



FILIAL UNIVERSITARIA MUNICIPAL PALMIRA

**TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO EN PROCESOS
AGROINDUSTRIALES.**

Título: Evaluación de los parámetros tecnológicos del Sistema de Riego por Enrolladores en el Banco de Producción de Semilla Registrada de la UEB Atención al Productor de Elpidio Gómez.

Autor: Yosvany Romero Fernández

Tutor: MSc. Reinaldo Pérez Armas

Ing .Juan Miguel González Rodríguez

Curso 2012 – 2013

Año 55 de la Revolución



Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad de Cienfuegos, como parte de la culminación de estudios en opción al grado de Ingeniero en Procesos Agroindustriales; autorizando a que éste sea utilizado por la institución para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicado sin la aprobación de su autor.

Firma del autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección del centro y cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura, referido a la temática señalada.

Firma del tutor

Información Científico Técnica.
Nombres y Apellidos. Firma.

Computación CUM Nombres y Apellidos
Firma.

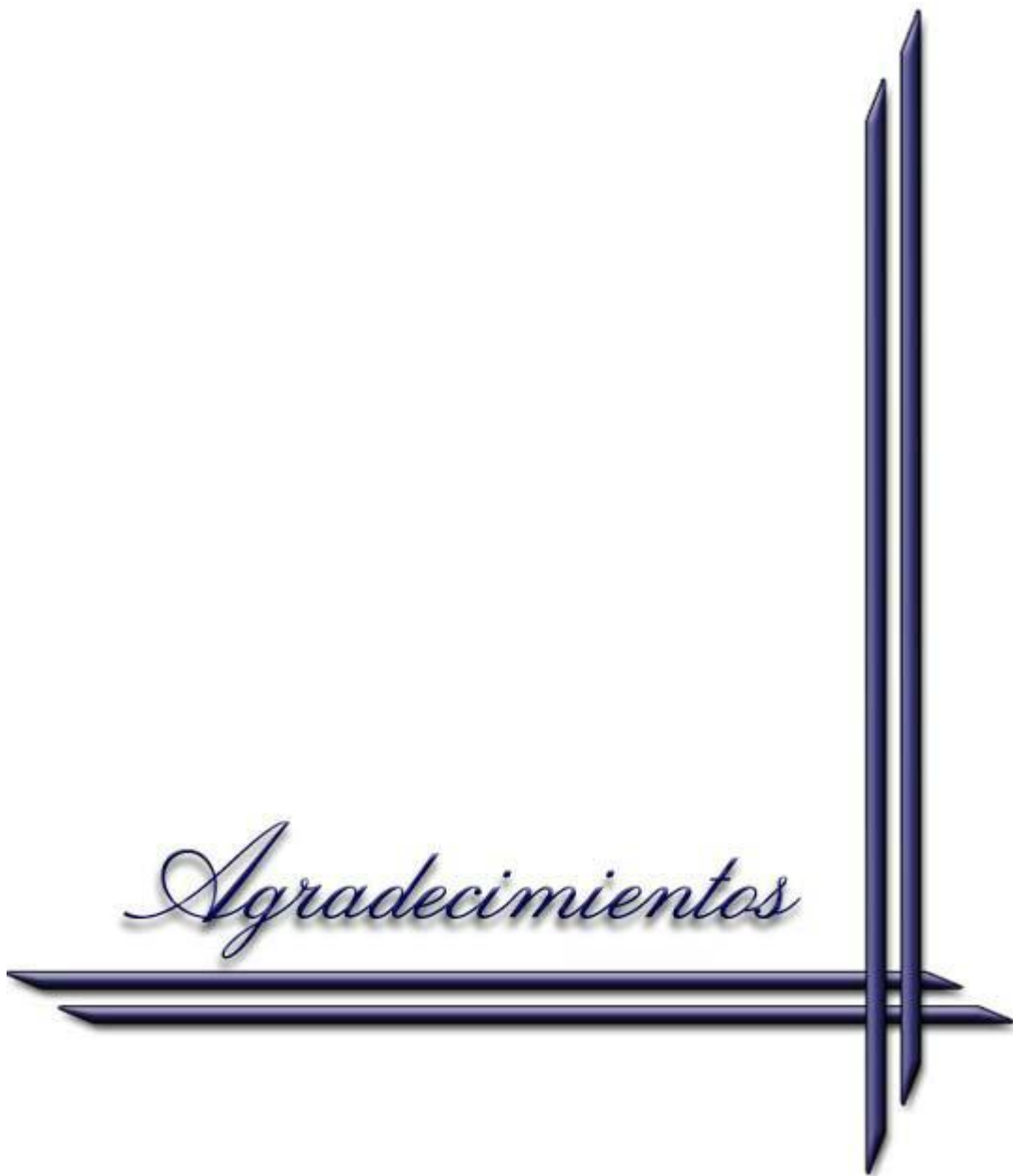
PENSAMIENTO



A la cima es preciso llegar con pasos firmes.

Che

Agradecimientos



AGRADECIMIENTOS:

- ✓ A mi familia, y muy en especial a mi hija y esposa, por la confianza depositada en mí, y por los esfuerzos encaminados a la culminación de este proyecto, a la ayuda incondicional del Ingeniero Juan Miguel González Rodríguez.
- ✓ A mi Tutor MsC. Reinaldo Pérez Armas, por su ayuda prestada para el desarrollo de esta investigación.
- ✓ A mis compañeros de trabajo.
- ✓ A todos los que de una forma u otra han cooperado en el desarrollo de esta investigación, a mis maestros, profesores, de todas las enseñanzas, asesores y a la Revolución, por permitirnos estudiar y superarnos como ingenieros para servirle incondicionalmente.

Dedicatoria



DEDICATORIA.

- ✓ El presente trabajo lo dedico a **Mi Madre**, mi esposa Yaneisi, hermano y a **mi hija** y todas aquellas personas que hicieron posible la realización del mismo, así como a todos los profesores que nos prepararon durante la carrera
- ✓ A nuestro Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz, que nos brindó la posibilidad de ser verdaderos profesionales
- ✓ A la vida gracias por existir.

Resumen



Resumen

El trabajo de evaluación de la influencia de los parámetros de explotación del sistema de riego por enrolladores, en los requerimientos hídricos de la caña de azúcar (*Sacharum officinarum* L) en el Banco de Semilla Registrada de la Unidad Servicio al Productor Elpidio Gómez se desarrolló con una investigación del tipo “No experimental” de tipo descriptiva, donde se analizaron las variables a través de la aplicación de diferentes métodos y técnicas. 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, la que se procesó con el sistema 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 en el período crítico. Por último se determinaron, con la utilización del programa CROPWAT, los requerimientos hídricos 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 riego de diseño. Demostrando que, la Norma Neta Parcial (Mnp) necesaria para la fase crítica del cultivo es de 14.7 mm ($147 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.) con un intervalo de 3 días, según el régimen de riego de diseño, la obtenida durante el ensayo es de 17.6 mm ($176 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.) para un intervalo de 8 días. Esta norma es suficiente para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo en su momento de máxima demanda de riego, no así la frecuencia de riego planificada cada 8 días, inferior a los 3 días que se requieren. Los resultados obtenidos manifiestan una incapacidad del régimen de riego seleccionado para satisfacer la máxima demanda del cultivo.

Palabras clave:

Sistemas de riego, enrolladores, pluviometría, uniformidad, rendimientos, necesidades hídricas

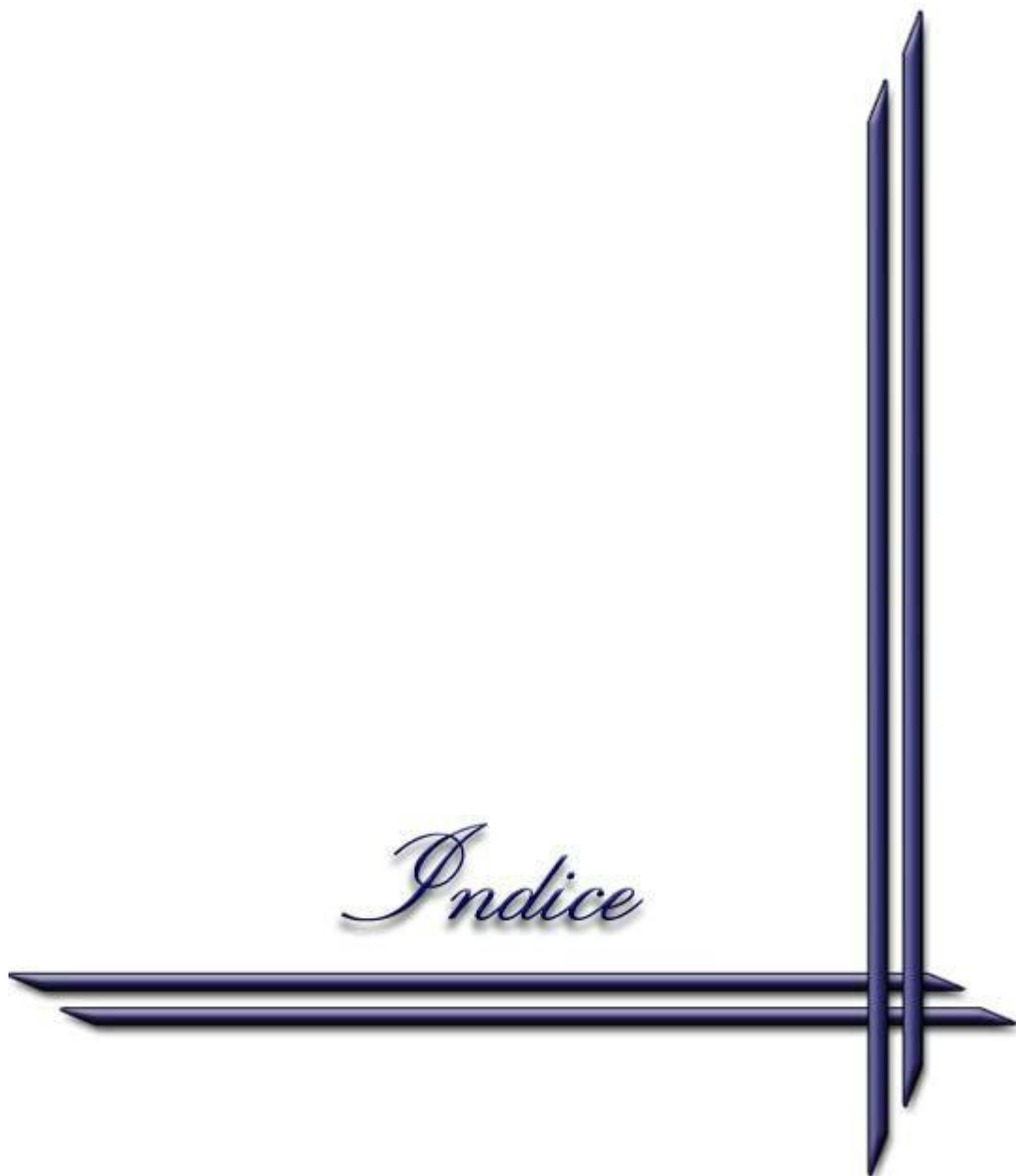
Summary

The work of evaluation of the influence of the parameters of exploitation of the watering system for winders, in the requirements hídricos of the cane of sugar (*Sacharum officinarum* L) in the Bank of Registered Seed of the Unit Service to Producing Elpidio Gómez was developed with an investigation of the descriptive "Non experimental" type of type, where the variables were analyzed through the application of different methods and technical. A general characterization of the area is made, of the watering system and of the climatic variables. They were proven the parameters of exploitation of the system by means of observations and field mensurations that it included the mensuration of the pluviometría, the one that was processed with the software CATCH3D that allowed to obtain the half (V m) sheet, the half sheet in 25% fewer watered (V 25%), the Uniformity of Distribution (you) and the Coefficient of Uniformity (CU). The necessities hídricas of the cultivation were determined in the critical period. Lastly they were determined, with the use of the program CROPWAT, the requirements hídricos for the floor conditions, climate and of development of the cultivation. This allowed to compare the necessities of the cultivation in their critical period with the régime of design watering. Demonstrating that, Partial (Mnp) necessary Net Norma for the critical phase of the cultivation is of 14.7 mm (147 m³.there is) with an interval of 3 days, according to the régime of design watering, the one obtained during the test is of 17.6 mm (176 m³.there is) for an interval of 8 days. This norm is enough to satisfy the necessities hídricas of the cultivation in its maxim moment it demands of watering, I didn't seize the planned watering frequency every 8 days, inferior to the 3 days that are required. The obtained results manifest an inability of the watering régime selected to satisfy the maxim it demands of the cultivation.

Keywords:

Watering systems, winders , pluviometría, uniformity, yields, necessities hídricas

Indice



INDICE

No	Contenido	Página
	Introducción	1
I	Capítulo I. Revisión bibliográfica	3
1.1.	Introducción.	3
1.2	Capacidad máxima de humedad en el suelo.	5
1.3	Coeficiente de marchites y punto de marchites en las plantaciones	5
1.3.1	Límite productivo o agotamiento admisible de la humedad en el suelo.	6
1.3.2	Capa activa y agua disponible.	6
1.4	Transpiración.	7
1.5	Evapotranspiración	8
1.6	Normas de Riego (Dosis).	8
1.6.1	Norma neta parcial.	9
1.6.2	Norma neta total	9
1.6.3	Norma bruta parcial (mbp).	10
1.6.4	Norma bruta total (mbt).	10
1.6.5	Período de riego (t).	11
1.6.5.1	Régimen de riego.	11
1.6.5.2	Objetivos del régimen de riego.	11
1.6.5.3.	Régimen de Riego de proyecto	11
1.6.5.4	Régimen de riego de explotación.	12
1.6.5.5.	Intervalo de Riego	12
1.6.5.6.	Intervalo de riego necesario.	12
1.6.5.7	Intervalo de riego práctico (Ip).	13
1.6.5.8	Hidromódulo.	13
1.6.5.9.	Pronóstico de riego.	13
1.7.	Riego en áreas de semillas.	13
1.7.1.	Variedades y riego	15
1.8	Etapas vitales de agua de la caña de azúcar.	15
1.8.1.	Germinación y Ahijamiento.	15
1.8.2.	Período de crecimiento	15

INDICE

1.9.	Máquina de riego por enrolladores Grupo B. M. Inc.	17
1.9.1.	Ventajas de aspersores viajeros (enrolladores).	17
1.9.2	Características de la máquina de riego B. M. Inc.	17
1.9.3.	Evaluación de los sistemas de riego.	18
II	Capítulo II	21
2.1.	Diseño metodológico de la investigación.	22
2.2.	Etapas I: Procesamiento y análisis de la información	22
2.3.	Etapas II: Evaluación del sistema de riego.	23
2.3.1.	Materiales necesarios para la evaluación.	24
2.3.2	Evaluación y uniformidad del riego.	25
2.3.3.	Metodología para la evaluación.	25
2.4.	Etapas III: Análisis de los resultados obtenidos.	26
III	Capítulo III. Resultados y Discusión.	27
3.1.	Caracterización del Banco de Semilla.	27
3.2.	Proceso de producción en el Banco de Semilla.	32
3.3	Características del sistema de riego del banco de semilla.	35
3.4.	Evaluación de efectividad del sistema de riego.	38
3.4.1	Comportamiento histórico de la lluvia en el Banco de Semilla.	38
3.4.2.	Evaluación de la uniformidad del sistema	39
3.4.3	Determinación de la Norma de Riego aplicada.	40
	Conclusiones	43
	Recomendaciones	44
	Bibliografía	45
	Anexos	

Introducción



INTRODUCCIÓN.

INTRODUCCIÓN

La ONU reporta que cada vez más se agrava la situación en varias partes del mundo donde se incrementa la escasez del vital líquido, será fatal en 2025

Se sabe que la vida se originó en el agua y todos los seres vivos dependen de ella (las plantas, los animales y el hombre). Además, también es utilizada para las actividades humanas, como, por ejemplo, la agricultura, la pesca y algunas actividades industriales.

No obstante, ha habido un gran aumento de la demanda mundial por el vital líquido entre los años 1900 y 1995. Esto se debe a varios factores, entre ellos está el crecimiento desmesurado de la población, las inundaciones, las sequías, el calentamiento global y la contaminación en ríos, lagos y mares. (Allen, 1998)

Con el objetivo de concienciar, la Asamblea General de las Naciones Unidas estableció desde 1993 la conmemoración del “Día Internacional del Agua” cada 22 de marzo. Es importante este tipo de campañas para que la población mundial adquiera una cultura de cómo utilizar este recurso.

La disponibilidad de nutrientes para las plantas depende del agua presente en la estructura del suelo y la disponibilidad de agua en el suelo depende de las precipitaciones, de las aportaciones artificiales que complementen lo que la lluvia no logra y de la capacidad de retención de humedad. (González et.al, 1984)

En el caso de Cuba la caña de azúcar ha sido además de tradición uno de los principales renglones económico que han sostenido el desarrollo del país, el que fue el primer exportador mundial de azúcar hasta 1992, a partir de este año se produjo un marcado descenso en la producción debido fundamentalmente a desfavorables condiciones climáticas, al resquebrajamiento de la disciplina tecnológica agroindustrial y a fuertes limitaciones de financiamiento e insumos como consecuencia del derrumbe del campo socialista y la desintegración de la URSS unido al recrudecimiento del bloqueo impuesto por el gobierno de los Estados Unidos. (Rodríguez, 1999)

Con buenas tierras dedicadas al cultivo de la caña de azúcar, adecuada composición de cepas y variedades, mejor atención agrotécnica y con el beneficio del riego, se deberán alcanzar niveles de rendimientos agrícolas superiores a 68,56 t.ha⁻¹. Por su parte, los resultados de la modernización de los métodos y técnicas de riego deberán propiciar rendimientos superiores de 85,7 t.ha⁻¹. Sin dudas, las áreas de riego en el país tendrán un significativo y decisivo impacto sobre la producción nacional cañera. (Pacheco, 1982).

INTRODUCCIÓN.

El INICA como centro de investigación ha sido beneficiado en sus áreas de bancos de semilla, con estos nuevos sistemas de riego contando ya con 3 enrolladores en el banco de semilla Registrada de la UEB Atención al productor de Elpidio Gómez, provincia Cienfuegos, pero se desconoce el comportamiento real de sus parámetros de explotación lo que llevó a declarar el siguiente

Problema Científico:

Se desconoce la efectividad de los parámetros de diseño del Enrollador IRROMOTOR VALDUCCI V 4 300x110 y como está influyendo en los rendimientos agrícolas de las plantaciones establecidas en el banco de semilla Registrada de la UEB Atención al productor de Elpidio Gómez.

A partir del problema declarado se plantea como:

Hipótesis:

Con un uso eficiente del agua garantizado a partir de un buen diseño de los parámetros técnicos y de los indicadores o elementos del régimen de riego en el sistema por Enrolladores IRROMOTOR VALDUCCI V 4 300x110, se podrá obtener un rendimiento agrícola alto y estable en el banco de semilla registrada de la UEB Atención al productor de Elpidio Gómez.

Para confirmar esta hipótesis se propone como

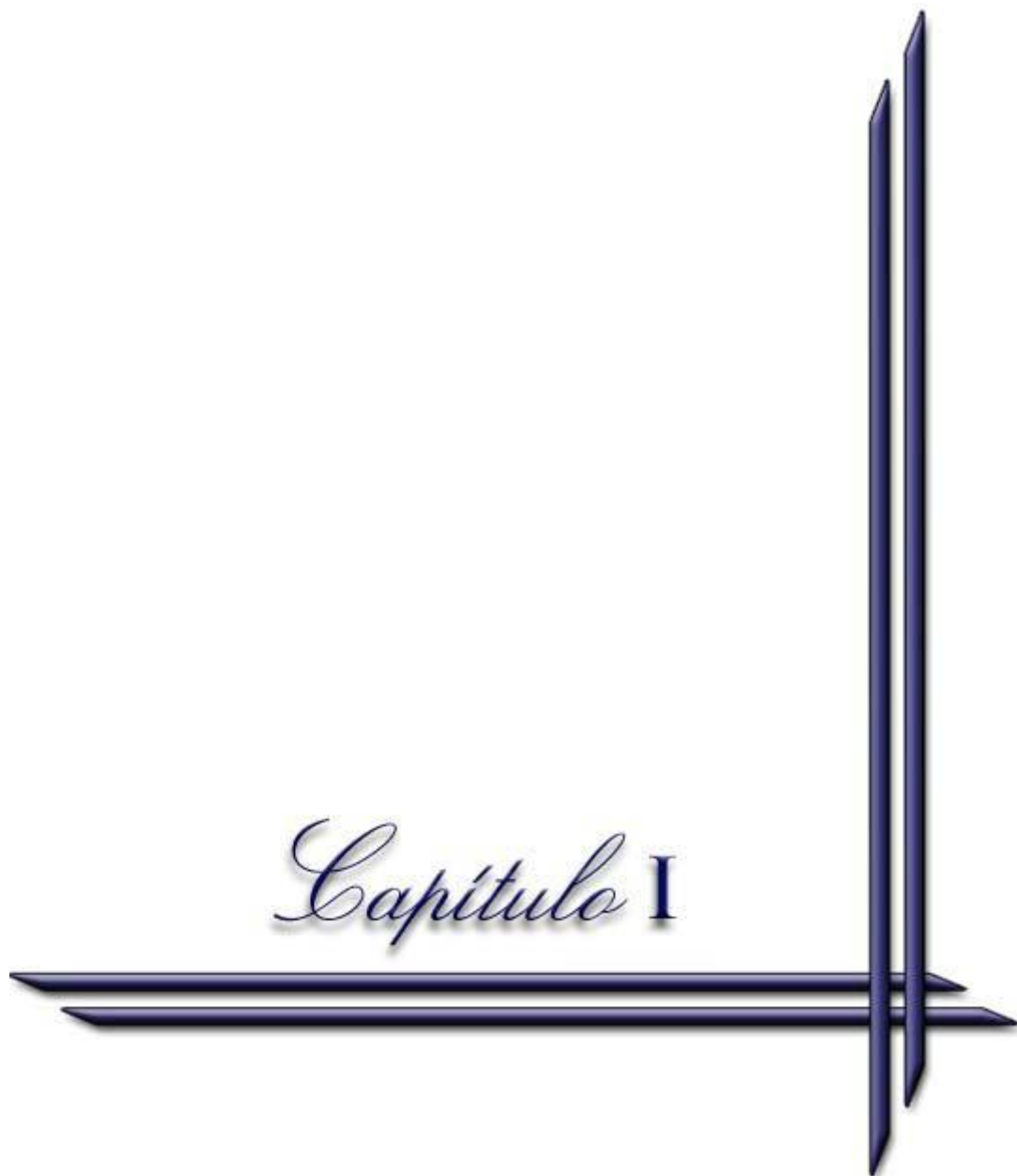
Objetivo general:

Determinar la efectividad del Sistema de Riego por Enrolladores IRROMOTOR VALDUCCI V 4 300x110 del Banco de semilla registrada de la UEB Atención al productor de Elpidio Gómez, a partir de los parámetros de explotación del sistema y de los elementos del régimen de riego.

En función de ese objetivo se plantea como **objetivos específicos:**

1. Determinar los parámetros de diseño relacionados con el régimen de riego en el sistema de enrolladores.
2. Determinar las propiedades hidrofísicas del suelo relacionadas con el diseño y la operación del sistema de riego
3. Evaluar la efectividad del riego en la obtención de los rendimientos agrícolas alcanzados en la producción de semilla registrada de caña de azúcar.

Capítulo I



Capítulo I .Revisión Bibliográfica.

1.1. Introducción.

La disponibilidad de agua en el suelo depende de las precipitaciones y la capacidad de retención de humedad del suelo.

La importancia de la agua en la agricultura en cuanto a su disponibilidad y calidad, se conoce desde hace miles de años. Esta es de gran importancia para las regiones tropicales del mundo en que existe como consecuencia una agricultura de tipo estacional, en la que existe un período poco lluvioso y período seco bien definido que demanda de sistemas de riego para una producción agrícola alta y estable en las producciones.

Cuba fue el primer país exportador mundial de azúcar hasta 1992, a partir de este año se produjo un marcado descenso en la producción debido fundamentalmente a desfavorables condiciones climáticas y a fuertes limitaciones de financiamiento e insumos; así como al resquebrajamiento de la disciplina tecnológica agroindustrial.

Don Álvaro Reynoso en el siglo XIX, (1829-1887), en su obra mayor ensayo sobre el cultivo de la caña de azúcar (1862), a la cual dedicó alrededor de 30 años, le aportó un amplio y merecido reconocimiento internacional al sentar las bases científicas y tecnológicas de la agricultura cañera contemporánea.

El conde de Pozos–Dulces, (1862), en el prólogo de la primera edición, aseveró: “El sistema general de cultivo de la caña de azúcar que propone el señor Reynoso es el intensivo, y el único que podrá en lo adelante salvar la industria de los ingenios de los peligros que por todas partes la amenazan”.

Bailey (1912), citado por Chao, (1996), haciendo referencia a la obra de Reynoso, escribió: “El punto práctico de estas lecciones es que por medio de la labranza superior se puede extender una caballería a ocho, o por medio de una labranza imperfecta, ocho caballerías se reducen a una. También demuestran que un labrador inteligente y experto puede producir en 10 caballerías. Tanto como el labrador descuidado e ignorante en 80; así mismo confirma el dicho de que el éxito en la agricultura moderna depende más del tamaño del labrador que del tamaño de su finca”.

Salermo, *et al.*, (1997), señalaron la baja productividad actual que no supera las 3,5 toneladas azúcar/ha, a causa del bajo rendimiento agrícola. Esta situación obliga a prestar atención a los países productores eficientes, tal y como señalaron los autores de referencia para Australia y Brasil, (1994): (95,87 y 64) toneladas/ha de rendimientos medios agrícolas y (13,92 y 6,55) toneladas de azúcar/ ha, respectivamente; siendo aún superiores en las áreas irrigadas.

CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Para Sudáfrica se reportan productividades de 9 toneladas de azúcar por hectáreas, mientras que para Hawaii, Humbert (1979), reportó 7,2 toneladas de caña por toneladas de azúcar producidas con eficiente manejo del riego y rendimientos superiores de 100 t de caña /ha/año.

Álvarez, (1997) reportó que durante diez zafras 1977-1986, el rendimiento agrícola medio del país fue de 3,78 t/ha/mes (4 410,7 @/cab/mes) de tallos molibles, por debajo de las posibilidades que significan hasta 10,8 t/ha/mes (12 602 @/cab/mes). Destacó que en áreas experimentales y en algunas de producción, se lograron rendimientos de 10 t de caña/ha/mes y más.

No obstante, la eficiencia requerida resulta posible alcanzarla por medio de cambios tecnológicos y organizativos a corto y mediano plazo. Los rendimientos agrícolas medios entre 1981 y 1990 estuvieron en el orden de 57 t/ha (66 511 @/cab) y en la actualidad están en el orden de 32 t/ha (40000 @/cab). La caña de azúcar en Cuba ocupa más de 1 millón de hectáreas, de las cuales 27,6 % son beneficiadas por la irrigación, (Minaz, 2000). Con buenas tierras dedicadas al cultivo, adecuada composición de cepas y variedades, mejor atención agrotécnica y con el beneficio del riego, se deberán alcanzar niveles de rendimientos agrícolas superiores de 70.0 t/ha. Por su parte, los resultados de la modernización de los métodos y técnicas de riego deberán propiciar rendimientos superiores de 90.0 t/ha. Sin dudas, las áreas de riego en el país tendrán un significativo y decisivo impacto sobre la producción nacional cañera.

La importancia práctica del riego para la caña en las condiciones actuales, se debe entre otras muchas razones, a las siguientes:

- ✓ Garantiza la humedad fácilmente utilizable por la planta, asegurando la estabilidad de las cosechas en períodos de corta e intensa sequía.
- ✓ Permite una mejor organización de la estructura de cepas al plantarse las cañas bajo regadío en épocas donde las de secano no resultan factibles.
- ✓ Así, la programación de siembra elimina o reduce los picos en los meses de mayo y junio.
- ✓ Permite aumentar y estabilizar la producción cañera, incrementar la edad de las cepas, lograr un desarrollo foliar rápido, y alcanzar el cierre del campo en menos tiempo.
- ✓ Asegura un significativo efecto económico y contribuye a una mejor organización del uso de la maquinaria agrícola, propicia la humanización del trabajo, y favorece el desarrollo social.
- ✓ Contribuye a la actualidad a optimizar la tecnología agrícola cañera.
- ✓ Un mejor uso y distribución y utilización de la fuerza.

En sentido general, el agua en el suelo junto con la radiación solar es considerada el factor ecológico

CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

más importante para la producción agrícola. Su impacto sobre los cultivos es comparable con la fertilización, el control de plagas, enfermedades y malezas. Se requiere de una diferencia de potencial en el suelo para que el agua se mueva hacia la zona de las raíces de la planta, y a través de las membranas alcance los capilares. Esta condición es también válida para el subsistema planta- atmósfera, de modo que el agua en forma de vapor pueda salir de las partes foliares (transpiración). En términos de energía para que el agua en el suelo se dirija hacia el sistema radical del cultivo, la fuerza de succión (tensión) de la planta deberá superar a la fuerza de retención de las partículas del suelo.

1.2. Capacidad máxima de humedad en el suelo.

Indica la cantidad de agua que el suelo puede retener después de haber sido saturado por una lluvia intensa o mediante la irrigación, quedando eliminada el agua excedente por la acción de la fuerza de gravedad (agua gravitacional) cuando existen condiciones favorables de drenaje interno. La duración de este proceso es variable en dependencia del tipo de suelo, y puede alcanzar entre 1 y 3 días, y sobre todo en los vertisuelos (5 ó 6 días) con presencia de capas arcillosas de elevada densidad y baja tasa de infiltración.

Según diversos autores entre los que figuran Husz, (1984), Stern (1989) y Fogliata, (1995), el intervalo límite inferior de la absorción del agua en el suelo fluctúa entre los siguientes rangos de tensión:

Suelos ligeros 0,1 bar

Suelos medios (0,2-0,3) bar

Suelos pesados (0,7 y más) bar

1.3. Coeficiente de marchites y punto de marchites en las plantaciones.

Este coeficiente se asocia al valor de humedad en el suelo para el cual se producen síntomas de marchites en la planta. Si el déficit de agua en el suelo se cubre por medio de lluvias o riego, la plantación podría recuperarse parcialmente.

El punto de marchites permanente se alcanza cuando la plantación no puede recuperarse, aún cuando se le suministre agua al suelo. Este límite superior de absorción del agua por las plantas varía en dependencia del tipo de cultivo, su valor estándar se encuentra en el orden de 15-16 bar, aunque se pueden apreciar valores superiores.

El agua total disponible en el suelo para las plantas se halla entre los rangos de tensión de humedad correspondiente a la capacidad de campo y punto de marchites permanente, es decir, entre 0,10 (0,33) y 15 (16) bar. Su contenido dependerá también de la textura, estructura, y

contenido de materia orgánica del suelo.

1.3.1. Límite productivo o agotamiento admisible de la humedad en el suelo.

Se define como la parte de la humedad disponible en el suelo que puede ser fácilmente extraída por las plantaciones y a las que estas responden con alta producción agrícola, pero por debajo de éste, el cultivo reduce su respuesta productiva al regadío. Existen resultados evidentes de que en el intervalo 0,8-2,5 bar en función del tipo de suelo, está ubicado para que la evapotranspiración de la caña de azúcar se corresponda con niveles máximos de rendimientos.

La experiencia internacional ubica al nivel de agotamiento admisible entre 55 y 60 % del total del agua disponible en el suelo, Doorenbos *et al.* (1977), Humbert (1977) y Fogliata, (1995), entre otros.

Como consecuencia, para lograr una producción óptima, la fuerza de succión del agua en el suelo deberá estar comprendida entre 0,1 (0,33) y 0,8 (2,5) bar. A esta porción del total del agua disponible se le conoce como agua fácilmente disponible o utilizable debido a que las raíces pueden hacer uso de ellas con menos gasto energético.

Husz, (1984), señaló que el límite crítico está entre 2,5 y 3,0 bar, y que a partir de este último se observan importantes pérdidas productivas si no se riega, lo cual dependerá del tipo de cultivo.

En Cuba el límite productivo se determina partiendo del valor de la capacidad de campo (% pss):

$$LP = K. (CC)$$

Siendo K un coeficiente que depende del tipo de suelo.

Rangos de K recomendados para los suelos cañeros

Suelos arcillosos (80-85 %)

Suelos medios (75-80%)

Suelos arenosos (70-75 %)

¿Cuándo se debe iniciar el riego?

Suelo Tensión (Bar)

Arenosos 0,6

Medios (1,6-2,0)

Arcillosos (2,0-2,5)

1.3.2. Capa activa y agua disponible.

Las raíces de la caña de azúcar tienen dos importantes funciones: la absorción de agua y nutrientes, que se realiza por medio de los pelos radiculares. La de fijación o anclaje, tiene lugar en las capas más profundas del suelo. Las raíces denominadas de cordón, pueden penetrar en el suelo entre 1 y 4 m, según el tipo de suelo y el grado de compactación.

La capa activa es la zona del suelo donde se desarrolla el mayor por ciento de raíces del sistema radical (90-95 %). Este concepto se debe manejar teniendo muy en cuenta el método y la técnica de riego disponible, así como los factores del suelo y del cultivo, anteriormente señalados.

Fauconnier y Bassereau, (1980), basados en disímiles estudios, concluyeron con relación a la absorción del agua, que ésta se efectúa en 60 % en los primeros 0,3 m de profundidad, estando situado el sistema radicular activo a 90 % en los primeros 0,6 m de la superficie del suelo. Estos autores recomiendan que la profundidad de 0,6 m deba tenerse en cuenta para el riego de la caña de azúcar a partir de los cuatro meses de edad. Para las cañas más jóvenes, sería necesario considerar profundidades más pequeñas (0,3 m) en la siembra. Por su parte, Evans citado por Fogliata, (1995), reportó que 70 % del total de pelos radiculares se concentran en los primeros 0,3 m de suelo, distribuidos desde el centro de la cepa.

En general, la ramificación en cantidad y profundidad de las raíces está condicionada a distintos factores del suelo y del cultivo, tales como:

- ✓ Tipo de suelo y características de sus perfiles.
- ✓ Grado de compactación
- ✓ Densidad aparente
- ✓ Drenaje interno
- ✓ Régimen de humedad
- ✓ Fase de desarrollo del cultivo

Así, en los suelos profundos de buen drenaje, y sin penurias de agua, las raíces se desarrollarán a mayor profundidad que en los suelos de mal drenaje, donde su desarrollo será más superficial. Un alto grado de compactación en el suelo limitaría también el normal desarrollo de las raíces, obligándolas a ramificarse superficialmente. Fonseca y Lamelas, (1981); Gutiérrez y Vidal, (1989) y Hernández (1983), entre otros, han estudiado el comportamiento del sistema radical de la caña de azúcar en Cuba, llegando a la conclusión de que más de 70 % del mismo se encuentra a una profundidad que no supera los 0,4 m.

1.4. Transpiración.

Según Kirilova, (1976), la transpiración es el agua que penetra por las raíces de las plantas, es utilizada en la construcción de tejidos y emitida por las hojas se reintegra a la atmósfera. A la renovación hídrica que continuamente se manifiesta en el organismo vegetal corresponde una continua absorción de agua del terreno y una ininterrumpida transpiración por parte del propio organismo. Si la velocidad de evaporación de las hojas excede la absorción por las raíces, se pone de manifiesto el proceso de marchitamiento y el desarrollo de la planta se ve dificultado.

Entre los muchos factores que intervienen en este proceso están: temperatura, velocidad del aire, humedad relativa, humedad del suelo, intensidad luminosa, estado de desarrollo de la planta, área foliar, etcétera.

1.5. Evapotranspiración

Según Kirilova, (1976), es el movimiento total del vapor de agua hacia el aire desde la superficie del suelo que soporta a la planta, incluyendo la transpiración. La cantidad de agua evapotranspirada desempeña un papel importante en la planeación del regadío, porque en ausencia de lluvias el riego tiene por objetivo compensar estas pérdidas de humedad, la evapotranspiración está considerada como un componente esencial del balance de agua en el suelo y su conocimiento resulta básico para la determinación de las necesidades hídricas de los cultivos en general, así como para la proyección, planificación, y explotación de los sistemas de regadío.

La evapotranspiración varía con las condiciones climáticas, cuando el clima es caluroso y seco, la tasa de evapotranspiración es alta, y baja cuando es frío y húmedo. Cuando hay viento su valor es mayor que cuando el aire está en calma. También la altitud determina cambios de temperatura, humedad relativa, así como en la distribución diurna y nocturna de la velocidad del viento y la radiación solar.

Kirilova, (1976), aclaró, que el uso consuntivo incluye además del fenómeno conjunto de la transpiración y la evaporación del agua en del suelo, el agua utilizada por la planta en la formación de tejidos. Puesto que esta última no excede de 1 % del agua total empleada, se deduce que sea prácticamente igual a la evapotranspiración.

Fogliata, (1995), definió a la evapotranspiración o uso consuntivo como la rapidez del agotamiento de la humedad del suelo, debida a la sumatoria de las pérdidas por transpiración, crecimiento y evaporación del suelo. Como conclusión, el clima es uno de los factores más importantes que deciden las necesidades de agua de la caña de azúcar, las que a su vez, determinan su crecimiento y desarrollo óptimo.

1.6. Normas de Riego (Dosis).

Son las magnitudes de los volúmenes de agua que se aplican a la capa activa del suelo (según la fase de desarrollo del cultivo) por un período de tiempo dado por unidad de área, y depende de la edad y tipo de cepa, de las propiedades hidrofísicas del suelo, así como de los factores edafoclimáticos de la región donde se encuentre implantado el cultivo. Así se logra mantener la humedad que posibilite el adecuado desarrollo de la plantación. Las normas o dosis de riego se expresan en $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ o en mm.

1.6.1. Norma neta parcial.

Según Pruit, (1976), es la cantidad de agua que es necesario aplicar en un riego a una unidad de área, para lograr que la humedad del suelo se mantenga dentro de los límites de la humedad óptima, es decir, entre la capacidad de campo y el límite productivo para una capa activa del suelo dado, en función de las necesidades hídricas del cultivo. En Cuba se emplea para su determinación la expresión siguiente.

$$Mnp = 100 \cdot H \cdot DA (Cc - LP)$$

Donde:

Mnp = Norma neta parcial ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$).

H = Profundidad de la capa activa del suelo expresada en m.

DA = Peso volumétrico o densidad aparente del suelo expresada en t/m^3 o g/cm^3 . Cc = Capacidad de campo del suelo expresada en % respecto al peso del suelo seco.

LP = Límite productivo expresado en % de la capacidad de campo, en dependencia del tipo de suelo.

Tal y como se expresa en la fórmula (5), la norma neta parcial se calcula en función de las propiedades hidrofísicas del suelo y de la profundidad de la capa activa, por lo que debe prestarse gran cuidado a la correcta determinación de la misma.

1.6.2. Norma neta total

Es la magnitud de los volúmenes de agua que son necesarios entregar por unidad de área, con el objetivo de mantener la humedad del suelo entre la capacidad de campo y el límite productivo durante todo el período vegetativo del cultivo (riego óptimo). Al igual que la norma de riego neta parcial, ésta se expresa en $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ o mm, (Doorenbos y Pruit, 1977).

$$i = n \qquad i = 1 \qquad MTN = \sum Mnp_i$$

CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Si se considera que realmente existen pérdidas del recurso en la entrega, debido a factores tales como, el escurrimiento superficial, la percolación profunda del agua por debajo de la capa activa (a nivel de parcela), y posibles pérdidas de agua por conducción y distribución (en el sistema), debidas a una deficiente explotación; se tiene que aplicar entonces una cantidad de agua.

Mayor por unidad de área. Ésta es la denominada norma bruta, la cual será equivalente a la norma neta, más el volumen de agua que correspondería a las pérdidas señaladas.

1.6.3. Norma bruta parcial (mbp).

Es la magnitud de la norma parcial neta, (Doorenbos y Pruitt, (1977), más el volumen equivalente a las pérdidas de agua producidas. A nivel de parcela o de campo, la norma bruta parcial de riego se determina en función de la eficiencia de uso del agua y de la norma neta parcial requerida por la plantación.

$$Mbp = Mnp / Eu$$

Donde:

Mnp= norma parcial neta (mm).

Eu= Eficiencia de uso del agua determinada mediante la hidrometría de explotación para el área neta del bloque (adimensional).

La eficiencia de uso del agua puede oscilar en rangos amplios, dependiendo de la técnica de riego empleada, de la operación y manejo del agua, y del estado técnico del sistema de riego.

1.6.4. Norma bruta total (mbt).

Será la norma neta total, más el volumen equivalente a las pérdidas de agua señaladas. En otras palabras, su magnitud será igual a la sumatoria de cada una de las normas brutas parciales aplicadas durante el ciclo vegetativo de la plantación.

La norma bruta total puede calcularse también en función de la eficiencia de uso del agua.

En la tabla del **Anexo No.1** se muestra los valores de las normas netas recomendada para por el instituto de riego y drenaje del MINAG para las distintas zonas del país.

En la tabla del **Anexo No.3** se presentan las normas parciales netas y totales, así como el número de riegos por tipo de suelo y técnica aplicada. Se consideró el caso de satisfacción total de los requerimientos de agua (sat. total) y satisfacción limitada de los mismos (sat. lim.) (Fonseca, 1996).

CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los límites de la reserva de humedad óptima en el suelo estarán en dependencia de la profundidad de la capa activa, el peso volumétrico, y los límites en que debe fluctuar la humedad óptima respecto al peso del suelo seco.

1.6.5. Período de riego (t).

Husz, (1984), se refiere al número de días en los cuales resulta posible ofrecer una aplicación de riego a un área dada.

Rodríguez, (2012), estableció, como riego de cultivos la aportación de agua al suelo, compensando el déficit de precipitaciones. Por lo general, esta aportación no se realiza de modo continuo, sino que por razones de tipo técnico y económico, hay que llevarla a cabo periódicamente, aprovechando la capacidad de retención de agua que tiene el suelo.

1.6.5.1 Régimen de riego.

Al efectuar el riego se aplica una dosis de agua al suelo de un modo muy rápido y casi siempre con un exceso de agua sobre la necesaria para alcanzar la capacidad de campo. Es fundamental la eliminación de esta agua sobrante, ya que en caso contrario se iría acumulando en el suelo con la consiguiente elevación de la capa freática y los correspondientes perjuicios a los cultivos ante la falta de aireación de las raíces, (Ríos, 2011).

Kirilova, (1976), puntualizó que el régimen de riego de un cultivo está dado por las normas totales y parciales, el intervalo (número de días que median entre un riego y otro), fechas y número de riegos, que en estrecha relación con las distintas labores agrotécnicas permiten crear un régimen aerohídrico, nutritivo y calorífico en el suelo, para que garanticen altos niveles de rendimientos agrícolas para las plantaciones.

¿De qué depende el régimen de riego?

- ✓ Del clima de la región.
- ✓ De las propiedades hidrofísicas del suelo y su estado.
- ✓ De la fisiología del cultivo
- ✓ De la agrotecnia empleada.
- ✓ De la técnica de riego.

1.6.5.2. Objetivos del régimen de riego.

- ✓ Garantizar (parcial o totalmente) los volúmenes de agua que necesita la planta durante todo

su ciclo vegetativo.

- ✓ Asegurar los regímenes de humedad, aire, calor y nutrición, adecuados en el suelo.
- ✓ Excluir el empantanamiento y la salinización en los suelos.
- ✓ Facilitar las tareas de organización y planificación del trabajo en las áreas bajo riego.

1.6.5.3. Régimen de riego de proyecto.

Este tipo de régimen de riego representa un pronóstico que nace del análisis estadístico que se obtiene de una serie de años anteriores según Husz, (1984), por lo que es preciso contar con los factores climáticos de un período largo de años, datos fidedignos acerca de las propiedades hidrofísicas de los suelos, coeficientes del cultivo por etapas, el límite productivo recomendado, y la profundidad de la capa activa a humedecer en dependencia de la fase de desarrollo, entre otros aspectos.

1.6.5.4. Régimen de riego de explotación.

Desde el punto de vista de la explotación el régimen de riego se presenta como una forma de regular el comportamiento de la dinámica de la humedad en el suelo (Husz, 1984), en correspondencia con los distintos factores que la condicionan durante todo el ciclo vegetativo del cultivo. Luego el régimen de riego de explotación está interrelacionado con las peculiaridades del año de que se trate.

Puede llevarse a cabo mediante la corrección del régimen de proyecto acorde a los factores del año en curso, o mediante cualquiera de los métodos utilizados internacionalmente para la determinación del momento de riego (métodos basados en la humedad del suelo y métodos fisiológicos).

En Cuba se aplica el denominado pronóstico de riego, utilizando la gravimetría como una forma de comprobar la magnitud del déficit de humedad en el suelo en un momento dado.

En las condiciones nuestras, debido al humedecimiento inestable del suelo, se trata de mantener la humedad real de éste, dentro de los límites establecidos anteriormente (riego óptimo).

1.6.5.5. Intervalo de riego (t).

Está referido al número de días que median entre una aplicación de riego y otra a un área dada. De las definiciones anteriores resulta evidente que el período de riego tiene obligatoriamente que ser menor que el intervalo de riego. 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. Los riegos a muy largos intervalos presentan similares respuestas a los

lotes cañeros no irrigados, (Fogliata, 1996).

1.6.5.6. Intervalo de riego necesario.

Es el tiempo en que el cultivo consume el agua aplicada en el riego, por lo que se alcanza el nivel de agotamiento admisible en toda la capa activa del suelo. Este se determina por la relación entre la norma neta parcial M_{np} (mm) y la evapotranspiración diaria del cultivo etcétera, (mm/día), cuando no se producen lluvias aprovechables. El intervalo de riego necesario será variable a través del ciclo vegetativo debido a la variabilidad de la evapotranspiración. Durante los meses de mayor, ocurrirán los valores mínimos del mismo, (Fogliata, 1996).

1.6.5.7. Intervalo de riego práctico (Ip).

Está referido al método y técnica de riego implantada en el área. Expresa el tiempo mínimo posible entre aplicaciones de riego a la parcela o bloque cañero a la cual está vinculada la instalación, (Fogliata, 1996).

Éste se determina por la relación entre el área neta del bloque (ha) y la capacidad de riego diaria (ha/días), más el tiempo empleado por cambios de tuberías (aspersión con alta carga), o por cambios de posición de los sifones (riego por surcos)

1.6.5.8. Hidromódulo.

Se define como la cantidad de agua que es necesario entregar a una superficie del suelo, expresada en l/s/ha. El Hidromódulo se puede calcular por las expresiones siguientes:

$$q = Q / A$$

$$q = M_{bp} \cdot 3.6t \cdot h \text{ (l.s.ha)}$$

Donde:

M_{bp} = Norma bruta parcial ($m^3 \text{ ha}^{-1}$)

t= Período de riego (días)

h= Horas de riego diaria (h).

1.6.5.9. Pronóstico de riego.

Conjunto de procedimientos prácticos para determinar el momento más conveniente de ejecutar el regadío; así como la magnitud de la dosis o norma neta parcial requerida.

El momento en que el riego deberá aplicarse dependerá de la época de siembra o corte, de la etapa de crecimiento y desarrollo del cultivo, tipo de suelo, déficit de humedad, condiciones climáticas y técnica de irrigación implantada, ofreciendo los siguientes beneficios, (Fogliata , 1996).

- ✓ Explotar los sistemas con la calidad requerida.
- ✓ Aumentar la vida útil de las cepas.
- ✓ Entregar el agua en la cantidad necesaria y en el momento oportuno.
- ✓ Incrementar el aprovechamiento de las lluvias en la campaña de riego.
- ✓ Contribuir al ahorro del agua, energía, y fuerza de trabajo.
- ✓ Obtener mayores rendimientos por unidad de volumen de agua aplicada.

1.7. Riego en áreas de semillas.

El riego en las áreas de semilla se realizará en todos los casos por el método del pronóstico usando el evaporímetro clase A y garantizando el grado de humedecimiento requerido en las diferentes etapas del desarrollo vegetativo de estas plantaciones, (Hernández, 1998). Se considerará en todos los casos la nivelación del suelo y la construcción de la red parcelaria de riego y/o drenaje en todas las áreas que así lo requieran, con el objetivo de garantizar la evacuación de las aguas excesivas y propiciar un perfil de humedad uniforme. En las áreas de riego por gravedad se deberán priorizar los trabajos de nivelación y drenaje, conjuntamente con el revestimiento de canales permanentes y la instalación de los puntos hidrométricos. Así como la construcción de los surcos guías para facilitar el manejo de agua.

Para el riego por aspersión; Tarjuelo, (2005), señala, se garantizará el esparcimiento indicado según el esquema de explotación, empleándose en los sistemas de alta presión el marco de 60 x 60 m a fin de lograr mayor uniformidad y un adecuado solape. Los equipos de riego se vincularán con carácter fijo y permanente a las áreas de Semilla Básica y Registrada.

En estas áreas cañeras bajo riego se tendrán en cuenta los siguientes aspectos

- ✓ Siembras de calidad, que propicien plantaciones con una población superior al 95%, así como la resiembra oportuna y sistemática para mantener esta condición.
- ✓ Vincular a la fuerza laboral a los resultados del trabajo (pago por rendimientos).
- ✓ El tiempo transcurrido para la aplicación del primer riego en las plantaciones cañeras se registrará por un intervalo enmarcado dentro de las 72 horas a partir de la siembra.
- ✓ El "mini" o riego antes de plantar la caña podrá realizarse donde las condiciones del suelo y la experiencia sobre esta práctica garanticen su efectividad.
- ✓ El primer riego en la siembra tiene que garantizar la humedad óptima para la germinación.

CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- ✓ El riego deberá suspenderse de 45 a 60 días antes de la cosecha en los suelos pesados y en el caso de los bancos de semilla que presenten suelos ligeros 15 días antes de la cosecha.
- ✓ Las áreas bajo riego dispondrán de las condiciones necesarias para conocer el comportamiento de las precipitaciones, resultando imprescindible la correcta ubicación, mantenimiento y control de la red pluviométrica correspondiente.
- ✓ Las áreas bajo riego dispondrán de las condiciones necesarias para conocer el comportamiento de las precipitaciones, resultando imprescindible la correcta ubicación, mantenimiento y control de la red pluviométrica correspondiente.
- ✓ En los sistemas de aspersión es necesario el estricto cumplimiento los parámetros de explotación, que aseguren la entrega de la norma establecida y su distribución uniforme en el área regada. Especial cuidado se tendrá en aspectos como:
 - ✓ La presión del agua en el sistema y su estabilidad y uniformidad en la red.
 - ✓ Horario de riego compatible con la velocidad del viento admisible para esta técnica.
 - ✓ Espaciamiento entre laterales y aspersores que garanticen el solape adecuado.
 - ✓ Los regadores tendrán orientaciones precisas, en cuanto a las acciones a seguir ante cualquier anomalía surgida durante su turno de trabajo.
 - ✓ Para evitar y reducir al mínimo el precoz deterioro que se observa con frecuencia en los sistemas de aspersión, la administración y el personal de riego tendrán que exigir y cumplir los requisitos para la manipulación y empleo de estos costosos medios de trabajo.

Ríos, (2012), establece una serie de factores que se deben tener en cuenta a la hora de realizar el riego y que condicionan la operación.

Estos factores son los siguientes:

- El suelo
- El agua
- El clima
- Los cultivos
- Los regantes
- La estructura de la propiedad

1.7.1. Variedades y riego

En Cuba existen alrededor de 20 variedades comerciales y de éstas 60 % son nacionales. Otros importantes grupos (nacionales y extranjeros) están en estudio en diferentes regiones para las cuales han sido recomendadas.

Sin lugar a duda, el factor varietal es de vital importancia para lograr buenos resultados agroindustriales al cosechar las plantaciones cañeras.

Humbert, (1979), aseveró que algunas variedades en condiciones de sequía pueden regular la transpiración enrollando sus hojas y reduciendo la apertura de sus estomas. Para clasificar una variedad como de buena resistencia a la sequía debe ser apta no sólo para conservar la humedad, sino más apta para sostener una razonable absorción de agua en el suelo a tensiones entre 4 y 15 atm.

También destacó que las variedades de caña de azúcar difieren mucho en su tolerancia a la sequía. Los daños son producidos por efectos metabólicos y mecánicos que acompañan deshidratación de los tejidos y el sobrecalentamiento.

Por último, afirmó que la fotosíntesis neta puede ser reducida hasta 90 % cuando las hojas están muy marchitas.

1.8. Etapas vitales de agua de la caña de azúcar.

1.8.1. Germinación y Ahijamiento.

En esta etapa la humedad en el suelo es vital desde la siembra hasta el cierre del campo. El agua influye notablemente en el aprovechamiento de los nutrientes y del nitrógeno en particular, así como en la brotación y macollaje. Como afirmó Reynoso, (1998), es imposible el crecimiento de la yema sin el auxilio de la humedad.

Por su parte Humbert, (1979), consideró que la frecuencia de los riegos depende, entre otros factores, del estado de desarrollo de la caña de azúcar. Los riegos frecuentes se prefieren cuando la semilla está germinando y las plantas jóvenes se empiezan a establecer. A medida que el sistema radicular se extiende a capas del suelo más profundas, el intervalo debe ser mayor y la cantidad de agua aplicada en cada riego aumentada.

Importancia: Se decide la población, la que debe ser superior de 95 %.

1.8.2. Período de crecimiento.

En esta etapa el agua garantiza el óptimo crecimiento y desarrollo de la plantación hasta inicios de la maduración, (Doorenbos y Kassam, 1986). El déficit de agua en el suelo afecta notablemente el

CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

desarrollo pujante y por tanto, el grosor y tamaño deseable de los tallos.

Como señalara el maestro, la falta de humedad hace que los canutos crezcan mal, sean más cortos y los tallos de menor tamaño; por lo que el crecimiento se detiene y en caso que ahijen, los renuevos son raquíuticos.

El agua debe reponerse tan pronto como sea agotada la magnitud correspondiente al agua fácilmente utilizable (nivel de agotamiento admisible 55-60 % del agua utilizable), o en otras palabras, cuando se alcance el Límite productivo (% CC) establecido para las condiciones de suelo y capa activa. El riego se establecerá con normas o dosis netas parciales mayores y a intervalos superiores a los de la etapa anterior.

Importancia: Se deciden el grosor y tamaño de los tallos, que conjuntamente con la población lograda en la etapa anterior, conformarán el nivel de rendimiento agrícola de la plantación. En particular en ésta etapa, debido en gran medida a las altas temperaturas, el agua no puede ser un factor limitante para la obtención de grandes producciones.

Doorenbos y Kassam, (1986), plantearon que el crecimiento de la caña de azúcar es directamente proporcional al agua transpirada.

Fonseca, (1996), destacó que la tasa de crecimiento del tallo se hace mayor en los meses de mayo-agosto, cuando coincide la etapa de máximo crecimiento potencial de la caña con los valores más altos de temperatura, que alcanzan hasta 24 cm. decena y pueden llegar incluso a 28-30 cm, mientras que en el período de temperaturas más bajas, noviembre-enero, los valores de crecimiento decenal del tallo no sobrepasan los 10 cm, en mediciones realizadas en más de 40 cosechas.

Como consecuencia de lo anterior, enfatizó que la aplicación del riego es más efectiva inmediatamente después de la plantación o corte, y en el período de máximo crecimiento, de tres a cinco meses siguientes al cierre del campo (plantas y retoños), sobre todo cuando coincide con los meses de mayo-agosto, por lo que resulta de primera importancia mantener una adecuada humedad en el suelo durante este período.

Como regla general, en estudios en 10 cosechas (plantas y retoños), se produce del 40 y 50 % del crecimiento total durante los tres meses de máxima elongación, representando entre el 15 y 28 % del tiempo del ciclo total.

La calidad de la semilla es la base primaria para obtener siembra con alta germinación, garantizando una alta y uniforme población de tallos vigorosos en los campos y permitiendo que el resto de los

CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

factores (las características de las variedades, agrotécnicos, edafoclimáticos, etcétera.), respondan positivamente con los altos rendimientos agrícolas en la producción de las cosechas de caña.

Cuando la semilla que se emplea para la siembra no reúne las cualidades necesarias o se obtienen de áreas de producción, estas estarán afectadas por factores, tales como:

- ✓ Edad avanzada, no apropiada para áreas de siembra.
- ✓ Excesiva madures.
- ✓ Daños ocasionados por plagas y enfermedades.
- ✓ Tallos raquíuticos.
- ✓ Mezcla con otras variedades, etcétera.

Todos estos elementos afectan la germinación y por lo tanto la población durante el resto de la vida de una cepa, afectando directamente los rendimientos agrícolas de los campos. La falta de población es proporcional a otros factores negativos como son: exceso de enhierbamiento en los campos, cierre tardío de los mismos, un menor aprovechamiento de los fertilizantes, herbicidas y otras labores que se realizan en esos campos despoblados, y que no encuentran una adecuada respuesta a su efecto, a falta de la densidad de tallos normales.

1.9. Máquina de riego por enrolladores Grupo B. M. Inc.

A finales del año 1999, el Grupo B. M. Inc., trajo la primera máquina de Valducci y hasta hoy se mantiene regando caña en la Provincia de La Habana. En el resto de país y en diversos cultivos existen más de 40 de estos equipos con más de 6 años de funcionamiento sin dificultades en la explotación. Para todos los componentes de nuestros sistemas damos garantía comercial de un año contra todo defecto de fábrica e informamos que todos estos productos que estarán enterrados tienen una vida útil de más de 10 años, respetando todas las especificaciones de los fabricantes así como los parámetros de explotación.

El equipo (enrollador), consiste en un carrete o tambor en el cual esta enrollada una tubería flexible. Un extremo de esta tubería esta unido a un trineo, sobre el cual esta montado un aspersor, que se desplaza por la presión del agua haciendo girar el tambor y así automáticamente enrolla el tubo flexible. Por eso una vez instalado y conectado al hidrante el equipo trabaja solo, para su instalación se requiere un tractor liviano con operador y un regador. El riego se realiza de forma continua en una faja. Al regular la velocidad del movimiento del aspersor se puede dar distinta norma de riego según el tipo de suelo.

1.9.1. Ventajas de aspersores viajeros (enrolladores).

- ✓ Baja demanda de fuerza de trabajo y de energía.
- ✓ Aumento de la productividad del trabajo.
- ✓ Humanización del trabajo de los regadores.
- ✓ Reducción de los gastos de inversión y de explotación.
- ✓ Mayores posibilidades de mecanización de las actividades culturales.

1.9.2. Características de la máquina de riego B. M. Inc.

1. Estructura superior e inferior galvanizada en caliente, con torreta giratoria de 360°.
2. La máquina tiene 300 m, con lo que garantizamos entregar la norma de riego planificada.
3. La máquina incluye un tubo flexible de 4 m para conectar la misma al hidrante.
4. El aspersor está definido en función de que pueda entregar la norma de riego a aplicar para 8 días, a la velocidad de trabajo de la máquina, el dispositivo es un TWIN KOMET 160, de 63.35 m³ ha, con una boquilla de 30 mm, el cual trabaja a una presión de 35 m y alcanza un radio húmedo de 51.3 m, el mismo es sectorizado.
5. Garantiza la norma 17 horas al día.
6. La definición de 60 m entre hidrante se cubre con un diámetro húmedo de 102.6 m, esto permite garantizar un solape de 71 %.
7. La carga necesaria en el hidrante es de 60 m, para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina, así como el alcance del chorro y tener gotas finas que no dañen el suelo.
8. Capacidad de riego: dos posiciones por día.
9. La máquina cuenta con neumáticos agrícolas.

1.9.3. Evaluación de los sistemas de riego.

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 et al, 2011)

Según el Procedimiento para la Realización de Evaluaciones de los Servicios de Asesoramiento al Regante de la Junta de Andalucía, (2009), con la evaluación de un sistema de riego se puede comprobar si la instalación y el manejo que se hace de ella reúnen las condiciones necesarias

CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

para aplicar los riegos adecuadamente, esto es, satisfaciendo las necesidades del cultivo para la obtención de máximas producciones y al mismo tiempo haciendo mínimas las pérdidas de agua.

Este aconseja que las evaluaciones se realicen en las condiciones normales de funcionamiento, de forma que lo observado coincida con la situación usual durante la aplicación de los riegos. Considera además como necesario:

- ✓ Comprobar el estado de los diferentes componentes de la instalación y si el mantenimiento es adecuado.
- ✓ Determinar la uniformidad de distribución del agua de riego.
- ✓ Detectar los problemas de funcionamiento de equipo y plantear soluciones sencillas y económicas para resolverlos.
- ✓ Analizar los criterios seguidos por el usuario para decidir la lámina de agua a aplicar.

Con el fin de establecer una serie de directrices generales a tener en cuenta a la hora de realizar el diseño y manejo de los sistemas de aspersión la Guía de Aspectos Básicos para el Diseño del Riego por Aspersión de la Universidad Castilla-La Mancha (2006), expone un resumen de recomendaciones, basado en ensayos de campo, cuya justificación puede verse con mayor detalle en estudios realizados por Tarjuelo, (2005).

En el caso de los sistemas de riego por enrolladores se puede 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.

Estos sistemas son especialmente adecuados para cultivos que cubran el suelo (debiendo poner especial cuidado durante la germinación y floración) y para zonas que necesitan riegos de apoyo, no siendo adecuados para suelos con baja capacidad de infiltración

Esta guía enumera una serie de recomendaciones para el diseño y manejo:

- En función del caudal descargado, la presión más adecuada para obtener un tamaño de gota medio es la siguiente.

	Presión (kPa)	Caudal (m ³ ha ⁻¹)
270		12
400		20
500		50
600		90

CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Si la máxima diferencia de presión entre las distintas posiciones de riego en la parcela supera el 20% de la presión de trabajo, es necesario instalar un regulador de presión antes del cañón.
- El ángulo de descarga óptimo sobre la horizontal está en torno a 21° - 23°
- El ángulo óptimo del sector circular regado está entre 200° - 220°
- Durante la germinación o floración puede ponerse una boquilla más pequeña o de tipo arandela para que pulverice más el chorro.
- El espaciamiento más recomendable entre bandas mojadas (como porcentaje del diámetro mojado), en función de la velocidad del viento, es:

Tabla 1. Velocidad viento (m/s)

0 - 1	1 - 2,5	2,5 - 5	> 5
80%	75 – 70 %	65 – 60 %	55 – 50 %

- A ser posible se procurará desplazar el cañón perpendicularmente a los vientos dominantes para que la distorsión por el viento sea menor
- La máxima variación velocidad admisible en el desplazamiento del cañón es del 10 - 15% de la velocidad necesaria para dar la dosis de riego deseada.
- Para que los bordes de la parcela queden bien regados se recomienda situar el cañón al inicio del riego a una distancia del borde igual a $2/3$ del radio mojado. En esta posición debe permanecer sin desplazarse un tiempo $T_i = 2/3 (\alpha/360) (R/V)$. En el caso de enrolladores, debe permanecer también sin avanzar un tiempo $T_{fe} = 2/3 (R/V) (1 - \alpha/360)$ al final de la banda mojada. En las anteriores fórmulas R = radio de alcance del cañón (m), α = ángulo del sector circular y V = velocidad desplazamiento (m/h)

Por otra parte el INICA en el 2008, dio a conocer en su metodología para el Servicio Integral de Explotación de Riego y Drenaje la importancia del régimen de riego de la caña de azúcar en Cuba.

Para ello manifestó que en el régimen de riego de la caña de azúcar están incluidos, la evapotranspiración, la norma parcial de riego, la lluvia efectiva, la norma total de riego, el número y la fecha de los riegos. Por tanto el régimen de riego debe asegurar el agua a la caña en las diferentes fases de desarrollo, garantizar no solo un régimen de agua, sino, nutricional de aire y de temperatura en el suelo, debe responder a las tareas de planificación y organización del trabajo y no propiciar condiciones de mal drenaje o salinidad en las áreas de riego.

El régimen de riego de divide en:

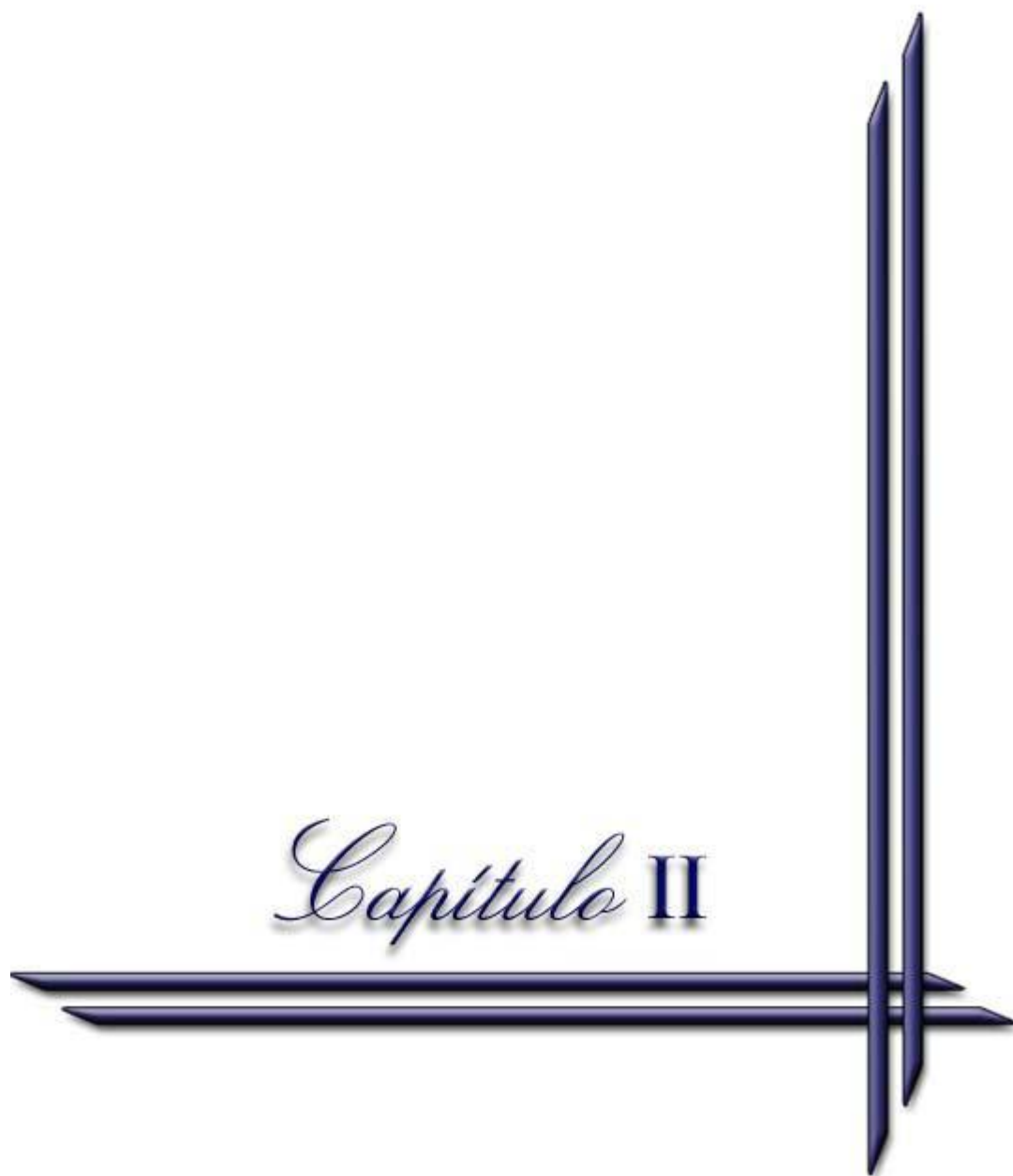
Régimen de riego de proyecto: El régimen de riego de proyecto representa un pronóstico que surge del análisis estadístico de una serie de años anteriores. Es la base para la planificación del riego.

Régimen de riego de explotación: El régimen de riego de explotación es un régimen directamente ligado a las características del año en curso, el cual se adapta según sus particularidades, precisando además que se lleve un control riguroso de la humedad del suelo. Un régimen de explotación puede ejecutarse perfectamente por intermedio del evaporímetro clase A.

Para cumplir con los requerimientos hídricos del cultivo, el Departamento de Riego del Grupo AZCUBA (Tarea Técnica para Enrolladores, 2011), emitió los siguientes requisitos para los sistemas de riego:

1. Cultivo: Caña de Azúcar.
2. Marco de plantación para Bancos de semilla: 1.40 m entre hileras y surco corrido.
3. Norma de riego bruta: $350 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$
4. Intervalo de riego: Hasta 10 días.
5. Eficiencia de aplicación del riego: 75 %
6. Tiempo máximo de riego efectivo diario: 18 horas (no excederá de 18 horas bajo ningún concepto. El uso de la estación de bombeo sólo está autorizado por la Unión Eléctrica durante ese período de tiempo).
7. Espaciamiento entre hidrantes: 72 metros.
8. Tipificación del área: Se trata siempre que la conformación del bloque lo permita que los diseños tengan una disposición rectangular o cuadrada. Se garantiza en el diseño de la parcela la distancia mínima de ubicación del aspersor a 30 m de las líneas eléctricas.
9. Área bruta y neta del sistema: Se especifica como área bruta la correspondiente al área beneficiada por el sistema, la cual es entregada al oferente en el plano en planta por parte del inversionista.

Capítulo II



CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.

Capítulo II. Materiales y Métodos.

Las tesis se desarrolló en el Banco de Semilla Registrada perteneciente a la unidad de Servicio al Productor Elpidio Gómez, siguiendo un diseño de investigación “No experimental” de tipo descriptiva, donde se analizaron las variables a través de la aplicación de diferentes métodos y técnicas.

Para comenzar el estudio sobre el proceso de riego de la caña de azúcar del Banco de Semilla Registrada, primero se realizó una reunión con la Dirección de la unidad para explicarles los objetivos del estudio a realizar y recabar del director su autorización para el desarrollo del mismo y el acceso a la información necesaria. Además se explicó la metodología diseñada para realizar el trabajo investigativo, cuya propuesta fue aprobada como documento rector del mismo.

De esta se tomó el acuerdo de participar en una reunión de producción con todos los trabajadores donde se explicaría la necesidad del estudio, los objetivos que se persiguen, importancia del trabajo, necesidad de cooperación y participación de todos. A propuesta de la administración se seleccionaron cuatro trabajadores incluyendo al técnico de la unidad, que junto al autor del trabajo conformarían el equipo de investigación.

El autor de este trabajo dedicó un período de su tiempo a la familiarización y preparación in situ para enfrentar la tarea, lo cual consistió en conocer detalladamente el proceso, los parámetros de diseño, estándares y su funcionamiento real. Esta etapa comprende el estudio, previo a la ejecución de la investigación realizada, se realiza en la entidad, para conocer determinados aspectos. Utilizando fuentes **internas** y **externas** de información y explotando toda la experiencia acumulada por su personal de dirección y operarios, considerando, esta etapa fundamental para el diseño y puesta en práctica de la propuesta. Después de una minuciosa exploración se crean las bases para efectuar el planeamiento que debe incluir el análisis de lo que se obtuvo durante el estudio y los resultados actuales para su posterior evaluación y comparación.

El equipo de trabajo procedió mediante la utilización de diferentes métodos con sus técnicas y herramientas a la captación de la información para realizar el análisis que permitió determinar la situación actual del proceso de producción a partir del cual se procede a identificar los problemas actuales o **factores internos** que afectan la gestión organizacional para satisfacer las demandas de caña de semilla. Además se realizó un estudio técnico donde se consideraron los recursos tecnológicos, financieros, humanos, infraestructura física, así como, los **objetivos estratégicos** diseñados por la organización enfocada a garantizar incrementos productivos a través de la adecuada aplicación de la ciencia y la innovación tecnológica.

En el análisis externo se identificaron los problemas existentes en el entorno que afectan de forma directa al sistema productivo. Los problemas identificados fueron considerados como elementos

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.

estratégicos de la organización, los cuales son tratados como lineamientos estratégicos del análisis del entorno y facilitaron de este modo que se establecieran los objetivos de la organización alineados con la **misión y visión**.

2.1. Diseño metodológico de la investigación.

La ejecución de la investigación de la metodología presentada comprende **tres etapas**, por lo que a continuación se describen las diferentes etapas, los pasos y principales técnicas aplicadas en cada una de ellas.

2.2. Etapa I: Procesamiento y análisis de la información

Esta etapa tiene como objetivo analizar la información existente en la unidad, se realiza un análisis de los procesos fundamentales, así como determinación de las causas fundamentales que provocan que no se logren los rendimientos estimados en la caña de azúcar en el Banco de Semilla Registrada, a través de la revisión documental (Rendimientos antes del montaje del sistema de riego, rendimientos después del montaje del sistema y rendimientos estimados y características técnicas y parámetros de las máquinas de riego), observación directa y la entrevista a obreros, técnicos y dirigentes.

La revisión de la documentación existente en la unidad, su **planeación estratégica** permitió un acercamiento al archivo de existencia de determinados registros y algún procedimiento e instrucción técnica en las áreas de trabajo, revisando la muestra de que existía la discusión y aprobación de los planes de producción y la introducción de **mejoras** en los **procesos de producción** que establecieran las metas de lograr mayor eficiencia en dicho sistema. Profundizando en el tema para que conduzca a una colección de documentos elaborados por **personas conocedoras del proceso**, la mayoría de ellos fundadores de la unidad que permanecen en ella y otros que no están pero que dejaron su huella. Mediante la aplicación de esta técnica se deben revisar si estén documentados todos los procesos, detallados mediante instrucciones y procedimientos y confeccionados los registros que bien organizados son la memoria descriptiva de la obtención de un mejor rendimiento en la producción de caña de azúcar, la profundidad de la revisión de los documentos aseguran que se haga un adecuado diagnóstico del proceso y que el equipo de trabajo se argumente de la experiencia existente en la unidad objeto de estudio y en otras unidades del país y en el extranjero.

La revisión de la documentación (informes de producción, planes de producción, estrategias, documentación del proceso inversionista de la tecnologías introducidas en los últimos años, estudios realizados, legislación vigente) responde plenamente al proceso, del análisis a partir de la definición de los indicadores de gestión y estratégicos del sistema productivo, se podrán identificar las **fortalezas y debilidades** que el entorno ofrece a dicho sistema. De esta forma se determinó la necesidad de evaluar la capacidad o grado de madurez organizacional, sobre la base de indicadores

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.

construidos para tal fin, como parte de este análisis se incluyen la evaluación de los procesos organizacionales relevantes del sistema, entendidos estos como “la acción o conjunto de acciones mediante las cuales la gestión organizacional transforma los insumos antes identificados en conocimientos o en productos alimentarios”.

Como resultado de la aplicación de estas técnicas se puede conocer un grupo de valores positivos que demuestran la eficiencia del proceso de riego con máquina enrolladora de la caña de azúcar, pero también un grupo de **deficiencias** que inciden en que no se logren los rendimientos estimados y por consiguiente impiden que la unidad sea más eficiente. Los problemas identificados fueron considerados como elementos estratégicos de la organización, los cuales son tratados como lineamientos estratégicos del análisis del entorno y facilitarán de este modo que se conozcan los **objetivos estratégicos** de la organización alineados con **la misión y la visión**.

2.3. Etapa II: Evaluación del sistema de riego.

La evaluación del sistema de riego por **máquinas Modelo IRROMOTOR VALDUCCI V4 300*110**, en el banco de semilla de la unidad del servicio al productor Elpidio Gómez, tiene como objetivo, comprobar si la instalación y el manejo que se hace de este, reúne las condiciones necesarias para aplicar los riegos adecuadamente, satisfaciendo las necesidades del cultivo para la obtención de altos rendimientos en la producción semilla de caña de azúcar.

Se realizó una inspección de los componentes del sistema, desde tuberías, juntas elementos de control, piezas especiales, etcétera.

Se comprobó el tipo de cañón de riego, las boquillas utilizadas y sus características, así como la separación entre los hidrantes para comprobar que se respetó el criterio prefijado por el diseñador, se comprobó la existencia o no de elementos de medición y control de la presión de trabajo del sistema, también se comprobó visualmente si a lo largo de la conductora hay posibles fugas, válvulas obstruidas o cualquier otra anormalidad que pueda afectar el correcto funcionamiento del sistema.

Se realizó una descripción de los componentes del sistema de riego, partiendo del catálogo que acompaña al mismo de donde se obtuvieron los parámetros técnicos del enrollador.

- ✓ Diámetro de manguera (mm)
- ✓ Longitud de manguera - (m)
- ✓ Radio de riego (m)
- ✓ Presión a la entrada de la máquina y en el aspersor (m)
- ✓ Diámetro de boquilla (mm)
- ✓ Carga en la boquilla (m)
- ✓ Gasto. ($L.s^{-1}$)

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.

- ✓ Intensidad de la Aspersión (mm.h^{-1})
- ✓ Productividad, (ha.h^{-1})
- ✓ Espaciamiento entre posiciones (m)
- ✓ Velocidad de avance (m.s^{-1} .)
- ✓ Uniformidad del riego (%)

Estos parámetros técnicos fueron comprobados en el funcionamiento del equipo a través de mediciones, observaciones, entrevistas, para verificar su cumplimiento en la explotación del sistema.

La evaluación se realizó en condiciones normales de funcionamiento, incluyendo la velocidad recomendada por el diseñador, siendo necesario.

1. Comprobar el estado de los diferentes componentes del sistema.
2. Determinar la uniformidad de distribución de agua de riego.
3. Detectar los problemas de funcionamiento y manejo del equipo, a partir de los criterios de la lámina de agua recomendada para este tipo de cultivo.
4. Plantear soluciones para **resolverlos**.

2.3.1. Materiales necesarios para la evaluación.

El material necesario para realizar la evaluación se relaciona a continuación:

- Vasos pluviómetros que según norma UNE 68-072 serán de forma cilíndrica y tamaño uniforme, con bordes agudos y sin deformaciones, con una altura de al menos 12 cm y con un diámetro mínimo de 8.5 cm.
- Manómetro de aguja en baño de glicerina con acoplamiento para boquilla de asper.
- Cronómetro.
- Probeta graduada en unidades de 2 cm^3 .
- Anemómetro.

2.3.2. Evaluación y uniformidad del riego.

Se realizó seleccionando la zona para la evaluación, esta deberá ser aquella, en que las máquinas de riego se encuentren en la posición adecuada y con la separación entre máquinas recomendadas por el diseñador, utilizando además aquellas zonas que presentan ondulaciones y posibilidad de encharcamiento de agua lo que permitió, realizar una evaluación completa del sistema.

2.3.3. Metodología para la evaluación.

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

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.

1. Traslado del cañón sobre un eje cortado por una red de pluviómetros, separados a 1.5 x 1.5 metros ubicados en dos líneas perpendiculares al mismo. Los pluviómetros se colocaron a ambos lados de la manguera, asignándoseles 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:

1. 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 a obtener es la velocidad de recogida de la manguera
2. Se controló la presión de bombeo, en el tambor y en el aspersor, comprobando el radio efectivo regado.
3. Se recogió el volumen de agua acumulada por los pluviómetros
4. Durante la evaluación, se precisa mantener el control de las condiciones climáticas, eligiendo las horas tempranas de la mañana para desprejiciar la velocidad del viento.

Para el procesamiento de los datos de los volúmenes recolectados por los pluviómetros se utilizó el programa informático CATCH 3D de la Universidad de Utah

Mediante este programa se determinó:

1. La media de todos los volúmenes recogidos en los pluviómetros utilizados (V_m)
2. La media de los volúmenes recogidos en el 25 % de la superficie peor regada ($V_{25\%}$)
3. La Uniformidad de Distribución (UD) a partir de la relación entre el valor de $V_{25\%}$ entre V_m
4. El Coeficiente de Uniformidad (CU) determinado por la expresión:
$$Cu = (1 - \sum d/n \cdot L_m) \cdot 100$$

d: Desviaciones de la lámina media

L_m : Lámina media (mm)

n: Número de observaciones

Valores permisibles del Coeficiente de Uniformidad, según la velocidad del viento.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.

Tabla 2. Velocidad del viento.

<i>Velocidad del viento CU (%) (m/segundo)</i>	
0 - 2	82
2 - 4	70

Para determinar si el diseño del sistema satisface los requerimientos hídricos del cultivo se utilizó el programa CROPWAT Versión 4.3. Este programa permite calcular la 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.

Según la FAO este programa constituye una valiosa herramienta para determinar el correcto diseño y manejo de los sistemas así como para mejorar las prácticas del riego y la planificación de este.

2.4. Etapa III: Análisis de los resultados obtenidos.

En reunión con la Dirección del banco de Semilla, el día martes 11 de marzo de 2013 se propone por el autor de este trabajo se conforme un equipo de expertos que sea capaz de evaluar los resultados obtenidos en la evaluación, creándose un grupo de trabajo formado este por tres trabajadores, para la selección de esto no se tuvieron en cuenta los métodos estadísticos matemáticos conocidos, ya que se utilizaron trabajadores de la propia unidad y fueron invitados, todos los que reunían los requisitos de conocimiento sobre el tema.

Como parte de la preparación de los expertos se realizó una capacitación dirigida en lo fundamental a explicar de forma detallada los objetivos que se persiguen con el trabajo y se aclaran todas las dudas que se presenten prestando especial atención al empleo, de las herramientas, la utilización de instrumentos que contengan la evaluación del sistema de riego y los elementos que conformaron la metodología.

Capítulo III



CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

CAPÍTULO III. Resultados y Discusión.

3.1. Caracterización del Banco de Semilla.

El presente trabajo se origina a partir de la necesidad de evaluar el sistema de riego del Banco de Semilla registrada de Unidad Empresarial de Base Atención al Productor Agropecuario Elpidio Gómez Guzmán, perteneciente a la Empresa Azucarera Cienfuegos que es regida por el Grupo Empresarial de AZCUBA, que se encuentra ubicada en el batey del mismo nombre y está situada geográficamente en el municipio de Palmira, provincia de Cienfuegos. Limita al Norte con la extinta Empresa Azucarera 5 de Septiembre, al sur con la Granja Agropecuaria Pepito Tey, al Este con la Agropecuaria Ramón Balboa, y al Oeste con la extinta Empresa Azucarera 14 de Julio. Se localiza en la carretera de Ciego Montero- Arriete, a 6 Kilómetros del poblado de Palmira y a 16 Kilómetros del municipio de Cienfuegos.

El Banco de Semilla Registrada fue fundada en el 1998 como parte de obtener una semilla de buena calidad y elevar los rendimientos agrícolas, reagrupando a los campesino ya retirados de la zona y cuenta con 26 trabajadores de ellos 23 hombres y 3 mujeres dedicada a la siembra de caña y alimentos de cultivos varios como producción fundamental.

Posee un área total de 74.75 ha, dedicadas a cultivo de la caña y cultivos varios, Este limita por el sur con el terraplén a Bécquer y el este con la unidad la Peseta, oeste con la Granja de Alimentos y por el norte con la Fábrica de Azúcar, la ubicación geográfica se puede apreciar en el mapa siguiente. (Figura 1)

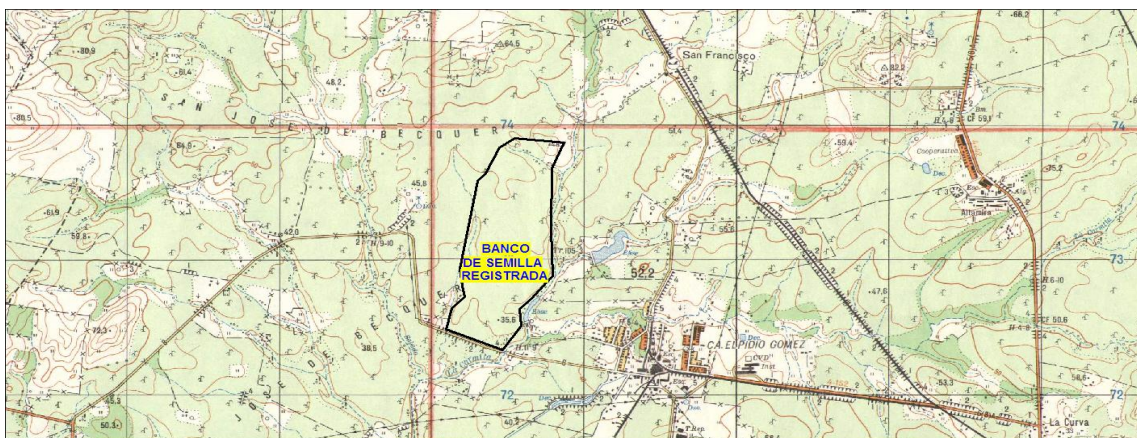


Figura 1. Mapa de la ubicación geográfica del Banco de Semilla Registrada Elpidio Gómez.

En el Banco de Semilla Registrado la principal misión es la producción de caña de azúcar de alta calidad, para garantizar la semilla registrada a los productores, así como la producción de semilla de cultivos varios. En la tabla 3 se observa las variedades de producciones en el banco de semilla.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Tabla 3. Variedades de cultivos existentes en el Banco de semilla.

<i>Caña de Azúcar</i>
C86-12
C323-68
C86-156
Co997
Boniato
Malanga
Yuca
Ajonjolí
Frijoles
Tomate
Calabaza
Soya
Plátano

En la figura 2, se aprecia que de las áreas cultivables en el banco de semilla registrada (74.75 ha), se dedican al cultivo de la caña de azúcar el 93% del suelo, lo que significa 69.75 ha, siendo este cultivo el más importante ya que de la calidad y cantidad de la semilla aquí desarrollada, depende la producción cañera en las UBPC, CPA y CCS. A los cultivos varios solo se dedica el 7% del suelo, 5 ha, esta producción de semilla registrada de este tipo de cultivo es destinada en lo fundamental a los autoconsumo de las unidades productoras, Los datos para la confección de este esta figura se encuentran en la tabla del **Anexo No 4**.

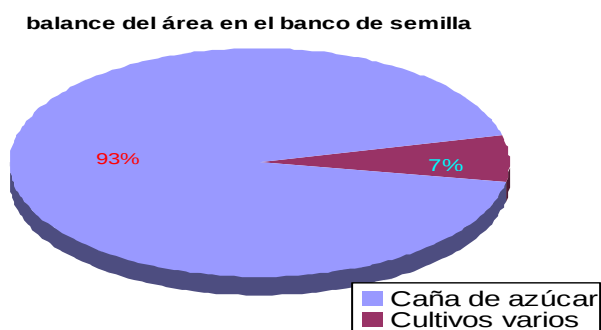


Figura 2. Balance de áreas del Banco de Semilla (Fuente; elaboración propia).

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El banco de semilla fue establecido en el lugar que hoy ocupa, porque en él, se cumplen los siguientes requisitos:

- El banco de “semilla” se estableció como mínimo a 300 m de un campo de producción.
- El área donde se ha ubicado tiene buena accesibilidad y fuente de agua garantizada para todo su ciclo.
- La semilla empleada es de categoría certificada.
- La separación entre clones no será nunca menor de 4 m con el objetivo de evitar las mezclas mecánicas.

La temperatura media histórica del período 1977-2010 en el área que comprende la zona donde se encuentra el banco de semilla registrada según la Estación Meteorológica asociada al Banco, como se puede apreciar en la figura 3 tuvo un comportamiento por encima los 20° siendo los meses de Mayo a Octubre los meses de más alta temperatura con más de 25°, constituyendo esta condición propicia para el fomento, crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar. Los datos para la confección de este grafico se encuentran en la tabla del **Anexo No 5**.

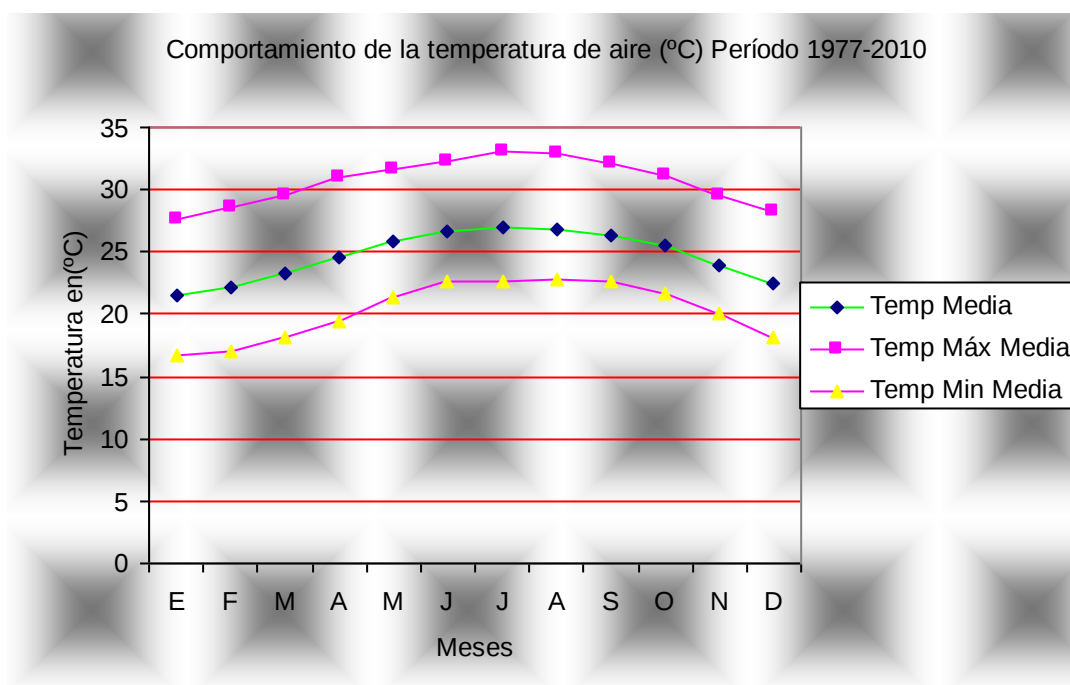


Figura 3. Comportamiento promedio de la tempera del aire en el período 1977-2010. (Fuente; Elaboración propia).

La humedad relativa media como se pude apreciar en la figura 3, presenta un comportamiento cercano al 80% en los meses de Mayo a Noviembre, asociada esta humedad relativa al período de la primavera, siendo el período de sequía el del comportamiento más bajo, por lo que es imprescindible en este período, la utilización de sistema de riego que eviten el estrés hídrico y la

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

marchites en las plantaciones. El comportamiento de la humedad relativa en el período de las 7 a.m, es relativamente alto, entre 80 y 100%, no siendo así en el período de la 1 p.m que se comporta entre 40 y 60%, denotando la necesidad de mantener el % de humedad en el suelo que garantice, el crecimiento adecuado de las plantaciones así como la calidad de la semilla plantada en el Banco de Semilla Registrada.

Los datos para la confección de esta figura se encuentran en la tabla del **Anexo No 6** y fueron tomados de los documentos del comportamiento de la Humedad Relativa (%) en la Estación Meteorológica asociada al Banco de Semilla Registrada Elpidio Gómez.. Período 1977-2010

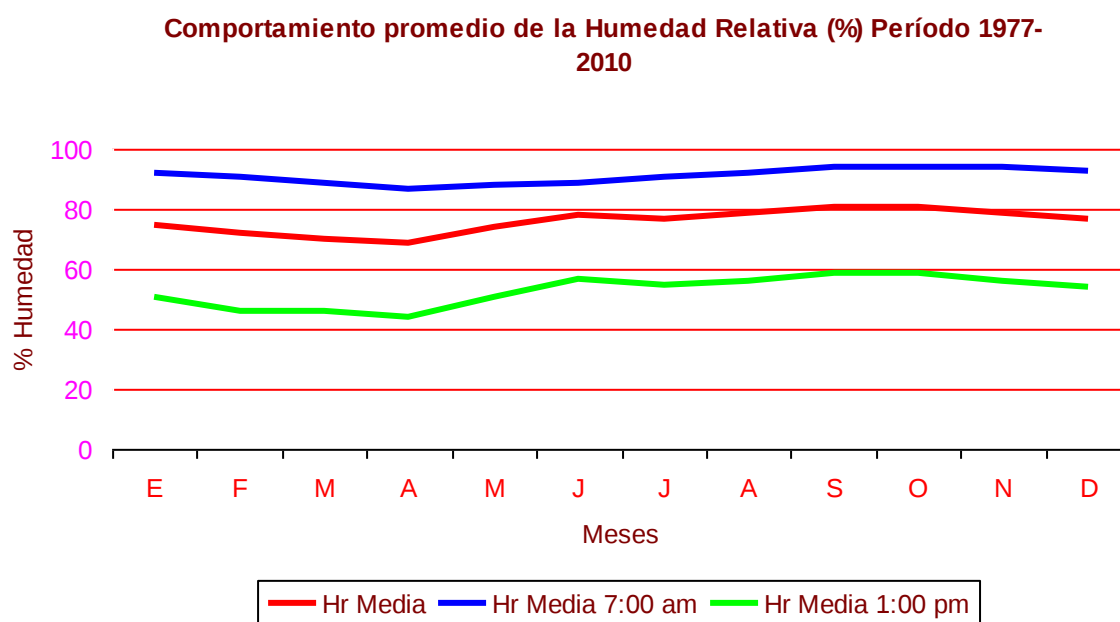


Figura 4. Comportamiento promedio de la humedad relativa en el período 1977-2010.
(Fuente; Elaboración propia).

La insolación promedio según los datos obtenidos del comportamiento de esta en la Estación Meteorológica asociada al Banco de Semilla Registrada Elpidio Gómez. Período 2007-2012, como se puede apreciar en la figura 4, tuvo sus valores máximos en los meses Enero a Mayo, correspondiendo este período con el de sequía, lo que facilita una mayor evaporación de la humedad del suelo, provocando alto grado de marchites en las plantaciones, de no contar estas con un sistema de riego, que garantice la necesidades hídricas de estas.

Los datos para la confección de esta figura se encuentran en la tabla del **Anexo No7**.

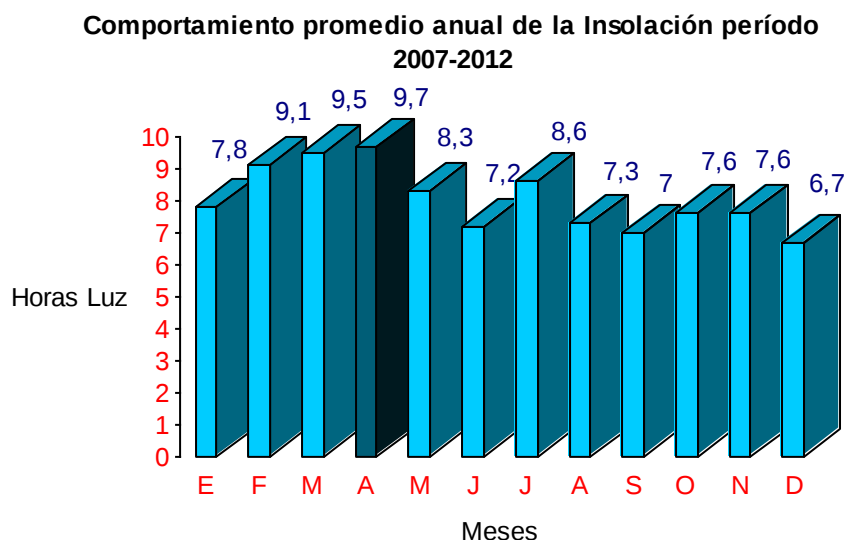


Figura 5. Comportamiento promedio de la insolación en el período 2007-2012.

(Fuente; Elaboración propia).

3.2. Proceso de producción en el Banco de Semilla.

El proceso de producción en el banco de semilla comienza con la preparación del suelo, como se puede ver en el diagrama de flujo del **Anexo No 8**, las labores de preparación se realizan a partir de la roturación del suelo a una profundidad entre 20 y 30 cm. con un implemento de arrastre de 5 discos (arado a10000), a los 6 días de roturada se pasa una picadora de arrastre, pasado dicho tiempo se procede al cruce del suelo y a los 4 día se retorno al pase de grada, quedando el suelo en óptimas condiciones. Al día siguiente se surca a una profundidad de 25 cm.

El suelo se moja con un sistema de riego de enrollado tres máquinas Modelo IRROMOTOR VALDUCCI V4 300*110, dándose un mini-riego y al mismo tiempo se corta la semilla en el mismo banco, llevando esta al área de preparación, donde se corta en trozos de 2 yemas, trasladando la misma para la realización del tratamiento térmico que es desinfectada a 50 grados de temperatura en una duración de 20 min, después se procede al tratamiento químico que tiene una duración de 5 min. Esta semilla se pone en reposo durante 18 a 24 horas, terminado este tiempo se toma la semilla y se transporta en carretones de bueyes hacia el lugar donde se va a sembrar.

Ya destinada para la siembra los trabajadores toman sus jolongos al hombro para realizar la siembra de la semilla procesada, se riega a 2 trozos cada 10 cm.

A una profundidad de 25 cm y se tapa con bueyes y un arado número 2.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Al 6to día, se moja bien el suelo para que el nacimiento de la semilla sea efectivo y con una alta calidad en su rendimiento. A partir de este riego se realizan en intervalos de 7 a 9 días ininterrumpidamente, después del 1er riego se realiza un riego de premegente. Alrededor de los 20 días nace satisfactoriamente la semilla logrando en su nacimiento un 100 % de la siembra.

Cuando la planta logra la altura de 30 cm se le realiza su 1er cultivo con un arado de vertedera y una yunta de buey, transcurrido 15 días se le pasa la triple pala para matar la reventazón de las malas hierbas como el Don Carlos, la Sancaraña y el bejuco. Se procede a la fertilización al plantón con Urea granulada, potasio, fósforo y Fitomás – E, para la bioestimulación de la semilla. Realizándose un 2do cultivo para la penetración del fertilizante, con los riegos cada 8 días se realiza la 1ra limpia manual a guataca para desyerbar las planta indeseables en el campo, para mayor eficiencia se realiza el riego de herbicida con azulox, esterol y gesapax. Garantizando la semilla que dentro de los 8-10 meses será destinada para la venta para las unidades productoras.

La cosecha se realiza a corte manual para lograr un mayor rendimiento y cuidado de las variedades y clones de mayor productividad y calidad para desarrollarlos, por lo menos que sean cañas erectas y que no estén afectadas por ninguna enfermedad, parte de la caña de azúcar cosechada se emplea para el fomento en el banco de semilla, la mayor parte de la producción se destina al fomento en el banco de semilla certificada, de donde sale la semilla para las unidades productoras, encargadas de garantizar la caña necesaria para la producción de azúcar de alta calidad en el Central Azucarero.

En la revisión documental se pudo comparar los rendimientos históricos alcanzados en el banco de semilla antes del montaje del sistema de riego, con los logrados con el montaje del sistema de riego, como se puede ver en la **tabla 4** antes de el montaje de riego la caña de azúcar alcanzaba un rendimiento en sus plantaciones 40 a 60 toneladas por hectáreas ($t.ha^{-1}$) la primavera y 40 a 45 ($t.ha^{-1}$) las plantaciones de frío, con el sistema de riego se ha logrado 60 a 80 ($t.ha^{-1}$) la primavera y 50 a 70 ($t.ha^{-1}$) las plantaciones de frío.

Tabla 4. Rendimientos logrados en el banco de semilla en las diferentes etapas (Fuente; Elaboración propia).

<i>Antes del Sistema de Riego.</i>	<i>Con el Sistema de Riego se ha logrado.</i>	<i>Se puede lograr con eficiencia.</i>
Primavera 40/60 ($t.ha^{-1}$)	Primavera 60/80 ($t.ha^{-1}$)	Primavera 80/120 ($t.ha^{-1}$)
Frío 40/55 ($t.ha^{-1}$)	Frío 50/70 ($t.ha^{-1}$)	Frío 70/110 ($t.ha^{-1}$)

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En **entrevista** realizada a la dirección y personal técnico especializado del banco de semilla, así como el especialista de riego de la unidad atención al productor, se pudo conocer que, los estimados de semilla de caña de azúcar no se han comportado con el rendimiento esperado constituyendo esto una de las **debilidades** en el proceso de producción, como se puede apreciar en la tabla 4, con el sistema de riego se estimaban, de 80 a 120 (t.ha⁻¹) la semilla de caña de azúcar sembrada en primavera y 70 a 110 (t.ha⁻¹) las plantaciones de semilla sembrada en el periodo de frío, asociado este incumplimiento en el estimado según el criterio del personal técnico apoyados en el diagrama causa – efecto del **Anexo No 9** a las causas siguiente:

En la máquina de riego.

El mantenimiento de la máquina es ineficiente, este se realiza sin planificación, cuando es solicitado por la unidad, provocando roturas que con un mantenimiento planificado y preventivo habría dado la posibilidad de aplicar medidas correctivas.

Mediante la observación directa se pudo comprobar falta de engrase en el equipo así como errores de ajuste en el mismo.

No se conoce si el **sistema de riego** proyectado por el fabricante **cumple** con los **requerimientos hídricos del cultivo**.

Causas asociadas al suelo.

La calidad en la preparación del suelo según el criterio del personal técnico, no es la adecuada, violándose los requerimientos técnicos para esta labor, asociada la misma a falta de control y revisión, de esta tarea, provocando que la penetración del agua aportada por la lluvia y los sistemas de riego no sea efectiva.

En el área se pudo comprobar que los viales no tienen la calidad requerida para el traslado y ubicación de los equipos durante el riego, las guardarrayas por donde se traslada el carro porta aspersor no se preparan como recomienda el manual de explotación de la máquina de riego, lo que afecta la circulación de este y en reiteradas ocasiones se ha virado afectando el riego y al equipo.

Los equipos de preparación de viales presentan una situación crítica por el alto grado de envejecimiento, el largo período de explotación y la falta de piezas de repuesto y de un mantenimiento preventivo.

Causas asociadas a recursos humanos.

Existe un alto grado de fluctuación en los operadores de las máquinas de riego, provocado según el criterio del personal técnico y obreros del Banco de Semilla, por la inestabilidad en los

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

sistemas de pago, que dejan de ser un incentivo para que los trabajadores permanezcan en esta labor.

Existe falta de capacitación en los trabajadores provocada por la permanente fluctuación del personal, que no permite la acumulación de experiencia de estos, además no existe un programa de capacitación definido.

Causas organizativas.

La falta de un equipo para el traslado de las máquinas de riego, es un problema que afecta directamente la secuencia de riego en el Banco de Semilla, el equipo que se usa para esta labor, se destina a otros trabajos, provocando reiteradas demoras en el cambio de posición de las máquinas.

Los operadores no cuentan con los medios de comunicación necesarios que le permitan la operatividad del sistema, teniéndose que parar totalmente el sistema durante el cambio de posición.

No existe un programa de riego planificado en función de aprovechar las posibilidades de riego en cada posición.

Estos factores **denotan** la **necesidad** de realizar una **evaluación** de **efectividad** en el **sistema de riego para caña de azúcar en el banco de semilla registrada**.

3.3. Características del sistema de riego del banco de semilla.

El sistema de riego por enrolladores que beneficia al Banco de Producción de Semilla Registrada (BSR), de caña de azúcar perteneciente a la Unidad Empresarial de Base de Atención al Productor Elpidio Gómez fue objeto de evaluación de la efectividad del riego, para esto tuvimos en cuenta elementos contemplados en su diseño y su correspondencia con los requerimientos hídricos del cultivo.

El régimen de riego de diseño de este sistema está definido por:

- Norma parcial bruta de $350 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$
- Intervalo de Riego: 8 días.

Las características de diseño, según información ofrecida por el Grupo B.M. Inc., suministrador del sistema, son las siguientes:

- La parcela de riego ocupa un área de 69.75 ha
- Estructura superior e inferior galvanizada en caliente, con torreta giratoria de 360°.
- Cada una de las máquinas cubre dos posiciones cada jornada para cumplir con el régimen de riego planificado cada 8 días, para ello la velocidad de las máquinas es de 37.5 m.h-1

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El aspersor definido en función de que pueda entregar la norma de riego a aplicar cada 8 días, a la velocidad de trabajo de la máquina, es un dispositivo TWIN KOMET 160 con una entrega de $63.35 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$

1. El aspersor utiliza una boquilla $\varnothing 30 \text{ mm}$, con una presión de trabajo de 35 m, alcanza un radio húmedo de 51.3 m.

- El tiempo de riego necesario para entregar la norma solicitada es de 17 Horas por jornada.
- El diámetro húmedo es de 102.6 m, esto permite garantizar un solape del 71 % debido a que la separación entre hidrantes es de 60 m.
- La carga necesaria en el hidrante es de 60 m para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina y el aspersor.
- La máquina cuenta con neumáticos agrícolas.
- La bomba de agua tiene una capacidad 56 litros por segundo con 86 metros de carga.
- La bomba la mueve un motor de jaula de ardilla del tipo SIEMENS de 75 Kw. de potencia en conexión delta y un IP55.
- El panel de arranque esta compuestos por un disyuntor principal.
 1. Un interruptor de corto circuito.
 2. Un arrancador estrella delta.
 3. Un capacitor para compensar factor de potencia.
 4. Un relex protector para variaciones de tensión.
 5. Un relex de protección de nivel de agua en el envase.
 6. instrumentación de medición de tensión y corriente.
 7. Pulsadores para el arranque y paro del equipo.

Otras características de la Máquina V4.

- Pies hidráulicos y telescopios para la fijación al suelo.
- Toma de fuerza sobre el reductor.
- Turbina de flujo parcializado.
- Carro porta aspersor sobre ruedas de ancho regulable.
- Manómetro de glicerina.
- Volante de enrollamiento manual.
- Compensador de velocidad.
- Tacómetro cuenta metros.
- Reductor de 6 velocidades.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

-
- Levantamiento mecánico del timón.
 - Protecciones de seguridad.
 - Alimentación lateral.
 - Turbina embridada aplicada al reductor.
 - Dispositivo hidráulico de levantamiento del carro.
 - Barra de tracción para facilitar las maniobras.

Datos de las tuberías conductoras.

Las tuberías conductoras instaladas en el banco de semilla, tienen los diámetros y clases necesario para este proyecto. Las tuberías están compuesta por tuberías de PVC de 225/10-225/8-140/10-140/8 mm, con junta elástica, con material virgen. Todos los accesorios para la instalación de las mismas, todas las partes metálicas necesarias para hacer la conexión entre la bomba y las conductoras, incluyendo una válvula de mariposa, una válvula de cheque y una válvula de alivio rápido que protege la red en caso de una operación incorrecta, así como las válvulas de aire necesarias para el correcto funcionamiento de la misma. En cada conductora secundaria hay una válvula que independiza partes del sistema, en caso de una avería en la red, no es necesario suspender el riego a toda el área.

Los hidrantes instalados están compuestos por un elevador de PVC de 110 mm gris, clase 10, sobre ellos se colocó adaptadores de 110 x 4", donde se instaló la Válvula de mariposa metálica con el conector rápido de 4"x 100 mm. A la entrada de la máquina ella posee un filtro desmontable para evitar la entrada de suciedad en al turbina de la máquina.

La eficiencia del sistema esta calculada para un 85%.

El carro porta aspersor posee un ancho ajustable a las necesidades del cultivo. El aspersor estará colocado sobre un suplemento de 1.0 m para poder regar sobre la plantación.

La fuente de abasto de agua es una pequeña represa que toma del Canal P1 del Complejo Hidráulico Paso Bonito-Cruces. En esta se colocó una Bomba Horizontal de 190.05 m³.h⁻¹ y 85 m de carga en su salida para suministrar el agua necesaria a tres máquinas Modelo IRROMOTOR VALDUCCI V4 300*110

3.4. Evaluación de efectividad del sistema de riego.

Para evaluar la efectividad de sistema de riego del banco de semilla, los requerimientos hídricos del cultivo se refieren a caña de azúcar plantada en el mes de mayo, destinada a la producción de semilla registrada, con un ciclo de desarrollo de hasta 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 de suelos**

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El suelo predominante en el Banco de Semilla Registrada es del Tipo Sialitizado no Cálculo.

En la tabla 5 se pueden apreciar las características hídricas del terreno en el banco de semilla.

Tabla 5. Características hídricas del terreno en el Banco de Semilla. (Fuente; elaboración propia).

<i>Profundidad a Máxima Humedad Máxima Tasa de Infiltración humedecer (cm) Disponible en el Suelo de la Lluvia (mm.día) (mm.m)</i>		
30	55	26

3.4.1. Comportamiento histórico de la lluvia en el Banco de Semilla.

En la figura 6 se puede apreciar el promedio histórico de lluvia según los certificados meteorológicos 022010 y 042010 Serie histórica de lluvia de pluviómetros del MINAZ en la provincia de Cienfuegos, asociado al Banco de Semilla Registrada Elpidio Gómez período 1965-2011. Como se puede apreciar solo en los meses de Mayo a Octubre los promedios de lluvias se comportan por encima de los 100 mm, los meses de mejor comportamiento histórico de lluvias fueron junio y septiembre los que presentaron un promedio superior a los 200 mm, el comportamiento mas crítico con menos de 100 mm en los promedios de lluvia, lo presenta el período de Enero a Abril y Noviembre y Diciembre siendo este último mes el más crítico con solo 19 mm de lluvia como promedio en el período analizado.

El análisis de la figura nos permitió comprobar que solo con un sistema de riego efectivo se pueden lograr producciones de caña de azúcar con altos rendimientos, buena calidad y en el tiempo planificado.

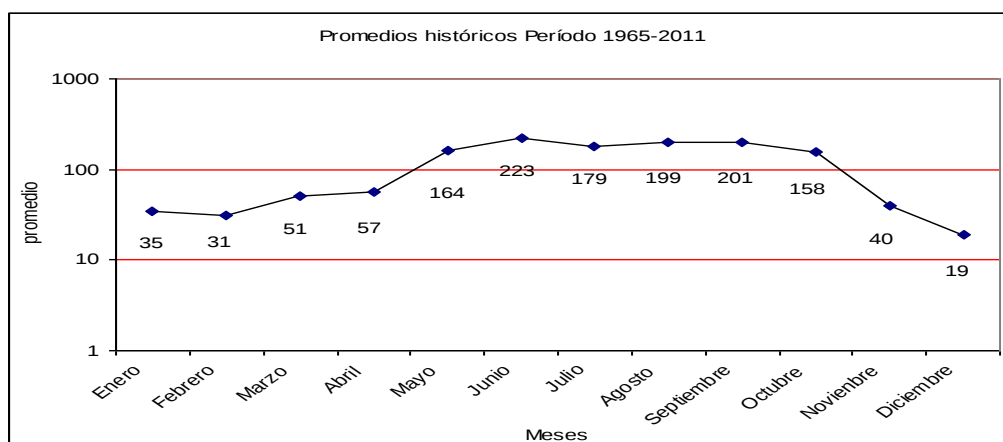


Figura 6. Serie histórica de lluvia Banco de Semilla Registrada Elpidio Gómez Período 1965-2011(Fuente; elaboración propia).

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.4.2. Evaluación de la uniformidad del sistema.

La información ofrecida del procesamiento de los datos mediante el programa informático CATCH 3D (ver Tabla 6) resume el 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 consideradas en el estudio.

Tabla 6. Datos obtenidos mediante el programa informático CATCH 3D

Parámetros	UM	Valor
Lamina neta aplicada	mm	17.6
Lámina aplica al 10 % más regado	mm	20.4
Lámina aplica al 10 % menos regado	mm	14.9
Coeficiente de uniformidad	%	92.9
Uniformidad de la distribución	%	89.0
Intensidad de la aspersión	mm.h ⁻¹	14.5
Uniformidad de la distribución para el 25 % de área menos regada	%	3.3

El Coeficiente de Uniformidad obtenido es del 92.9% y la Uniformidad de Distribución del 89% para una magnitud de la velocidad del viento considerada entre 0-2 m.s, ambos valores como expresión de la uniformidad del riego en el sistema son aceptados como buenos, según la metodología utilizada y resultados obtenidos por Lamelas et al., (2010), también estos valores se asemejan a los obtenidos por Tarjuelo et al., (1999), en sistemas de riego por aspersión.

Los valores obtenidos permiten afirmar que no existen problemas con la uniformidad del riego por lo que toda el área regada por el aspersor recibe una norma (dosis) de agua similar. Esto permite que no haya déficit ni excesos de agua en la parcela para una norma definida por lo que con una agrotecnia adecuada se garantiza un desarrollo uniforme del cultivo.

3.4.3. Determinación de la Norma de Riego aplicada.

La Norma Neta obtenida en el ensayo es de 176 m³.ha⁻¹ (17.6 mm), si consideramos que la Eficiencia proyectada del sistema es del 75%, entonces la Norma Bruta aplicada es de 234 m³.ha⁻¹, inferior a los 350 m³.ha⁻¹ planificados. En los sistemas de riego por enrolladores la norma (dosis) bruta a entregar se regula con la velocidad de traslado del aspersor en cada punto de entrega de la parcela. Por esta razón la causa de esta disminución obedece a una velocidad de traslado del aspersor por encima de la requerida para entregar la norma planificada.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La aplicación de una norma de riego por debajo de lo planificado tiene consecuencias directas en los resultados esperados con el riego del cultivo.

Por último se determinaron, con la utilización del programa CROPWAT, los requerimientos hídricos 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 riego de diseño.

La Norma Neta Parcial (Mnp) necesaria para la fase crítica del cultivo es de 14.7 mm ($147 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) con un intervalo de 3 días, según el régimen de riego de diseño, obtenida durante el ensayo es de 17.6 mm ($176 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) para un intervalo de 8 días.

Esta norma es suficiente para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo en su momento de máxima demanda de riego, no así la frecuencia de riego planificada cada 8 días, inferior a los 3 días que se requieren.

Los resultados obtenidos manifiestan una incapacidad del régimen de riego seleccionado para satisfacer la máxima demanda del cultivo.

Después de evaluado el sistema se determinaron, con la utilización del programa CROPWAT, los requerimientos hídricos 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 partiendo del comportamiento histórico de las variables climáticas que según el método de Penman- Montieh mejor determinan el valor de la evapotranspiración de referencia (FAO, 1998). (Tabla 7).

Tabla 7. Requerimientos hídricos para las condiciones del suelo.

Decena	ET_o (mm)	K_c	Requerimientos de agua (mm)	Lluvias (mm)	Lluvias aprovechadas (mm)	Necesidades de riego (mm)
30/1	26.18	1.25	32.73	6.47	6.47	26.25
9/2	28.67	1.22	35.00	8.23	8.23	26.77
19/2	31.24	1.17	36.48	10.92	10.92	25.57
1/3	33.82	1.12	37.72	14.47	13.87	23.86
11/3	36.36	1.06	38.64	18.77	16.50	22.14
21/3	38.79	1.01	39.19	23.68	19.46	19.73
31/3	41.06	0.96	39.33	29.05	22.66	16.66
10/4	43.13	0.91	39.03	34.69	26.02	13.02
20/4	44.93	0.85	38.30	40.45	29.42	8.89
30/4	46.44	0.80	37.15	46.13	32.76	4.38
10/5	23.69	0.76	18.01	25.12	17.59	0.42

La norma neta parcial requerida para la fase crítica del cultivo es de 19.2 mm ($192 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) con un intervalo de 6 días. Para un régimen de riego de explotación, cuya esencia es la regulación de la humedad del suelo sobre la bases del comportamiento de los elementos del clima en el propio año en que se confecciona, este valor teórico sólo nos sirve para la proyección del

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

sistema, pero para la ejecución o aplicación del riego se requiere de datos reales los que pueden ser obtenidos fácilmente con la aplicación de la herramienta propuesta en este trabajo.

El establecimiento de un conjunto de recomendaciones para riego, le permite a los productores tener un pleno dominio de cómo funciona su sistema, conocer las necesidades hídricas de su cultivo y determinar el momento oportuno del riego y la dosis a aplicar (Cisneros, 2008).

El coeficiente del cultivo (K_c), que tiene en cuenta las características de la variedad, la cepa, el grado de desarrollo muestra valores descendentes desde la primera decena del estudio hasta la última, teniendo en cuenta que la planta estaba transitando por su etapa final del ciclo vegetativo, y por ello se reducen las necesidades de consumo de agua, desde el punto de vista fisiológico.

A partir de estos dos parámetros se pudo conocer la evapotranspiración real del cultivo (etcétera) o requerimientos de agua. A pesar del que el coeficiente del cultivo demuestra menores necesidades fisiológicas de agua por la caña en esta etapa del ciclo de la planta, los requerimientos totales si aumentan dada las condiciones climáticas de la etapa que también muestran un aumento en las variables de temperatura, viento y radiación solar.

Los requerimientos de agua decenales varían entre 33 y 39 mm a razón de 3,3 a 3,9 mm.día. Estos valores están en correspondencia con las apreciaciones que sobre el tema hace el INICA (2010).

En el período que se evalúa la lluvia presenta un comportamiento significativo para la etapa que está comprendido dentro del período seco. Estos valores que aparecen en la Tabla 7 se refieren a las medias históricas, las que deben ajustarse a los valores reales que se deben tomar del pluviómetro del área y de estas es importante conocer la lluvia aprovechada, la que representa de la lluvia caída la que se queda retenida en el suelo y se convierte en un ingreso de humedad a disposición del cultivo.

A las necesidades de agua del cultivo se le resta la lluvia aprovechada en el período con lo que se obtiene las necesidades que deben ser cubierta con el riego, este es a nuestro juicio el valor más importante que nos aporta el procesamiento de las necesidades hídricas del cultivo, ya que se refieren a la parte del agua que requiere la planta que se debe asegurar de manera artificial.

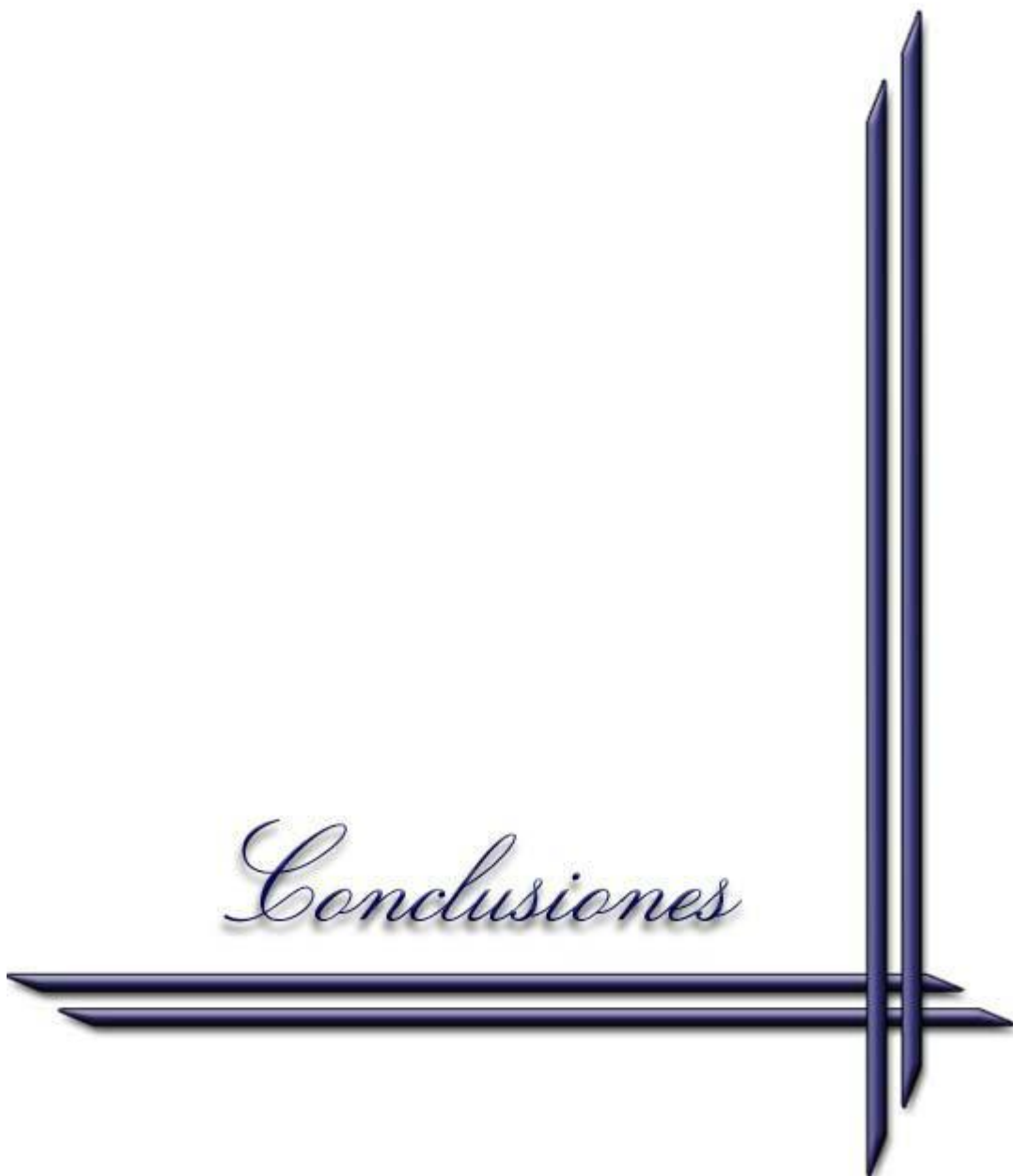
Como se observa en la Tabla 7, las necesidades de agua de la planta ascienden entre la primera y la séptima decena para luego tener un ligero descenso y sin embargo los requerimientos de agua de riego descienden debido al aumento de las lluvias en el transcurso del período evaluado. Para los primeros diez días los requerimientos de agua fueron de 26.25 mm a razón de 26.25 mm por día, mientras que para la última decena fue de 4.38 mm a razón de 0.438 mm diarios. Este elemento justifica la necesidad de llevar el pronóstico de riego, por la variación de las necesidades de agua del cultivo y la influencia de los elementos del clima.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Este valor le permite al productor decidir cuándo y cuánto regar y establecer su propio intervalo de riego que puede ser fijo pero variando la norma en función de estos requerimientos o variar el intervalos en función de una norma fija.

Los resultados obtenidos manifiestan una incapacidad del régimen de riego seleccionado para satisfacer la máxima demanda del cultivo.

Conclusiones

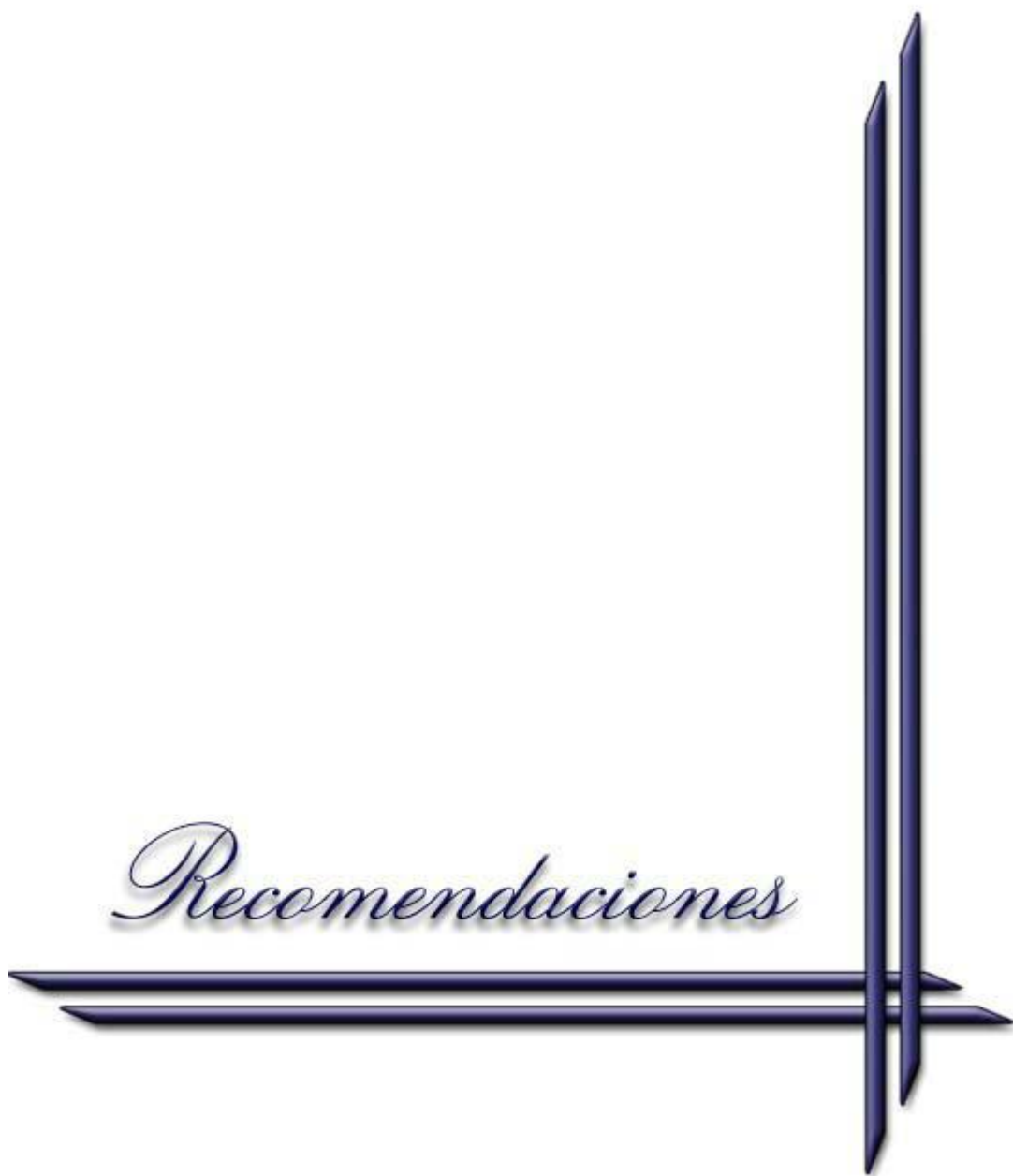


CONCLUSIONES

Conclusiones.

1. El sistema manifiesta una buena uniformidad lo que garantiza una correcta distribución de la norma de riego aplicada.
2. La norma de riego aplicada es inferior a la de diseño.
3. El régimen de riego de diseño no satisface las demandas del cultivo en su momento crítico.

Recomendaciones



Recomendaciones.

1. Se debe evaluar la capacidad del sistema para incrementar la norma de riego sin afectar la frecuencia (intervalo) necesaria para satisfacer la demanda del cultivo.
2. Se debe aumentar el tamaño boquilla para obtener una mayor norma de riego.

Bibliografia

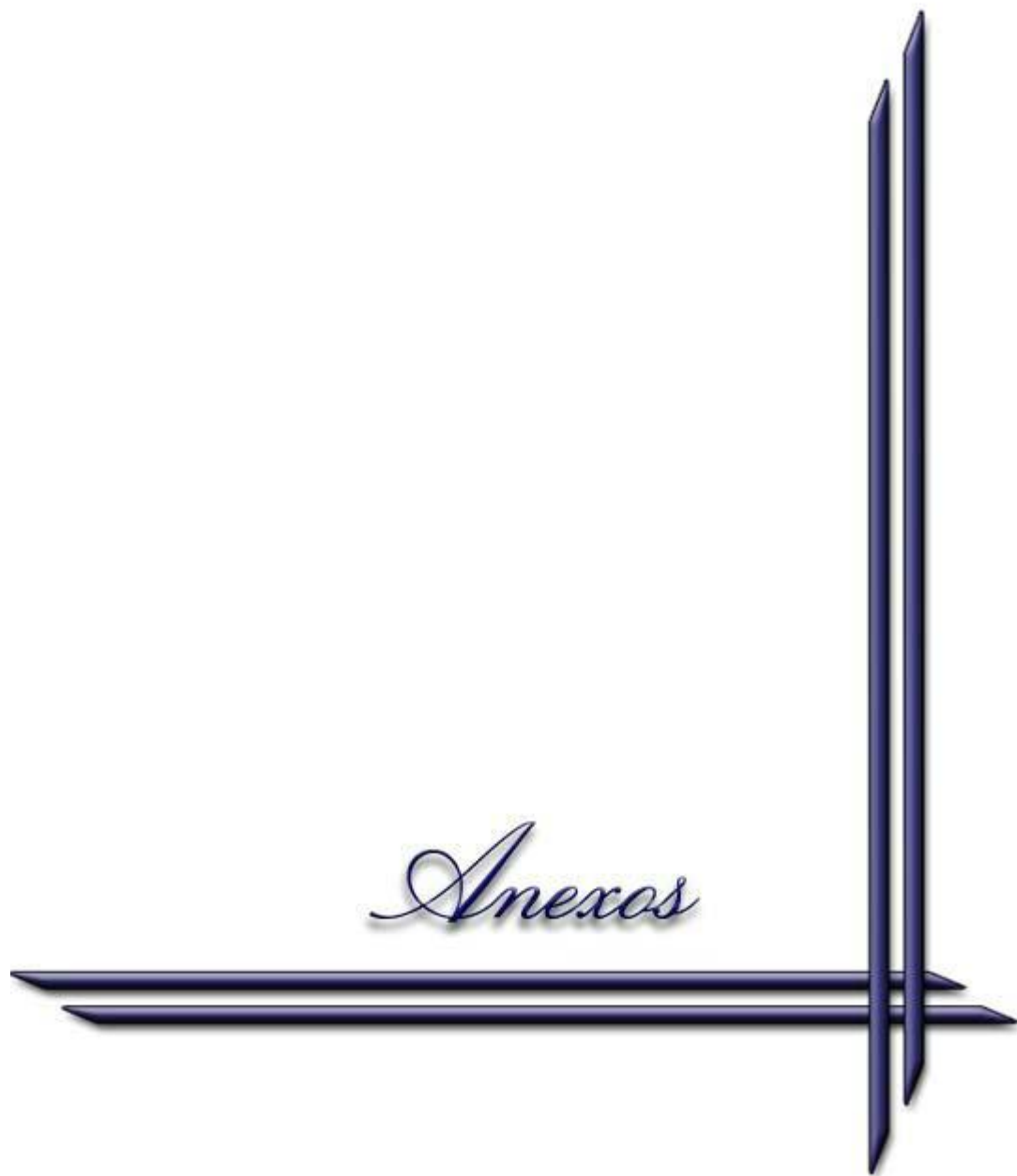


BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, A. (1997): "El potencial agrícola de la caña de azúcar en Cuba como fuente productora de biomasa renovable", *Revista ATAC*, pp. 10-15.
- Allen, R. G, *et al.* (1998): Crops evapotranspirations, Guidelines for computing cropwater requirements, FAO, Irrigation and Drainage, Roma, p. 56.
- Chao, R. (1996): "Don Álvaro Reynoso", *Revista Cañaveral*, Ministerio del Azúcar (MINAZ), 2 (24): 12-13. FAO, . Riego y Drenaje no. 24, Roma.
- Fauconnier R. y D. Bassereau (1980): *La Caña de Azúcar*, Ed. Científico- Técnica, Ciudad de La Habana.
- Fogliata, F. A. (1995): *Agronomía de la Caña de Azúcar.*, Ed. El Graduado, Tucumán, t. 2, pp. 763– 930.
- Fonseca, J. R. (1996): "Requerimientos de agua y respuesta de la caña de azúcar al Riego y Drenaje", Seminario Nacional para los Jefes de riego de las provincias y CAI, MINAZ, pp. 23–24.
- Gutiérrez, H. y L. Bidal (1989): *Estudios de raíces en suelos pesados de la costa norte de Villa Clara bajo condiciones de riego*, Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), MINAZ, Bayamo.
- Lamela, C. (2011): *Elementos parciales para la evaluación del riego a presión*. Ciudad de la Habana.
- Hernández, A. (1983): *Distribución del sistema radical en 5 variedades de caña de azúcar*, Publicación interna, Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD), Ministerio de la agricultura (MINAGRI).
- Hernández, A. *et al.* (1998): *Planificación del Régimen de riego de proyecto y explotación usando los coeficientes de cultivo a partir de la evapo- transpiración de referencia Resultados* [inédito], Ciudad de La Habana, 10 pp.
- Humbert, R. P. (1977): *El cultivo de la caña de azúcar*, Ed. Revolucionarias, Ciudad de La Habana., cap. 5, pp. 28, 29, 33, 34, 35, 299–379.
- Husz, G. St. (1984). "Cuantificación del régimen de agua en el suelo para la optimización del riego". *Revista CIBA–GEIGY*, pp. 1–10.
- Rodríguez, T. R. (1999): "Métodos propuestos por la FAO para estimar la evapotranspiración y su aplicación en el cultivo de la caña de azúcar" [inédito]. Tesis presentada en opción al título de Master en Ciencias en la especialidad de Riego y Drenaje, Ciudad de La Habana.
- Rodríguez, M. R.(2012): *Tecnología de riego subsuperficial*. Tesis de doctorado. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. La Habana.

- Ríos, A. 2011: Máquinas agrícolas, tracción animal e implementos manuales. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. La Habana.
- Kirilova, T. L. (1976): Hidromelioraciones de Riego 2, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana (ISCAH), Ed. Centro de Información Científico–Técnica, La Habana.
- TARJUELO J.M..(2005): El riego por aspersión y su tecnología. 3ª Edición . Mundi-Prensa, S.A. Madrid.
- Hernández, A. et al. (1997): Los coeficientes de cultivo para el riego de la caña de azúcar en el occidente de Cuba [inédito]. INICA, Ciudad de La Habana.
- Jones, C: A. (1980): A leview of evapotranspiration studies in irrigation sugar cane in Hawaii. Planters Record, 59 pp.
- INICA (2010): Metodología para evaluar los parámetros de explotación y la efectividad del riego.Ciudad de la Habana:

Anexas



Anexo No1. Normas netas totales para la caña de azúcar ($\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$)

Provincias y zonas Agroindustriales	Frío	Primavera	Retoño I	Retoño II	Media Ponderada
Pinar del Río	4 850	3 700	4 900	4 400	4 400
Zona 1	4 600	3 700	4 800	4 300	4 300
Zona 2	5 100	3 700	5 000	4 500	4 500
La Habana	3 960	3 200	3 820	3 960	3 660
Zona 3	5 200	3 700	5 300	4 500	4 600
Zona 4	3 400	2 900	3 200	3 500	3 200
Zona 5	4 300	3 800	4 300	4 900	4 300
Zona 6	3 500	2 600	3 500	3 100	3 100
Zona 7	3 400	3 000	2 800	3 800	3 100
Matanzas	3 125	2 775	3 050	4 075	3 225
Zona 8	3 900	3 200	4 000	4 300	3 900
Zona 9	2 600	2 500	2 200	3 600	2 700
Zona 10	3 100	2 800	3 200	3 800	3 300
Zona 11	2 900	2 800	3 600	3 600	3 300
Villa Clara	5 725	4 375	5 600	5 050	5 075
Zona 12	7 100	5 200	6 700	5 800	5 900
Zona 13	5 400	4 100	5 400	4 800	4 900
Zona 14	4 700	3 700			
Zona 15	5 700	4 500	5 500	5 200	5 100
Cienfuegos	4 600	3 600	4 600	4 300	4 300
Zona 16	4 600	3 600	4 600	4 300	4 300
Sancti Spíritus	5 233	3 900	5 133	4 533	4 633
Zona 17	5 700	4 000	5 500	4 400	4 800
Zona 18	4 500	3 500	4 500	4 400	4 200
Zona 19	5 500	4 200	5 400	4 800	4 900
Ciego de Ávila	4 500	4 900	4 350	4 900	4 350
Zona 20	4 700	4 000	4 600	4 800	4 400
Zona 21	4 300	3 800	4 100	5 000	4 300
Camagüey	4 350	3 650	4 400	4 725	4 275
Zona 22	4 500	3 700	4 600	4 600	4 400
Zona 23	3 900	3 500	4 000	4 900	4 100
Zona 24	4 500	4 000	4 600	5 200	4 500
Zona 25	4 500	3 400	4 400	4 200	4 100
Las Tunas	6 700	5 100	6 700	6 000	6 000
Zona 26	7 500	5 600	7 500	6 500	6 600
Granma	6 050	4 600	5 900	5 550	5 450
Zona 28	4 500	3 700	4 600	4 700	4 400
Zona 29	7 600	5 500	7 200	6 400	6 500

Anexo No 2. Normas de riego ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) por tipo de suelos, técnica y disponibilidad de agua.

	Norma Parcial			Número de Riegos			Norma total	
	H(m) 0,30	H(m) 0,40	H(m) 0,60	Satisf. Total	Satisf. Limite	Prom	Satisf. Total	Satisf. Limite
Suelos ferralíticos								
Aspersión alta carga	252	336		11-13	5-8	12/6,5	3 440	2 016
Máquina pivote	252	336	504	11-13	5-8	12/6,5	3 440	2 016
Gravedad			504	9-11	4-6	10/4,5	5 040	2 268
Suelos pardos								
Aspersión alta carga	300	400		10-12	4-7	11/5,5	4 100	2 000
Máquina pivote	300	400	600	10-12	5-8	11/6,5	4 100	2 400
Gravedad			600	8-10	4-5	9/4,5	5 400	2 700
Suelos oscuros plásticos								
Máquina pivote	321	428	642	10-12	5-8	11/6	4 387	2 354
Gravedad			642	8-10	4-5	9/4,5	5 778	2 889

Anexo No 3. Programa informático CATCH 3D de la Universidad de Utah

29/04/2013 CropWat 4 Windows Ver 4.3

Irrigation Scheduling Report

* Crop Data:

- Crop # 1 : Sugarcane (Ratoon)
- Block # : 1
- Planting date: 15/5

* Soil Data:

- Soil description : PsCO3
- Initial soil moisture depletion: 50%

* Irrigation Scheduling Criteria:

- Application Timing:
Irrigate when 100% of readily soil moisture depletion occurs.
- Applications Depths:
Refill to 100% of readily available soil moisture.
- Start of Scheduling: 15/5

Date	TAM	RAM	Total	Efct.	ETc	ETc/ETm	SMD	Interv.	Net	Lost	User
	Rain	Rain	Irr.	Irr.	Adj.						
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(Days)	(mm)	(mm)	(mm)

15/5	16.5	9.9	0.0	0.0	1.9	100.0%	10.2	0	10.2	0.0	
16/5	16.5	9.9	25.4	0.0	1.9	100.0%	1.9				
21/5	16.5	9.9	26.7	9.6	1.9	100.0%	1.9				
26/5	16.5	9.9	27.8	9.7	1.9	100.0%	1.9				

31/5 16.5 9.9 28.9 9.7 2.0 100.0% 2.0
5/6 16.5 9.9 30.0 9.8 2.0 100.0% 2.0
10/6 16.5 9.9 30.9 9.8 2.0 100.0% 2.0
15/6 16.5 9.9 31.8 9.9 2.1 100.0% 2.1
19/6 16.5 9.9 0.0 0.0 2.4 100.0% 11.2 35 11.2 0.0
20/6 16.5 9.9 32.5 0.0 2.4 100.0% 2.4
23/6 16.5 9.9 0.0 0.0 2.6 100.0% 10.2 4 10.2 0.0
25/6 16.5 9.9 33.2 2.7 2.8 100.0% 2.8
28/6 16.5 9.9 0.0 0.0 3.0 100.0% 11.5 5 11.5 0.0
30/6 16.5 9.9 33.7 3.0 3.1 100.0% 3.1
3/7 16.5 9.9 0.0 0.0 3.3 100.0% 12.8 5 12.8 0.0
5/7 16.5 9.9 34.1 3.4 3.4 100.0% 3.4
7/7 16.5 9.9 0.0 0.0 3.5 100.0% 10.4 4 10.4 0.0
10/7 16.5 9.9 34.5 7.3 3.7 100.0% 3.7
12/7 16.5 9.9 0.0 0.0 3.8 100.0% 11.3 5 11.3 0.0
15/7 16.5 9.9 34.7 7.8 4.0 100.0% 4.0
17/7 16.5 9.9 0.0 0.0 4.1 100.0% 12.2 5 12.2 0.0
20/7 16.5 9.9 34.8 8.4 4.3 100.0% 4.3
22/7 16.5 9.9 0.0 0.0 4.4 100.0% 13.0 5 13.0 0.0
25/7 16.5 9.9 34.7 8.9 4.5 100.0% 4.5
27/7 16.5 9.9 0.0 0.0 4.6 100.0% 13.7 5 13.7 0.0
30/7 16.5 9.9 34.6 9.4 4.8 100.0% 4.8
1/8 16.5 9.9 0.0 0.0 4.9 100.0% 14.4 5 14.4 0.0
4/8 16.5 9.9 34.4 9.8 5.0 100.0% 5.0
5/8 16.5 9.9 0.0 0.0 5.0 100.0% 10.0 4 10.0 0.0
7/8 16.5 9.9 0.0 0.0 5.1 100.0% 10.2 2 10.2 0.0
9/8 16.5 9.9 34.0 5.1 5.2 100.0% 5.2
10/8 16.5 9.9 0.0 0.0 5.2 100.0% 10.4 3 10.4 0.0
12/8 16.5 9.9 0.0 0.0 5.3 100.0% 10.6 2 10.6 0.0
14/8 16.5 9.9 33.5 5.3 5.2 100.0% 5.2
15/8 16.5 9.9 0.0 0.0 5.2 100.0% 10.5 3 10.5 0.0
17/8 16.5 9.9 0.0 0.0 5.2 100.0% 10.4 2 10.4 0.0
19/8 16.5 9.9 32.9 5.1 5.1 100.0% 5.1
20/8 16.5 9.9 0.0 0.0 5.1 100.0% 10.2 3 10.2 0.0
22/8 16.5 9.9 0.0 0.0 5.0 100.0% 10.1 2 10.1 0.0
24/8 16.5 9.9 32.2 5.0 5.0 100.0% 5.0
25/8 16.5 9.9 0.0 0.0 5.0 100.0% 9.9 3 9.9 0.0

28/8 16.5 9.9 0.0 0.0 4.9 100.0% 14.7 3 14.7 0.0
29/8 16.5 9.9 31.4 0.0 4.8 100.0% 4.8
31/8 16.5 9.9 0.0 0.0 4.8 100.0% 14.4 3 14.4 0.0
3/9 16.5 9.9 30.6 9.5 4.7 100.0% 4.7
5/9 16.5 9.9 0.0 0.0 4.6 100.0% 14.0 5 14.0 0.0
8/9 16.5 9.9 29.6 9.2 4.6 100.0% 4.6
10/9 16.5 9.9 0.0 0.0 4.5 100.0% 13.6 5 13.6 0.0
13/9 16.5 9.9 28.6 8.9 4.4 100.0% 4.4
15/9 16.5 9.9 0.0 0.0 4.3 100.0% 13.1 5 13.1 0.0
18/9 16.5 9.9 27.4 8.6 4.3 100.0% 4.3
20/9 16.5 9.9 0.0 0.0 4.2 100.0% 12.7 5 12.7 0.0
23/9 16.5 9.9 26.3 8.3 4.1 100.0% 4.1
25/9 16.5 9.9 0.0 0.0 4.0 100.0% 12.2 5 12.2 0.0
28/9 16.5 9.9 25.0 8.0 4.0 100.0% 4.0
30/9 16.5 9.9 0.0 0.0 3.9 100.0% 11.8 5 11.8 0.0
3/10 16.5 9.9 23.7 7.7 3.8 100.0% 3.8
5/10 16.5 9.9 0.0 0.0 3.7 100.0% 11.3 5 11.3 0.0
8/10 16.5 9.9 22.4 7.4 3.7 100.0% 3.7
10/10 16.5 9.9 0.0 0.0 3.6 100.0% 10.9 5 10.9 0.0
13/10 16.5 9.9 21.0 7.1 3.5 100.0% 3.5
15/10 16.5 9.9 0.0 0.0 3.5 100.0% 10.5 5 10.5 0.0
18/10 16.5 9.9 19.7 6.8 3.4 100.0% 3.4
20/10 16.5 9.9 0.0 0.0 3.3 100.0% 10.1 5 10.1 0.0
23/10 16.5 9.9 18.3 6.6 3.2 100.0% 3.2
26/10 16.5 9.9 0.0 0.0 3.2 100.0% 12.8 6 12.8 0.0
28/10 16.5 9.9 16.9 3.1 3.1 100.0% 3.1
31/10 16.5 9.9 0.0 0.0 3.0 100.0% 12.3 5 12.3 0.0
2/11 16.5 9.9 15.6 3.0 3.0 100.0% 3.0
5/11 16.5 9.9 0.0 0.0 2.9 100.0% 11.9 5 11.9 0.0
7/11 16.5 9.9 14.2 2.9 2.9 100.0% 2.9
10/11 16.5 9.9 0.0 0.0 2.8 100.0% 11.4 5 11.4 0.0
12/11 16.5 9.9 12.9 2.8 2.8 100.0% 2.8
15/11 16.5 9.9 0.0 0.0 2.7 100.0% 11.0 5 11.0 0.0
17/11 16.5 9.9 11.7 2.7 2.7 100.0% 2.7
20/11 16.5 9.9 0.0 0.0 2.6 100.0% 10.6 5 10.6 0.0
22/11 16.5 9.9 10.4 2.6 2.6 100.0% 2.6
25/11 16.5 9.9 0.0 0.0 2.6 100.0% 10.3 5 10.3 0.0

27/11 16.5 9.9 9.3 2.5 2.5 100.0% 2.5
30/11 16.5 9.9 0.0 0.0 2.5 100.0% 10.0 5 10.0 0.0
2/12 16.5 9.9 8.2 2.5 2.5 100.0% 2.5
6/12 16.5 9.9 0.0 0.0 2.4 100.0% 12.1 6 12.1 0.0
7/12 16.5 9.9 7.2 0.0 2.4 100.0% 2.4
11/12 16.5 9.9 0.0 0.0 2.4 100.0% 11.9 5 11.9 0.0
12/12 16.5 9.9 6.3 0.0 2.3 100.0% 2.3
16/12 16.5 9.9 0.0 0.0 2.3 100.0% 11.7 5 11.7 0.0
17/12 16.5 9.9 5.5 0.0 2.3 100.0% 2.3
21/12 16.5 9.9 0.0 0.0 2.3 100.0% 11.5 5 11.5 0.0
22/12 16.5 9.9 4.8 0.0 2.3 100.0% 2.3
26/12 16.5 9.9 0.0 0.0 2.3 100.0% 11.4 5 11.4 0.0
27/12 16.5 9.9 4.2 0.0 2.3 100.0% 2.3
31/12 16.5 9.9 0.0 0.0 2.3 100.0% 11.3 5 11.3 0.0
1/1 16.5 9.9 2.4 0.0 2.4 100.0% 2.4
5/1 16.5 9.9 0.0 0.0 2.5 100.0% 12.2 5 12.2 0.0
6/1 16.5 9.9 2.1 0.0 2.5 100.0% 2.5
9/1 16.5 9.9 0.0 0.0 2.6 100.0% 10.2 4 10.2 0.0
11/1 16.5 9.9 2.0 2.0 2.6 100.0% 3.3
14/1 16.5 9.9 0.0 0.0 2.7 100.0% 11.3 5 11.3 0.0
16/1 16.5 9.9 1.9 1.9 2.7 100.0% 3.6
19/1 16.5 9.9 0.0 0.0 2.8 100.0% 12.0 5 12.0 0.0
21/1 16.5 9.9 1.9 1.9 2.9 100.0% 3.8
24/1 16.5 9.9 0.0 0.0 3.0 100.0% 12.6 5 12.6 0.0
26/1 16.5 9.9 2.0 2.0 3.0 100.0% 4.0
28/1 16.5 9.9 0.0 0.0 3.1 100.0% 10.1 4 10.1 0.0
31/1 16.5 9.9 2.3 2.3 3.2 100.0% 7.1
1/2 16.5 9.9 0.0 0.0 3.2 100.0% 10.3 4 10.3 0.0
5/2 16.5 9.9 2.7 2.7 3.3 100.0% 10.4 4 10.4 0.0
8/2 16.5 9.9 0.0 0.0 3.4 100.0% 10.1 3 10.1 0.0
10/2 16.5 9.9 3.1 3.1 3.4 100.0% 3.7
12/2 16.5 9.9 0.0 0.0 3.5 100.0% 10.7 4 10.7 0.0
15/2 16.5 9.9 3.7 3.7 3.5 100.0% 6.8
16/2 16.5 9.9 0.0 0.0 3.5 100.0% 10.3 4 10.3 0.0
19/2 16.5 9.9 0.0 0.0 3.6 100.0% 10.7 3 10.7 0.0
20/2 16.5 9.9 4.4 0.0 3.6 100.0% 3.6
22/2 16.5 9.9 0.0 0.0 3.6 100.0% 10.8 3 10.8 0.0

25/2 16.5 9.9 5.2 5.2 3.7 100.0% 5.8
27/2 16.5 9.9 0.0 0.0 3.7 100.0% 13.1 5 13.1 0.0
2/3 16.5 9.9 6.1 6.1 3.7 100.0% 5.1
4/3 16.5 9.9 0.0 0.0 3.8 100.0% 12.6 5 12.6 0.0
7/3 16.5 9.9 7.1 7.1 3.8 100.0% 4.2
9/3 16.5 9.9 0.0 0.0 3.8 100.0% 11.8 5 11.8 0.0
12/3 16.5 9.9 8.2 7.6 3.8 100.0% 3.8
14/3 16.5 9.9 0.0 0.0 3.9 100.0% 11.5 5 11.5 0.0
17/3 16.5 9.9 9.3 7.7 3.9 100.0% 3.9
19/3 16.5 9.9 0.0 0.0 3.9 100.0% 11.6 5 11.6 0.0
22/3 16.5 9.9 10.5 7.8 3.9 100.0% 3.9
24/3 16.5 9.9 0.0 0.0 3.9 100.0% 11.7 5 11.7 0.0
27/3 16.5 9.9 11.8 7.8 3.9 100.0% 3.9
29/3 16.5 9.9 0.0 0.0 3.9 100.0% 11.8 5 11.8 0.0
1/4 16.5 9.9 13.1 7.9 3.9 100.0% 3.9
3/4 16.5 9.9 0.0 0.0 3.9 100.0% 11.8 5 11.8 0.0
6/4 16.5 9.9 14.5 7.9 3.9 100.0% 3.9
8/4 16.5 9.9 0.0 0.0 3.9 100.0% 11.8 5 11.8 0.0
11/4 16.5 9.9 15.9 7.9 3.9 100.0% 3.9
13/4 16.5 9.9 0.0 0.0 3.9 100.0% 11.7 5 11.7 0.0
16/4 16.5 9.9 17.3 7.8 3.9 100.0% 3.9
18/4 16.5 9.9 0.0 0.0 3.9 100.0% 11.7 5 11.7 0.0
21/4 16.5 9.9 18.7 7.7 3.9 100.0% 3.9
23/4 16.5 9.9 0.0 0.0 3.8 100.0% 11.6 5 11.6 0.0
26/4 16.5 9.9 20.1 7.7 3.8 100.0% 3.8
28/4 16.5 9.9 0.0 0.0 3.8 100.0% 11.4 5 11.4 0.0
1/5 16.5 9.9 21.5 7.6 3.8 100.0% 3.8
3/5 16.5 9.9 0.0 0.0 3.7 100.0% 11.2 5 11.2 0.0
6/5 16.5 9.9 22.8 7.4 3.7 100.0% 3.7
8/5 16.5 9.9 0.0 0.0 3.7 100.0% 11.0 5 11.0 0.0
11/5 16.5 9.9 24.1 7.3 3.6 100.0% 3.6
13/5 16.5 9.9 0.0 0.0 3.6 100.0% 10.8 5 10.8 0.0

Total 1361.2 388.2 1245.3 100.0% 861.8 0.0 0.0

* Yield Reduction:

- Estimated yield reduction in growth stage # 1 = 0.0%
- Estimated yield reduction in growth stage # 2 = 0.0%
- Estimated yield reduction in growth stage # 3 = 0.0%
- Estimated yield reduction in growth stage # 4 = 0.0%

- Estimated total yield reduction = 0.0%

* These estimates may be used as guidelines and not as actual figures.

* Legend:

TAM = Total Available Moisture = $(FC\% - WP\%) \times \text{Root Depth [mm]}$.

RAM = Readily Available Moisture = $TAM \times P$ [mm].

SMD = Soil Moisture Deficit [mm].

* Notes:

Monthly ETo is distributed using polynomial curve fitting.

Monthly Rainfall is distributed using polynomial curve fitting.

To generate rainfall events, each 5 days of distributed rainfall are accumulated as one storm.

Only NET irrigation requirements are given here. No any kind of losses was taken into account in the calculations.

C:\CROPWATW\REPORTS\ISEGMEZ.TXT

Anexo No4. Áreas dedicadas a los diferentes cultivos en el Banco de Semilla.

Concepto	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Área geográfica total	55,7	55,7	55,7	74,75	74,75	74.75
Área agrícola total	55,7	55,7	55,7	74,75	74,75	74.75
Área dedicada a caña	50,7	50,7	50,7	69,75	69.75	69.75
Área dedicada a cultivos varios para la obtención de semilla.	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00

Anexo No 5.Comportamiento de la temperatura de aire (°C) en la Estación Meteorológica asociada al Banco de Semilla Registrada Elpidio Gómez. Período 1977-2010.

Variable	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Temp. Media	21.5	22.1	23.2	24.6	25.9	26.7	27	26.8	26.4	25.5	24	22.4	24.7
Temp. Máx. Media	27.6	28.6	29.6	31	31.7	32.3	33	32.9	32.1	31.1	29.5	28.2	30.7
Temperatura Mín. Media	16.7	17	18.1	19.4	21.3	22.7	22.7	22.8	22.6	21.7	20	18.1	20.3
Temp. Máx. Absoluta	32.2	33	34.6	35.9	35.4	36.5	36.3	35.8	34.6	34.3	33.5	32	36.5
Día / Año	18-ene-08	23-feb-94	08-mar-03	11-abr-99	06-may-84	17-jun-98	03-jul-92	16-ago-87	03-sep-83	02-oct-98	12-nov-02	15-dic-77	17-jun-98
Temp. Mín. Absoluta	5	4.8	6.8	10	14.8	18.6	19.5	19.5	19.5	14.5	11.3	7.4	4.8
Día / Año	20-ene-77	05-feb-80	03-mar-86	01-abr-03	02-may-92	07-jun-84	19-jul-89	12-ago-84	27-sep-83	27-oct-90	22-nov-06	12-dic-81	05-feb-80

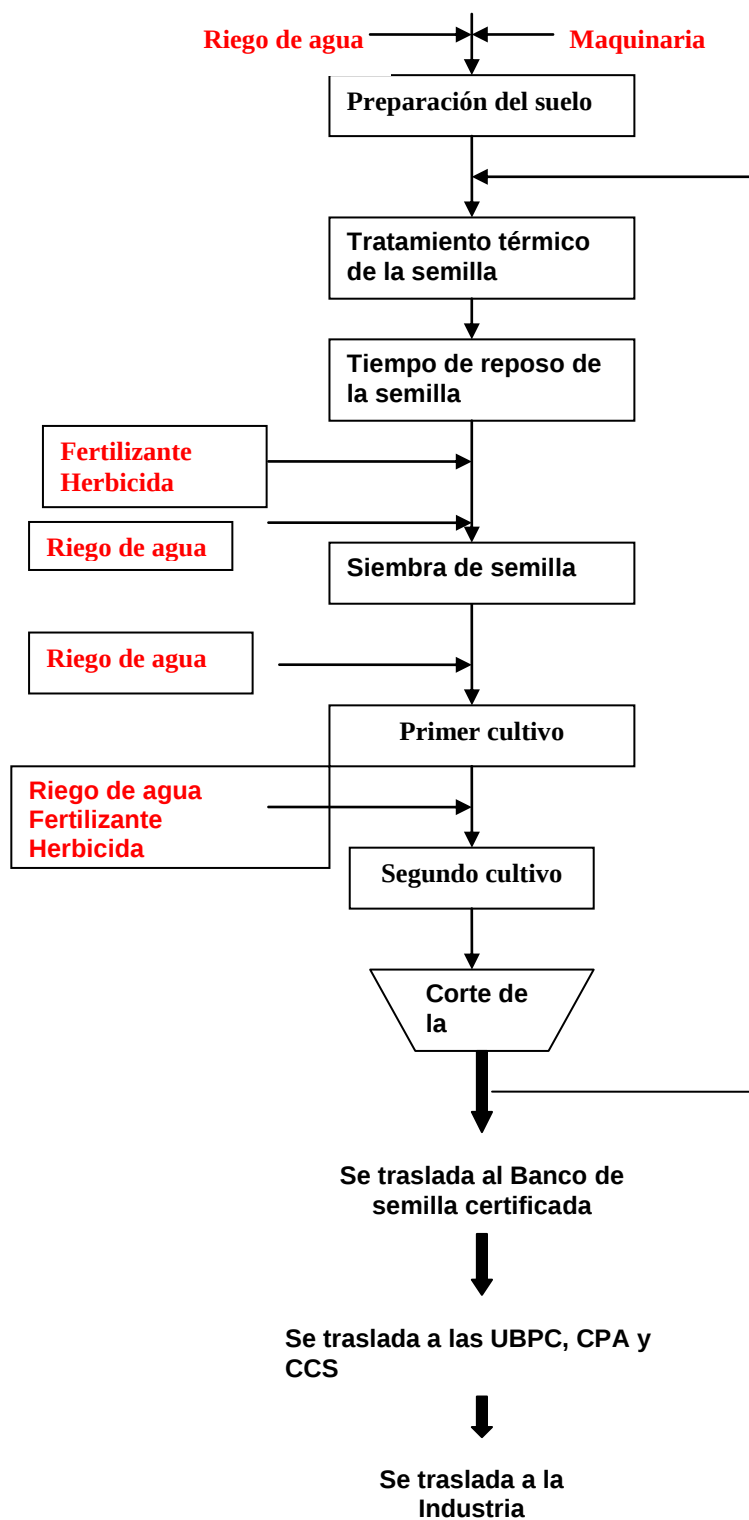
Anexo No 6. Comportamiento de la Humedad Relativa (%) en la Estación Meteorológica asociada al Banco de Semilla Registrada Elpidio Gómez.. Período 1977-2010.

Variable	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Hr Media	75	72	70	69	74	78	77	79	81	81	79	77	76
Hr Media 7:00 am	92	91	89	87	88	89	91	92	94	94	94	93	91
Hr Media 1:00 pm	51	46	46	44	51	57	55	56	59	59	56	54	53

Anexo No7. Comportamiento anual de la Insolación en la Estación Meteorológica asociada al Banco de Semilla Registrada Elpidio Gómez. Período 2007-2012.

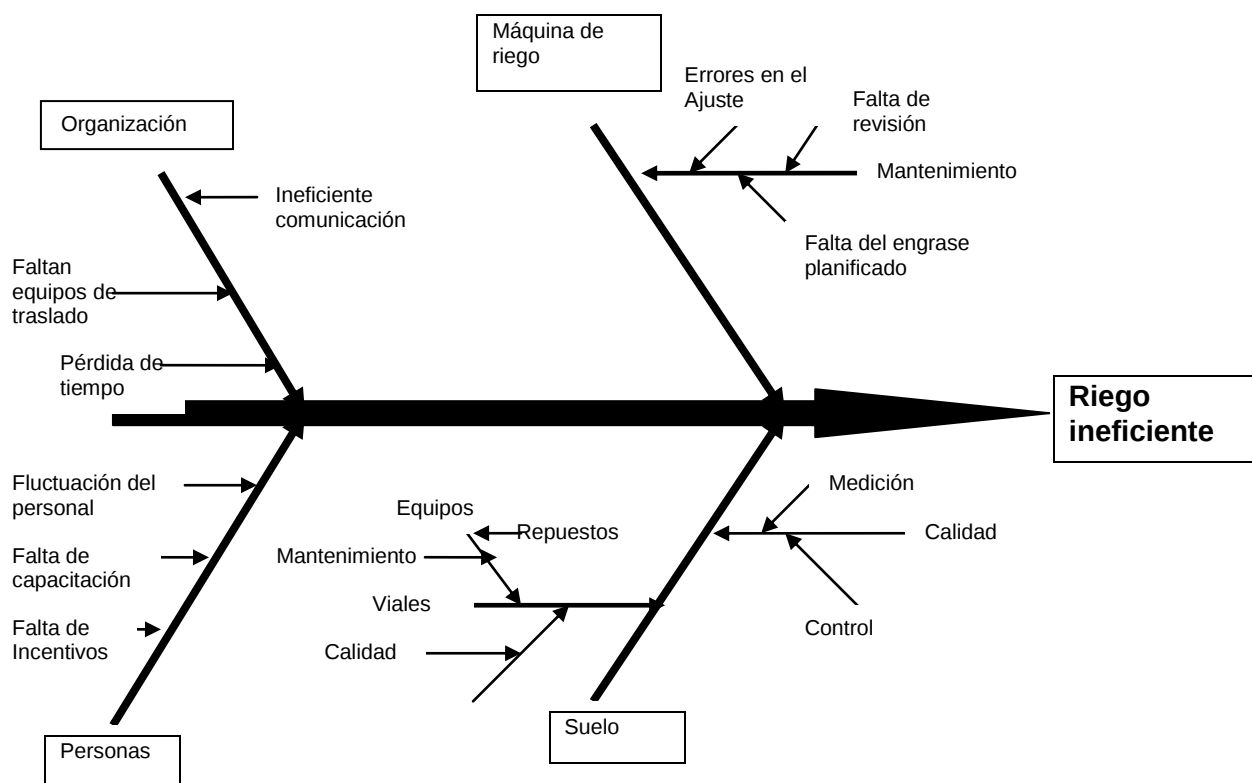
Insolación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Horas Luz	7.8	9.1	9.5	9.7	8.3	7.2	8.6	7.3	7	7.6	7.6	6.7	8.0

Anexo No. 8 Diagrama de flujo del proceso productivo en el Banco de Semilla Registrada.



- Fuente. Elaborado por el autor

Anexo No 9. Diagrama de causa-efecto.



- Fuente. Elaborado por el autor