

## EVALUACIÓN DEL RIEGO CON ENROLLADORES Y REQUERIMIENTOS HÍDRICOS EN CAÑA DE AZÚCAR (*SACHARUM OFFICINARUM L.*) EN LA UBPC “EL LIMPIO”

### EVALUATING THE IRRIGATION SYSTEM BY ROLLERS AND WATER REQUIREMENTS OF SUGAR CANE (*SACHARUM OFFICINARUM L.*) IN THE UBPC “EL LIMPIO” CONDITIONS

Reinaldo Pérez Armas<sup>1</sup>

E-mail: [rpereza@ucf.edu.cu](mailto:rpereza@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6377-8993>

Juan Miguel González Rodríguez<sup>2</sup>

E-mail: [jmiguel@gesacf.azcuba.cu](mailto:jmiguel@gesacf.azcuba.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7651-322X>

José Carlos Sardiñas Montalvo<sup>3</sup>

E-mail: [Jose.sardinias63@gmail.com](mailto:Jose.sardinias63@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1554-492X>

Lissett Ponce Rancel<sup>1</sup>

E-mail: [lponce@ucf.edu.cu](mailto:lponce@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0889-7492>

<sup>1</sup>Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez

<sup>2</sup>GESA Cienfuegos. Reparto Punta Gorda. Cienfuegos

<sup>3</sup> Delegación Municipal de la Agricultura Cienfuegos. Cienfuegos

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Pérez Armas, R., González Rodríguez, J. M., Sardiñas Montalvo, J. C., Ponce Rancel, L. (2022). Evaluación del riego con enrolladores y requerimientos hídricos en caña de azúcar (*sacharum officinarum l.*) en la UBPC “El Limpio”. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(1), 146-151. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

#### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar los parámetros de explotación del sistema de riego por enrolladores y la satisfacción de los requerimientos hídricos de la caña de azúcar (*Sacharum officinarum L.*) en el bloque 3526 de la UBPC “El Limpio” se desarrolló la presente investigación del tipo correlacional múltiple en el que se hace una caracterización general del área, del sistema de riego y de las variables climáticas. Se comprobaron los parámetros de explotación del sistema mediante observaciones y mediciones de campo que incluyó la medición de la pluviometría del aspersor, la que se procesó con el software CATCH3D que permitió obtener la lámina media (V m), la lámina media en el 25 % menos regado (V 25 %), la Uniformidad de Distribución (UD) y el Coeficiente de Uniformidad (CU). Se determinaron las necesidades hídricas del cultivo para el periodo de noviembre a mayo con el software CROPWAT, se evaluaron las posibilidades de satisfacción de esas necesidades por el sistema de riego. Los resultados principales del trabajo reflejan que los parámetros obtenidos en la evaluación no se corresponden con los de diseño, el sistema opera con una Uniformidad muy baja (75 %) y entrega una norma bruta (522 m<sup>3</sup>.ha<sup>1</sup>), se consideró que las necesidades hídricas de la caña pueden ser cubiertas con este sistema hasta en el periodo crítico

**Palabras clave:** Necesidades hídricas, enrolladores, pluviometría, riego, uniformidad

#### ABSTRACT

With the objective of evaluating the operating parameters of the irrigation system by rollers and the satisfaction of the water requirements of sugarcane (*Sacharum officinarum L.*) in block 3526 of the UBPC “El Limpio” was developed the present investigation of the multiple correlational type in which a general characterization of the area, of the irrigation system and of the climatic variables is made. The operating parameters of the system were verified by observations and field measurements that included the measurement of rainfall, which was processed with the CATCH3D software that allowed to obtain the middle sheet (V m), the middle sheet in the 25% less watered (V 25%), Distribution Uniformity (UD) and Uniformity Coefficient (CU). The water needs of the crop were determined for the period from November to May with the CROPWAT software, the possibilities of satisfying those needs by the irrigation system were evaluated. The main results of the work reflect that the design parameters do not correspond to those obtained in the evaluation, the system operates with a very low Uniformity (75%) and delivers a gross standard (522 m<sup>3</sup>. ha<sup>1</sup>), it was considered that the needs cane water can be covered with this system even in the critical period

**Key Word:** Water needs, winders, rainfall, irrigation, uniformity

## INTRODUCCIÓN

La inestabilidad en el clima, la distribución irregular de las lluvias tanto temporal como espacialmente hacen cada día a los cultivos más dependientes del riego para satisfacer sus necesidades hídricas a la vez que demanda un uso racional del agua considerando que la disponibilidad de este recurso es cada día menor.

La adecuada gestión del riego es la que determina cuándo y cuánto regar, sobre la base de las necesidades de agua de los cultivos, las características del suelo y las condiciones climáticas del entorno para optimizar la calidad y cantidad de la producción (Vázquez et al., 2017).

La situación actual del uso del agua en Cuba, según Herrera. (2011), indica que se utiliza anualmente para la producción agropecuaria cerca del 60 % del total del agua demandada, lo cual asciende como promedio a 4,3·10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> y de ello más del 90 % se utiliza para el riego de los cultivos agrícolas, con un área bajo riego actual que corresponde a menos del 11% del área total cultivada en Cuba (3,7·10<sup>6</sup> ha) y una eficiencia global promedio de los sistemas de riego menor del 65 %.

Mucho se ha avanzado en la tecnificación del riego lo que ha permitido disponer de sistemas modernos con capacidad de adaptarse a diversas condiciones, pero la cuestión está en explotarlos adecuadamente para conseguir eficiencia alta en la aplicación del riego lo cual es posible si se conoce bien, entre otros elementos, los parámetros de operación del sistema.

El mejoramiento de la eficiencia de los sistemas de riego es un tema prioritario para la mayoría de los países del mundo (Sánchez & Sánchez, 2004). En el 60 Encuentro del Consejo Ejecutivo de la Comisión Internacional de Riego y Drenaje y la 5ta Conferencia Regional Asiática este fue un aspecto analizado y se constató un aumento significativo de la eficiencia del riego (hasta en un 20%) solo con mejoras en la operación de los sistemas y el manejo del riego (Madramootoo y Helen Fyles, 2010; Mukesh y Kapadia, 2010).

La evaluación de los sistemas una vez concluido su montaje, al inicio de las campañas de riego y cuando estos comiencen a explotarse nuevamente luego de una avería

resulta imprescindible para garantizar su correcta explotación. (Lamela, 2011).

Otro elemento importante para asegurar el riego oportuno y efectivo es conocer las necesidades hídricas reales del cultivo teniendo en cuenta las características del suelo, del clima y de la propia planta.

Según Cisneros (2008) para efectuar los riegos en las debidas condiciones hay que tener información fidedigna de las necesidades reales del cultivo que, como se conoce, van cambiando a lo largo del ciclo vegetativo y del tiempo atmosférico. Con los avances tecnológicos actuales es posible determinar con bastante precisión dichas necesidades.

La caña de azúcar, tal como lo definió Álvaro Reynoso, es de regadío, por lo que en las condiciones de Cuba es imposible concebirlo sin la presencia del riego. La demanda total de agua del cultivo está en el entorno entre 1 683 y 1 880 mm anuales con una participación importante de la lluvia para satisfacer esta demanda y el complemento con riego de unos 300 a 600 mm, en dependencia de los diferentes suelos, zonas climáticas, épocas de plantación y ciclos de corte y considerando además la distribución temporal y espacial de la lluvia y su aprovechamiento

### Objetivo general

Evaluar los parámetros de explotación del sistema de riego por enrolladores y la satisfacción de los requerimientos hídricos de la caña de azúcar (*Sacharum officinarum* L.) en el bloque 3526 de la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) "El Limpio".

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para desarrollar el presente trabajo se realizó una investigación no experimental en el sistema de riego por enrolladores que beneficia al Bloque de Producción Cañera 3526 perteneciente a la UBPC "El Limpio" (Figura 1), este fue objeto de evaluación de la efectividad del riego. Para este estudio se tuvo en cuenta los parámetros de explotación y su correspondencia con los requerimientos hídricos del cultivo.

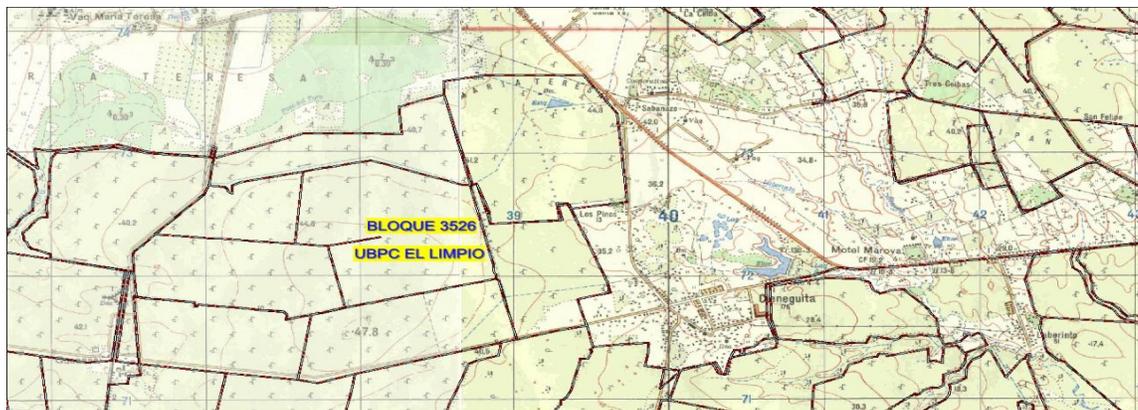


Figura 1. Localización del sistema de riego por enrolladores que beneficia al Bloque de Producción Cañera 3526. Fuente: Los autores

Las características de la explotación del sistema de riego, según la información recogida durante la ejecución del ensayo, son las siguientes:

- La parcela de riego ocupa un área de 91.0 ha.
- La parcela de riego se beneficia con tres máquinas Modelo IRTEC.
- Cada una de las máquinas cubre dos posiciones por jornada para cumplir con el intervalo de 10 días planificado en el régimen de riego, para ello la velocidad de recogida de la manguera es de 22 m/h.
- El aspersor es del tipo Konkord con una entrega de 974 L.min<sup>-1</sup> (16,23 L.s<sup>-1</sup>) para esto utiliza una boquilla Ø 30 mm, con una presión de trabajo de 30 m.
- El tiempo de riego necesario para entregar la norma solicitada es de 17 horas por jornada.
- La carga necesaria en el hidrante es de 67,5 m para garantizar el régimen de explotación de la máquina y el aspersor.

#### *Evaluación del sistema de riego por enrolladores*

Para la comprobación de parámetros relacionados con la efectividad del sistema se tuvo en cuenta los elementos para la evaluación de los sistemas de riego a presión (Lamelas, 2011) y se utilizó el programa automatizado CATCH-3D de la Universidad de Utah, Estados Unidos.

Previamente a la evaluación se comprobó los parámetros de manejo del sistema, además de verificó el estado técnico de los diferentes componentes de la instalación y que los mantenimientos realizados garantizaban la explotación adecuada del sistema.

Los parámetros evaluados permitieron:

- Determinar la uniformidad del riego
- Determinar la norma de riego aplicada
- Detectar la existencia de problemas con la explotación del sistema

La evaluación se realizó en el momento de reinicio de la campaña de riego para asegurar la producción de caña con destino a la industria. Los medios utilizados fueron:

1. Manómetros de glicerina incorporados a la máquina y al aspersor.
2. Pluviómetros
3. Estacas
4. Cronómetro
5. Probeta graduada
6. Cinta métrica de 50 m

Para evaluar la uniformidad del riego se siguieron los siguientes pasos:

1. Traslado del cañón sobre un eje cortado por una red de pluviómetros, separados a 1.4 x 1.4 metros ubicados en dos líneas perpendiculares al mismo. Los pluviómetros fueron colocados a ambos lados de la manguera, asignándose una fila y columna a cada uno. La red de pluviómetros se colocó en mitad del trayecto
2. El trayecto del cañón (longitud del tubo desenrollado) y la posición de la línea de pluviómetros se eligió de manera que la línea no recibió agua de riego al comienzo y al final del trayecto. se desenrolló una longitud de tubo tres veces mayor que el alcance del cañón

Una vez iniciada la evaluación:

- Se ajustó la velocidad media de desplazamiento del carro porta-aspersor (al marcar dos puntos en la manguera y colocar una estaca lateral en el punto más alejado del carro porta-aspersor y ajustar el tiempo de traslado hasta el segundo punto). La relación espacio y tiempo obtenida es la velocidad de recogida de la manguera
- Se controló la presión de bombeo, en el tambor y en el aspersor. Se comprobó el radio efectivo regado.
- Se midió el volumen de agua recogido por los pluviómetros colocados, iniciándose inmediatamente que terminó de incidir sobre ellos el aspersor
- Durante la evaluación, se llevó el control de las condiciones climáticas, se eligió las horas tempranas de la mañana para desprejurar la velocidad del viento.

Los datos de los volúmenes recolectados se procesaron con el programa informático CATCH 3D. Este permitió determinar:

La media de todos los volúmenes recogidos en los pluviómetros utilizados (V m)

La media de los volúmenes recogidos en el 25 % de la superficie peor regada (V 25 %)

La Uniformidad de Distribución (UD) a partir de la relación entre el valor de V 25 % más bajo entre V m

El Coeficiente de Uniformidad (CU) determinado por la expresión:

d: Desviaciones de la lámina media

L m: Lámina media (mm)

n: Número de observaciones

Obtenidas las láminas aplicadas, se busca la distancia óptima, o sea aquella que, de la mejor uniformidad sobre una franja, teniendo en cuenta la superposición de riego sobre las franjas vecinas y suponiendo naturalmente que la distribución transversal sea la misma en esa franja y en las adyacentes

### Determinación de las necesidades hídricas de la caña de azúcar (*Sacharum officinarum*. L)

Para determinar si el régimen de explotación del sistema satisface los requerimientos hídricos del cultivo se utilizó el programa CROPWAT Versión 4.3.

Este programa permite calcular la ETc (evapotranspiración del cultivo), que representa las necesidades de agua, y también determina el régimen de riego necesario para las condiciones edafoclimáticas y de desarrollo del cultivo.

Los requerimientos hídricos del cultivo se refieren a un retoño cañero cosechado a inicios de la zafra anterior con un ciclo de desarrollo de 12 meses. Los datos de suelo y clima para la obtención de los requerimientos hídricos del cultivo y del régimen de riego necesario mediante el programa CROPWAT se describen a continuación:

Condiciones del suelo.

El suelo predominante en el Bloque cañero 3526 es del Tipo Ferralítico Rojo Típico. Las propiedades hidrofísicas fundamentales de este tipo de suelo se resumen a continuación en la tabla 1

Tabla 1: Propiedades hidrofísicas del suelo del bloque cañero 3526

Profundidad a humedecer (m)	Máxima humedad disponible en el suelo (mm.m-1)	Máxima tasa de infiltración de la lluvia (mm.h-1)
0.30	82	26

Fuente: El autor

El comportamiento histórico de las principales variables climatológicas de la zona donde se ubica el Bloque Cañero 3526 fueron tomados del Certificado Meteorológico 022010 de la estación meteorológica asociada a esta área.

Estas variables se utilizaron para el cálculo de la Evapotranspiración de Referencia (Eto), con el programa informático CROPWAT (Allen, R. G., 1998) recomendado por la FAO el cual se basa en el método Penman-Monteih, y es el más apropiado para estimar la Eto,

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de los parámetros de explotación del sistema de riego por enrolladores

En la evaluación del sistema se pudo constatar la correspondencia o no de los parámetros de explotación del sistema con los de diseños.

La duración de la prueba fue de 105 minutos, en los que los pluviómetros recolectaron en su conjunto 5,228 m<sup>3</sup> que representan el 5,1 % del volumen total descargado por el aspersor que fue de 102,249 m<sup>3</sup>.

El gasto o caudal del aspersor es de 16,23 L.s<sup>-1</sup>, el que se corresponde exactamente con el de diseño.

Durante la medición la velocidad del viento se mantuvo por debajo de los 2 m.s<sup>-1</sup>, y alcanzó como valor promedio 1 m.s<sup>-1</sup>, este es un valor considerado como bueno según Montero, (2005) y que no afecta la uniformidad y ni la calidad del riego.

La velocidad de desplazamiento del equipo no se corresponde con la de diseño que según el catálogo debe ser a razón de 27 m.h<sup>-1</sup> y sin embargo la evaluación arrojó que el equipo se movió a 21,89 m.h<sup>-1</sup>. Esta diferencia es bastante notable por lo que afecta considerablemente el riego, al suelo y al cultivo.

La información obtenida del procesamiento de los datos mediante el programa informático CATCH 3D (Tabla 2) se resume en los parámetros: volumen total capturado en los pluviómetros, la duración de la prueba, el área que ocupa cada pluviómetro, la descarga del aspersor, espaciamiento de la red pluviométrica y velocidad y dirección del viento considerado en el estudio.

– Evaluación de la uniformidad del sistema.

El Coeficiente de Uniformidad obtenido es del 91.3 % y la Uniformidad de Distribución del 85.1 % para una magnitud de la velocidad del viento considerada entre 0-2 m.s<sup>-1</sup>, ambos valores como expresión de la uniformidad del riego en el sistema son considerados como buenos, según la metodología utilizada y resultados obtenidos por Lamelas (2011).

También coinciden con otros trabajos realizados en estos sistemas y con el criterio de Tarjuelo (2005), que plantea que los sistemas de riego por enrolladores pueden obtener buena uniformidad si se elige bien: la presión de trabajo, el tamaño y tipo de boquillas, el espaciamiento entre bandas regadas, el ángulo del sector regado, y la velocidad de avance del cañón es uniforme.

De acuerdo con Jiménez (2011), un sistema de riego con enrolladores riega bien cuando consigue CU en el rango (80 a 90 %). como es el caso del presente estudio.

Resultados similares fueron obtenidos por Torres Núñez y Céspedes Rodríguez (2018) en una evaluación hidráulica a un sistema de riego por enrolladores en la Empresa Azucarera “Bartolomé Masó Márquez” en la provincia Granma donde obtuvieron Cu de hasta 87,65 % con velocidad del viento superiores a los 2 m.s<sup>-1</sup>

Tabla 2: Resultados de la evaluación del sistema

Parámetros	UM	Valor
Lámina neta aplicada	mm	39,2
Lámina aplica al 10 % más regado	mm	45,9
Lámina aplica al 10 % menos regado	mm	30
Coefficiente de uniformidad	%	91,3
Uniformidad de la distribución	%	85,1
Intensidad de la aspersión	mm.h-1	22,4
Uniformidad de la distribución para el 25 % de área menos regada	%	4,3

*Determinación del nivel de satisfacción de las necesidades hídricas del cultivo de la caña con el sistema de riego por enrolladores*

Se determinaron los requerimientos hídricos del cultivo de la caña de azúcar, con la utilización del programa CROPWAT, para las condiciones de suelo, clima y de desarrollo del cultivo. Esto permitió comparar las necesidades del cultivo en su período crítico con el régimen de explotación del sistema.

La evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) aportó el consumo teórico de agua que puede ser utilizado para cualquier cultivo y con el que se determina la evapotranspiración real al tener en cuenta el coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>). Por las características del suelo, el clima y la fase de desarrollo de la caña en el periodo que se realiza este estudio se pudo determinar que las necesidades de agua del cultivo para las decenas comprendidas en este periodo se encontraban entre 32,73 mm y 39,33 mm excepto en la última decena en que el consumo de la planta bajó y por tanto las necesidades de agua disminuyeron hasta 18,01 mm. Estos valores se corresponden con las exigencias del cultivo

La norma neta parcial necesaria para la fase crítica del cultivo es de 19.3 mm (193 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) con un intervalo de 5 días. La norma neta parcial, según el régimen de explotación del sistema, obtenida durante el ensayo es de 39.2 mm (392 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) para un intervalo de 10 días. Al comparar estos valores con las necesidades hídricas que deben ser cubiertas con el riego se puede ver la diferencia que existe entre el valor teórico de la norma de riego y las necesidades de riego (Requerimientos de agua menos las lluvias aprovechadas). Las necesidades de riego para la decena nunca llegan a sobrepasar los 30 mm, por tanto, no es necesario aplicar la norma teórica.

Este elemento justifica la necesidad de manejar el riego en función del comportamiento de los elementos del clima y del balance de humedad del suelo.

Esta norma es excesiva para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo en su momento de máxima demanda de riego, aunque la frecuencia de riego con que se

explota el sistema es de 10 días, inferior a los 5 días que se requieren.

Esta apreciación se corresponde con los riegos a intervalos muy cortos (excepto el riego por goteo) o muy largos, no se justifican económicamente en comparación con aquellos donde se ha consumido 60 % del agua disponible. Las áreas con intervalos de riegos muy largos presentan similares respuestas a los lotes cañeros no irrigados,

Los resultados obtenidos manifiestan que el sistema se somete a una explotación excesiva, expresada en la aplicación de una norma por encima de la planificada para satisfacer la máxima demanda del cultivo y de la que necesitaba en el momento de la evaluación.

En esas condiciones de explotación no es posible lograr la durabilidad estimada para el equipo y no por razones tecnológicas, si no de manejo.

La figura 2 muestra como en el periodo evaluado con el incremento de las lluvias disminuyen las necesidades de agua que deben ser cubierta por el riego, lo que da la posibilidad de que el sistema pueda cumplir estos requerimientos sin una sobre-explotación. Por otro lado, en la medida que el cultivo avanza en su ciclo vegetativo y se acerca a la cosecha, como ya ha alcanzado su máximo desarrollo las necesidades hídricas disminuyen.

El conocimiento de las necesidades de agua de cultivo de forma precisa a lo largo de todo el ciclo y el aporte real que hacen las lluvias es lo que permite hacer una planificación certera del riego tanto en el momento adecuado para aplicarlo como en la lámina que se debe aplicar

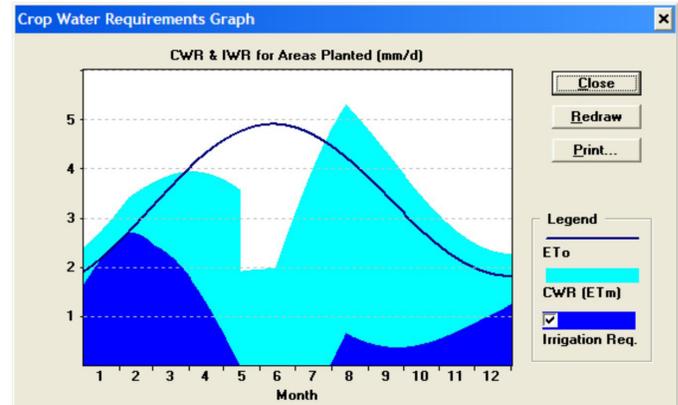


Figura 2. Determinación de las necesidades hídricas y de riego para el cultivo de la caña

A partir del comportamiento de las necesidades hídricas calculadas y de las precipitaciones ocurridas durante el periodo de estudio es posible establecer el esquema de riego que precise el momento ideal para regar y la dosis o lámina de riego a aplicar y que el cultivo de la respuesta productiva esperada

La figura 3 expresa el comportamiento de la dinámica de la humedad del suelo en el periodo de estudio. El manejo

adecuado del riego permite que el contenido de humedad del suelo se mantenga, durante todo el ciclo, entre los límites de la humedad óptima, es decir entre capacidad de campo (0 mm de déficit de agua) y Límite productivo (17,5 mm de déficit de agua).

En estas condiciones el cultivo no sufre stress hídrico y por tanto puede disponer del agua y con ello utilizar los nutrientes presentes en el suelo para su desarrollo.

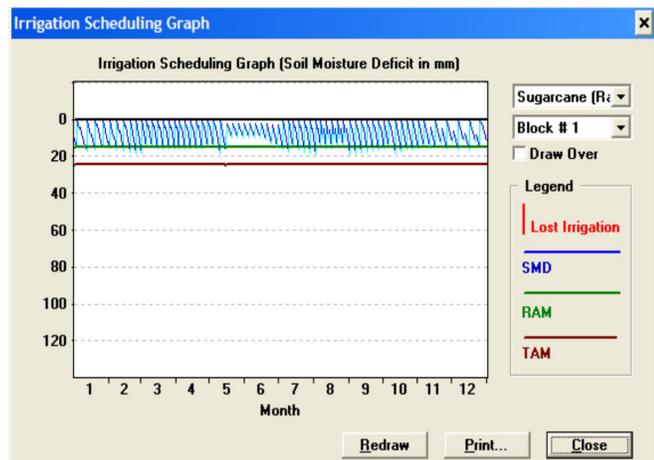


Figura 3. Comportamiento de la dinámica de la humedad del suelo

## CONCLUSIONES

1. El sistema trabaja con una uniformidad del 91,3 % y una intensidad de la aspersion de 22,4 mm.h<sup>-1</sup>, lo que garantiza una adecuada organización de su explotación en función de las necesidades hídricas de la caña.
2. El sistema trabaja a una velocidad menos que la de diseño, por lo que la dosis de riego es superior a la planificada.
3. El sistema puede asegurar todos los riegos incluso en los momentos de mayor demanda asegurando así satisfacción de las necesidades hídricas de la planta en todas las fases de desarrollo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R. G. (1998): Crops evapotranspiration, Guidelines for computing cropwater requirements, FAO, Irrigation and Drainage, Roma, p. 56.
- Cisneros, E. (2008). Consideraciones sobre el servicio de asesoramiento al regante para las condiciones de Cuba. SCIELO. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 20(3), 5.
- Herrera., (julio-diciembre 2011): El uso del agua en la Agricultura en Cuba. *Rev.Ingeniería Agrícola*, ISSN-2227-8761, RNPS-2284, vol. 1, No. 2, pp. 1-7

Jiménez, E. (2011). “Enmiendas en la norma NC ISO 8224 (1ra parte) relacionadas con

máquinas de riego móviles (enrolladores).” *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 20(3): 30-34.

Lamelas, C. (2011). Elementos parciales para la evaluación de los sistemas de riego a presión. INICA. MINAZ.

Madramootoo, CH. A. & H. Fyles (2010): “Irrigation in the context of today s global food crisis, *Irrigation and Drainage*,” *Irrig. and Drain.*, 59: 40–52.

Montero J. (2005). Recomendaciones para un adecuado diseño y manejo de los sistemas de riego por aspersion. Centro regional de Estudios del Agua. Necesidades del riego en la caña de azúcar. Editorial Academia.

Mukesh, B. J. & V.P. Kapadia (, 2010) “Sharing water in the 21st century: Rethinking the rationale? *Irrigation and Drainage*,” *Irrig. and Drain.*, 59: 92–101

Sánchez, L. D. & A. Sánchez. (2004). Uso eficiente del agua, International Water and Sanitation Centre, CINA-RA.

Torres Núñez A. & Céspedes Rodríguez L. (octubre-diciembre 2018) Evaluación hidráulica del riego con enrolladores en el cultivo de la caña de azúcar (*saccharum officinarum L.*). REDEL. Revista Granmense de Desarrollo Local. Vol.2 No.4, 12-14

Tarjuelo, J.M. (2005). El riego y sus tecnologías (3<sup>o</sup> ed.), Mundi-prensa.

Vázquez, V., M.; L. Minjares; E. Camacho; M. Hernandez, L. & J. Rodriguez, A. (2017). “Uso del análisis envolvente de datos(DEA) para evaluar la eficiencia de riego en los módulos del distrito No.041, Rio yanqui (Sonora Mexico)”, 49: pp.22-24.