

UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS

*Facultad de Ciencias Agropecuarias*

*Departamento de Ingeniería Agrícola*



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

### **FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CALIDAD DEL RIEGO DURANTE EL CULTIVO DE MINITUBÉRCULOS DE PAPA**

Autor

Ricardo Moret Domínguez

Tutores

Ing. Yuriel León Silverio

Dr. C. Elvis López Bravo

*Santa Clara 2014*

## PENSAMIENTO

*“En los pueblos que han de vivir de la agricultura, los Gobiernos tiene el deber de enseñar preferentemente el cultivo el cultivo de los campos. Se está cometiendo en el sistema de educación en la América Latina un error gravísimo: en pueblos que viven así por completo de los productos del campo, se educa exclusivamente a los hombres para la vida urbana, y no se le prepara para la vida campesina ”*

*José Martí.*

## DEDICATORIA

*Nuestro señor, por dame la vida y guiarme, protegerme e iluminarme siempre, al llenarme en los momentos de mayor debilidad en la vida*

*Mis padres:*

*Damaris Domínguez Cárdenas y Ricardo Moret Reinaldo con amor por ser lo más grande y sagrado con lo que DIOS me ha bendecido, por sus consejos, por su apoyo, por la paciencia que me han demostrado en cada momento, por ser los pilares en los que se ha cimentado mi vida desde el día de mi nacimiento, los llevo siempre en mi corazón y en mis pensamientos.*

*Mis hermanas:*

*Marta María Moret, y en especial a Dianelys Caridad Moret Domínguez, porque de una forma única me demostró su apoyo, siendo cuando lo necesité mi amiga y mi rumbo, gracias por creer en mí y a la vez cuidarme, DIOS los bendiga.*

*Mi familia:*

*Por el afecto que siempre me han demostrado, y los bellos momentos que permanecen en mi mente.*

*Mis amigos:*

*A mis amigos de escuela y del barrio, por su cariño y apoyo demostrado día a día desde el momento en que DIOS los colocó en mi vida.*

## AGRADECIMIENTOS

*Mis más profundos agradecimientos:*

*De manera general a todas aquellas personas que me ayudaron en el desarrollo, y demás fases del presente Trabajo de Diploma.*

*A mis compañeros de aula, mis profesores, amigos y todos los trabajadores de la facultad (especialmente el departamento de Ingeniería Agrícola) con quienes hemos compartidos durante todos estos años.*

*A los trabajadores del Instituto Biotecnológico de las Plantas (IBP) y a los del Centro de investigaciones Agropecuaria*

*Especialmente a mi tutores el Ing. Yuriel León Silverio y Dr. C. Elvis López Bravo por su papel como tutor y amigos. Por haber estado dispuesto a atender cualquier duda en el momento más difícil.*

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Instituto Biotecnológico de las Plantas (IBP) ubicado en el municipio de Santa Clara, provincia Villa Clara en el período comprendido entre enero del 2014 y abril del 2014. EL mismo tiene como objetivo determinar la influencia de los principales factores agrometeorológicos en la calidad del riego así como el régimen empleado durante el cultivo de minitubérculos de papa en casas de cultivo. Dentro de los parámetros se analizaron la humedad relativa, la temperatura, la presión atmosférica y la velocidad del viento sobre el descenso de la humedad del sustrato y el crecimiento de las plantas. Los principales resultados muestran que la uniformidad del riego se afecta en la zona central de los extremos de la parcela. Existe además un sobrieriego durante la etapa inicial y final del cultivo y una ligera reducción durante el crecimiento del mismo.

## ABSTRACT

This work was performed at the Plant Biotechnology Institute (IBP) located in the town of Santa Clara, Villa Clara province in the period between January 2014 and April 2014. It is aimed to determine the influence of the main agrometeorological factors on the quality of irrigation and the regimen used during cultivation of potato minituber in green-houses conditions. Within the parameters under study are relative humidity, temperature, pressure, wind speed and atmospheric pressure on the decrease in humidity of the substrate and the growth of plants. The main results show that the uniformity of irrigation affects the central end of the parcel. There is also an over-irrigation during the initial and final stage of the crop and a slight reduction in growth period.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	10
Objetivo General .....	12
CAPÍTULO 1	
ESTADO ACTUAL DEL DE TEMA.....	14
1.1 Principales sistemas de riego en casas de cultivo .....	14
1.2 Sistemas de riego por nebulización .....	15
1.3 Exigencias del riego en plantaciones de minitubérculos de papa. ....	16
1.4 Principales indicadores de la calidad del riego.....	18
1.5 Etapas en el desarrollo de la planta de papa .....	18
1.6 Evaluación de la uniformidad del riego .....	20
CAPÍTULO 2	
MATERIALES Y MÉTODOS .....	23
2.1 Descripción de las condiciones experimentales.....	23
2.1.1 Características del sustrato .....	23
2.1.2 Características del sistema de riego.....	24
2.1.3 Variedad de papa empleada.....	25
2.1.4 Características de la casa de cultivo.....	25
2.2 Metodología para el muestreo .....	26
CAPÍTULO 3	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
3.1. Análisis de la uniformidad del riego.....	29
3.2. Comportamiento de la humedad del suelo entre intervalos de riego .....	31
3.3 Variación de la temperatura y la humedad relativa .....	32

3.4 Efecto de la presión atmosférica y la velocidad del viento .....	33
3.5. Comportamiento del riego durante el ciclo .....	34
CONCLUSIONES.....	38
RECOMENDACIONES .....	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42

# INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN

En el cultivo de la papa se han identificado numerosas exigencias referentes al manejo del riego, principalmente por su efecto en la productividad. Las precipitaciones sólo aportan el 20% de la lluvia total del año y de forma irregular. La máxima demanda de agua debe estar concentrada en las fases de tuberización y engrose del tubérculo. Para implementar los sistemas de riego se debe contar con la cantidad de agua suficiente de la calidad requerida y que garantice entre los 5000 y 8000 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>. Con este objetivo en Cuba se emplean diversas tecnologías de riego para garantizar los parámetros adecuados de calidad durante la producción de papa (Pacheco, 2013). No obstante, es aún insuficiente la relación entre las áreas potencialmente cultivables y la cantidad de agua disponible, haciéndose necesario la introducción de nuevas tecnologías que permitan hacer un uso eficiente del recurso agua, cada vez más escaso en muchas zonas agrícolas (Alonso y Pacheco, 2006).

Un alto porcentaje de las áreas cultivadas se encuentra en zonas áridas o semiáridas, para las cuales la irrigación tiene gran importancia por su influencia en los rendimientos. En Cuba, aunque el total de precipitaciones anuales pueden considerarse aceptable, su distribución es irregular y provoca largos períodos de seca y un bajo aprovechamiento en los períodos de intensas lluvias (Deloye y Rebour, 1967). Un riego eficiente es aquel capaz de aplicar el agua a los cultivos en la cantidad necesaria, de acuerdo a las condiciones de clima y suelo del lugar en cuestión, en el momento oportuno, dejando un contenido de humedad en el

suelo suficiente con una distribución homogénea para todas las plantas de la parcela regada. Para humedecer correctamente un suelo, será fundamental conocer cómo se comporta el agua; cómo se mueve, cómo se almacena, cómo la planta la absorbe y cuáles son las pérdidas que se producen (Luebs, 1968). Sin embargo, el equilibrio conseguido entre las necesidades y los recursos del agua es muy inestable, cualquier error en la ejecución de los riegos tiende a crear insuficiencia o exceso de humedad, cuyas consecuencias son indeseables (Deloye y Rebour, 1967).

Los bajos rendimientos que como promedio se han alcanzado en la producción de papa, además del poco desarrollo vegetativo que generalmente se ha observado en este cultivo han conllevado a la interrogante sobre la posible influencia del efecto tóxico presentes en el agua de riego, esta hipótesis se sustenta en la consideración de que la tecnología de riego empleada conlleva a la aplicación del agua sobre el follaje y que dadas las características de suelo el número de riegos que se aplica a los cultivos es necesariamente alto, así como a la necesidad de regar durante el día cuando los estomas están abiertos para poder cumplir el ciclo de riego previsto (Bonet, 2013).

Entre los problemas que ha presentado la producción de minitubérculos en casas de cultivos, a partir de plantas propagadas in vitro, se encuentra la poca uniformidad de crecimiento de las poblaciones, la necesidad de un mayor rigor en las atenciones culturales, el bajo e inestable rendimiento y la baja calidad de los tubérculos producidos (Jiménez y Agramonte, 2005). También contribuyen a las limitaciones productivas en casas de cultivo la aplicación de esquemas de fertirrigación con formulaciones comerciales y recomendaciones estandarizadas, o sea, para todo tipo de suelo y agua de riego. Son una limitante además la variación de los factores agrometeorológicos que afectan la calidad del riego (Moreno, 2002).

**Objeto de estudio:**

El riego en casas de cultivo.

**Problema Científico:**

¿Es posible determinar cómo influyen los parámetros agrometeorológicos y el régimen de riego durante la producción de minitubérculos de papa?

**Hipótesis:**

La calidad del riego en casas de cultivo puede estar afectada por la influencia de de parámetros agrometeorológicos y el régimen de riego durante la producción de minitubérculos de papa.

**Objetivo General:**

Determinar la influencia de los principales factores agrometeorológicos y el régimen de riego en la calidad del mismo durante el cultivo de minitubérculos de papa en casas de cultivo.

**Objetivos específicos**

1. Caracterizar las condiciones de producción y la tecnología de riego empleada para la producción de minitubérculos de papa.
2. Determinar las variaciones de uniformidad en el riego mediante el sistema de nebulizadores.
3. Determinar la influencia de la presión atmosférica, humedad relativa, temperatura y velocidad del viento sobre el descenso de la humedad del sustrato.
4. Evaluar la planificación del riego a partir de la entrega de las necesidades hídricas del cultivo durante el ciclo de producción.

ESTADO ACTUAL DEL DE TEMA

# CAPÍTULO 1

## ESTADO ACTUAL DEL DE TEMA

### **1.1 Principales sistemas de riego en casas de cultivo**

Las casas de cultivo se emplean fundamentalmente para la producción intensiva de productos agrícolas con un vertiginoso crecimiento en la modalidad de horticultura. Estos han cobrado un notable auge y difusión desde la década de los noventa debido a la necesidad imperiosa de producir vegetales frescos en lugares y épocas del año. El cultivo protegido además se emplea como método para garantizar las semillas a partir de producción in vitro como en el cultivo de minitubérculos de papa (Montserrat, 2012). Entre los sistemas de riego empleados se encuentran los sistemas de riego miniaspesores. Este sistema está creado para todo tipo de cultivos en invernaderos, con la posibilidad de obtener precipitaciones muy diversas. El más utilizado en invernaderos es la modalidad de miniaspersión invertida (con contrapeso), por su excelente relación precio y calidad. (Pizarro, 2014). Otro de los sistemas es el de tren de riego el cual consiste en una rampa de riego regulable en las alturas, que se desplaza sobre un carro, motor o tractor que discurre sobre un perfil o guía, llevando consigo la tubería o manguera de conducción de agua, originando un circuito de ida y vuelta, distribuida en la rampa (a unos 50 cm de distancia entre ellos), se sitúan las boquillas pulverizadores, que proporciona una alta uniformidad. Su particularidad de diseño permite el riego de forma discontinua a lo largo de su recorrido, pudiendo definirse en diversa zona así como el número de riegos, dentro de un mismo trayecto (Cun, 2012).

Se emplea además el sistema de riego localizado. Este sistema humedece una parte del sus suelo, donde la planta podrá obtener el agua y los nutrientes que necesita. Disminuyen la asfixia radicular y el desarrollo de enfermedades vasculares y facilita el control de las malas hierbas, reduciendo su aparición en las zonas húmedas (Pizarro, 2014).

En ocasiones se usas el sistema de riego por manguera el cual es el sistema tradicional de riego manual, todavía útil y necesario en cualquier vivero. Su utilidad abarca todas aquellas situaciones de deficiencia que se producen en el día a día, como son el efecto borde (zonas en los extremos de ceras de pasillos paredes laterales o frontales del invernadero, afectadas por mayor evaporación) (Mesa, 2013).

Entre los más empleados está el sistema de riego por goteo, el mismo fue concebido en una primera versión con un lateral por hilera de plantas, separadas a 0,40 m entre emisores y 1,00 m entre laterales. En este sistema se agrego otro lateral, llegando a ser dos canteros con una sola hilera de plantas al centro. La separación entre emisores es de 0,40 m y entre lateral 0,30 m. Este cambio se realiza para lograr mayor pluviometría, disminuyendo así la distancia entre planta por metro cuadrado y por lo tanto aumentar los rendimientos (Ruiz y Rodrigo, 2011).

## **1.2 Sistemas de riego por nebulización**

Un sistema de rociadores de neblina produce una pulverización muy fina o rocío sobre las plantas. Los invernaderos, casa o túnel de polietileno lo pueden utilizar como sistema aéreo o como un banco de nebulización. Existen diferentes tipos de nebulizadores, el sistema de riego por nebulizadores a utilizar, dependerá de las necesidades del cultivo, el tamaño de la casa de polietileno y las condiciones de crecimiento en el área cultivada (Roque, 2010).

Los sistemas de nebulización aéreos, se instalan los aspersores en forma de línea en el techo de la estructura de la casa de polietileno y estos riegan en forma de lluvia a las plantas. Este tipo de sistema de riego es fácil de automatizar y produce una alta humedad la cual permite crecimiento de los cultivos. Para obtener una

mejor cobertura, espacia los aspersores superiores alrededor del 50 a 60 por ciento del diámetro de regado del aspersor (Franco, 2011).

Los diferentes nebulizadores se adaptan bien a las plantas que deben mantenerse húmedas, tales como las plantas de semillero y a la reducción de las temperaturas en una casa de polietileno. El riego se utiliza comúnmente para la propagación y para el cultivo de plantas tropicales que requieren humedad constante. Algunos sistemas de riego también pueden ser utilizados para rociar fertilizantes de manera uniforme y finamente. Los fertilizantes aplicados de esta manera se absorben más fácilmente en las plantas que los fertilizantes aplicados en el suelo. Permittedole variar la humedad dentro de la casa de polietileno; los sistemas de riego también permiten variar la temperatura y controlar las condiciones de crecimiento. (Reynoso, 2011).

Puede ser fácil sobre regar con cualquier tipo de sistema de nebulización. Para evitar esto, se puede utilizar un temporizador para apagar y encender el riego. Las boquillas de nebulización tienen agujeros muy finos que se pueden obstruir si tienes agua dura. La nebulización también funciona mejor si tu casa de polietileno está completamente cerrada, ya que una brisa puede interrumpir el fino rocío y causar que algunas áreas permanezcan secas. La nebulización puede no ser adecuada para todos los tipos de plantas, así que si tu invernadero contiene muchos tipos diferentes de plantas, con diferentes tolerancias al agua, es posible que se necesite regar cada tipo de planta individualmente, o utilizar bancos individuales, en lugar de utilizar un sistema de riego aéreo (Maglof, 2012).

### **1.3 Exigencias del riego en plantaciones de minitubérculos de papa**

Es prescindible efectuar un riego humedecido, tres o cuatro días ante la siembra para reducir los daños mecánicos en la colocación de semilla del tubérculo, además para crear un ambiente fresco y húmedo que evite su deshidratación y facilitar así un rápido brote. La norma parcial neta a aplicar será entre 250 y 400  $m^3 \cdot h^{-1}$  en dependencia del grado de humedad existente al suelo (Salomón y Manso, 2000).

El primer riego de la siembra deberá hacerse entre uno y tres días de efectuada, antes que se pierda la humedad del suelo, cuidando de que no se produzca

excesos de humedad que puedan ocasionar pérdidas por la producción de la semilla. Los sucesivos riegos hasta el día 15 después de la siembra, deberán manejarse según la humedad retenida por el suelo, teniendo en cuenta el tipo de semilla, picada o entera, la variedad o procedencia. Este intervalo debe de oscilar si no llueve, entre los cuatro y seis días. Las decisiones tomadas para el manejo del riego en este período y en el resto del ciclo del cultivo serán controladas siempre por el jefe de cultivo, productor responsable y sanidad vegetal de la producción (Alemán y González, 1999).

A partir de los 16 días de sembrada y hasta los 30 días se comenzará el régimen de riego que corresponde. Durante esta etapa la profundidad a humedecer será de 25 cm y los intervalos de riego podrán oscilar entre los cuatro y cinco días, en dependencia de las variaciones climáticas (Rollan, 1984).

Cuando el tubérculo comienza a formarse, la norma neta a aplicar en esta fase se debe humedecer a una profundidad de 30 cm. Los intervalos entre riego serán entre cuatro y cinco días, destacando la posibilidad de que estos intervalos se reduzcan a tres días debido a un aumento de la evaporación. Transcurrido dos meses se deberán realizar con cuidado, para evitar pudriciones de los tubérculos y el tallo, sin dejar de suministrar el agua con la frecuencia y cantidad necesaria. Se regara hasta llegar a los 30 cm de profundidad con un intervalo de cuatro a cinco días. Se tomará precaución 15 días antes de la cosecha, evitando las pudriciones, por lo que se realizaran riegos entre cinco y siete días (Tarjuelos, 1992).

Si el tubérculo se tomara para semilla, se eliminará el riego a los 65 días después de la siembra para lograr menor tamaño, mayor consistencia y solidez de tubérculo. Al ser un cultivo muy sensible pasado a los treinta días, se afectan significativamente los rendimientos, por lo que las labores culturales han de organizarse dependiendo a la exigencia del cultivo. De producirse un atraso, es necesario incrementar el horario y la norma de riego en el próximo ciclo, hasta que se restablezca la humedad óptima del suelo (Carrión y Tarjuelo, 1994).

Para determinar la frecuencia de riego de la papa es necesario tener en cuenta el tipo de suelo. Los suelos arenosos o de textura gruesas requieren riego más

frecuentes y con menos agua que los suelos arcillosos (gredosos) o de texturas finas. También tenemos que tener en cuenta la necesidad de agua del cultivo que va a depender por un lado del estado de desarrollo del cultivo y de las condiciones propias del clima. Al inicio del crecimiento cultivo mientras que el follaje de la papa no esté completamente desarrollado los riegos pueden ser menos frecuentes en cuanto el suelo está completamente cubierto por el follaje. Con relación al clima los riegos deben ser más frecuentes en días calurosos con baja humedad relativa y con viento, que en días con las características contrarias mencionadas (Varas, 2012).

#### **1.4 Principales indicadores de la calidad del riego**

La papa es bastante susceptible a la sal en los suelos o en el agua de riego. Esto es más marcado en los suelos pesados. Las sales son más fácilmente lavadas y eliminadas de los suelos arenosos. El riego con agua que contiene sal en exceso puede quemar el follaje. Entre los aniones Cl, SO<sub>4</sub>, y CO<sub>3</sub>, el Cl es el más fitotóxico. El catión Na<sup>+</sup> influye negativamente en la estructura del suelo. Un contenido de 4g de NaCl en un litro de agua puede causar hasta 50% de reducción del rendimiento. Cuando el contenido de sal en el suelo o en el agua es alto, el límite de sequía es alcanzado más rápidamente. No se debe dejar que el suelo se seque en condiciones normales sin presencia de sales. La salinidad del suelo puede reducirse mediante el lavado con agua de riego que no contenga sales, lo cual, debe anteceder varios meses a la plantación de la papa por ser este un proceso lento muy influenciado por la conductividad hidráulica del suelo (Haverkort, 1982)

#### **1.5 Etapas en el desarrollo de la planta de papa**

Del punto de vista del destino o uso de los asimilados disponibles para el crecimiento podemos distinguir tres etapas bien diferenciadas en el ciclo del cultivo de papa

Primera etapa: Va desde la plantación hasta el inicio de la tuberización. En esta etapa los asimilados se destinan al crecimiento de hojas, tallos, raíces y al final de la etapa a la formación de estolones. Desde la plantación y hasta que cada planta

tiene de 200-300 cm<sup>2</sup> de área foliar la fuente principal de los nutrientes asimilados son los almacenados en el tubérculo semilla (Aldabe y Dogliotti, 2010).

Segunda etapa: Comienza con el inicio de la tuberización hasta el fin del crecimiento del follaje. En esta etapa los nutrientes asimilados disponibles se comparten entre el crecimiento del área foliar y el crecimiento de los tubérculos y estolones (Fig. 1.1). A lo largo de esta segunda etapa, en la medida que se inician cada vez más tubérculos y estos aumentan su fuerza, una porción creciente de los nutrientes asimilados disponibles se destinan al crecimiento del follaje. Primero se detiene la ramificación y la aparición de hojas nuevas y al final de la etapa cesa totalmente el crecimiento del follaje (Mathews, 2000).

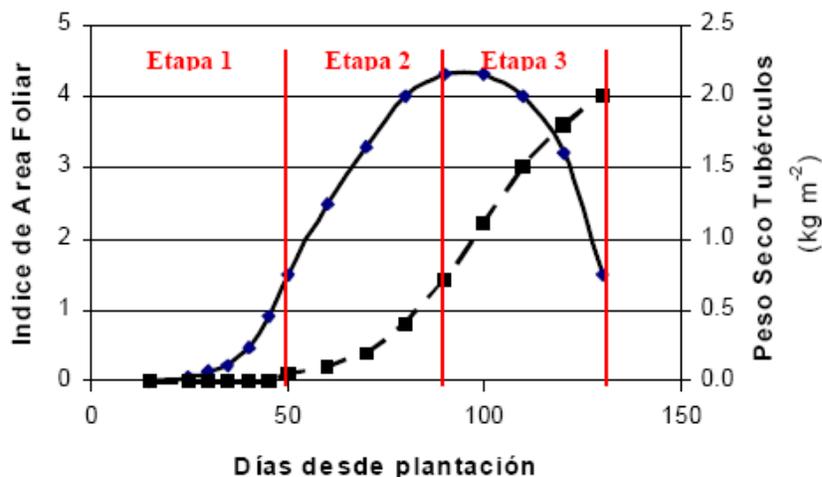


Figura 1.1 Índice del crecimiento de la planta por días.

Entre los problemas que ha presentado la producción de minitubérculos en casas de cultivos, a partir de plantas propagadas in vitro, se encuentra la poca uniformidad de crecimiento de las poblaciones, la necesidad de un mayor rigor en las atenciones culturales, el bajo e inestable rendimiento y la baja calidad de los tubérculos producidos (Jiménez y Agramonte, 2005)

Otras cuestiones que también contribuyen al mal funcionamiento de las instalaciones de cultivo protegido es la aplicación de esquemas de fertirrigación que cuenta con formulaciones comerciales procedentes de diferentes firmas, las

recomendaciones que se proponen para cada cultivo y época del año son estandarizados, o sea, para todo tipo de suelo y agua de riego (Moreno, 2002).

Tercera etapa: Parte desde el fin del crecimiento del follaje hasta el fin del crecimiento del cultivo. El final del crecimiento del cultivo ocurre por la senescencia del follaje. El área foliar en esta etapa empieza a disminuir porque no hay desarrollo de hojas nuevas, las hojas más viejas van muriendo y el área foliar en su conjunto va gradualmente bajando su eficiencia fotosintética hasta que esta no es suficiente para mantener el crecimiento de los tubérculos. En esta etapa, todos los nutrientes asimilados disponibles se destinan al crecimiento de los tubérculos (Jiménez y Agramonte, 2005).

### **1.6 Evaluación de la uniformidad del riego**

El objeto de esta evaluación es conocer si el agua de riego se está aplicando de manera uniforme ya que una baja uniformidad implica la existencia de zonas de suelo con exceso de agua y otras con escasez, o bien la necesidad de aplicar agua en exceso para que las zonas que reciben menos cantidad estén suficientemente abastecidas (Ajete y Quintana, 2011).

Para evaluar la uniformidad de un sistema de riego por aspersión, el primer paso es elegir la zona a evaluar. Deberá ser representativa del sistema en cuanto a características de los aspersores, marco de riego, número de boquillas y diámetro. También debe tener una presión cercana a la media (lo que ocurre a un tercio del inicio de los ramales de aspersión si existe pendiente o es reducida) o a la mínima (lo que se produce al final de los ramales si la pendiente es nula o ascendente) (Cun, 2012).

Para determinar el reparto de agua de los aspersores (pluviosidad) se coloca una red de pluviómetros formando una malla de 3 x 3 metros entre dos ramales, que recogerán agua de seis aspersores. Como vaso podrá utilizarse cualquier recipiente que tenga al menos 12 cm de diámetro y borde agudo sin deformaciones. Los vasos se instalarán sobre el suelo cuando el cultivo no altere

la lluvia de los aspersores y justo sobre el cultivo en caso contrario (Agricultura, 2009).

Si la parcela se riega con un único ramal porta aspersor, los vasos se colocan a ambos lados del ramal y se sumarán los volúmenes recogidos en los colocados a cada lado. Se comenzará a regar, el tiempo de riego será como mínimo de 90 minutos. Cuando finalice la evaluación, se dejará de regar y se medirá el volumen recogido en cada vaso con ayuda de una probeta (Howell y Phence, 2002). La uniformidad dependerá también del viento y de las condiciones atmosféricas, por lo que será necesario anotar la temperatura y, aunque sea sólo aproximadamente, la dirección y velocidad del viento, así como el día y la hora en que se realizó la evaluación (Pacheco y Pacheco, 2004).

## MATERIALES Y MÉTODOS

## CAPÍTULO 2

# MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Descripción de las condiciones experimentales

El trabajo se realizó en el Instituto Biotecnológico de las Plantas entre los meses de enero y abril en la casa de cultivo # 3. La misma está ubicada en la Carretera a Camajuaní Km 5½ Villa Clara.

#### 2.1.1 Características del sustrato

El suelo de la parcela experimental está clasificado como sustrato de zeolita 100% (Fig. 2.1), con un rango de 3.0 - 4.0 mm de granulometría. Su composición química (%) es de:  $\text{SiO}_2 = 66.2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 11.2$ ,  $\text{TiO}_2 = 0.5$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0.3$ ,  $\text{MgO} = 0.6$ ,  $\text{CaO} = 4.5$ ,  $\text{K}_2\text{O} = 1.3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5 = 0.07$ .



Figura 2.1 Zeolita empleada como sustrato.

Este mineral es de origen natural y presenta excelentes propiedades físicas, puede lograr la disminución de pH y mejorar la capacidad de intercambio iónico del sustrato (Febles y Ruíz, 2011).

### **2.1.2 Características del sistema de riego**

Para el estudio se empleó un sistema de riego por nebulizadores modelo Hadar 7110 el cual es apropiado para el riego en la germinación de plántulas de minitubérculos (Fig. 2.2). El sistema se instaló en una tubería de polietileno de 16 mm de alta resistencia. El agua al sistema se suministra mediante una motobomba de 4,8 KW y 3 200 rpm a un caudal de 200 L/min.



Figura 2.2 Sistema de riego por nebulizadorme

El presente estudio mantuvo el régimen de riego empleado en la instalación para el cultivo de minitubérculos de papa. El mismo se caracteriza por intervalos de riego de 48 horas hasta alcanzar el 90% de humedad, la cual se define como la capacidad de campo de la zeolita empleada.

### **2.1.3 Variedad de papa empleada**

La variedad de papa empleada se denomina Yara y fue obtenida por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). La misma fue propagada por métodos biotecnológicos en el IBP, esta variedad posee rendimientos superiores a las 32 t/ha, con más del 90 % clasificada como comercializable. Esta variedad presenta un buen desarrollo foliar, su altura media es de 0,50 a 0,60 m, presenta un color verde oscuro en sus hojas, sus flores son pocas y son de color blanco. Su período vegetativo es precoz de 80 a 85 días (Ordex, 2013).

### **2.1.4 Características de la casa de cultivo**

La casa de cultivo cuenta con un techo único inclinado en ángulos que variaban entre 5° y 15° (Fig. 2.3), orientados en sentido este-oeste y con presentación del techo hacia la posición este-oeste para el hemisferio sur-norte. El acoplamiento lateral de este tipo de invernaderos se conoce como casas de dientes de sierra. Para evacuar el agua de precipitación se emplea una inclinación en las zonas de recogida desde la mitad hacia ambos extremos.



Figura 2.3 Casa de cultivo.

La instalación cuentan con 40 m de largo y 56 m de ancho, el ancho del túnel es de 8.0 m, la altura a canaleta es de 4.50 m y una altura máxima de 7.20 m, posee una abertura ventila cenital de 2.00 m, además tiene una capacidad de

carga de cultivo de 30 a 40 kg/m<sup>2</sup>. La instalación posee una resistencia al viento de 120 a 130 Km/h, sus columnas son de acero galvanizado de 2 mm de espesor y las mallas empleadas son antiácidas (Camejo y Lorenzo, 2013).

## 2.2 Metodología para el muestreo

Las muestras para la determinación de la humedad del suelo se tomaron en 8 puntos de la parcela (Figura 2.4), con tres replicas cada una. Las muestras se tomaron en intervalos de 8 horas, comenzando después del riego y hasta las siguientes 48 horas, momento en que se repite el riego. Estas 8 mediciones de efectuaron cada 18 días en todo el período vegetativo de los minitubérculos.

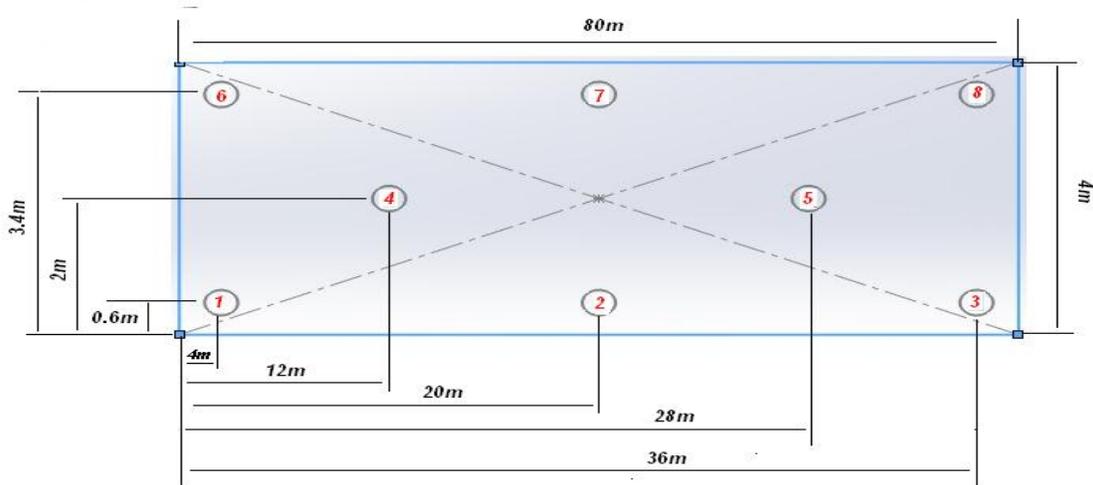


Figura 2.4. Distribución de las muestras.

Las muestras de suelo se tomaron a una profundidad de 5 cm, se colocaron en cápsulas taradas independientes con número de identificación. Las cápsulas identificadas se llevaron al laboratorio donde se pesaron antes y después de secarse durante 10 horas a 105 °C en la estufa alcanzando un peso constante. Posteriormente se calcula el por ciento de humedad sobre la base del peso de suelo seco por la expresión siguiente:

$$\%hbss = \frac{psh - pss}{ss} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

Hbss = humedad base suelo seco en %;  
Psh = peso de suelo húmedo en gramos;  
Pss = peso de suelo seco en gramos.

En cada una de las mediciones efectuadas se midieron además la presión atmosférica, la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento por medio de una Miniestación Meteorológica (Fig. 2.5) modelo MT306.

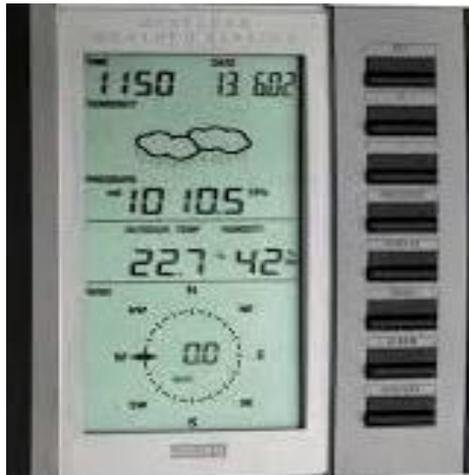


Figura 2.5 Miniestación Meteorológica

Para el procesamiento estadístico y el manejo de los datos recolectados se utilizó, el programa Microsoft Excel y el MathLab. El paquete estadístico Statgraphics se empleó para aplicar métodos de correlación y dependencia de las variables morfológicas y agrometeorológicas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## CAPÍTULO 3

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis de la uniformidad del riego.

La uniformidad del riego se determinó mediante la medición de la humedad alcanzada en el sustrato después de realizarse el riego, las muestras analizadas se distribuyeron según muestra la fig. 3.1. Como resultado, la humedad promedio entre las muestras varía en un rango de 95.6% a 87.2%.

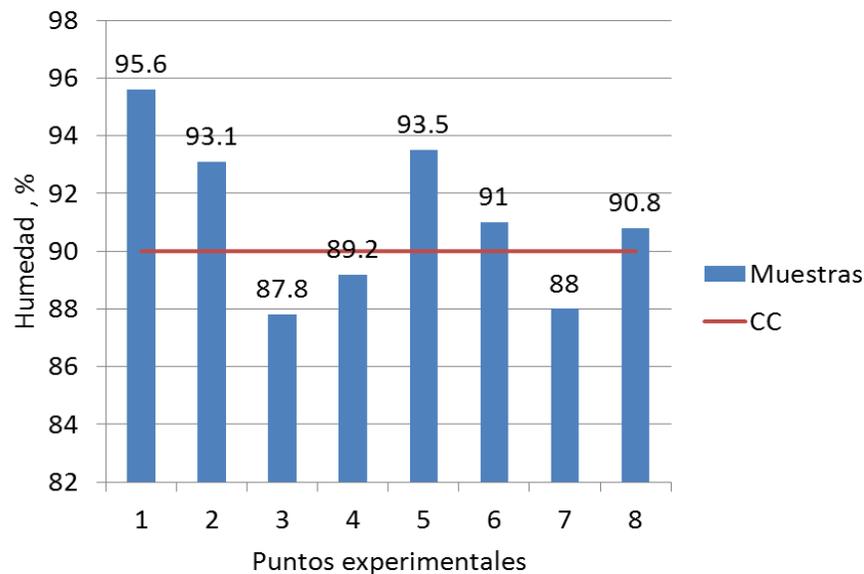


Figura 3.1. Variación de la humedad en la parcela experimental.

El valor medio de humedad para la parcela es de 90.9% lo que a pesar de no ser un valor constante para cada uno de los puntos medidos se encuentra próximo al 90% de la capacidad de campo establecida para la zeolita como medio de cultivo (Camejo B., 2013). Asimismo se obtuvo un error estándar de las mediciones de 2.6% respecto a la media.

La variación espacial de la uniformidad del riego se muestra en la Figura 3.2, en la misma se destaca que los valores máximos se obtuvieron en las zonas centrales en ambos extremos de la parcela mientras el centro de la parcela resultó ser la menos regada. No obstante, considerando el 90% como capacidad de campo podemos establecer que los extremos resultaron sobreirrigados.

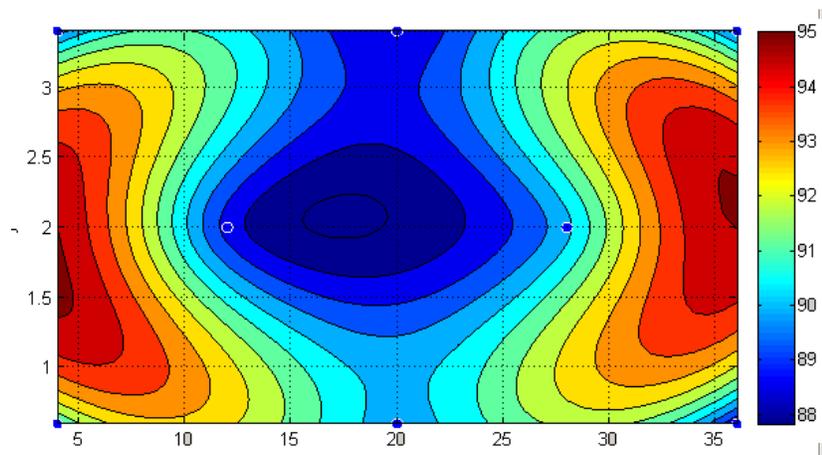


Figura 3.2. Variabilidad de la uniformidad de riego.

La causa de tal distribución se puede encontrar en las diferencias de caudal de los aspersores empleados y la tendencia al escurrimiento del agua por ligeras desviaciones del nivel. Trabajos similares en casas de cultivo empleando sistemas por goteo reflejan que la uniformidad experimenta variaciones hasta un 5% a pesar de lograr una adecuada nivelación (Ajete, 2013), de igual modo el caudal de los aspersores puede tener una determinada variación lo que debe ser controlada mediante el aumento de la presión en las secciones de la tubería.

### 3.2. Comportamiento de la humedad del suelo entre intervalos de riego

En la figura 3.3 se muestra el comportamiento exponencial de la humedad del suelo después de aplicar el riego obtenidos en a un intervalo de 8 horas a partir del riego y durante las restantes 48 horas que duró el intervalo, para ello se tomaron los valores promedio de cada una de las seis mediciones efectuadas durante el ciclo vegetativo de la planta. Este resultados coinciden con estudios realizados en suelos de diferentes clasificaciones (Rollan, 1984) y reflejan la pérdida de la humedad por conceptos de infiltración, escorrentía y evapotranspiración. Como muestra la figura, el promedio de 96% de humedad sobrepasa la capacidad de campo establecida. Asimismo los valores mínimos se obtuvieron a las 48 horas con valores de 10.5% de humedad los cuales resultan inferiores a los prescritos según las investigaciones realizadas por (Roque, 2010) donde la humedad mínima no debe disminuir de 20% por peligro al estrés hídrico, no obstante trabajos realizados sugieren determinados períodos cortos de valores bajos de humedad para favorecer el crecimiento radicular (Peralta, 2005).

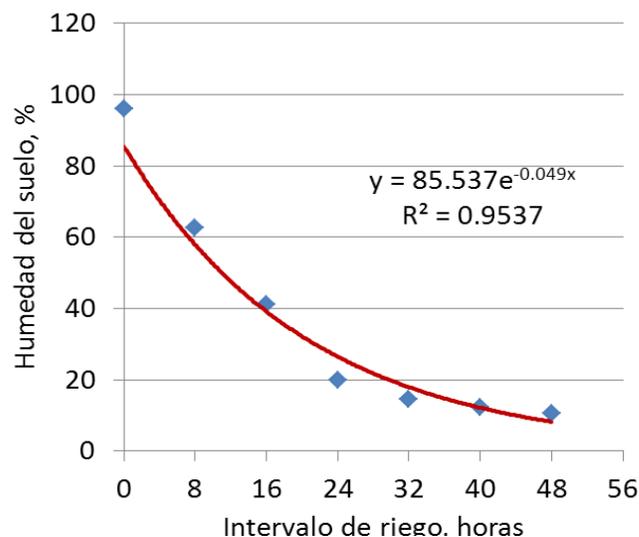


Figura 3.3. Variación promedio de la humedad durante intervalos de riego.

Como muestra la gráfica, la tasa de decrecimiento de la humedad es menor en las últimas 24 horas, lo que posibilita un mantenimiento durante este tiempo con bajos valores, para este tiempo solamente la planta se expone 12 horas al sol como promedio lo que posibilita su sustento hasta el próximo riego que se realiza

en horas de la mañana. La combinación entre las humedades más bajas con el riego posterior evitando la mencionada deshidratación de la planta.

### 3.3 Variación de la temperatura y la humedad relativa

Los valores promedios de la temperatura del aire y la humedad relativa obtenidos en las mediciones realizadas muestran una variación de las mismas relacionadas a con el momento en que se toman (Fig. 3.4). Las temperaturas máximas coinciden con las mediciones realizadas en las 16:00 horas de cada día, las que se encuentran superiores a 30°C, por su parte, las menores temperaturas pertenecen a los horarios de las madrugadas las que decrecen hasta los 22°C. La diferencia entre estos valores se considera adecuado para esta etapa del año y coincide con resultados obtenidos en el estudio de variables meteorológicas referentes al cultivo de minitubérculos (Mendez Jocik, 2012).

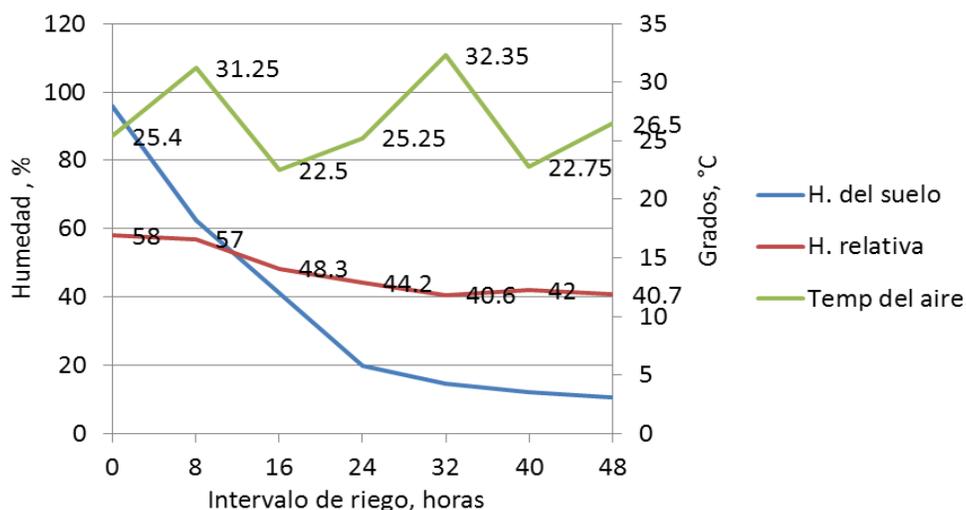


Figura 3.4. Comportamiento de la humedad relativa y la temperatura del aire.

Por su parte, la humedad relativa muestra valores entre 58% y 40%, mostrando una mayor uniformidad que la temperatura del aire. Esta variable es más susceptible a estabilizarse bajo condiciones de casa de cultivo donde el intercambio de humedad con el medio circundante es limitado debido a la cobertura de la instalación. Sin embargo se aprecia una reducción gradual durante el intervalo sin riego lo que demuestra el efecto de la aplicación del riego sobre la

humedad relativa en la casa de cultivo y favorece el desarrollo fisiológico de las plantas. Los análisis estadísticos muestran una estrecha correlación entre la humedad del suelo y la humedad relativa y sugieren una débil dependencia entre estas y la temperatura del aire.

### 3.4 Efecto de la presión atmosférica y la velocidad del viento

El comportamiento promedio de la presión atmosférica se muestra en la Figura 3.5 a, los valores oscilan entre 142 y 176 Pa, los mismos están en correspondencia con la altura geográfica de la zona experimental, las diferencias registradas son resultado fundamentalmente al cambio de la velocidad del viento a diferentes niveles en la atmósfera, estadísticamente su comportamiento se relaciona débilmente al descenso de la humedad del suelo en el intervalo de riego, ejemplo de ello es el incremento registrado a las 32 horas el cual no genera ningún cambio en la humedad del suelo.

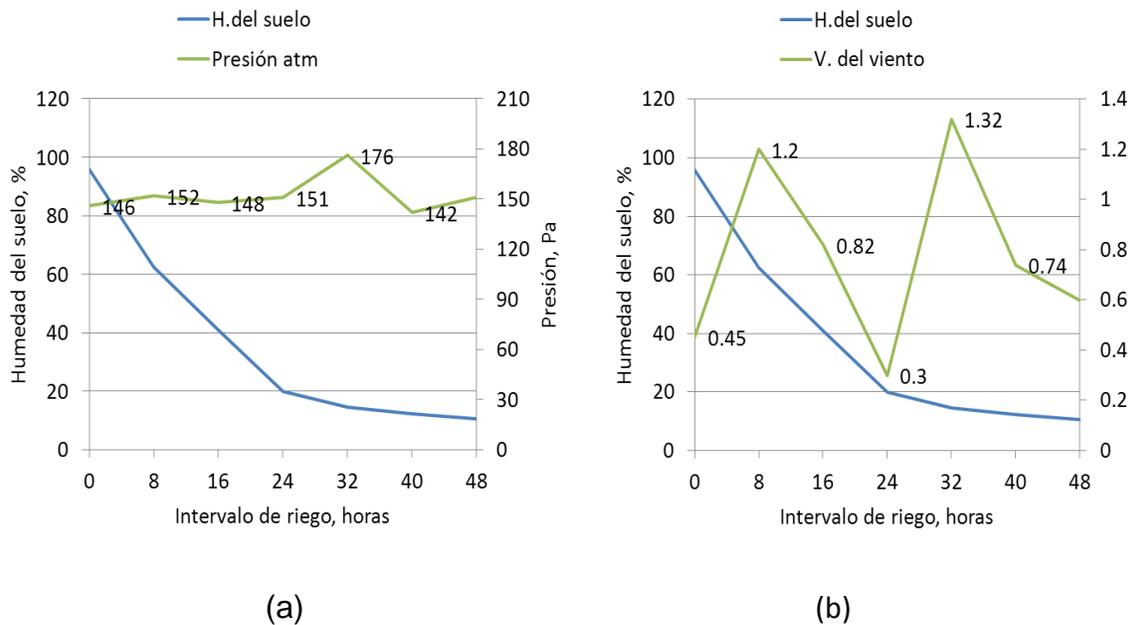


Figura 3.5. Variación de la presión (a) y la velocidad del viento (b).

La velocidad del viento por su parte muestra un promedio de 0.28 m/s con valores entre 0.3 m/s y 1.32 m/s. Esta variación se manifiesta en determinadas horas del día y no influye de forma significativa en el comportamiento de la humedad del

suelo. La variación en la velocidad del viento se considera aceptable para las condiciones citadas, los valores obtenidos coinciden con estudios realizados en estudios relacionados al empleo de plaguicidas en casas de cultivo (Mesa Bocourt, 2013) donde se efectuaron mediciones de la velocidad del viento.

### 3.5. Comportamiento del riego durante el ciclo

Durante el ciclo vegetativo de la planta, para satisfacer las necesidades de agua se necesita entre 400 y 800 mm de agua, de acuerdo con las condiciones climáticas y de la duración del cultivo. Se debe considerar que el exceso de agua en el suelo provoca un desarrollo pobre de las raíces, la pudrición de los tubérculos recién formados y de los que se utilizan como semilla, los cuales son especialmente susceptibles a la pudrición, máxime si se siembran y tapan estando húmedos (Franco, 2011). El cultivo de las plantas dentro de la casa de cultivo se muestra en la figura 3.6.



Figura 3.6 Plantas de papas durante el crecimiento.

En la figura 3.6 se muestra el crecimiento y número de hojas que las plantas desarrollaron durante todo el ciclo. En la misma se aprecia que el crecimiento tuvo lugar hasta los 50 días, a partir de esta fecha predomina el desarrollo del tubérculo donde la planta alcanza la madurez. Estos índices de crecimiento de la

planta se consideran adecuados y responden en gran medida a que durante su desarrollo contaron con el agua suficiente, disponible en el sustrato para los procesos de hidratación.

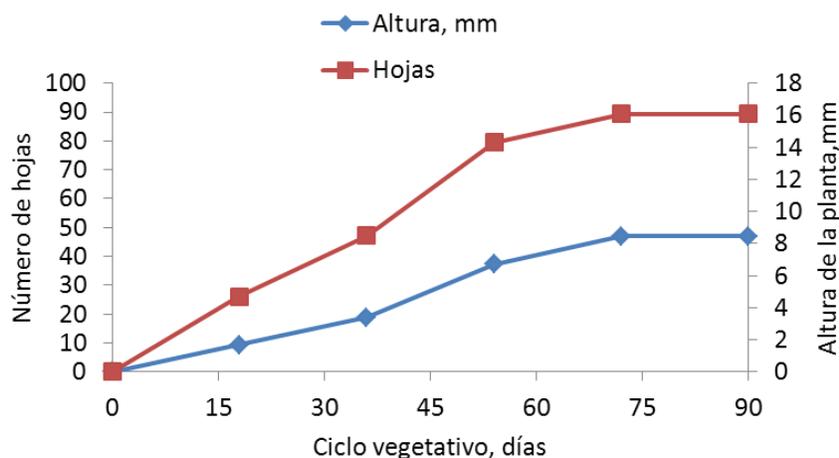


Figura 3.6 Índices de crecimiento de las plantas.

No obstante, en la siguiente figura 3.7 se muestran las necesidades hídricas para el cultivo de la papa (Curva roja) en función de su desarrollo fisiológico. Según esta curva, durante la etapa de germinación las cantidades asimilables de agua son considerablemente bajas. Durante la tuberización y el crecimiento de los tubérculos, la reducción definitiva del agua en el ciclo se efectúa en la etapa de maduración final.

Como se muestra en la curva que representa el primer riego y el último del ciclo, las necesidades de agua fueron cubiertas de forma alternativa, oscilando entre una ligera sobredosis con promedio de 820 mm y 415 mm a las 48 h después del riego. No obstante los valores promedios están en 610 mm durante el ciclo, lo que posibilita el adecuado crecimiento de las plantas en términos generales.

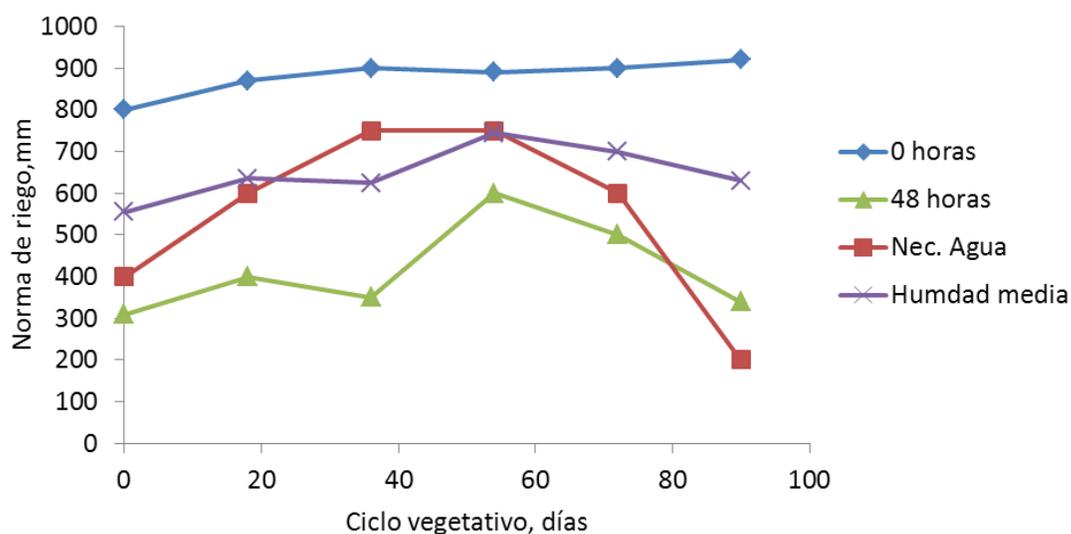


Fig 3.7 Variación del riego durante el ciclo.

Considerando el riego promedio, en los primeros 20 días la parcela resultó sobrerregada, lo que ocasiona gastos innecesarios de energía, recursos y mano de obra. Esta situación se repite después de los 60 días, incluyendo la etapa de maduración terminal de la papa. A pesar de ello en el intervalo restante el riego promedio no resulta suficiente, a pesar de tener valores máximos de más de 800 mm. Estos resultados sugieren la necesidad de establecer diferentes dosis de riego donde se consideren las etapas del cultivo, lo que implica además una variación de los intervalos entre riego.

## CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

Las casas de cultivo empleadas para la producción de minitubérculos de papa cumplen las normas establecidas para este tipo de producción, el sistema de riego empleado garantiza un suministro estable para las labores de riego y muestra adecuadas condiciones para el drenaje.

El análisis de la uniformidad del riego en la parcela mostró una sobredosis de humedad ubicada en la zona central de los extremos de la parcela; esta variación puede ser atribuible a posibles afectaciones en el caudal de los nebulizadores así como el escurrimiento del agua por ligeras desviaciones del nivel.

La humedad del sustrato después del riego alcanza de forma satisfactoria la capacidad de campo y se caracteriza por tener un descenso exponencial. No obstante, durante el intervalo de riego la humedad se reduce a valores críticos en las últimas 16 horas lo que pueden afectar el crecimiento de las plantas.

Bajo la dosis de riego empleada, las variables de temperatura del aire, velocidad del viento y presión atmosférica no expresan una correlación significativa con el descenso de la humedad del suelo, solo la variación de humedad relativa mostró dependencia de esta.

La planificación del riego durante el ciclo vegetativo de los minitubérculos no se ajusta a las necesidades hídricas de las plantas según su período de crecimiento, resultando en sobre-irrigación durante la brotación y maduración del tubérculo y siendo el riego insuficiente durante la tuberización y el crecimiento del mismo.

## RECOMENDACIONES

## RECOMENDACIONES

Se recomienda evaluar los caudales de los aspersores y determinar el escurrimiento del agua con vistas a lograr un valor de uniformidad y humedad relativa más uniforme en la parcela. Así como implementar un nuevo sistema de riego que se ajuste a las necesidades hídricas del cultivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURA: Evaluación de la uniformidad del riego por goteo en condiciones de casas de cultivos en explotación, Ed. , La Habana., 2009.
- AJETE, M.: Criterios sobre la uniformidad de riego en cultivos protegidos de las provincias centrales, 2013.
- AJETE, M. y R. QUINTANA: "Criterios sobre la uniformidad de riego en cultivos protegidos de las provincias centrales ", 20: 48, 2011.
- ALDABE, L. y S. DOGLIOTTI: Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo de cultivo de papa Facultad de Agronómica, 2010.
- ALEMÁN, C. y P. GONZÁLEZ: Instructivo Técnico Riego y Drenaje La Habana 1999.
- ALONSO, N. y J. PACHECO: Riego y Drenaje La Habana 2006.
- BONET, C.: Calidad del agua de riego y su posible efecto en los rendimientos agrícolas en la Empresa de Cultivos Varios Sierra de Cubitas, 2013.
- CAMEJO, B. y E. LORENZO: Tecnología de riego y fertirrigación en ambientes controlados, 2013.
- CAMEJO B., L. E.: Tecnología de riego y fertirrigación en ambientes controlados, 2013.
- CARRIÓN, P. y J. TARJUELO: "Simulación de la distribución del riego por aspersión en condiciones de viento ", Revista de Investigación Agraria, Producción y protección vegetal, 9: 1994.
- CUN, R.: Evaluación de la uniformidad del riego por goteo en condiciones de casas de cultivo en explotación, 2012.
- DELOYE, M. y H. REBOUR: El riego, Madrid, 1967.
- FEBLES, G. y T. RUÍZ: "Conservación de minitubérculos de papa con el uso de zeolita en polvo", 89-98: 2011.
- FRANCO, J.: Frecuencia de fertirriego en hidroponía para la reproducción de minitubérculos de papa (*Solanum tuberosum*) [en línea]. vol. no. Disponible en: <http://www.fasagua.com/>.
- HAVERKORT, A.: "Manejo del agua en la producción de la papa", Boletín de información técnica: 22, 1982.
- HOWELL, T. y C. PHENCE: Distribution of irrigation water from a low pressure lateral moving irrigation system EE.UU, 2002.
- JIMÉNEZ, F. y D. AGRAMONTE: Uso de análogos de *solanum tuberosum*, en casa de cultivo, La Habana, 2005.
- LUEBS, L.: "Importancia y evaluación del riego.", El volumen húmedo del suelo en riego localizado, II: 20, 1968.
- MAGLOF, L. Banco de riego en casa de polietileno [en línea] Disponible en: [www.ehowenespanol.com](http://www.ehowenespanol.com) [Consulta].
- MATHEWS, G.: "Potatoes Postharvest": 2000.
- MENDEZ JOCIK, A. A.: Valoración de las incertidumbres en la estimación de la evapotranspiración de referencia en Cuba, 2012.
- MESA BOCOURT, Y.: Efectividad de aplicación de bioplaguicida a través del sistema de riego localizado por micoaspersión en el cultivo del tomate, 2013.
- MESA, Y.: Efectividad de aplicación de bioplaguicida a través del sistema de riego localizado por micoaspersión en el cultivo del tomate, 2013.
- MONTSERRAT, J. Sistema de riego para uso en viveros [en línea] Disponible en: [www.rizhum.com](http://www.rizhum.com) [Consulta].
- MORENO, J.: "Diagnóstico de la sostenibilidad en la agrotecnología de cultivo protegido": 2002.
- ORDEX, L.: Yara. Una nueva variedad cubana de papa [en línea]. vol. no. Disponible en: <http://www.redalyc.org>.

- PACHECO, J.: Evaluación del manejo del riego de la papa en la Empresa de Cultivos Varios Valle del Yabú, Santa Clara, Cuba, 2013.
- PACHECO, Y. y J. PACHECO: "Aplicación de software Pluviopivot para el calculo de coeficientes de uniformidad ponderados por superficie en maquina de riego pivote central.": 2004.
- PERALTA, J.: Demananda de agua y pogramación del riego del cultivo pp, Chile 2005.
- PIZARRO, F. Riego localizado de alta frecuencia goteo y microaspersión [en línea] Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy> [Consulta].
- REYNOSO, J. Frecuencia de fertirriego en hidroponia para la producción de minitubérculos de papa [en línea] Disponible en: <http://www.fasaqua.com/> [Consulta].
- ROLLAN, L.: "La mecanización del riego por aspersión, riegos y drenajes": 1984.
- ROQUE, R.: Respuesta de la papa al riego Ferralíticos Rojos del occidente Cuba, 2010.
- RUIZ, J. y P. RODRIGO: "Evaluación de la uniformidad del riego por goteo en condiciones de casas de cultivo en explotación", 20: 37, 2011.
- SALOMÓN, J. y F. MANSO: Guía técnica para la producción de papa en Cuba La Habana, 2000.
- TARJUELOS, J.: El riego por aspersión. Diseño y funcionamiento 1992.
- VARAS, B.: "Riego en papa: Unos de los factores importante para lograr altos rendimientos": 2012.