

## **SISTEMA DE ASESORAMIENTO AL PRODUCTOR PARA LA PROGRAMACIÓN DEL RIEGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN VILLA CLARA**

Autores: MSc. Julio Lorenzo Ávalos Clavelo<sup>1</sup> y Dr.C. Juan Pacheco Seguí<sup>2</sup> \*

### **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo es desarrollar un sistema de asesoramiento al regante para la programación del riego de la caña de azúcar en el territorio de Villa Clara, el cual, le permita al productor decidir el momento de riego y la cantidad de agua a aplicar según edad de la plantación, exigencias del clima y propiedades del suelo. Se definieron los agrupamientos de suelos cañeros, se calcularon las normas parciales netas para diferentes tipos de suelos y edades de las plantaciones, las cuales, varían de 20 a 44 mm, se estableció el cálculo de la Evapotranspiración de referencia mediante la fórmula de Penman-Monteith y se estudiaron sus valores para series de años pasados comprobándose que los valores más altos ocurren en Santo Domingo, mientras que Caibarién y Sagua la Grande presentan valores semejantes. Se determinaron los coeficientes  $K_c$ , para la zona de estudio. El intervalo de riego crítico (más pequeño) para series de años pasados en caña planta varía de 4 a 8 días para los diferentes suelos, mientras que en los retoños es de 6 a 11 días y como resultado que llega al productor se concibió un sistema de tráfico de información que contiene un reporte, el cual, reciben los productores cada 7 días, de donde deben seleccionar la norma parcial neta y el intervalo de riego según el suelo predominante, la cepa y la edad del cultivo.

\*

**1. Especialista en producción de caña de azúcar. AZCUBA Villa Clara. CUBA**

**2. Profesor Titular. Ftad de C. Agropecuarias. UCLV. CUBA**

### **INTRODUCCIÓN**

En el presente trabajo se pretende concebir un servicio de riego, que permita a los productores de caña de azúcar, conocer el momento en que deben regar sus campos de cultivo, y la lámina de riego a aplicar, basado en los valores de la “Evapotranspiración de Referencia ( $E_{To}$ )”, y los datos de suelo y del cultivo. Por tanto, el trabajo que se presenta tiene como objetivo, desarrollar un sistema de asesoramiento al regante para la programación del riego de la caña de azúcar en el

territorio de Villa Clara, el cual, le permita al productor decidir el momento de riego y la cantidad de agua a aplicar según edad de la plantación, exigencias del clima y propiedades del suelo.

En los sistemas de riego situados en el norte de la provincia, en el quinquenio 2005/2009 se consumieron como promedio 48.1 millones de metros cúbicos de agua y se beneficiaron un promedio 26203.4 ha, esto hace que se regara con una eficiencia de solo el 24 %. En la región Pacheco et al., (1977a), en experimentos realizados en estos suelos arcillosos pesados dedicados al cultivo de la caña de azúcar, reportan un consumo total de agua de 1410 mm en caña planta de 13 meses, y obtuvieron un rendimiento agrícola de 116,64 t /ha; la norma de riego total aplicada fue de 5966 m<sup>3</sup>/ha.

Alonso et. al., (1982), en los estudios realizados en la Costa Norte de Villa Clara concluyeron, que el número de riegos en años medio secos para obtener altos rendimientos con buenas condiciones agronómicas será entre 6 y 11, dependiendo de la cepa y fecha de siembra o cosecha. Recomiendan para estas condiciones, normas totales para caña de azúcar que oscilan entre 4300 y 5900 m<sup>3</sup>/ha, según la edad y tipo de cepa. González et. al., (1982), en suelos Ferralíticos rojos llegaron a conclusiones de que en las plantaciones de frío se obtiene mayor respuesta al riego, en los que se logra 6 t/ha de caña por cada 100 mm de agua aplicada.

Pacheco (1984), analizó los resultados obtenidos de 20 años de estudio en los suelos arcillosos pesados de la costa norte de Villa Clara, usando un modelo matemático realizó balances diarios de los ingresos y egresos de la humedad, obteniendo normas totales netas de 2684 m<sup>3</sup>/ha para retoños de enero, ciclo de 12 meses y límite productivo del 70 % CC; el número de riegos para el 80% de los años fue de 1-4. En caña planta de enero con límite productivo del 80 % CC, la norma total neta fue de 3866 m<sup>3</sup>/ha y el número de riegos máximo fue de 7.

Vidal et. al., (1984), estudiaron el régimen de riego de los retoños cosechados en abril, en un suelo Oscuro plástico gleysoso de la Costa Norte de Villa Clara, determinaron que el riego no tiene influencia en el número de tallos y que las diferencias en el rendimiento se deben sobre todo al crecimiento de estos; también encontraron que la cepas de retoño en estas condiciones necesitan entre 3 y 5 riegos en dependencia del año climático.

Fonseca (1984), en un estudio realizado en la Estación Experimental del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje al suroeste de La Habana, empleando 3 fechas de plantación para planta y primer retoño y usando el método de balance de humedad en parcela, obtuvo valores de evapotranspiración de 1220 - 2113 mm para distintas edades de corte. Los valores máximos diarios de evapotranspiración se alcanzaron en caña planta a los 5-7 meses y en los retoños a los 4-6 meses. Para cada t de caña producida se evapotranspiraron de 11,5 a 13,5 mm de agua.

En otras partes del mundo tenemos que, Campbell et al., (1959), encontraron valores promedios de evapotranspiración en caña de azúcar en Hawai del orden de 5,6 mm por día, con valores que oscilaban desde 2,5 mm en días nublados de invierno a 7,6 mm por día en los meses cálidos de verano. Humbert (1953), plantea que hay más producción de caña donde son mejor atendidas las necesidades de agua y llega a la conclusión que el regadío es necesario cuando las precipitaciones anuales estén por debajo de 1500 mm, y que con precipitaciones mayores si se presentan periodos largos de sequía se retrasa el crecimiento.

En España existen sistemas de asesoramiento al regante (Juan et al., 2002) que indican el momento en que debe regarse determinado cultivo o el intervalo de riego que le corresponde en determinada decena de cada mes, siempre haciendo uso del cálculo de la evapotranspiración de referencia. Ahkoon et al., (2005) estudiando en Mauricio el ordenamiento de los riegos en la caña de azúcar crearon el Software IRRIPIVO, para ayudar a los usuarios de las máquinas de pivote central en la conducción de los riegos.

En Brasil en un proyecto denominado Sistema Irriga de la Universidad Federal de Santa María, Carlesso et al., (2007) ofrece vía Internet una asesoría total a los agricultores del centro y sur de Brasil que han decidido contratar sus servicios mediante el monitoreo del clima en las diferentes regiones a través de estaciones meteorológicas automáticas, las cuales suministran los datos necesarios para el cálculo de la evapotranspiración de referencia por el método de Penman-Monteith.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación geográfica del lugar de la investigación, y las características del clima.

La investigación se realizó en la provincia de Villa Clara, situada en la región norcentral de Cuba, que limita al norte con el Océano Atlántico, al oeste con la provincia de Matanzas, al sudoeste con Cienfuegos y al este sudeste con Sancti Spíritus.

En la Figura 1 que se muestra a continuación, aparece toda la superficie de la provincia, en la misma se muestra la ubicación de las cinco Estaciones Meteorológicas que dispone el CITMA en el territorio, según el estudio de (Moya y Estrada ,2012).

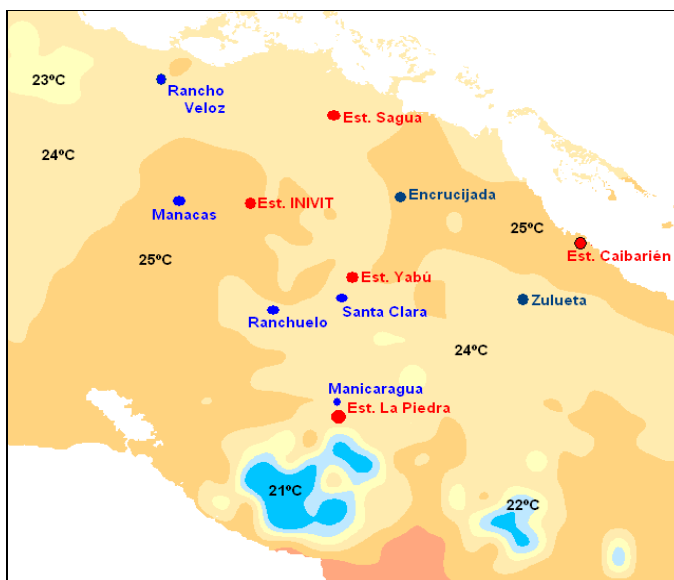


Figura 1. Distribución representativa de los valores medios de temperatura y área de influencia por Estación Meteorológica.

El estudio comprendió la distribución representativa de los valores medios diarios anuales de temperatura en grados centígrados, para una serie de 30 años, con una representatividad de  $\pm$  un grado centígrado. Cada color en el mapa coincide con un valor medio diario de temperatura.

Para vincular las áreas con riego actual y perspectiva de las UEB cañeras, a las Estaciones Meteorológicas, se tuvo en cuenta la coincidencia de estas áreas, con las zonas de igual valor medio de temperatura que corresponde a cada una de las Estaciones, con esto se persigue que

nuestras UEB cañeras estén agrupadas en zonas con similitud de valores medios diarios anuales de temperatura, y así tener en cuenta la influencia que esta tiene en la evapotranspiración de los cultivos. En la Tabla 1 se presenta la vinculación de las UEB cañeras a las Estaciones Meteorológicas.

Tabla 1. Vinculación de las UEB a las Estaciones Meteorológicas

<b>Estación meteorológica</b>	<b>UEB vinculada</b>	<b>Estación meteorológica</b>	<b>UEB vinculada</b>	<b>Estación meteorológica</b>	<b>UEB vinculada</b>
Caibarién	H.Duquesne	S. la Grande	H.Rodríguez	Sto.Domingo	C.Baliño
	José.M.Pérez		P.G.Toro		G.Washington
	A.Santamaría		Q.Banderas		I.Alfonso
	P.Figueredo				

**Características de los suelos más comunes dedicados a la caña de azúcar en el territorio que poseen riego.**

El 94 % de las áreas con riego en la provincia se concentran en la costa norte. La superficie en cuestión es una franja de tierra que se extiende paralela a la costa, que comprende unas 60 000 ha, las cuales pertenecen a los municipios de Sagua la Grande, Encrucijada, Camajuaní y Caibarién. En la tabla 2 se resumen los principales suelos cañeros de las áreas bajo riego, se incluye además los valores medios de sus principales propiedades hidrofísicas que son necesarias para el cálculo de la norma neta parcial de riego. La topografía de la zona es llana, con pendientes que oscilan entre 2 y 3 ‰, los suelos más abundantes son los Hidromórficos, (Hernández et al., 1999) durante años ha predominado el cultivo de la caña, crianza de ganado vacuno y en menor cuantía el cultivo del arroz, este último con tendencia reciente al incremento.

Tabla 2. Principales suelos cañeros de la provincia y sus propiedades hidrofísicas.

Agrupamiento Agroproductivo	Cc	Cc	PMP	Lp	Ha	Hu	Agt	da	dr	pt	Pd	VI	Ch	Textura
	% pss	% vol	% pss	% pss	%	%	%	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	%	%	mm/h	m/d	%<0,02mm
Gleyzado sialitizado	52,30	55,40	27,50	41,80	24,80	10,50	42,30	1,06	2,62	59,50	4,10	1,00	0,10	74,50
Ferralitizado cálcico	31,90	40,80	17,40	25,50	14,50	6,40	44,10	1,28	2,74	53,30	12,50	48,00	1,40	62,40
Sialitizado cálcico	38,10	45,70	23,40	30,50	14,70	7,60	51,70	1,20	2,66	54,90	9,20	17,50	0,60	59,50
Sialitizado no cálcico	17,40	27,30	9,50	13,90	7,90	3,50	44,30	1,57	2,66	41,00	13,70	25,00	0,90	25,00

Leyenda: Cc % pss = Capacidad de campo en % de peso de suelo seco    da = Densidad aparente  
Cc % vol = Capacidad de campo en % de volumen    dr = Densidad real  
PMP = Punto de marchites permanente    pt = Porosidad total  
LP = Límite productivo    pd = Porosidad drenable  
Ha = Humedad aprovechable    VI = Velocidad de infiltración  
Hu = Humedad útil    Ch = Conductividad hidráulica  
Agt = Agotamiento

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tomando los datos de las propiedades hidrofísicas (capacidad de campo y densidad aparente) que aparecen en la Tabla 2 y lo definido anteriormente, calculamos las normas parciales netas usando la conocida expresión:  $m = 10 * H * da (Cc - Lp)$ . En la Tabla 3 se exponen los resultados.

Tabla 3 Normas netas parciales de riego para los principales suelos

Agrupamiento Agroproductivo	da (gr /cm <sup>3</sup> )	Cc en % pss	Lp en % pss	Norma parcial neta en	
				H = 0.30 m	H = 0.4 m
Sialitizado no cálcico	1,57	17,40	13,05	20	27
Ferratilizado cálcico	1,28	31,90	25,52	24	33
Sialitizado cálcico	1,20	38,10	30,48	27	37
Gleyzado sialitizado	1,06	52,3	41,84	33	44

La norma bruta de riego la calculará el productor en función de la tecnología de riego que este usando.

### Evapotranspiración de referencia diaria media mensual para la caña de azúcar

La evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), es un parámetro relacionado con el clima que expresa el poder evaporante de la atmósfera, debido a su importancia para este trabajo mostraremos en las figura 2, los valores de la media mensual para las tres Estaciones Meteorológicas seleccionadas. Como se aprecia, en la Estación de Santo Domingo se alcanza el valor medio diario mayor para cada uno de los meses, siendo muy similares estos valores en las Estaciones de Caibarién y Sagua la Grande. Los mayores valores de la media diaria de ET<sub>o</sub> se registran durante los meses de abril a agosto. Estos resultados coinciden con los reportados por los autores Pacheco et al., (2006).

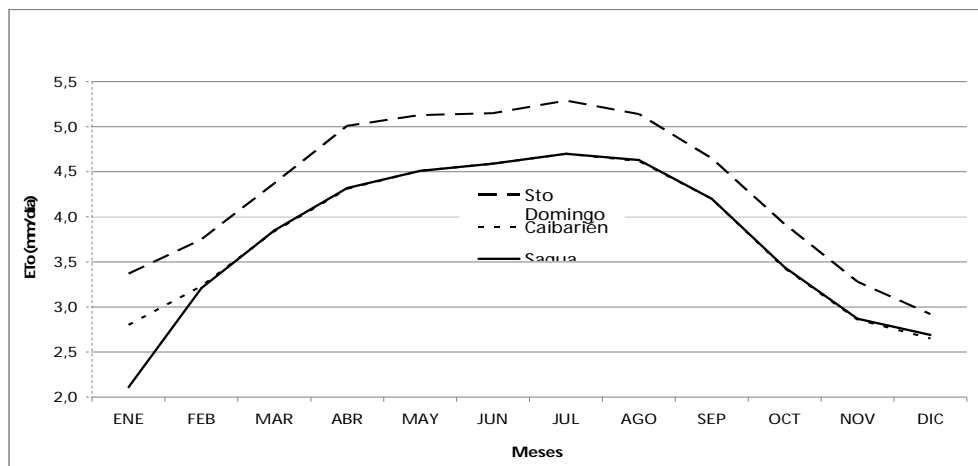


Fig. 2 Evapotranspiración de Referencia Diaria Media Mensual por Estaciones

### Estudio del intervalo de riego probable y crítico para la caña de azúcar según cepa, tipo de suelo y la ET<sub>o</sub> de las Estaciones meteorológicas.

El intervalo de riego lo determinaremos dividiendo la norma parcial de riego entre la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>); entonces se tiene que:

$$d = m / ET_c$$

d = intervalo de riego en días

m = norma parcial de riego en mm

ET<sub>c</sub> = evapotranspiración del cultivo en mm /día

Se conoce que:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

Conocer las características del intervalo de riego por parte del productor es sumamente importante, pues esto le permite adaptar a sus condiciones la tecnología de riego y estar preparado para enfrentar las posibles demandas climáticas que se puedan presentar. El intervalo debe ser determinado para una  $ET_o$  de probabilidad de ocurrencia media (probabilidad del 50 %) y para el año de más demanda climática, en este caso el año del 25 % de probabilidad de la  $ET_o$ . En la tabla 4 aparecen por meses los valores de  $ET_o$  en mm /día para las probabilidades estudiadas.

Tabla 4. Valores medios diarios de  $ET_o$  para las probabilidades del 50 y el 25 %.

Meses	Estaciones meteorológicas					
	Caibarién		Sagua la Grande		Santo Domingo	
	50 % P	25 % P	50 % P	25 % P	50 % P	25 % P
Enero	2.3	2.13	2.74	3.07	3.15	3.23
Febrero	2.9	2.77	3.30	3.33	3.64	3.76
Marzo	2.92	3.26	3.78	4.25	4.5	4.15
Abril	3.98	3.87	4.04	4.35	5.17	5.00
Mayo	3.82	4.20	4.39	4.46	5.18	5.23
Junio	3.93	4.27	4.49	4.64	4.92	5.58
Julio	4.35	4.13	4.68	4.93	5.33	5.30
Agosto	4.11	4.42	4.65	4.65	5.02	5.10
Septiembre	3.88	3.88	4.14	3.98	4.34	4.65
Octubre	3.04	2.93	3.58	3.41	4.11	4.11
Noviembre	2.39	2.23	2.94	2.76	3.44	3.52
Diciembre	2.24	2.21	2.85	2.51	3.13	3.16
Total anual	1257.48	1276.24	1423.47	1447.42	1608.04	1640.36

Con estos valores de  $ET_o$  y las normas de riego parciales que aparecen en la tabla 3 se determinaron para cada Estación Meteorológicas los intervalos de riegos críticos y medios de

cada cepa, según el Agrupamiento Agroproductivo de los suelo. Estos intervalos aparecen en la Tabla 5.

Como se puede apreciar los intervalos críticos se mueven en un rango que oscila entre 4 y 11 días y los valores de intervalos medios pueden alcanzar desde un máximo de 22 días y un mínimo de 9 días. El productor tiene que estar preparado con su tecnología de riego para enfrentar los intervalos de riego críticos, de manera que pueda cubrir con el riego las exigencias del clima y el cultivo no sufra de estrés hídrico en determinadas etapas de su desarrollo, que afectaría el rendimiento de la cosecha. También se observa que la Estación donde se presentan los intervalos más bajos es la de Santo Domingo, donde los intervalos críticos se mueven entre 4 y 9 días y los valores medios están entre 9 y 16 días.

Tabla 5. Intervalos de riego críticos y medios en días por Estaciones Meteorológicas

Estación Meteorológica Sagua la Grande								
Tipo de intervalo	Sialitizado no cálcico		Ferralitizado cálcico		Sialitizado cálcico		Gleyzado sialitizado	
	Planta	Retoño	Planta	Retoño	Planta	Retoño	Planta	Retoño
Crítico	5	6	6	7	6	8	8	11
Medio	10	11	12	14	14	15	17	18
Estación Meteorológica de Caibarién								
Crítico	5	7	6	8	7	9	8	11
Medio	12	13	14	16	16	18	19	22
Estación Meteorológica de Santo Domingo								
Crítico	4	6	5	7	6	8	7	9
Medio	9	10	11	12	12	14	15	16

### **Propuesta de sistema de información para que el agricultor decida la Programación del riego.**

El flujo de información desde la Estación Meteorológica hasta el productor, se muestra en la figura 3, donde en un esquema simplificado se representa este servicio de asesoramiento al regante. En el Centro Meteorológico Provincial se calculan los valores de ETo para cada Estación Meteorológica, basados en los datos climáticos que estas aportan vía correo electrónico y que son necesarios para aplicar la ecuación FAO Penman-Monteith, esta información deberá fluir semanalmente (preferentemente los lunes) vía correo electrónico, al área de atención a productores de la Empresa Azucarera Villa Clara.

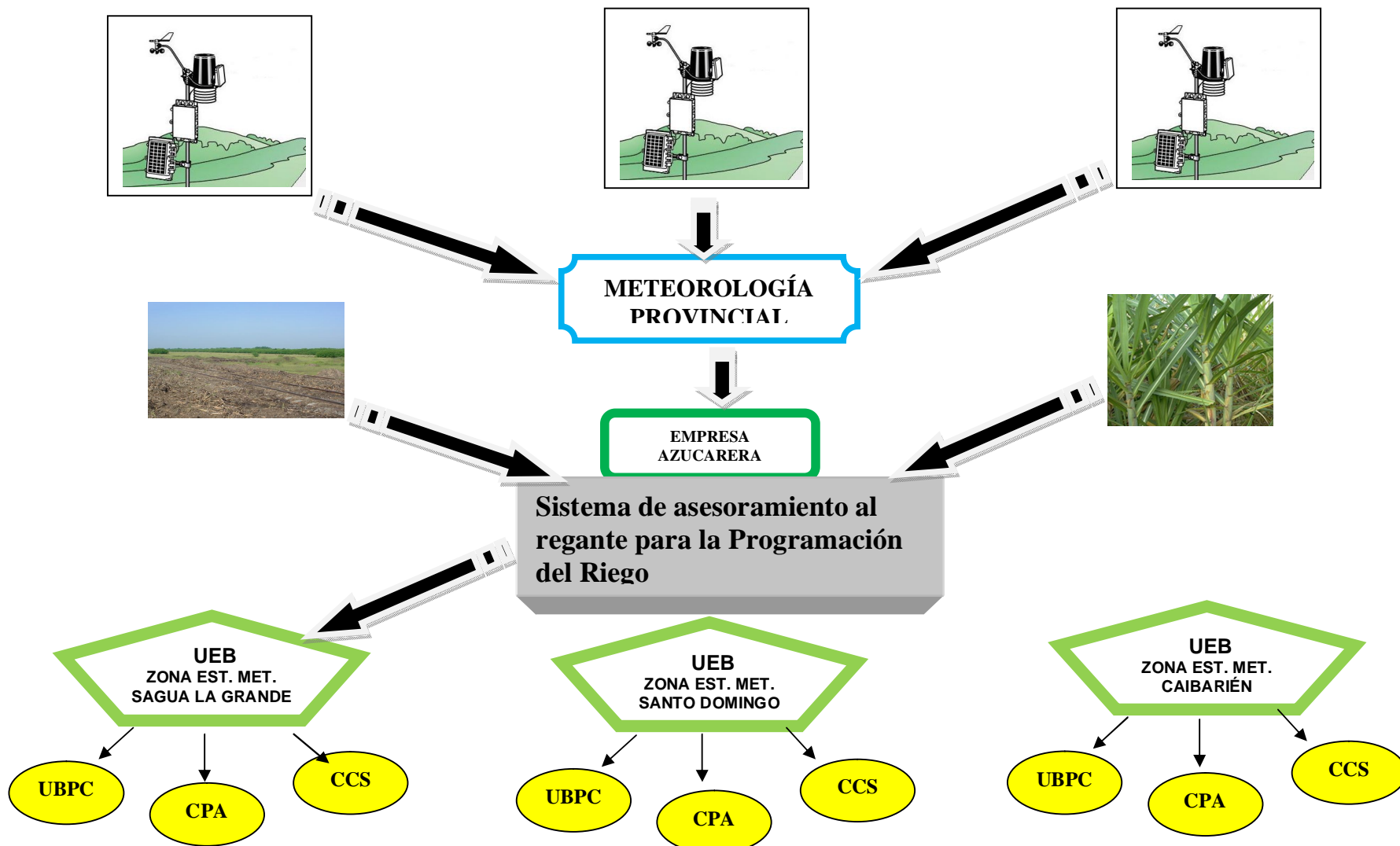


Fig. 3. Esquema simplificado de funcionamiento del Sistema de Asesoramiento al Regante para la Programación del Riego.

El reporte mostrado en la tabla 6 es calculado para cada Estación Meteorológica y es enviado el propio lunes vía correo electrónico a cada una de las Unidades Empresariales de Base (UEB), de atención a productores cañeros. Por último, de las UEB se les hace llegar a los productores, ya sea por correo electrónico, teléfono, planta de radio u otra vía. En el reporte aparece con claridad los días de intervalos de riego probables para un grupo de situaciones 64 en total, las cuales a nuestro criterio cubren la mayoría de las posibles situaciones que se puedan presentar. También se proponen normas de riego parciales para cada una de estas posibles situaciones.

**Tabla 6 Reporte para la programación del riego**

ESTACIÓN METEOROLÓGICA: SAGUA LA GRANDE

Fecha: 6 - 04-11

VALIDO PARA LOS PRÓXIMOS 7 DÍAS

UEB vinculadas a este servicio:

H.Rodríguez, P.Gómez Toro y

Q.Banderas

ETo promedio para los próximos 7 días		3,7											
Tipo de cepa y suelo		ETo	Norma de riego neta parcial en mm		Intervalo de riego en días								
			cañas de 1 a 3 meses	cañas > de 3 meses	Edades en meses								
					1 a 3	4	5	6	7	8, 9 y 10	11	12 o más	
Caña planta	Ferralitizado no cálcico	3,7	20	27	14	13	11	9	8	6	8	9	
	Ferralitizado cálcico	3,7	24	33	17	16	13	11	9	8	9	11	
	Sialitizado cálcico	3,7	27	37	19	18	15	13	11	9	11	13	
	Gleyzado sialitizado	3,7	33	44	23	21	18	15	13	10	13	15	
Socas y retoños	Ferralitizado no cálcico	3,7	20	27	15	14	12	9	8	8	10	11	
	Ferralitizado cálcico	3,7	24	33	18	17	14	12	10	10	12	14	
	Sialitizado cálcico	3,7	27	37	20	19	16	13	11	11	13	16	
	Gleyzado sialitizado	3,7	33	44	24	23	19	15	14	13	16	19	
		Valores de coeficientes Kc		Planta	0,38	0,57	0,67	0,79	0,95	1,15	0,94	0,80	
				Retoño	0,37	0,52	0,63	0,77	0,88	0,92	0,76	0,64	

**Observaciones**

Estos coeficientes fueron obtenidos en suelos Gleysados sialitizados, los cuales deben irse ajustando a los demás suelos, en la medida que se trabajen con ellos.

En los suelos Gleysados sialitizados hay que tener en cuenta el tiempo de sobrehumedecimiento que se produce por el mal drenaje.

En este reporte podemos acompañarlo de un mapa con las zonas de lluvia recientemente caídas en los distintitos territorios que abarcan las Estaciones Meteorológicas, así como las posibles lluvias que puedan ocurrir en un plazo no mayor de siete días. En ambos casos el mapa aparecerá coloreado con los distintos rangos de lluvia acordados.

El productor recibe el reporte con una periodicidad semanal, en el mismo como se mencionó anteriormente aparecen 64 posibles variantes de intervalo, él tiene que saber escoger cuales se adaptan a sus condiciones; para esto, como el ya tiene identificado el suelo predominante según el mapa donde aparece el Agrupamiento Agroproductivo propuesto, puede fácilmente buscar en la tabla cuales son las dos normas de riego netas parciales que le pertenecen a ese suelo, las

cuales se agrupan para plantaciones de hasta tres meses y de más de tres meses, lo que facilita su identificación. También basado en la edad de la plantación y la cepa a que pertenece, sea caña planta o retoño, se identifican los días de intervalos en que debe mediar de un riego a otro.

## CONCLUSIONES

1. Las normas parciales netas calculadas para diferentes tipos de suelos y edades de las plantaciones varían de 20 a 44 mm, las mayores corresponden al suelo Gleyzado Sialitizado cuando la capa activa es 40 cm.
2. La evapotranspiración de referencia resulta mas alta en Santo Domingo, mientras que Caibarién y Sagua la Grande presentan valores semejantes y en general para las tres estaciones Meteorológicas sus valores medios diarios para el año de 25% de probabilidades de excedencia varían de 2.13 a 5.58 mm /día.
3. El intervalo crítico en caña planta varía de 4 a 8 días para los diferentes suelos, mientras que en los retoños es de 6 a 11 días.
4. Se concibió un sistema de tráfico de información que contiene un reporte, el cual, reciben los productores cada 7 días, de donde debe seleccionar la norma parcial neta y el intervalo de riego según el suelo predominante, la cepa y la edad del cultivo.

## BIBLIOGRAFIA

1. Akoon, P.D; M. Teelick y R.D. Ratna, (2005) Irrigación de caña de azúcar: de la investigación a la práctica de campo. Procc. ISSCT. Vol.25. Guatemala: 253: 258.
2. Alonso N.; J. Pacheco y A. Gutiérrez, (1982) *Recomendaciones sobre el régimen de riego de la caña de azúcar para la Costa Norte de Villa Clara.* 43 Congreso de la ATAC. Ciudad de La Habana. Cuba: 12-16.
3. Campbell, R., J.; Hu. Chang y D. C Cox., (1959) “*Evapotranspiración of sugar cane in Hawaii as measured by in-field Lysimeters in relation to climate*”.Proc. X Cong. ISSCT.

4. Carlesso, R., Teresinha M y Trois C., (2007) *Rede de estações meteorológicas automáticas para prover a necessidade de irrigação das culturas Taller Internacional: Modernización de Riegos y Uso de Tecnologías de Información*. La Paz Bolivia Septiembre 2007.
5. Fonseca, J., (1984) *Evapotranspiración y coeficientes bioclimáticos de la caña de azúcar en tres épocas de siembra*. Memorias 44 Congreso de la ATAC
6. González, R; N. Latifov y E. Llerena, (1982) *Régimen de riego para la caña de azúcar en suelo ferralítico rojo*. Presentado en la Conferencia Científico Técnica “20 años de desarrollo hidráulico en la Revolución” La Habana. Cuba.
7. Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., Rivero, L. (1999). Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Edit. AGRINFOR, Ciudad Habana, 64p.
8. Humbert, R. P., (1953) “*Basic problems of sugar cane nutrition.*” Proc. VII. Cong. ISSCT.
9. Juan, J. A., Ortega, J.F., Álvarez, N., Tarjuelo, J.M., (2002). *Irrigation Advisory Services and Participatory Extension in Irrigation Management for farmers (SIAR) in Castilla la Mancha: Action and Limitations*, Workshop organized by FAO – ICID, Montreal, Canada.
10. Moya, A. y A. Estrada, (2012) Estudio de las temperaturas representativas para cada Estación Meteorológica. CITMA Villa Clara. Cuba. Sin publicar. Comunicación personal.
11. Pacheco, J., N. Alonso y A. Gutiérrez, (1977) “*Respuesta de la caña de azúcar a diferentes niveles de humedad en el suelo.*” Centro Agrícola, 4(1), Universidad Central de Las Villas.
12. Pacheco, J., (1984) *Estudio del régimen de riego de la caña de azúcar en suelos arcillosos pesados*. Memorias 44 Congreso de la ATAC: 104-105.
13. Pacheco J; Domínguez I y Lamadrid J. (2006) “Lluvia y evapotranspiración de referencia en cuatro puntos representativos de la Provincia de Villa Clara, Cuba”. Revista Centro Agrícola. Año 33, No 4. Oct- Dic. Pág. 67-70, Santa Clara.
14. Vidal, L.; A. Gutiérrez y J. Pacheco., (1984) *Régimen de riego de la caña de azúcar Retoño II*. Revista Ingeniería Hidráulica. No 3: 20-26.