

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
(UNA)  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
(FAGRO)**

**DEPARTAMENTO DE INGIENERIA AGRICOLA**



**“Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”**

**TESIS:**

**EVALUACION DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO ARTESANAL**

**POR:**

**Br. Carlos José Delgadillo Avendaño  
Br. Kefren Moisés López Robleto**

**TUTOR: Ing. Víctor Manuel Calderón Picado  
Ing. MSc. Néstor Allan Alvarado Díaz**

**MANAGUA, NICARAGUA, ABRIL, 2009**

**i**  
**Índice General**

<b>Sección</b>	<b>pagina</b>
<b>Índice general</b>	<b>i</b>
<b>Índice de anexos</b>	<b>ii</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>iii</b>
<b>Dedicatória</b>	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>v</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>vi</b>
<b>Resumen</b>	<b>vii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivo General	3
2.1.1 Objetivos Específicos	3
<b>II. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>4</b>
2.1 Fecha ubicación del experimento	4
2.1.1 Topografía	4
2.1.2 Suelo	4
2.1.3 Clima	5
2.1.4 Descripción del diseño experimental	5
2.2 Descripción de los tratamiento	5
2.3 Variables a evaluar	7
2.4 Análisis estadístico	9
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>11</b>
Evaluación de tres longitudes de camisa y tres diámetro de salida de los Emisores.	11
3.1 Diámetro mojado	12
3.1.2 Profundidad del bulbo húmedo	13
3.1.3 Gasto de los emisores	14
<b>IV. COCLUSIONES</b>	<b>18</b>
<b>V. RECOMENDACIONES</b>	<b>19</b>
<b>VI. LITERATURA SITADA</b>	<b>20</b>

**ii**  
**INDICE DE ANEXOS**

<b>ANEXO</b>	<b>PÁGINA</b>
1 Que es riego por goteo artesanal	22
2 Componentes del riego por goteo artesanal.	25
3 Prácticas necesarias para el diseño de riego por goteo artesanal.	25
4 Características del sistema de riego por goteo artesanal	26
5 Instalación del sistema de riego localizado	27
6 Ventajas y desventajas del riego por goteo artesanal	28
7 Ventajas y desventajas del sistema de riego por goteo estudiado	30
8 Tipos de goteros convencionales	31
9 Variables medidas según literatura	33
10 Costo del riego por goteo artesanal	34
11 Plano de campo	36
12 Dimensiones del ensayo	37
13 Diámetro mojado por un emisor de 4 Lts/h.	38

**INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla N°</b>		<b>pagina</b>
1	Análisis físico de suelo. Del parque de ciencia ESTELIMAR.	5
2	Factores estudiados en ensayo	5
3	Especificaciones de los tratamientos en la evaluación del Sistema de riego por goteo artesana	6
4	Tabla del ANDEVA	9
5	Factores estudiados en ensayo	
6	Evaluación de un sistema de riego por goteo artesanal Parque de ciencias ESTELIMAR (diámetro mojado)	12
7	Evaluación de un sistema de riego por goteo artesanal Parque de ciencias ESTELIMAR (profundidad del bulbo húmedo)	14
8	Clasificación de los emisores	16
9	Evaluación de un sistema de riego por goteo artesanal Parque de ciencias ESTELIMAR (gasto de agua de los emisores)	17
10	Diámetro mojado por un emisor de 4 Lt/h.	38

**DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de manera especial a mis padres JOSE LINO DELGADILLO FLORES y CARMEN AVENDAÑO VALLE.

También quisiera dedicar este trabajo de maneras muy especial al señor GERALD KIRK, por su apoyo económico a razón de beca para culminar mis estudios universitarios.

**CARLOS JOSE DELGADILLO AVENDAÑO.**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios primeramente que me dio la fortaleza para culminar mis estudios universitarios en tiempo debido. A mis padres BERTHA YOLANDA ROBLETO JOINER y GUILLERMO ARMENGOL LOPEZ que me apoyaron siempre dándome aliento cuando no lo tuve y buenos consejos en base a su experiencia en la vida.

También quisiera dedicar este trabajo a una persona muy especial que me ha apoyado siempre y que esta a mi lado en todo momento, mi esposa LESLIE CAROLINA MAIRENA de LOPEZ.

**KEFREN MOISÉS LOPEZ ROBLETO.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Damos gracias a Dios todo poderoso que nos permitió venir a este mundo a coronar todas nuestras metas y nos mantiene inspirado sabiendo que nuestra misión todavía no ha acabado.

A nuestros padres que siempre han cuidado de nosotros cuando hemos tenido algún tropiezo y que han estado en todo momento apoyándonos para lograr esta meta que es un primer paso para caminar solos por la vida.

Y sobre todo, nuestros mas sinceros agradecimientos a los profesores que hicieron posible la realización de este trabajo. Ing. Víctor Calderón e Ing. Néstor Alan Alvarado.

A la Universidad Nacional Agraria y a cada docente que formaron parte en nuestra educación profesional.

Al parque de ciencias Este limar (Esteli), que nos apoyo en nuestro trabajo final dándonos la oportunidad de realizar este estudio, proporcionándonos los materiales necesarios para la realización del estudio hasta el final.

**KEFREN MOISÉS LOPEZ ROBLETO.**

**CARLOS JOSE DELGADILLO AVENDAÑO.**

## RESUMEN

El presente trabajo se llevo a cabo con el propósito de analizar la eficiencia del sistema de riego por goteo artesanal, ubicado en el parque de ciencia ESTELIMAR en el departamento de Estelí. Se hizo la evaluación mediante tres aspectos importante en el riego por goteo (profundidad del bulbo húmedo, diámetro mojado, y gasto de los emisores).

El ensayo se estableció en los meses de abril a mayo del 2008, utilizándose un bifactorial en bloques completamente al azar estableciéndose cuatro repeticiones. Para el factor A. longitud de camisa (3cm, 6cm, 9cm) y el factor B. diámetro de salida (1.5mm, 2mm, 2.5mm) para los cuales en la mayoría de los casos no presentaron resultados significativos.

## I. INTRODUCCION

El agua en estos tiempos se ha convertido en un líquido tan vital para los seres vivos, que ha sido necesario buscar soluciones para evitar escasez de esta.

Por tal razón también estamos obligados a buscar soluciones en ahorrar este líquido al momento de usarlos o aplicarlo a los cultivos que necesitamos desarrollar para nuestra alimentación diaria.

El riego se define como un medio artificial que debe mantener la disponibilidad del agua en la zona radicular a un nivel optimo. (Goldberg, 1997).

El riego por goteo se refiere a la aplicación del agua por medio de pequeños orificios (emisores), diseñados para descargar agua o caudal de 1-8 litros por hora (Cortes, 2003).

El riego localizado por goteo (convencional) es una de las mejores alternativas en cuanto al uso eficiente del recurso agua. Uno de los problemas o inconvenientes que presentan, es el alto costo de sus componentes y la necesidad de una alta carga de presión, lo que implica cuantiosos gastos de energía por bombeo; lo que hace difícil la utilización para pequeños y medianos productores que poseen bajos recursos económicos. (Olavarrieta, 1997).

Debido a esta problemática surge la necesidad de utilizar tecnología de riego a bajo costo sustituyendo así el riego convencional por uno denominado artesanal.

Atendiendo esta serie de dificultades nos propusimos evaluar a través de la experimentación un sistema de riego por goteo artesanal el cual consiste en proponer el gotero que pueda satisfacer de alguna manera las necesidades hídricas de algunos cultivos.

El riego artesanal luce como una alternativa para la producción agrícola básicamente por ser un sistema de fácil construcción y que permite la aplicación del agua de forma individual. (Martínez ,2001)

En las dos últimas décadas, la adopción de tecnologías de riego de alta eficiencia o de riego localizado, en nuestro país, ha presentado un crecimiento significativo, fundamentalmente por la incorporación de cultivos de gran rentabilidad, asociada por lo general a la actividad de exportación. Al respecto, resulta riesgoso entregar cifras de superficie con incorporación de riego tecnificado, dada la celeridad con que se siguen implementando proyectos de esta naturaleza, pero es de gran significado si se piensa en los beneficios que la tecnología produce: mayor eficiencia, ahorro de mano de obra, incorporación de nuevos terrenos, etc. (Valverde, 1998).

En el caso específico de cultivos hortícola, el desarrollo de la tecnología de riego no sólo se ha sustentado en aspectos de rentabilidad, sino también en criterios técnicos de manejo de cultivo en relación con el agua de riego. En tal sentido, hoy no se concibe, en la mayoría de los casos, la producción de cultivos bajo invernadero sin la incorporación de riego por cinta. (Velazquez, 1983).

Tal decisión lleva involucrada la necesidad de hacer más eficiente la aplicación y aprovechamiento del agua por el cultivo, a la vez de disminuir significativamente las pérdidas por evaporación desde el suelo, las cuales producen condiciones de alta humedad ambiental que favorecen el desarrollo de organismos patógenos.(Porta, 1993).

Es muy importante mencionar que este estudio, se realizó sobre un suelo homogéneo de textura franco arcillosa. Esto no se tomó como un factor de estudio, pero si tuvo un efecto muy determinante en los resultados obtenidos.

## **II. OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

1. Contribuir al mejoramiento del sistema de riego por goteo instalado de forma artesanal en el Parque Ecológico ESTELIMAR (Esteli). Mediante análisis de los componentes básicos en el periodo de Mayo a Diciembre, 2008.

### **Objetivos Específicos:**

1. Evaluar la longitud de camisa más adecuada que permitan un gasto uniforme en los emisores.
  
2. Evaluar el diámetro de los emisores que permitan una eficiente distribución de la lámina de agua

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Marco teórico**

#### **3.4. Fecha y ubicación del experimento:**

El ensayo se llevo a cabo durante los meses comprendidos entre mayo 2008 y Diciembre del mismo año, el cual se divide en dos fases:

Una fase de campo (realizada en Abril y Mayo) y la otra fase consisten en el procesamiento y análisis de los resultados. (Realizados entre los meses de junio a diciembre)

Este experimento se realizó en el centro turístico Este limar ubicado del monumento el centenario 1Km. y ½ al este en la ciudad de Esteli.

Cuyas coordenadas geográficas son: 13<sup>0</sup> 5<sup>1</sup> latitud norte y 86<sup>o</sup> 21<sup>1</sup> longitud oeste ubicado una distancia de 148Km. de la capital (Managua) de nuestro país. (INETER, 2008).

#### **3.6. Características de la zona:**

##### **3.6.1. Topografía**

- Pendientes muy suaves en los bordes de las llanuras.
- Terrazas casi planas cerca de los ríos principales.
- Amplias zonas planas en el centro de la llanura.

##### **3.6.2. Suelo**

- En su mayoría suelos francos arcillosos, negros de los trópicos.
- Suelos aluviales jóvenes friables y profundos.
- Arcilla negras, pesadas de los trópicos.

**Tabla 1. Análisis físico del suelo. Parque de ciencia ESTELIMAR**

Densidad real (Dr) g/cm <sup>3</sup>	Capacidad de Campo (C.C.)	Porcentaje de humedad (%H)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Clase Textura
<b>2.53</b>	<b>29.54</b>	<b>10.72</b>	<b>35.6</b>	<b>26</b>	<b>38.4</b>	<b>Franco Arcilloso</b>

Nota: estos análisis fueron realizados en el laboratorio de Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria. Con una profundidad de muestra de 10 cm.

### 3.6.3. Clima

- El departamento de Esteli donde fue realizada la evaluación de este sistema presenta un clima monzonico de tierras altas, el que se caracteriza por ser subtropical seco, pero bastante fresco. Así mismo cuenta con algunas zonas con clima de tipo tropical de sabana.
- La temperatura media anual en este departamento es de 21.4°C
- La precipitación anual promedio es de 874mm.

### 3.5. Diseño experimental y descripción de los tratamientos:

En el ensayo se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar (B. C. A.) con arreglo combinatorio bifactorial propiamente dicho (Reyes, 1981) con cuatro repeticiones. Los factores en estudio se presentan en la Tabla 2, y los tratamientos

en la tabla 3.

**Tabla 2. Factores estudiados en el ensayo.**

Factor A: Longitud de camisa	Factor B: Diámetro de salida
<b>a<sub>1</sub></b>	<b>b<sub>1</sub></b>
<b>a<sub>2</sub></b>	<b>b<sub>2</sub></b>
<b>a<sub>3</sub></b>	<b>b<sub>3</sub></b>

Los tratamientos a evaluar fueron: las longitudes de las camisas (3cm, 6cm y 9cm) y diámetro de salida (1.5mm, 2mm y 2.5mm).

**Tabla 3. Descripción de los tratamientos en la evaluación del sistema de riego por goteo artesanal.**

<b>Tratamiento</b>	<b>A longitud de camisa (cm)</b>	<b>B diámetro de salida (mm)</b>
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	Camisa de 3 cm de longitud	1.5 cm de diámetro.
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	Camisa de 3 cm de longitud	2 cm de diámetro
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	Camisa de 3 cm de longitud	2.5 cm de diámetro
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	Camisa de 6 cm de longitud	1.5 cm de diámetro
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	Camisa de 6 cm de longitud	2 cm de diámetro
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	Camisa de 6 cm de longitud	2.5 cm de diámetro
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	Camisa de 9 cm de longitud	1.5 cm de diámetro
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	Camisa de 9 cm de longitud	2 cm de diámetro
<b>a<sub>3</sub>b<sub>3</sub></b>	Camisa de 9 cm de longitud	2.5 cm de diámetro

El manejo del experimento, la recopilación de datos, se realizaron de acuerdo a lo planificado en este proyecto, que consistía en medir las variables una vez establecido el ensayo, lo cual se llevo a cabo en la siguientes fechas: 18-04-2008, 25-04-2008, 01-05- 2008 y 09-05-2008.

**Fuente de Abastecimiento:**

El agua que se utilizo para el sistema de riego fue tomada de una pila de cemento cuyas dimensiones fueron las siguientes:

**Longitud: 180cm**

**Ancho: 129cm**

**Altura: 118cm**

El agua salía por un orificio que contenía la pila en la base de ella cuyo diámetro es de 2 pulgadas. El cual genera un gasto de salida de 42.6 Lt/min.

### 3.8. Variables medidas

Para tomar los datos de cada variable medida, se utilizaron formatos de trabajo, herramientas tales como: piocha, machete. A demás se hizo uso de recipientes con graduaciones en mililitros y litros. Todos estos elementos empleados con el fin de facilitar el trabajo.

- **Bulbo húmedo:** se puso a funcionar el sistema durante una hora, luego de pasado el tiempo se procedió a realizar unos cortes en el perfil del suelo para poder observar que tanto se humedeció. Para poder medir el tamaño del bulbo húmedo se insertaron unos clavos sobre cada punto del bulbo, luego se unieron esos puntos con una lienza y de esa manera se pudo tomar la profundidad y la longitud arriba del suelo. Las medidas se hicieron con reglas y cintas métricas.
- **Gasto de los emisores:** Para poder medir esta variable se procedió a colocar recipientes descartables de 343 mililitros bajo cada uno de los goteros, luego se puso a funcionar el sistema por un minuto, pasado ese tiempo se midió que cantidad de agua contenía cada recipiente, posteriormente procedimos a dividir el volumen entre el tiempo dado y de esta manera se determinó el caudal.

### 3.9. Descripción del trabajo realizado

Este trabajo de evaluación realizado en el centro turístico Estelimar, Esteli se llevó a cabo con la finalidad de dar respuesta en cuanto al funcionamiento del sistema de riego por goteo artesanal instalado en dicho centro, el cual se encontraba a manera experimental para luego ser recomendado a pequeños productores de la zona.

Para dar respuesta en nuestra evaluación de este ensayo nos planteamos variables que consideramos eran las más importantes del sistema de riego por goteo artesanal tales como: profundidad del bulbo húmedo, diámetro mojado y gasto de los emisores. Utilizando métodos sencillos que pueden estar al alcance de pequeños productores.

Todo este estudio trata de dar a conocer la rentabilidad que presenta el sistema de riego por goteo artesanal evaluado ya que se elaboro con materiales que se encontraban en el parque de ciencias del centro turístico Estelimar, Estelí.

Los encargados del área de experimentación del centro turístico ESTELIMAR, Estelí. Solicitaron un estudio bajo las condiciones existentes en la zona, ya que por el tipo de suelo que presenta el lugar, era necesario que realizáramos una prueba de infiltración para determinar el modelo de infiltración para este tipo de suelo. El cual presentamos a continuación:

$$Li = 7.95t^{0.54}$$

Donde:

Li = lamina infiltrada en milímetros.

t= tiempo en minutos.

Este modelo se determino de los datos obtenidos en el campo los cuales se tomaron los valores extremos y se introdujeron en un software llamado modelo de regresión (el cual determinó el valor de 7.95).

### 3.13. Metodología de análisis

Se realizó a cada una de las variables un análisis de varianza, se efectuó una separación de medias de cada una de las variables según la prueba de Duncan.

**Tabla 4. ANDEVA**

<b>F de V</b>	<b>G L</b>	<b>S C</b>	<b>C M</b>	<b>Fc</b>
Bloque	R-1	$\sum y^2 k / ab - Fc$	SCbloq/gl (bloq)	CMbloq/CME
A	a-1	$\sum y^2 .i / br - Fc$	SCA/gl (a)	CMA/CME
B	b-1	$\sum y^2 .j / ar - Fc$	SCB/gl (b)	CMB/CME
AB	(a-1)*(b-1)	$\sum y^2 ij / r - Fc -$ SCA-SCB	SCAB/gl (ab)	CMAB/CME
Error	Diferencia	Diferencia	SCE/gl (e)	
Total	Abr-1	$\sum y^2 ijk - Fc$		

**Donde:**

- r = 4 = número de repeticiones.
- a = 3 = número de variables (longitud de camisa).
- b = 3 = número de variables (diámetro de salida).
- i = niveles del factor A.
- J = niveles del factor B.

Descripción del MAL para los factores distribuidos en BCA.

**$Y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + (ab)_{ij} + P_k + \epsilon_{ijk}$ ....donde:**

- i = 1, 2, 3.....a niveles del factor a.
- j = 1, 2, 3.....b niveles del factor b.
- k = 1, 2, 3.....r repeticiones o bloques.

**$Y_{ijk}$**  = La K- esima observación del resultado de i-j-esimo tratamiento

**$\mu$**  = media poblacional a estimar a partir de los datos del experimento.

**$\alpha_i$**  = efecto del i-esimo nivel del factor a (longitud) a estimar a partir de los datos del experimento.

**$\beta_j$**  = efecto del j-esimo nivel del factor b ( diámetro de salida) a estimar a partir de los datos del experimento.

**$(\alpha\beta)_{ij}$**  = efecto de interacción entre el factor longitud de camisa por diámetro de salida.

**$P_k$**  = efecto del k-esimo bloque.

**$\epsilon_{ijk}$**  = efecto aleatorio de variación.

### **Hipótesis**

$\sum \alpha_i = 0$  vs. Algún par de longitud ejerce un efecto significativo sobre los resultados esperados.

$\sum \beta_j = 0$  vs. Algún par de diámetro de salida ejerce un efecto significativo sobre los resultados esperados.

$\sum (\alpha\beta)_{ij} = 0$  vs. Existe efecto de interacción significativa (longitud de camisas x diámetro de salida) sobre los resultados esperados

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

(Evaluación de tres longitudes de camisa 3, 6, 9 centímetro y tres diámetro de salida 1.5, 2, 2.5 milímetro.)

### 4.1 Diámetro mojado

Los resultados de ANDEVA mostraron que no hubo diferencia estadística en el factor A (longitud de camisa) en ninguna de las cuatro tomas de datos realizados al sistema dando como resultado N.S (no significativo). De igual manera sucedió con la interacción del factor A (longitud de camisa) y el factor B (diámetro de salida).

Sin embargo el factor B (diámetro de salida) se pudo notar una diferencia estadística en la 2<sup>da</sup> toma (25-04-08) y 4<sup>ta</sup> toma (09-05-08) dando como resultado la significancia de estas dos tomas, al igual que la 1<sup>ra</sup> toma (18-04-08) quedando así la 3<sup>ra</sup> toma (01-05-08) N.S (no significativa).

En el factor A (longitud de camisa) podemos notar que la variable que mas se destaco fue la **a<sub>1</sub>** con un máximo de 21.83cm en la 4<sup>ta</sup> toma (09-05-08) y un mínimo de 20.25cm en la 1<sup>ra</sup> toma (18-04-08)

En el factor B (diámetro de salida) se destaco la variable **b<sub>3</sub>** con un máximo de 24.67cm en la 4<sup>ta</sup> toma (09-05-08) y un mínimo de 21.50 en la 1<sup>ra</sup> toma (18-04-08).

Con los resultados obtenidos se puede hacer la significativa comparación a través de la tabla propuesta por (Keller, 1978) la cual nos dice que los emisores que utilizamos no son tan efectivos en el tipo de textura de este lugar.

**Tabla 5. Evaluación de un sistema de riego por goteo artesanal. Parque de Ciencias ESTELIMAR, Esteli. (Diámetro mojado en cm).**

Factor A: Longitud de camisa	1 <sup>ra</sup> f	2 <sup>da</sup> f	3 <sup>ra</sup> f	4 <sup>ta</sup> f
a <sub>1</sub> : 3cm de longitud	20.25a	20.67a	20.91a	21.83a
a <sub>2</sub> : 6cm de longitud	17.50a	18.3 3a	20.08a	19.92a
a <sub>3</sub> : 9cm de longitud	17.41a	18.33a	19.54a	20.08a
ANDEVA	N.S	N.S	N.S	N.S
C. V (%)	29.35	30.05	30.89	30
Factor B: Diámetro de salida				
b <sub>1</sub> : 1.5mm de diámetro	15.25a	16.33a	17.58a	17.83a
b <sub>2</sub> : 2.0mm de diámetro	18.41ab	18.67ab	20.16a	19.33ab
b <sub>3</sub> : 2.5mm de diámetro	21.50a	22.33b	22.79a	24.67b
ANDEVA	*	*	N.S	*
C. V (%)	29.35	30.05	30.89	30
Interacción A x B	N.S	N.S	N.S	N.S

f: corresponde a cada fecha de toma de datos (18-04-08, 25-04-08, 01-05-08 y 09-05-08) respectivamente.

**Como encontrar el espaciamiento entre goteros utilizando el diámetro mojado:**

Debiera considerarse un 85% de traslape entre los bulbos mojados. La forma de calcular las distancias se hace a partir de la siguiente expresión:

**Distancia = Diámetro/(2\*0,85)= Diámetro/1.7 (67),** donde:

**Distancia:** Espaciamiento entre un gotero y otro (metros).

**Diámetro:** diámetro de mojamamiento del gotero (Tabla 10).

Por ejemplo, si el caudal es de 4 l/h y el suelo es de textura franca, se tiene:

Distancia = 1.0/(2\*0.85)= 1/1.7 = 0.59 m.

## 4.2 Profundidad del bulbo húmedo

Los resultados indican (tabla 6) que se encontró diferencia estadística para el factor A (longitud de camisa en cm.) y la interacción A x B. para el factor B (diámetro de salida del emisor) no se encontró diferencia estadística.

Se observa que para el factor A en la primera fecha de toma (18-04-08) no hubo diferencia estadística Sin embargo en la segunda fecha (25-04-08) se logra percibir diferencia estadística, resultando el nivel  $a_2$  (2mm) proporcionando un bulbo húmedo con una profundidad de 45.75cm posteriormente en la tercera y cuarta toma (01-05-08 y 09-05-08 respectivamente) no se observaron diferencias estadísticas.

Para el factor B (diámetro de salida del emisor) se pudo observar que durante las cuatro fechas de toma (18-04-08, 25-04-08, 01-05-08 y 09-05-08) en ninguna se encontró o se observo alguna diferencia estadística. Lo mismo que para la interacción entre A x B (longitud de camisa x diámetro de salida del emisor) en el cual también no se marco diferencia estadística.

Para poder comparar los datos obtenidos en el experimento utilizamos una fórmula para evaluar emisores convencionales.

Fórmula a utilizar  $0.9 pr < p < 1.2 pr$

En donde:

Pr: profundidad radical.

P: profundidad del bulbo húmedo.

Esta fórmula establece criterios de los limites en la profundidad del bulbo húmedo, de forma que no sea menor del 90 % de la profundidad radical, ni mayor del 120 % de la misma.

Se puede decir que los valores reducidos de "p" corresponden en mayor número de emisores.

Al hacer una comparación con los resultados obtenidos de 16.332 cm.  $1m/100 \text{ cm.} = 0.1632 \text{ m.} = p$

#### 4.2.1 Si probamos la Profundidad radical ( $p_r$ ) del melón = 0.8 m

$$0.9 * 0.8 < 0.1632 \text{ m} < 1.2 * 0.8 \text{ m} = 0.72 < 0.1632 < 0.96$$

por lo que en este caso no tiene demasiada relevancia ya que todos los resultados para evaluar esta variable no varían mucho.

**Tabla 6. Evaluación de un sistema de riego por goteo artesanal. Parque de ciencias ESTELIMAR, Esteli. (Profundidad de bulbo húmedo en cm).**

Factor A: Longitud de camisa	1 <sup>ra</sup> f	2 <sup>da</sup> f	3 <sup>ra</sup> f	4 <sup>ta</sup> f
a <sub>1</sub> : 3cm de longitud	14.75a	15.53a	16.32a	14.52a
a <sub>2</sub> : 6cm de longitud	13.58a	15.25a	15.79a	15.79a
a <sub>3</sub> : 9cm de longitud	13a	13.25a	14.29a	14.29a
ANDEVA	N.S	*	N.S	N.S
C. V (%)	48.66	50.43	53.16	54.48
Factor B: Diámetro de salida				
b <sub>1</sub> : 1.5mm de diámetro	11.75a	13.38a	13a	11.20a
b <sub>2</sub> : 2.0mm de diámetro	13.50a	14.57a	15.16a	15.16a
b <sub>3</sub> : 2.5mm de diámetro	16a	17.12a	18.25a	18.24a
ANDEVA	N.S	*	N.S	N.S
C. V (%)	48.66	50.43	53.16	54.48
Interacción A x B	N.S	N.S	N.S	N.S

### **4.3. Gasto de los emisores**

Conocer el gasto de los emisores que se utiliza en un sistema de riego por goteo, es de suma importancia ya que será determinante al momento de compararlo con la velocidad de infiltración del suelo.

En la tabla número 8 se presentan los resultados obtenidos para la variable, gasto de los emisores (gotero). Se puede apreciar que no existen diferencias significativas entre los niveles del factor A (longitud de camisa). De igual manera los niveles del factor B (diámetro de boquillas de los emisores) no presenta diferencia significativa, al mismo tiempo que la interacción entre ambas resultara no significativa.

Si analizamos el comportamiento del resultado de los niveles del factor A (longitud de camisa) podemos mencionar que el nivel  $a_1$  (3cm) permitió un gasto mayor a los otros, con 0.183lit./min. Aproximándose mas a los gastos que aportan los goteros convencionales.

A continuación se presenta un cuadro de comparación del gasto de emisores convencionales. (Pizarro, 1996).

**Tabla 7. Clasificación de los emisores**

Emisor de bajo caudal $q < 16 \text{ l/h}$	Goteros propiamente dicho	De largo conducto	Micro tubo helicoidales de laberinto
		De orificio	
	Mangueras	Vortex	
	Cinta de exudación	Autocompensante	
Emisores de alto caudal $16 \text{ lts/h} < q < 150 \text{ lts/h}$	Microaspersores		
	Difusores		
	Micro tubos de alto caudal		

Si comparamos los datos de esta tabla con lo obtenido en el experimento podríamos observar que en la evaluación del sistema de riego por goteo artesanal: los datos que el experimento proporciono estadísticamente no tuvieron significancia pero al compararlos con esta tabla se puede apreciar lo siguiente:

En la fecha 18-04-08 se obtuvieron gastos de 0.183 lts/ min. que al convertirlo a lts/h nos da:  $0.183 \text{ lts/ min.} \times 60 \text{ min.} = 10.98 \text{ lts/h}$ . lo cual nos indica que se puede clasificar como un emisor de bajo caudal.

**Determinación de un modelo de gasto para el sistema de riego por goteo artesanal ubicado en el parque de ciencias ESTELIMAR.**

$$Q = K P^x$$

$$Q = 2.51 P^{0.9}$$

**Donde**

**Q = gasto en lt/hr**

**K = constante del modelo**

**P = presión en metros**

**X = constante del modelo**

**Tabla 8. Evaluación de un sistema de riego por goteo artesanal. Parque de ciencias ESTELIMAR, Esteli. (Gasto de agua de los emisores).**

Factor A: Longitud de camisa	18-04-08	09-05-08
a <sub>1</sub> : 3cm de longitud	0.183a	0.183a
a <sub>2</sub> : 6cm de longitud	0.139a	0.139a
a <sub>3</sub> : 9cm de longitud	0.158a	0.158a
ANDEVA	N.S	N.S
C. V (%)	73	73
Factor B: Diámetro de salida		
b <sub>1</sub> : 1.5mm de diámetro	0.192a	0.192a
b <sub>2</sub> : 2.0mm de diámetro	0.172a	0.172a
b <sub>3</sub> : 2.5mm de diámetro	0.120a	0.120a
ANDEVA	N.S	N.S
C. V (%)	73	73
Interacción A x B	N.S	N.S

Los coeficientes de variación resultaron mayor al rango permitido de 30% debido a la variabilidad de los datos obtenidos en el campo, la cual se dio por causa de los componentes del sistema y el tipo de suelo existente en la zona.

## V. CONCLUSIONES

En esta investigación podemos concluir diciendo que al evaluar la variable gasto de los emisores, no se obtuvieron resultados significativos estadísticamente, pero cabe mencionar que al utilizar la longitud de la camisa  $a_1$  (3cm) logro un gasto de 10.9 Lt./ h estando dentro del rango de los goteros convencionales que oscilan entre 4-6-8 Lt/ h.

En la evaluación de la variable diámetro mojado, no se presentaron diferencia significativa en ninguna de las tomas. Pero si podemos destacar que en la longitud de camisa  $a_1$  (3cm) se destaco el de 21.83 cm respectivamente para la cuarta toma. En cuanto al diámetro de salida se destaco el  $b_3$  (2.5mm) aportando así los siguientes resultados 21.50cm, 22.33cm y 24.67cm respectivamente para la primera, segunda y cuarta fecha de toma.

Podemos decir que al evaluar la variable bulbo húmedo no se presentaron resultados significativos estadísticamente pero si podemos destacar que la longitud de camisa  **$a_1$  (3cm)** logro en la casi todas las tomas la mayor profundidad del bulbo húmedo. En cuanto al diámetro de salida, se destaco el nivel  **$b_3$  (2.5mm)** aportando que se formara el bulbo húmedo con la mayor profundidad en cada una de las tomas (16cm, 17.12cm, 18.25cm y 18.24cm respectivamente en cada una de las tomas)

El propósito esencial de utilizar de riego por goteo en relación al agua, es su gran eficiencia a la hora de aplicarla al suelo y al momento de ser aprovechado por los cultivos.

## VI. RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos en el estudio, podemos recomendar la longitud de camisa  $a_1$  (3cm) la cual logro los mejores resultados en cuanto a las variables que se evaluaron. Ya que esta alcanzó el mayor diámetro mojado, la mayor profundidad de bulbo húmedo y el mayor caudal en cada una de las fechas que se evaluó el sistema.

También podemos orientar la utilización del diámetro de salida  $b_2$  (2 mm) y  $b_3$  (2.5mm). las cuales lograron los mejores resultados. Esto también referido a las variables medidas en las fechas que se evaluó el sistema.

Se recomienda realizar este tipo de estudio, bajo condiciones de suelo diferente a las que presenta esta zona, ya que así podemos obtener diferentes criterios sobre el funcionamiento del sistema. Al mismo tiempo, se recomienda realizar estudios y evaluaciones mas a fondo en lo que a sistemas de riego respecta, ya que en nuestro país hay pocos documentos sobre este tipo de información, y su gran mayoría son realizadas en otros países y con enfoques vasados en la evolución del cultivo mediante la aplicación de estos sistemas.

## VII. LITERATURA CITADA

AMAROS, C.1993 Riego por goteo en cítricos. 35pp.

BRIONES, R. 1970. Cultivo del tabaco Virginia en Estelí. Tesis para optar al grado de Ingeniero Agrónomo Generalista. Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria-Managua, 18-23pp.

CAMARGO, G. et al. 1980 Elementos de hidráulica para ingenieros 3ed 38 – 39 pp.

DELGADILLO, J. 1973 Determinación del tamaño óptimo de la unidad experimental de ajonjolí. Tesis para optar al grado de Ingeniería en Agronomía Generalista. Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria-Managua,.20-21pp.

DERAS, J. 2003. Uso del riego. 30-35pp.

ESTELIMAR. [parquedeciancias@asdenic.org](mailto:parquedeciancias@asdenic.org) , [asdenic@asdenic.org](mailto:asdenic@asdenic.org)

Extensión territorial de Nicaragua por departamento y municipio (INETER 1996).

FUENTES, Y. 1998 Curso de riego para regante. 15, 45, 50pp.

GRUBER, L. Evaluación del efecto de dos sistemas de riego localizado de baja presión en el cultivo de la lechosa (*Carica papaya L.*),

GRUBER, L. Riego artesanal por goteo. Manual del productor. Venezuela. Vol. 4: 7-8pp.

LÓPEZ, R. et al.1990 Diagnostico de suelo y planta. 4ed. 13- 14 pp

MONCADA, E. 1990. Desarrollo de un modelo para evaluación automatizada de tierras. Tesis para optar al grado de Ingeniería en Agronomía Generalista. Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria-Managua. 23-25 pp.

- MUÑOZ, J. 1985. Fundamentos de edafología. 2ed. 48-52pp.
- NARRO, E. 1994. Física de suelo con enfoques agrícolas.17-18pp.
- OLAVARRIETA, S. 1997. Riego artesanal.25-29pp.
- OLIVARES C. et al. 1975 Sistema de riego y su estudio. 50-53pp.
- OROZCO, L. 1981. El riego por goteo en Nicaragua.10-11pp.
- PASMA, D. Riego por goteo.
- PEDROZA, H. 1993. Fundamentos de experimentación agrícola. 235-250pp.
- PIZARRO, F. 1996.Riego localizado de alta frecuencia.3ed. 20-25pp.
- PORTA,J.et al. 1993. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 25-28pp.
- VALDIVIA, R. 1995. Efecto de la distancia de siembra en dos variedades de tabaco. Tesis para optar al grado de Ingeniería en Agronomía Generalista. Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria-Managua.15-18pp.
- VALVERDE, J. 1998. Riego y drenaje. 45-51pp.
- VELÁSQUEZ, H. 1983. Uso y manejo del suelo. 30-32pp.

## **ANEXOS**

### **Anexo 1.**

#### **¿Qué es el Riego Artesanal por Goteo?**

Es una variante del Riego Localizado, y consiste en suplir agua a las plantas en un espacio delimitado de terreno, se basa, en la elaboración de emisores o goteros que se conectan a la tubería central y aprovechamiento de la diferencia de altura entre la fuente de agua (tanque) y el campo a regar, lo que proporciona la carga necesaria para garantizar que el agua llegue a todos los puntos de humedad dispuestos en el terreno. (Gruber, ---)

Cuando hablamos de emisor nos referimos al elemento de instalación que tiene por misión aplicar el agua a la planta. (M. Amaros, ---)

Se le llama tubería a una corriente totalmente confinada sin superficie libre, de un desarrollo, en el cual circula el líquido a presión. (Camargo, 1980)

El gasto se refiere al volumen líquido que en una unidad de tiempo atraviesa la sección normal de dicha corriente y se mide por tanto en unidades de volumen sobre unidades de tiempo  $Lts / seg. - m^3 / seg.$  (Camargo, 1980)

En los estudios realizados en riego por goteo artesanal el gasto va a depender de la altura a que se encuentre de la pila o recipiente de almacenamiento del agua, así como del diámetro de los emisores elaborados por el fabricante del sistema (el productor).

En este trabajo se realizaron diferentes tipos de emisores para poder determinar cual de estos nos proporcionaba una cantidad adecuada de agua la cual cubriera las necesidades de algunos cultivos tradicionales de la zona.

Realizando agujeros de tres diámetros diferentes (1.5mm, 2mm y 2.5mm), los cuales estarían cubiertos por camisas (pedazos de manguera) para poder proporcionar la distribución del agua a manera de gota.

Para diseñar un sistema de riego hay que tomar en cuenta otros factores muy importantes entre los cuales podemos señalar al suelo, ya que también es necesario realizar estudios de suelo y pruebas de infiltración del agua, para poder saber cual es el gasto adecuado que nos proporcione un bulbo húmedo ideal para la planta.

Las áreas experimentales que posee el parque de ciencias Estelimar (donde fue realizado este estudio), presentan un suelo con textura Franco Arcillosa, con una Densidad real ( $D_r$ ) de **2.53**, con Capacidad de Campo (C.C.) de **29.54** y un Porcentaje de humedad (%H) de **10.72**.

Este suelo tiene la ventaja de poder mantener la humedad necesaria para mantener los cultivos por unos días, si por algún motivo faltara el riego. Esto a su vez nos permite ahorrar agua regando periódicamente con intervalos de días

El suelo es un sistema altamente complejo y dinámico, constituido por una capa superficial relativamente delgada, de material más o menos disperso que se encuentran sobre la litosfera. De este material depende en buena parte el crecimiento de las plantas y la alimentación de los seres vivos que viven sobre la superficie terrestre. (Forjas, 1994)

Estos estudios se pueden realizar mediante calicatas, pruebas de infiltración y perfiles de suelo que nos permiten saber los horizontes que ellos presentan y sus características.

La calicata es una excavación, uno de cuyo frente tiene unos 70 a 100 cm. de ancho; su longitud debe permitir realizar el estudio con comodidad y su profundidad debe ser tal que permita llegar a comprender la organización del suelo. Tiene 180cm de profundidad y tres paredes verticales para poder observar bien el perfil y los horizontes y el otro inclinada con escalones para facilitar la entrada. (Orial, 1938)

La calicata se hizo a escasos cuatro metros del lugar donde se encontraba la parcela experimental, con el propósito de conocer la evolución del suelo en esa zona, evaluar la presencia de macro organismos y micro organismos presentes y los tipos de textura que han presentado los horizontes durante su evolución.

La infiltración es el movimiento de agua desde la superficie del suelo hacia abajo, que tiene lugar después de la lluvia o de un riego. El agua pasa por los poros que deja entre si las partículas del suelo. (Fuentes 1998)

Cuando hablamos de prueba de infiltración nos referimos a la entrada del agua en el suelo, a través de la interfase suelo-atmósfera. (Muños, 1985)

La permeabilidad de un suelo es la facultad para permitir el paso de agua a su través, esto depende del número de poros, así como de su tamaño y de su continuidad. (Fuentes, 1998).

El perfil de suelo es un corte transversal hecho al suelo, hasta alcanzar el material parental o la roca. El perfil de suelo expuesto muestra una serie de capas o bandas llamadas horizontes. (Muños, 1985)

Los horizontes son las diferentes capas o bandas del suelo que se localizan en disposición paralela a la superficie del suelo. (Muños, 1985)

La profundidad del suelo explorado por las raíces depende de la especie cultivada y del suelo. Algunas condiciones del suelo impiden a las raíces profundizar en el, como ocurre, por ejemplo, cuando existen capas duras o impermeables.

A efectos del riego se puede considerar como profundidad efectiva de las raíces de diversos cultivos la que se indica en la siguiente tabla. En cualquier caso, si existe una capa dura o impermeable en el perfil del suelo, la profundidad de las raíces viene limitada por la profundidad a que se encuentra esa capa.

## **Anexo 2.**

### **Componentes del sistema de riego artesanal**

Para llevar a cabo la realización de la evaluación se utilizo: 1.fuente de abastecimiento (una pila), 2.tubería flexible de polietileno de ½ pulgada, como tubería regante y de 1 pulgada como tubería principal y 3. Reductores de 1 Y ½ pulg., teflón, uniones "T" y pegamento para PVC. 47

## **Anexo 3**

### **Prácticas necesarias para el diseño de riego por goteo**

El riego localizado consiste en aplicar el agua más o menos restringida del volumen del suelo que habitualmente ocupan las raíces. (Fuentes 2003)

La utilización del sistema de riego por goteo dependerá de las posibilidades económicas de la persona, ya que es un sistema que por su grado de tecnificación necesita de una gran inversión inicial.

Las practicas necesarias para diseñar un sistema de riego localizado

Consiste en realizar un buen estudio de todos los elementos que conlleva, desde la fuente de abastecimiento, la cantidad de terreno, las características del suelo, las características agronómicas a regar, los materiales a utilizar y finalmente el costo de toda la inversión.

Un buen diseño debe contemplar los siguientes aspectos: caudal de la fuente, lamina de riego, jornada de riego, turnos de riego, número de laterales. Numero de goteros, intensidad del emisor, potencia de la bomba, pérdidas y costos.

## **Anexo 4**

### **Características del sistema de riego por goteo artesanal evaluado**

- Fácil elaboración. Por que se puede elaborar incluso con algunas herramientas y materiales que se encuentran en la casa.
- Fácil instalación. Porque el productor lo puede instalar solo y con ayuda de su núcleo familiar.
- Costos económicos muy bajos. Ya que los materiales utilizados no son en grandes cantidades y se pueden encontrar a la disposición del productor en su hogar.
- Fácil operación y mantenimiento. Ya que solo requiere que se este chequeando que no se tapen los emisores y no presentan tecnología alguna.
- Recomendables para pequeñas parcelas. Como es artesanal el diseño seria complicada la elaboración por parte del productor en grandes extensiones de tierra.
- No se utiliza grandes cantidades de agua. Como el sistema es por goteo solo se necesita una pequeña cantidad de agua el cual puede ser almacenado en cualquier recipiente o barril, de tal manera que supla nada más la demanda de la parcela bajo riego.
- No requiera de altas presiones. Ya que solo actúa con la misma fuerza de gravedad y la presión utilizada no es tan relevante.

## **Anexo 5.**

### **Instalación del Sistema de Riego localizado**

La instalación de un sistema de riego localizado, es una labor que no está exenta de detalles, los cuales, son fundamentales para lograr una correcta aplicación del agua, junto con asegurar una larga vida útil de los materiales empleados.

A continuación, se presenta una lista de pasos a seguir en el proceso de instalación:

- a. Basándose en el diseño, estacar y marcar en terreno donde se ubicará el cabezal de Riego y por donde pasarán las tuberías matrices y submatrices (secundarias y terciarias).
- b. Estacar además, cada subunidad de riego, donde se distribuirán los laterales de riego.
- c. Excavar zanjas donde se instalarán las tuberías matrices y submatrices. La profundidad de estas zanjas, está determinada por el diámetro de la tubería y por el tipo de tránsito al que se ve afectado el lugar.

## **Anexo 6.**

### **3.2. Ventajas y desventajas del riego por goteo**

#### **Ventajas**

- Se puede aplicar en terrenos con pendiente, no causa erosión.
- La planta aprovecha mejor el agua que se aplica, por que la recibe en la zona donde crecen las raíces, que es donde se necesita.
  
- No se pierde mucha agua por evaporación.
  
- Junto con el agua se pueden aplicar fertilizantes.
  
- Hay un buen control de la cantidad de agua que se aplica.
  
- Se reduce el crecimiento de malezas en las calles por que solamente se riega el cultivo.
  
- Se reduce el ataque de plagas y de enfermedades causadas por hongos, por que no hay exceso de humedad.
  
- No hay apelmazamiento del terreno.
  
- Se puede entrar a la parcela en cualquier momento, ya que las calles de los cultivos permanecen secas.
  
- Ahorro de mano de obra, por que hay poco control de malezas y no hay que estar moviendo tuberías ni mangueras.
  
- Los materiales son livianos y flexibles, fáciles de transportar.

## **Desventajas**

- La manguera es muy delgada y delicada, por lo que la vida útil es corta (unos dos años más o menos).
- La distancia de siembra entre plantas está en dependencia de la manguera, no podemos decidir otra distancia.
- Los hoyitos de las mangueras se tapan si hay basura en el agua.
- Se podría necesitar personal calificado para el diseño y la instalación de todo el sistema.
- El costo de instalación podría ser alto, principalmente en Grandes extensiones.
- Limita algunas labores, como el aporque, por que hay que tener cuidado de no romper las mangueras.

## **Anexo 7.**

### **Ventajas y desventajas del sistema de riego por goteo artesanal estudiado:**

#### **Ventajas:**

- Es de fácil manipulación a la hora de trasladarlo.
- Adecuado para pequeñas parcelas.
- Se realiza con materiales que se encuentran en la finca.
- No necesita de tuberías nuevas, solo que se encuentren en muy buen estado.
- Se utilizan pocos accesorios de ferretería, por ende no es costoso.
- Es recomendable para el riego de parcelas experimentales con cultivos.

#### **Desventajas:**

- No es recomendable para grandes extensiones de tierras.
- Se pueden tapar los hoyitos con basura, ya que su fuente de abastecimiento es una pila.
- Si no se tiene material a mano sus costos de construcción pueden ser muy elevados.
- No se puede instalar en pendientes muy inclinadas.

## **Anexo 8.**

### **Tipos de goteros convencionales**

#### **Tipo Descripción Funcionamiento**

- En línea Corresponden a los del tipo de Largo Conducto La pérdida de carga, ocurre en un “In – Line” (micro tubo, helicoidal y laberinto) que se conducto largo y angosto por donde insertan en la tubería, cortándola. pasa el agua.
- 
- De botón Corresponden a goteros que se insertan en El tipo de funcionamiento, puede ser “On-Line” una perforación que se realiza en una pared del tipo laberinto o bien de Vortex. de la tubería de polietileno.
- Integrados Corresponden generalmente a goteros de La pérdida de carga se produce por Laberinto (sin cubierta) extruidos en la tubería la tortuosidad del laberinto.

#### **Goteros en línea y de botón**

- Una característica general de estos elementos, es que el caudal de emisión varía al variar la presión de trabajo. Esta variación depende del modelo, del caudal para el que fue diseñado y del diámetro de la tubería en la que van incorporados. Sin embargo, actualmente existen en
- el mercado otras alternativas de estos goteros que son AUTOCOMPENSADOS, lo que significa que la variación del caudal es mínima al variar la presión de operación. Se recomienda este tipo de emisores en aquellos sistemas de riego que son diseñados en
- sectores con altas pendientes

## **Curva Caudal – Presión. Goteros auto compensados y no auto compensados**

- En esta figura, se puede apreciar como aumenta el caudal de los goteros no auto compensado al aumentar la presión de operación. En tanto, en el caso de los autos compensados, sólo aumentan el caudal hasta que alcanzan una presión mínima de trabajo, manteniéndose después, en el caudal nominal.

## **Micro Aspersor (MA) y Micro jet (MJ):**

- Los sistemas de riego, basados en el uso de este tipo de emisores, consisten en la aplicación del agua de riego como una lluvia de gotas a baja altura y distribuida en una superficie amplia. En muchos casos, presentan ventajas sobre los goteros, especialmente en aquellos
- cultivos de sistema radical superficial o en casos de suelos arenosos.

## **Micro aspersor y Micro jet**

- se presentan los respectivos dibujos de cada uno de estos emisores.
- La diferencia entre estos emisores, es que los MA están compuestos por un dispositivo que rota aumentando el diámetro de mojado del emisor, en tanto en los MJ no disponen de piezas móviles.
- El rango de caudales en este tipo de emisores, fluctúa entre 25 y 120 L/hr, el que está determinado por el diámetro de la boquilla que tenga y por la presión de operación. Este último factor, afecta de igual forma al diámetro de mojado, generándose diámetros mayores a mayores presiones. Este último aspecto es de vital importancia al momento de definir un sistema determinado, para evitar así que se produzcan daños por enfermedades, en especial en plantas frutales por mojado del tronco.
- Al igual que en el caso de los goteros, existen alternativas de micro aspersores para aquellos proyectos de riego que consideran la instalación en sectores con marcadas diferencias de pendiente, lo que genera diferencias de

presión muy altas dentro de un sector de riego. Como estas diferencias de presión provocan importantes diferencias en el suministro de agua a las distintas plantas, es necesario utilizar micro aspersores auto compensado.

- En el caso de estos últimos, el caudal que suministran estos emisores, está determinado sólo por la boquilla que tiene incorporada, siendo el rango de entre 20 y 95 L/hr. En tanto, el diámetro de mojado, está determinado por el tipo de retador que incluye, generando diámetros de entre 3,5 y 8,0 m.

## **Anexo 9.**

### **Variables medidas según literatura**

Se denomina bulbo húmedo a la parte del suelo humedecida por un emisor de riego localizado, el cual se da cuando el agua comienza a fluir sobre una superficie del suelo provocando un pequeño charco cuyo radio se va extendiendo a medida que el riego continua. (Pizarro F. 1996)

Para determinar el bulbo húmedo se puede hacer un corte en el perfil del suelo para poder determinar el área mojada, en este caso nos toca medir la profundidad del bulbo lo cual es un aspecto muy importante, ya que a valores reducidos de profundidad corresponde mayor número de emisores.

Según Vallecillo, R. Para medir el caudal o gasto se coloca un recipiente en la salida del tanque o pila, se abre la llave de salida y se toma el tiempo que tarde en llenar el recipiente. Luego se aplica la fórmula:

$$G = v/t$$

Donde:

G = gasto en m<sup>3</sup>/seg., L/seg.

V = volumen de agua expresado en m<sup>3</sup> o litros.

T = tiempo en horas, minutos o segundos.

El diámetro mojado es una variable muy importante para determinar el humedecimiento de las raíces hacia los lados. También se puede determinar haciendo un corte en el suelo y midiendo su diámetro en el bulbo húmedo.

**Anexo 10.****Tabla de costos del Sistema de riego artesanal para una parcela de 200 vrs<sup>2</sup>**

<b>Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario(\$)</b>	<b>Costo total(\$)</b>	<b>Costo total (C\$)</b>
Barril de 55 galones	1	37	37	730
Llaves de pase de 1 pulg.	2	5.6	11.2	221
Lezna o punzón	1	2	2	39.5
Rollo de manguera de 100 vrs y ½ pulg.	1	180	180	3555
Manguera transparente para frutales	14pies	2	28	553
Tubo de 10 vrs y 1 pulg.	1	1	10	197.5
Total			258.2	5296

Cambio oficial del dólar 19.75

1. Un barril de 55 galones -----37 dólares.
2. 2 llaves de pase de 1 pulg.-----5.6 dólares.
3. 1 lezna o punzón para perforar tubería----- 2 dólares.
4. 1 rollo de manguera de 100 vrs y de media pulg.-----180 dólares.
5. Manguera transparente para frutales ----2 córdobas por pie, aunque se pueden utilizar mangueras para suero.
6. Tubo de 10 vrs. de largo y 1 pulgada de diámetro-----10 dólares.

**Estos costos para una parcela de 200vrs<sup>2</sup> resultaron de 258.2 dólares el cual podemos decir que tres veces más barato que el convencional que oscila entre los 700 y 1000 dólares.**

**Anexo 11.**

**PLANO DE CAMPO**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
T9	T1	T3	T6	T5	T7	T2	T8	T4

T3	T9	T6	T1	T2	T4	T5	T8	T7
----	----	----	----	----	----	----	----	----

T7	T5	T3	T6	T8	T9	T2	T1	T4
----	----	----	----	----	----	----	----	----

T3	T9	T1	T2	T7	T8	T4	T6	T5
----	----	----	----	----	----	----	----	----

8m<sup>2</sup>

4m

3mst

## **Anexo 12.**

### **Dimensiones del ensayo**

Esto se presenta con más detalles en el plano de campo.

$$\text{Área de la P.E} = 4\text{m} \times 2\text{m} = 8\text{m}^2$$

$$\text{Área de la P.U} = 3\text{m} \times 1\text{m} = 3\text{m}^2$$

$$\text{Área de repeticiones} = 8\text{m}^2 \times 9 = 72\text{m}^2$$

$$\text{Área de las cuatro repeticiones} = 72\text{m}^2 \times 4 = 288\text{m}^2$$

$$\text{Área entre repeticiones} = 1\text{m} \times 36\text{m} \times 3 = 108\text{m}^2$$

$$\text{Área total del experimento} = 396\text{m}^2$$

El agua que se utilizó para el sistema de riego fue tomada de una pila de cemento cuyas dimensiones fueron las siguientes:

**Longitud: 180cm**

**Ancho: 129cm**

**Altura: 118cm**

El agua salía por un orificio que contenía la pila en la base de ella cuyo diámetro es de 2 pulgadas. El cual genera un gasto de salida de 42.6 lit/min

**Anexo 13.****Diámetro mojado por un emisor de 4 lts/h.**

Profundidad de raíces y textura del suelo	Grado de estratificación del suelo		
	Homogéneo	Estratificado	En capas
	Diámetro mojado (m)		
Profundidad 0.80 m			
Ligera	0.50	0.80	1.10
Media	1.00	1.25	1.70
Pesada	1.10	1.70	2.00
Profundidad 1.70 m			
Ligera	0.80	1.50	2.00
Media	1.25	2.25	3.00
Pesada	1.70	2.00	2.50