decisiones y para el ordenamiento territorial en todas las áreas agrícolas. En todos los casos debe tener en cuenta toda la información necesaria para la proyección y proceso de montaje de cada sistema. Esta información está basada fundamentalmente de los estudios topográficos, y de tipificación de cada área de estudio.

Durante los estudios de factibilidad que anteceden a los de proyección y montaje se tendrán en cuenta. Los mapas correspondientes al catastro especializado deberán ser a escala 1: 10 000 debidamente geo referenciados con coordenadas planas reales con un nivel de actualización que debe corresponderse con lo que realmente existe en el terreno, deben aparecer señalados los límites del área donde se va a proyectar un sistema de riego. En este mapa debe aparecer toda la infraestructura de redes (vial, eléctrica, riego y drenaje) y otros elementos asociados a estas. Se debe tener especial atención a la coincidencia entre las redes viales, de riego y drenaje y eléctricas.

Cronograma

Para la proyección futura de la cantidad de sistemas de riego en la UEB se tomó como punto de partida la proyección de desarrollo de riego propuesto y aprobado por la subdirección de inversiones de AZCUBA para el periodo 2013-2017 (Tabla 16).

Tabla 16. Proyección de riego 2013-2017

Cantidad	Área(ha)	Técnica	Método
15	1 149,00	Aspersión	Pivote central
14	857,00	Aspersión	Enrolladores

Tomando como punto de partida la situación actual que presenta la UEB en riego, resulta de suma importancia en corto y mediano plazo en las unidades productoras que conforman la misma contar con una organización y proyección de los sistemas de riego en caña de azúcar que ayude a lograr estos objetivos.

Zonificación y propuesta de técnicas de riego a utilizar

Las técnicas de riego con máquinas de pivote central agro caja que se proponen para el periodo 2013 -2017 por unidades son reflejados en la Tabla 17. La tabla 18 refleja la propuesta de sistemas de riego con enrolladores.

Tabla 17. Propuesta máquinas de pivote central Agro caja P-658

Unidad	Bloque	No. Sist.	Área	Pozo	Coord x	Coord y
UBPC La Esperanza	1006	1	78,50	SI	508,462	302,607
CPA Andrés Olano	0205	2	78,50	SI	508,462	302,607
UBPC Apodaca	0707	3	78,50	SI	511,578	293,026
UBPC Apodaca	0708	4	78,50	SI	511,578	293,026
UBPC Demetrio	0106	2	78,50	SI	518,302	298,072
UBPC Batey	0302	2	78,50	SI	511,095	300,842
UBPC Batey	0301	3	78,50	SI	512,397	301,434
UBPC Los Indios	0402	5	78,50	SI	514,230	297,001
UBPC El Roque	0812	1	78,50	SI	494,763	292,002
CPA Andrés Olano	0201	3	50,00	SI	513,932	298,407
UBPC La Esperanza	1004	2	78,50	NO	508,462	302,607
UBPC Apodaca	0704	5	78,50	NO	511,578	293,026
CPA D. Rojas	0603	5	78,50	NO	507,570	290,893
UBPC El Roque	0809	3	78,50	NO	492,278	293,032
UBPC El Roque	0803	2	78,50	NO	496,743	292,557

Tabla 18. Propuesta para sistemas de enrolladores.

Unidad	Bloque	No. Sist.	Área	Pozo	Coor x	Coord y
UBPC La Esperanza	1007	1	48,0	SI	509,262	302,531
UBPC Los Indios	401	1	85,0	SI	515,574	296,531
UBPC Demetrio	104	1	50,0	SI	518,92	298,701
UBPC Batey	308	1	50,0	SI	510,967	299,96
UBPC El Roque	802	1	50,0	SI	496,152	293,171
UBPC Batey	306	2	50,0	SI	513,323	299,451
CPA 28 De Enero	516	3	60,0	SI	512,862	297,638
CPA 28 De Enero	513	2	100,0	SI	510,733	295,18
UBPC Apodaca	710	2	50,0	SI	504,273	292,671
UBPC La Esperanza	1005	2	74,0	SI	506,698	304,085
CPA A. Stambolisky	1109	2	50,0	NO	509,353	304,127
UBPC Apodaca	701	1	60,0	NO	503,261	293,267

CPA D. Rojas	604	2	80,0	NO	508,128	292,326
CPA A. Stambolisky	1102	1	50,0	NO	507,757	306,813

El cronograma de inversión propuesto en cada una de las unidades de producción durante el periodo 2013-2017 para los sistemas de máquinas de pivote central y enrollador se muestran en las Tablas 19 y 20.

Tabla 19. Máquinas agro caja p-658.

Año 2013			
Unidad	Bloque	Cant. de Sist.	Área (ha)
UBPC La Esperanza	1006	1	78,5
CPA Andrés Olano	205	1	78,5
UBPC Apodaca	707	1	78,5
UBPC Apodaca	708	1	78,5
UBPC Demetrio	106	1	78,5
Total	-	5	392,5
Año 2014			
UBPC Batey	302	1	78,5
UBPC Batey	301	1	78,5
Total	-	2	157,0

Año 2015			
UBPC Los Indios	402	1	78,5
UBPC El Roque	812	1	78,5
CPA Andrés Olano	201	1	50,0
Total	-	3	207,0
Año 2016			
UBPC La Esperanza	1004	1	78,5
UBPC Apodaca	704	1	78,5
CPA D. Rojas	603	1	78,5
UBPC El Roque	809	1	78,5
Total	-	4	314,0
Año 2017			
UBPC El Roque	803	1	78,5
Total	-	1	78,5
Total general			1149,00

Tabla 20 Enrolladores.

Año 2013			
Unidad	Bloque	Cant. de Sist.	Área (ha)
UBPC La Esperanza	1007	1	48,0
Total	-	1	48,0
Año 2014			
UBPC Los Indios	401	1	85,0
UBPC Demetrio	104	1	50,0
Total	-	2	135,0
Año 2015			
UBPC Batey	308	1	50,0
UBPC El Roque	802	1	50,0

UBPC Batey	306	1	50,0
CPA 28 De Enero	516	1	60,0
Total	-	4	210,0
Año 2016			
CPA 28 De Enero	513	1	100,0
UBPC Apodaca	710	1	50,0
UBPC La Esperanza	1005	1	74,0
CPA A.Stamboliski	1109	1	50,0
UBPC Apodaca	701	1	60,0
Total	-	5	334,0
Año 2017			
CPA D. Rojas	604	1	80,0
CPA A. Stambolisky	1102	1	50,0
Total	-	2	464,0
Total general			1 191,00

Recursos necesarios

Recursos humanos

Actualmente la UEB tiene cubierta su plantilla de trabajadores, el proyecto no genera incrementos adicionales de fuerza de trabajo, no afectando las actividades que normalmente desarrollan. No obstante, para alcanzar los objetivos propuestos en este proyecto se deberá lograr una mayor calificación y capacitación del personal técnico que labora en la actividad de riego en la entidad.

Medios Productivos

El presente proyecto se irá ejecutando gradualmente, en un plazo aproximado de cinco años, estando en dependencia de los resultados económicos alcanzados en cada una de las unidades productoras que conforman la UEB “Jesús Rabi”. Se desarrollará según los planes de inversiones previstos según las prioridades del Grupo Azucarero AZCUBA para la asignación de los recursos necesarios en dependencia de la solvencia económica y el nivel de desarrollo productivo alcanzado por cada unidad productora. Los medios productivos están referidos en la etapa inicial a las técnicas y herramientas de cómputo que permitan facilitar el trabajo. En un segundo término los medios necesarios para el desarrollo propio de la actividad.

Presupuesto

La tabla 21 y 22 reflejan los montos totales del presupuesto calculado para ambos sistemas respectivamente. Se tomó como base para la determinación de los mismos los precios actuales tanto del sistema tecnológico como el de campo. El presupuesto total general para ambas tecnologías se muestran en la tabla 23

Tabla 21. Presupuesto anual para máquinas.

Año 2013	
Unidad	Costo \$MN
UBPC La Esperanza	158 248,73
CPA Andrés Olano	158 248,73
UBPC Apodaca	158 248,73
UBPC Apodaca	158 248,73
UBPC Demetrio	158 248,73
Total	791 243,65
Año 2014	
UBPC Batey	158 248,73
UBPC Batey	158 248,73
Total	316 497,46
Año 2015	
UBPC Los Indios	158 248,73
UBPC El Roque	158 248,73
CPA Andrés Olano	158 248,73
Total	474 746,19
Año 2016	
UBPC La Esperanza	158 248,73
UBPC Apodaca	158 248,73
CPA D. Rojas	158 248,73
UBPC El Roque	158 248,73
Total	632 994,92
Año 2017	
UBPC El Roque	158 248,73
Total	158 248,73
Total general	2 373 730,95

Tabla 22. Presupuesto anual para enrolladores.

Año 2013	
Unidad	Costo \$MN
UBPC La Esperanza	34 437,164
Total	34 437,164
Año 2014	
UBPC Los Indios	51 655,746
UBPC Demetrio	34 437,164
Total	86 092,91
Año 2015	
UBPC Batey	34 437,164
UBPC El Roque	34 437,164

UBPC Batey	34 437,164
CPA 28 De Enero	34 437,164
Total	137 748,7
Año 2016	
CPA 28 De Enero	68 874,328
UBPC Apodaca	34 437,164
UBPC La Esperanza	51 655,746
CPA A. Stamboliski	34 437,164
UBPC Apodaca	34 437,164
Total	223 841,6
Año 2017	
CPA D. Rojas	51 655,746
CPA A Stamboliski	34 437,164
Total	309 934,5
Total general	592 054.9

Tabla 23. Presupuesto total general para ambas técnicas periodo 2013-2017

Técnica	Costo total \$MN
Enrolladores	792 054,7766
Maquinas	2 373730,95
Total general	3 165 785,73

Evaluación económica financiera.

Al disponerse la demolición de las cepas existentes en el área de estudio, producto a su deterioro y afectación vegetativa prolongada por la falta de dosis requeridas de fertilizantes y niveles hídricos inadecuados, así como la deficiente preparación del suelo para la plantación, y dar lugar a nuevas plantaciones con cultivares que posean respuestas al regadío, un nivel requerido en las labores culturales, homogeneidad de las cepas y un adecuado manejo de las mismas, determinara un incremento de volúmenes de producción y rendimientos agrícolas superiores a las 40t/ha respecto a las áreas no beneficiadas con el riego.

La amortización de la inversión en MN se puede recuperar en la primera cosecha si se disminuyen en cada unidad los costos de la tonelada de caña, favorecido esto por el incremento actual del precio de la tonelada de caña (104,00 CUP).

Se puede además amortizar la inversión con más rapidez si en el periodo entre la demolición y la siembra se planta un cultivo de ciclo corto, por ejemplo: melón y algunos granos, que aporten un valor agregado que ayudaría acortar el tiempo de recuperación de la inversión.

Bibliografía

- Acosta, R. (1984). Efectos de diferentes ciclos de cosecha sobre el régimen de riego de la caña de azúcar. Resúmenes III Jornada de Riego y Drenaje.8pp.
- Alfaro, J. (2009). Uso del agua y energía para el riego en América Latina. <http://unesco.org.uy/phi/libros/uso%20eficiente/alfaro.htm>.
- Allen, R. G; M. Smith; A. Perrier y L. S. Pereira (1994): *An Update for calculation of Reference Evapotranspiration. International Commission on Irrigation and Drainage (ICID). Bulletin 43(2)*.
- Anónimo (2011). Utilización del CROPWAT 8.0 en zonas de Cataluña. Dpto de Física Aplicada de la Escuela Universitaria de Maniera. Documento Interno.
- China, H. A. (2010). Base digital de suelos de la agricultura cañera en la UEB Jesús Rabí. Archivos PIMA. EPICA Matanzas.
- Carbonell, G.; G. Amaya; B. Ortiz; B. Torres y R. Quintero. (2001). Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el Valle del Río Cauca. Tercera Aproximación. Serie Técnica 29.
- Consejo Mundial del Agua (2007) World Water Council, Report, Paris France. <http://www.ecoportel.net/nosotros>.
- Crowley, J (1929). Estado actual del regadío de la caña de azúcar en Cuba. Memoria de la 3ª Conferencia de la ATAC. p: 12-15.
- Cueto, C. (1952). Orientaciones sobre el regadío de la caña de azúcar. Memoria de la ATAC XXVI. p: 9-33.
- Del Rosario, J (1994). Método abreviado para la elección de la técnica de riego en la caña de azúcar. Resúmenes Jornada Científica X Aniversario. Estación Central de Investigaciones de Riego y Drenaje.
- Del Rosario, J; C. Lamelas y A. Báez (2009). Solución Integral para la mejora de la producción cañera en la CPA Amistad Cuba- Laos. Informe Final. 31 pp.
- Doorenbos, J y A. H. Kassam (1986). Efecto del agua sobre los rendimientos de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje 33. 212 pp.

- Doorenbos, J y W.P.ruitt (1977). Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje 24. 193 pp.
- ECIRDCA (1985). Metodología para el pronóstico del momento de riego en la caña de azúcar. 56pp.
- ECIRDCA (1991) Reporte de Investigaciones. 70pp.
- FAO (2011). *Reforming water resources policy. A guide to method processes and practice. FAO: Irrigation and Drainage Paper 102. 153 pp.*
- FAO (2011). *A computer program for irrigation planning and management AGL. Water Resources. Development and Management Service CROPWAT 6.0. 3pp.* http://www.fao.org/ag/aglw/CROPWAT_6.0.htm.
- FAO-Stat. 2012. *Sugar cane area harvest, 2010. FAO Statistic Division. Disponible en <http://faostat.fao.org>* [Consulta: 9 de junio de 2012].
- Fonseca, J. (1984). Necesidades de agua de la caña de azúcar plantada en diferentes épocas de siembra en el Occidente de Cuba. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias.
- García, L. (1999). Agroecología y Agricultura Sostenible. Módulo 1. Centro de Estudio de Agricultura Sostenible (CEAS) de la Universidad de La Habana.126pp.
- GEOCUBA (2008). Base de catastro de la agricultura cañera 1:10 000 de la UEB Jesús Rabí.
- Guia de usuario Mapinfo Professional Ver 8.0. (2005).
- Heerman, D. (1988). *Evapotranspiration Research Priorities for the Next Decade Irrigation. Transaction of the ASAE. 31(2): 497-502.*
- Hernández, A. (1980). Determinación del régimen de riego de la caña de azúcar para suelos rojos de la provincia de La Habana. Informe Final.
- Hernández, A. (1986). Comparación de varios métodos de cálculo en el aprovechamiento de la lluvia en la caña de azúcar. Información INICA. Serie Riego y Drenaje. II Semestre. 2(2):1-21.
- Hernández, A. (2001). Planificación del régimen de riego de proyecto y explotación usando los coeficientes de cultivo a partir de la evapotranspiración de referencia.

- Documento de Resultados. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar.
- Holy, M (1974). El agua y el medio ambiente. Estudios FAO Riego y Drenaje 8. 66pp.
- Humbert, R. (1965). El cultivo de la caña de azúcar. Editora Revolucionaria.
- EPICA (1998). Recomendaciones para el manejo de los recursos hídricos en la UBPC Fernando García Rosales. Informe Preliminar. 15 pp.
- Jorge, H. y García, H. 1994. Influencias de las variables agro climáticas en los estudios de clasificación de ambientes. Fondo Nacional de Manuscritos Científico Técnico de la BNLT-IDICT/MCITMA.
- Lamelas, C. (2000). Fundamentos para la elección de las técnicas de riego en el cultivo de la caña de azúcar. Documento Interno.
- Lamelas, C.; Y.Viñas; J. Pérez Lima y M. Viera (2001). Regionalización de los requerimientos hídricos de la caña de azúcar en el CAI Antonio Finalet. Cuba Caña: 51-54.
- Lamelas, C.y J. Quintero (2001). El uso de la expresión de Prestley-Taylor en el cálculo de la evapotranspiración de referencia. XIV Forum de Ciencia y Técnica, INICA.
- Martelo, M. T (1990) Cálculo del balance hídrico. Documento de consulta.
- Martín, J. R., G. Gálvez: R. de Armas y R. Espinosa (1987). La caña de azúcar en Cuba. Editorial Científico-Técnico. La Habana. 612 pp.
- <http://UNESCO.org.uy/phi/libros/uso eficiente/cap 4.html>
- Mc Aneney, K.J and B. Itier. (1996). *Operational limits to the Prestley Taylor formule. Irrigation Science 17: 37-43.*
- Menossi, M.; Silva-Filho, M. C.; Vincentz, M.; Van-Sluys, M. A. and Souza, G. M. 2008. *Sugarcane functional genomics: gene discovery for agronomic trait development. International Journal of Plant Genomics. Article ID 458732. 11p.*
- MINAGRI (1983). Pronóstico del momento de riego. Método bioclimático. Documento Interno.
- MINAZ (2000). Proyecto caña. Programa de riego, drenaje y viales. 30pp.

- Monteith, J. L. (1965). Evaporation from land Surface Progressin Analysis and Predictions Since 1948, Proceedings of the National on Advances in Evaporation.
- Norum, E. M. (1980). “Irrigation System Selection: Secondary Considerations”. Irrigation and Agricultural Development. FAO/Pergammon Press.
- Ongley, E. D. (1997) Estudio FAO Riego y Drenaje 55.
- Pacheco, J; N. Alonso y A. Gutiérrez (1982). Relación agua-rendimiento en caña de azúcar. Memoria ATAC 43 (1): 129-141.
- Rey, R. y L. de la Hoz (1979). Manual del Régimen de Riego de los principales cultivos de Cuba. Editorial Orbe. 394pp.
- Rey, R; J. Herrera; R. Roque C. Lamelas (1982). El pronóstico de riego en Cuba. Ciencia y Técnica de la Agricultura. Riego y Drenaje. 5(1).
- Reynoso, A (1963). Ensayo sobre el cultivo de la caña de azúcar. Editorial Nacional de Cuba. La Habana.
- Roy, K.C.(2001). *Irrigation scheduling of wheat using a computer program. A case study in Bangladesh.* <http://www.fao.org/ag/aglw/CROPWAT 6.0.htm>.
- Ruíz, J (1987). Efecto económico del riego en plantaciones de caña de azúcar realizadas en diciembre. Memorias V Reunión Nacional de Riego y Drenaje.
- Ruíz, J (1989). Regimen de riego para las máquinas de pivote central agro caja P-658. Memorias V Reunión Nacional de Riego y Drenaje.
- Saffat, A. (1980). “*Selection of appropriate irrigation methods for semi-arid regions*”. *Irrigation and Agricultural Development. FAO/Pergammon Press.*
- Salgado, J. A. y O. L. Palacios (2001). Programa de cómputo para la estimación de los requerimientos de riego y drenaje. Memoria de XI Congreso Nacional de Irrigación. Simposio 10. Modelación Hidroagrícola. Guanajuato, México, 19-21sept.
- SERVAS (2013). Proyección de variedades. Recomendación de variedades para las Unidades de Producción Cañera. INICA.
- Sheng-Feng, K., C. Shih and H. Shin-Shen (1999). *Implementation of CROPWAT 8.0 Model to Evaluate Agricultural Water Demand for Chainam Irrigation Association in Taiwan. Proceeding of 99 International Conference on Agricultural Engineering. Beijing, China.*

- Simeón, F (1979). Características de las principales propiedades hidrofísicas de los principales suelos agrícolas de Cuba. *Voluntad Hidráulica* 16 (49-50): 16-23.
- Smith, M. (1992). CROPWAT 6.0. *A computer program for irrigation planning and management. FAO: Irrigation and Drainage Paper 46. 126 pp.*
- Smith, M. (1993). CROPWAT 6.0. Programa de ordenador para planificar y manejar el riego. Estudio FAO; Riego y Drenaje. 133pp.
- Smith, M. (2006). CROPWAT 8.0. Programa de ordenador para planificar y manejar el riego. Estudio FAO; Riego y Drenaje. 150pp.
- Snyder, L. I (1998). *Reference Evapotranspiration*. Programa de Cómputo.
- Suárez, R. y R. Marín (2001). Caña de Azúcar y sostenibilidad: Enfoques Experiencia Cubana. Transformando el campo cubano. Avances de la Agricultura Sostenible. p: 127-144.
- Torres, C., J. Ruiz y R. González (2013). Diseño de proyecto agronómico para máquinas de riego agro caja P -658 en caña de azúcar. Proyecto ramal 08. INICA.
- Torres, J., J. Cruz y F. Villegas (2001). Evaluación de la Aptitud Física de las Tierras en la UEB Jesús Rabí.
- Torres, J., J. Cruz y F. Villegas (2004). Avances técnicos para la programación y el manejo del riego en caña de azúcar. Segunda Edición. Serie Técnica 33.
- Vanden, M.; J. A. Sagardoy; N. Hatcho y J. M. Bellostas (1994). Manual del usuario de SIMIS (Sistema de Información para manejo de sistemas de riego). División de fomento de tierras y agua. Servicio de fomento y ordenación de recursos hídricos. FAO. 217 pp.
- Ventura, T.; D. Spano y P. Duce R. Zinder (1999). *An evaluation of common evapotranspiration equation. Irrigation Science. 18(9): 163-170.*
- Vigoa, R. (1984). La zonificación del riego como técnica de análisis para los estudios agro-económico. *Ingeniería Hidráulica*. Vol. (2): 181-190.