

**DETERMINACION DE LAS NECESIDADES DE AGUA EN LOS CULTIVOS  
DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), MELON (*Cucumis melo* L), Y TOMATE  
(*Lycopersicum esculentum* L.), MEDIANTE EL SISTEMA DE RIEGO POR  
EXUDACION, EN EL MUNICIPIO DEL PEÑOL, NARIÑO**

**DALILA MARGARITA ERASO RODRIGUEZ**

**JUAN CARLOS VALENCIA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS**

**PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL**

**SAN JUAN DE PASTO - COLOMBIA**

**2002**

**DETERMINACION DE LAS NECESIDADES DE AGUA EN LOS CULTIVOS  
DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), MELON (*Cucumis melo* L.), Y  
TOMATE (*Lycopersicum esculentum* L.), MEDIANTE EL SISTEMA DE  
RIEGO POR EXUDACION, EN EL MUNICIPIO DEL PEÑOL, NARIÑO**

**DALILA MARGARITA ERASO RODRIGUEZ  
JUAN CARLOS VALENCIA**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial  
para optar al título de**

**INGENIERO AGROFORESTAL**

**Presidente de Tesis  
LUCIO LEGARDA BURBANO I.A., M.Sc**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL  
SAN JUAN DE PASTO - COLOMBIA**

**2002**

"Las ideas y conclusiones aportadas en esta Tesis de Grado son responsabilidad exclusiva de sus Autores. Art. 1º del Acuerdo No. 324 de Octubre 11 de 1996, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño".

A la memoria de mi padre

A la memoria de mi hermana

A mi madre

A mis hermanos

A mi sobrino

**Dalila Margarita Eraso Rodríguez**

A la memoria de mi abuelo

A mi madre

A mi hermana

A mi familia,

A mi novia

A mis amigos

**Juan Carlos Valencia**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Lucio Legarda Burbano, Ingeniero Agrónomo. Msc.

Roberto García, Ingeniero Acuícola.

Hugo Ruiz, Ingeniero Agrónomo. Msc.

German Arteaga Meneses, Ingeniero Agrónomo.

Programa Nacional de Transferencia de tecnología Agropecuaria **(PRONATA)**.

Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño.

A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en la ejecución y culminación del presente trabajo.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	25
<b>1. MARCO TEORICO</b>	28
<b>1.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR EXUDACIÓN</b>	28
1.1.1 Componentes de sistema de riego por exudación	29
<b>1.2 TENSIOMETRO</b>	30
1.2.1 Succión	30
<b>1.3 FERTIRRIGACION</b>	32
<b>1.4 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN</b>	32
<b>1.5 DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE LOS CULTIVOS POR EL METODO DEL BALANCE HÍDRICO</b>	34
1.5.1 Balance Hídrico	34
1.5.2 Componentes de variables par el calculo de balance hídrico	35
<b>1.6 SUELO</b>	38
<b>1.7 CULTIVOS</b>	38
1.7.1 El cultivo de fríjol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	38
1.7.2 El cultivo de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.)	39
1.7.3 El cultivo de tomate ( <i>Lycopersycum esculentum</i> L.)	41

<b>2 DISEÑO METODOLOGICO</b>	43
<b>2.1 LOCALIZACIÓN</b>	43
<b>2.2 SUELOS</b>	43
<b>2.3 AREA EXPERIMENTAL</b>	45
<b>2.4 VARIEDADES CULTIVADAS DE FRIJOL, MELON Y TOMATE</b>	45
2.4.1 Distancia de siembra de los cultivos de frijol, melón y tomate	45
2.4.2 Labores culturales	52
<b>2.5 MANEJO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO</b>	54
2.5.1 Sistema de riego por exudación	54
2.5.2 Sistema de riego por aspersión	58
<b>2.6 VARIABLES CLIMÁTICAS</b>	60
2.6.1 Temperatura	60
2.6.2 Evaporación	60
2.6.3 Precipitación	62
2.6.4 Humedad relativa	62
<b>2.7 VARIABLES EDAFICAS</b>	62
2.7.1 Profundidad radical efectiva	63
2.7.2 Curvas de retención de humedad	63
2.7.3 Infiltración	63
2.7.4 Conductividad Hidráulica	64
<b>2.8 VARIABLES DEL CULTIVO</b>	64
2.8.1 Fases del cultivo	65

2.8.2 Frutos por planta	65
2.8.3 Peso en kilogramos de fruto por cada cultivo	65
2.8.4 Rendimiento	66
2.8.5 Cosecha y post-cosecha	66
<b>2.9 METODOLOGÍA PARA EL CALCULO DEL BALANCE HÍDRICO</b>	<b>67</b>
2.9.1 Precipitación	67
2.9.2 Evapotranspiración	68
<b>2.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	<b>69</b>
<b>2.11 ANÁLISIS ECONOMICO</b>	<b>70</b>
<b>2.12 SOCIALIZACION DEL PROYECTO</b>	<b>71</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>76</b>
<b>3.1 VARIABLES CLIMÁTICAS</b>	<b>76</b>
3.1.1 Temperatura mensual (°C)	76
3.1.2 Evaporación mensual (mm)	76
3.1.3 Precipitación mensual (mm)	77
3.1.4 Humedad relativa (%)	77
<b>3.2 DURACIÓN DEL CICLO VEGETATIVO DE LOS CULTIVOS</b>	<b>77</b>
<b>3.3 PROFUNDIDAD EFECTIVA DE LAS RAICES</b>	<b>80</b>
<b>3.4 CURVAS DE RETENCION DE HUMEDAD</b>	<b>80</b>
<b>3.5 INFILTRACIÓN</b>	<b>82</b>
<b>3.6 CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA</b>	<b>84</b>
<b>3.7 TENSIOMETROS</b>	<b>84</b>

3.7.1	Uso de tensiometros	84
3.7.2	Frecuencia duración de riego por exudación	85
<b>3.8</b>	<b>RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS RESPECTO AL RIEGO</b>	<b>86</b>
<b>3.9</b>	<b>EFICIENCIA DEL SISTEMA DE RIEGO POR EXUDACIÓN Y ASPERSIÓN, TENIENDO EN CUENTA LA PRODUCCIÓN</b>	<b>91</b>
<b>3.10</b>	<b>PORCENTAJE DE AHORRO DE AGUA POR EL SISTEMA DE RIEGO POR EXUDACIÓN COMPARADO CON EL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN 600 m<sup>2</sup></b>	<b>93</b>
<b>3.11</b>	<b>NECESIDADES HÍDRICAS DE LOS CULTIVOS DETERMINADAS A PARTIR DEL CALCULO DEL BALANCE HÍDRICO</b>	<b>95</b>
3.11.1	Necesidades hídricas del cultivo de frijol determinadas con el cálculo del balance hídrico.	99
3.11.2	Necesidades hídricas del cultivo de melón determinadas con el cálculo del balance hídrico.	101
3.11.3	Necesidades hídricas del cultivo de tomate determinadas con el cálculo del balance hídrico.	101
<b>3.12</b>	<b>VARIABLES ESTADÍSTICAS</b>	<b>104</b>
<b>3.13</b>	<b>ANÁLISIS ECONOMICO</b>	<b>107</b>
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	
<b>5.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro 1.</b> Siembra y rotación de los cultivos en cada parcela experimental para los dos ciclos.	46
<b>Cuadro 2.</b> Distancia de siembra de los cultivos estudiados	48
<b>Cuadro 3.</b> Principales problemas fitosanitarios en los cultivos de frijol, melón y tomate y su control	53
<b>Cuadro 4.</b> Desarrollo vegetativo y profundidad radicular de los cultivos estudiados en función de su crecimiento	78
<b>Cuadro 5.</b> Rendimiento en los diferentes cultivos con los sistemas de riego por exudación y aspersión y su relación con la producción nacional	89
<b>Cuadro 6.</b> Volumen total y lamina aplicada mediante el riego por aspersión y exudación a los cultivos de frijol, melón y tomate en parcelas de 600 m <sup>2</sup>	90
<b>Cuadro 7.</b> Eficiencia de los sistemas de riego, teniendo en cuenta la producción.	92
<b>Cuadro 8.</b> Riego aplicado a los cultivos con los sistemas de riego por exudación y aspersión y porcentaje de agua.	94
<b>Cuadro 9.</b> Comportamiento decadal (10 días) de la precipitación, uso consuntivo y déficit de riego, determinados por el método del balance hídrico en el cultivo de frijol	100
<b>Cuadro 10.</b> Comportamiento decadal (10 días) de la precipitación, uso consuntivo y déficit de riego, determinados por el método del balance hídrico en el cultivo de melon	102
<b>Cuadro 11.</b> Comportamiento decadal (10 días) de la precipitación, uso consuntivo y déficit de riego, determinados por el método del balance hídrico en el cultivo de tomate	103
<b>Cuadro 12.</b> Estadígrafos descriptivos y prueba de "t" para el análisis estadístico de los cultivos de frijol, melón y tomate	106

- Cuadro 13.** Análisis económico para el cultivo de frijol (ha) con el sistema de riego por exudación 110
- Cuadro 14.** Análisis económico para el cultivo de frijol (ha) con el sistema de riego por aspersión liviana 111
- Cuadro 15.** Análisis económico para el cultivo de melon (ha) con el sistema de riego por exudación 112
- Cuadro 16.** Análisis económico para el cultivo de melon (ha) con el sistema de riego por aspersión liviana 113
- Cuadro 17.** Análisis económico para el cultivo de tomate (ha) con el sistema de riego por exudación 114
- Cuadro 18.** Análisis económico para el cultivo de tomate (ha) con el sistema de riego por aspersión liviana 115

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Componente del sistema de riego por exudación	31
<b>Figura 2.</b> Distribución de las parcelas en el campo	47
<b>Figura 3.</b> Esquema de la siembra de frijol a doble surco con cinta exudante y aspersión.	49
<b>Figura 4.</b> Esquema de la siembra de melón a surco sencillo con cinta exudante y riego por aspersión.	50
<b>Figura 5.</b> Esquema de la siembra del tomate a doble surco con cinta exudante y riego por aspersión.	51
<b>Figura 6.</b> Cabezal de control de riego por exudación	55
<b>Figura 7.</b> Disposición de la cinta exudante y tensiometros en la parcela.	56
<b>Figura 8.</b> Sistema de riego por aspersión utilizado en la región	59
<b>Figura 9.</b> Estación meteorológica instalada para la toma de datos climáticos del proyecto	61
<b>Figura 10.</b> Explicación del proyecto de riego por exudación a los agricultores del Peñol con la participación de profesores de la Universidad de Nariño	73
<b>Figura 11.</b> Día de campo con la participación de agricultores de Altamira (Policarpa)	74
<b>Figura 12.</b> Socialización del proyecto con la participación de los agricultores de la Toma (El peñol)	75
<b>Figura 13.</b> Curva de retención de humedad a 10 cm de profundidad en los suelos del municipio del Peñol Nariño	81

<b>Figura 14.</b> Curva de la velocidad de infiltración (VI) e infiltración acumulada en los suelos de la vereda Guayabal, municipio del Peñol - Nariño	83
<b>Figura 15.</b> Curva de comportamiento decadal de precipitación (mm) al 50 y 80% de probabilidad, uso consuntivo y riego del cultivo de fríjol	96
<b>Figura 16.</b> Curva de comportamiento decadal de precipitación (mm) al 50 y 80% de probabilidad, uso consuntivo y riego del cultivo de melón	97
<b>Figura 17.</b> Curva de comportamiento decadal de precipitación (mm) al 50 y 80% de probabilidad, uso consuntivo y riego del cultivo de tomate	98

## LISTA DE ANEXOS

**Anexo A.** Análisis fisicoquímico del suelo en la Vereda Guayabal al inicio del ensayo agosto 2001

**Anexo B.** Análisis fisicoquímico del suelo en la Vereda Guayabal al final del ensayo mayo 2002

**Anexo C.** Valores de succión (centibares) y humedad volumétrica determinados por el tensiómetro a dos profundidades en el suelo estudiado

**Anexo D.** Determinación de la infiltración del suelo de la vereda Guayabal, municipio del Peñol, por el método de los anillos infiltrometros

**Anexo E.** Valores mensuales de temperatura (°C) máxima y mínima de la vereda Guayabal, municipio del Peñol Nariño (años 2001-2002)

**Anexo F.** Valores mensuales de evaporación de Municipio del Peñol Nariño (años 2001 2002)

**Anexo G.** Valores diarios de precipitación (mm) de la vereda Guayabal, municipio del Peñol Nariño (años 2001-2002)

**Anexo H..** Valores mensuales de humedad relativa (%) de la vereda Guayabal, municipio del Peñol Nariño (2001-2002)

**Anexo J.** Valores totales mensuales de precipitación ( mm) de la estación pluviométrica del Peñol (Nariño), de enero a diciembre de los años 1990 al 2002

**Anexo K.** Valores totales de precipitación anual (mm) de la estación pluviométrica del Peñol (Nariño), de enero diciembre de los años 1990 al 2002

**Anexo L.** Valores totales de precipitación (mm) para la primera década de periodo enero a diciembre de 1990 a 2002.

**Anexo M.** Valores totales decadales de precipitación (mm) para la segunda década de enero a diciembre de 1990 a 2002.

**Anexo N.** Valores totales de precipitación (mm) para la tercera década de enero a diciembre de 1990 a 2002.

**Anexo Ñ.** Valores totales decadales de precipitación (mm) con diferentes niveles de probabilidad para la primera década del mes de enero a diciembre 1990-2002

**Anexo P.** Valores totales decadales de precipitación (mm) con diferentes niveles de probabilidad para la segunda década del mes de enero a diciembre 1990-2002

**Anexo Q.** Valores totales decadales de precipitación (mm) con diferentes niveles de probabilidad para la tercera década del mes de enero a diciembre 1990-2002

**Anexo R.** Valores totales decadales de evaporación (mm) y evapotranspiración primera década de enero a diciembre periodo 1997 a 2002

**Anexo S.** Valores totales decadales de evaporación (mm) y evapotranspiración segunda década de enero a diciembre periodo 1997 a 2002

**Anexo T.** Valores totales decadales de evaporación (mm) y evapotranspiración tercera década de enero a diciembre periodo 1997 a 2002

**Anexo U.** Calculo del balance hídrico agrícola a nivel decadal para el cultivo de frijol

**Anexo v.** Calculo del balance hídrico agrícola a nivel decadal para el cultivo de melón

**Anexo W.** Calculo del balance hídrico agrícola a nivel decadal para el cultivo de tomate

**Anexo X.** Participantes de la socialización del proyecto a través de días del campo

## GLOSARIO

**ASPERSIÓN:** aplicación de agua por encima de la superficie del suelo, simulando una lluvia.

**BALANCE HÍDRICO:** es la utilización de datos reales de precipitación e información climatológica para el cálculo de las necesidades de agua en los cultivos.

**CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO:** cantidad de agua que un suelo puede almacenar entre los límites de la capacidad de campo y el punto de marchitez, a la profundidad radical del cultivo en estudio.

**CAPACIDAD DE CAMPO:** cantidad de agua que un suelo retiene contra la gravedad, donde hay un balance adecuado entre agua y aire.

**COEFICIENTE DE CULTIVO:** describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección.

**COEFICIENTE DE TANQUE:** factor climático de corrección.

**CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA:** expresa la habilidad del suelo saturado de permitir el paso de agua.

**DÉFICIT HÍDRICO:** faltante. Ocurre cuando la cantidad de agua que entra a un sistema, es menor que la cantidad de agua que sale de él. Equivale a la cantidad de agua que se debe aplicar al cultivo en forma de riego.

**EFICIENCIA:** es la proporción de agua total que se aplica al terreno y que es utilizada por el cultivo.

**EXUDACIÓN:** emisión de agua a través de pequeños poros.

**EVAPOTRANSPIRACIÓN:** cantidad de agua que se pierde en forma de vapor y en forma líquida.

**EVAPORÍMETRO:** instrumento utilizado para medir el agua que se pierde en forma de vapor, en una área determinada.

**FRACCIÓN VOLUMÉTRICA DE AGUA APROVECHABLE:** cantidad de agua que puede contener cada centímetro de suelo.

**FRECUENCIA DE RIEGO:** número de días que transcurre entre dos riegos consecutivos.

**HIGRÓMETRO:** instrumento que sirve para medir el grado de humedad del aire.

**INFILTRACIÓN:** propiedad que tiene el suelo de absorber agua a través de sus poros.

**NECESIDAD BRUTA DE RIEGO:** expresa la cantidad total de agua de riego que se debe aplicar al cultivo, incluyendo el agua utilizada para compensar las pérdidas por escorrentía, percolación, evaporación.

**NECESIDAD NETA DE RIEGO:** cantidad de agua que necesita el cultivo; además de la precipitación.

**PLUVIÓMETRO:** instrumento que sirve para medir la cantidad de agua caída por precipitación.

**PRECIPITACIÓN:** fuente de agua para los cultivos que contribuyen disminuyendo los requerimientos de agua usada en evapotranspiración.

**PROBABILIDAD:** característica de un suceso del que existe razones para creer que se realizará.

**PUNTO DE MARCHITEZ:** estado en el cual la mayoría de las especies vegetales no pueden succionar el agua contenida en el suelo, debido a la gran fuerza con la que esta es retenida por las partículas del suelo.

**RIEGO:** cantidad de agua necesaria para la producción de los cultivos, excluyendo la lluvia.

**SUCCIÓN:** fuerza con que el suelo retiene el agua, se entiende como una presión negativa, ya que no es ejercida sobre el suelo, sino que los sólidos del suelo la ejercen sobre el agua.

**TENSIÓMETRO:** instrumento utilizado para determinar la succión de la humedad del suelo.

**TUBO GEOTEXTIL EXUDANTE:** compuesto de microfibras de polietileno entrecruzadas que forman una malla porosa.

**USO CONSUNTIVO:** equivalente a la evapotranspiración, necesidad de agua por parte de las plantas.

## RESUMEN

Para el desarrollo del proyecto realizado entre junio de 2001 y junio de 2002 en la vereda Guayabal, municipio del Peñol (Nariño), ubicada a 1200 msnm con una temperatura promedio de 22 °C, una precipitación anual de 1000 mm y la humedad relativa de 59%.

Se establecieron seis parcelas experimentales de 600 m<sup>2</sup> cada una, de estas parcelas, dos se destinaron para la siembra de fríjol, dos para la siembra de melón y dos para la siembra de tomate, para cada cultivo se utilizó un sistema de riego por aspersión, que tradicionalmente utilizan los agricultores de la zona y otro sistema de riego por exudación, tecnología desconocida por los agricultores de este Municipio y que demostró al final de los ciclos de los cultivos ser el más eficiente en razón de ahorro de agua y producción.

La cantidad de agua aplicada en los tres cultivos por el sistema de riego por exudación fue de 90,92 m<sup>3</sup>, 99,64 m<sup>3</sup>, 102 m<sup>3</sup> para fríjol, melón y tomate, respectivamente, mientras que con el sistema de riego por aspersión se aplicó 204 m<sup>3</sup> para el cultivo de fríjol, 220 m<sup>3</sup> para el cultivo del melón y 246 m<sup>3</sup> para el cultivo de tomate.

El rendimiento obtenido mediante la utilización del sistema de riego por exudación fue de 2,5 t/ha para frijol, 28 t/ha para melón y 39 t/ha para tomate , superando los obtenidos con el sistema de riego por aspersión de 2,1 t/ha para frijol, 18 t/ha para melón y 30 t/ha para tomate.

Con el balance hídrico elaborado a partir de la información climatológica del municipio del Peñol, de las condiciones físicas de los suelos y de los cultivos en estudio, se establecieron las necesidades hídricas para los cultivos de frijol, melón y tomate: 161 mm , 176 mm y 193 mm, respectivamente.

## SUMMARY

For the development of the realized project from June 2001 to June 2002 in Guayabal, municipality of Peñol (Nariño) which is 1200 meters over sea level with an average temperature of 22 °C, a yearly precipitation of 1000 mm and a relative humidity of 59 %, we establish six experimental parcels of land of 600 m<sup>2</sup> each one. Of these parcels, two of them were destined for the sowing of beans, two for the sowing of melon and the other two parcels for the sowing of tomatoes.

For each we used an irrigation system by aspersion which is traditionally used by farmers in that region and other irrigation system by exudation which is an unknown technology for the farmers of this municipality and at the end of the cultivations it demonstrated to be more efficient for saving water and for the production.

The quantity of water we applied in the three cultivations through the exudation system was of 90,92 m<sup>3</sup> , 99,64 m<sup>3</sup> , 102 m<sup>3</sup> for bean, melon and tomatoe respectively while with the aspersion system we applied 204 m<sup>3</sup> for the cultivation of bean, 186 m<sup>3</sup> for the cultivation of melon and 246 m<sup>3</sup> for the cultivation of tomatoe.

The output we obtained through the exudation system was 2,5 t/ha for bean, 28 t/ha for melon and 39 t/ha for tomatoe which surpassed the obtained results with melon and 30 t/ha for tomatoe.

With the obtained hydric balance from the climate information of Peñol municipality besides the physical conditions of the soils and the cultivations we are studying, beans, melon and tomatoe as 161 mm, 176 mm and 193 mm respectively.

## INTRODUCCIÓN

En la mayoría de las zonas del Departamento de Nariño, como en otras regiones del territorio nacional, la escasez de fuentes de agua para la producción óptima de los cultivos, es un problema que tiende a agravarse, por el deterioro permanente de las cuencas hidrográficas, por lo cual no se puede satisfacer las exigencias de altos rendimientos agrícolas, para suplir la permanente demanda alimentaria.

Aparte de lo mencionado, una de las razones de este problema, es la falta de conocimiento de tecnologías en el manejo adecuado del agua y de conservación de suelos.

El problema explicado anteriormente es característico del municipio del Peñol, región que se encuentra afectada negativamente por el déficit hídrico, lo cual no posibilita una adecuada explotación de los cultivos, permitiendo un mal uso del suelo.

Actualmente, en la región del Peñol, el sistema de producción agrícola se hace empleando el agua suministrada por la distribución irregular de la lluvia y de las aguas de la quebrada Molinoyaco, que la utilizan en forma rudimentaria de riego y que es la única fuente hídrica de esta zona, por lo tanto es necesario implementar

una nueva técnica de riego como el sistema de riego por exudación, el cual funciona por medio de una cinta exudante que contiene microporos y que se caracteriza por el ahorro de agua, fácil manejo, eficiente en la fertilización y trabaja con presiones y caudales de agua muy bajos.

Con base en este sistema se calculó las necesidades de riego en los cultivos de frijol, melón y tomate, con el fin de programar los riegos de manera que se mantenga la humedad del suelo dentro de los límites satisfactorios para el normal desarrollo de los cultivos a estudiar.

Teniendo en cuenta lo anterior el objetivo principal de este estudio fue:

1. Determinar las necesidades de agua, probabilidades de lluvia y análisis económico de los cultivos de frijol, melón y tomate, mediante el sistema de riego por exudación con el uso de tensiómetros, contrastado con los resultados obtenidos en el sistema de riego por aspersión.

Y los objetivos específicos fueron:

1. Calcular las necesidades de agua en los ciclos vegetativos de los cultivos de frijol, melón y tomate, utilizando el método del balance hídrico y teniendo en cuenta variables climáticas como: precipitación, evaporación, humedad relativa y temperatura.

2. Determinar la succión de la humedad del suelo de los tres cultivos en estudio
  
3. Determinar las probabilidades de lluvia de acuerdo con el análisis histórico para un periodo de 10 años , con fines de practicas agronómicas en la región.
  
4. Realizar un análisis económico con el empleo de los sistemas de riego por exudación y riego por aspersión.

## **1. MARCO TEÓRICO**

### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR EXUDACIÓN**

El riego por exudación es un sistema de riego localizado de alta frecuencia, que aplica el agua en forma continua mediante el tubo poroso que exuda el elemento en toda su longitud. A medida que disminuye el contenido de agua del suelo, debido a la extracción que realizan las plantas, la succión de agua del tubo poroso por parte del suelo va aumentando hasta hacer que el caudal exudado también aumente, manteniendo siempre en el suelo un alto contenido de agua que permite satisfacer las necesidades de los cultivos. Este sistema permite regar en forma continua, de manera que sea el propio sistema suelo-planta el que establezca la demanda de agua, sin que se produzca pérdidas por percolación. (Legarda, et, al., 2001,3).

El tubo puede ir en la superficie , cubierto o enterrado de tal manera que el agua y el fertilizante llegue directamente a la raíz de la planta. No produce un flujo turbulento y no ocasiona problemas de erosión. En pendientes mayores al 5% se instala de acuerdo a las curvas de nivel. (Legarda, et al., 2001, 4).

El sistema de riego por exudación o riego localizado de alta frecuencia (RLAF) no tiene ninguna separación entre gota y gota en toda su longitud y perímetro del

tubo geotextil de poliéster, el cual está impregnado de una resina porosa. (Manual informativo del tubo geotextil exudante, 1990, 13).

**Componentes del sistema de riego por exudación.** Según la figura 1, el sistema de Riego por exudación se compone de la tubería de abastecimiento, cabezal de control de riego, laterales de riego y tensiómetro.

- **Tubería de abastecimiento.** La tubería de abastecimiento tiene como finalidad conducir el agua desde el cabezal hasta la tubería secundaria, distribuyéndola luego a las líneas laterales que están constituidas por la cinta exudante y de éstas a la planta. (Legarda, et, al., 2001, 25).

- **Cabezal de control de riego.** Consiste en controlar el agua para enviarla por una red de tuberías con baja presión y bajo caudal. Está compuesto por una llave de paso, manómetro de presión, contador de agua, válvula ventosa, vénturi para el paso de fertilizante, y otros accesorios como codos, niples, entre otros. (Legarda, et, al., 2001, 24).

- **Laterales de riego.** Son las Cintas exudantes que liberan agua por capilaridad en función de la presión utilizada, produciendo una línea de humedad en todo su recorrido. (Ojeda, 1995, 4).

La cinta exudante proporciona agua al cultivo y se encuentra ubicada lateralmente a las tuberías de abastecimiento. (Legarda, et, al., 2001, 25).

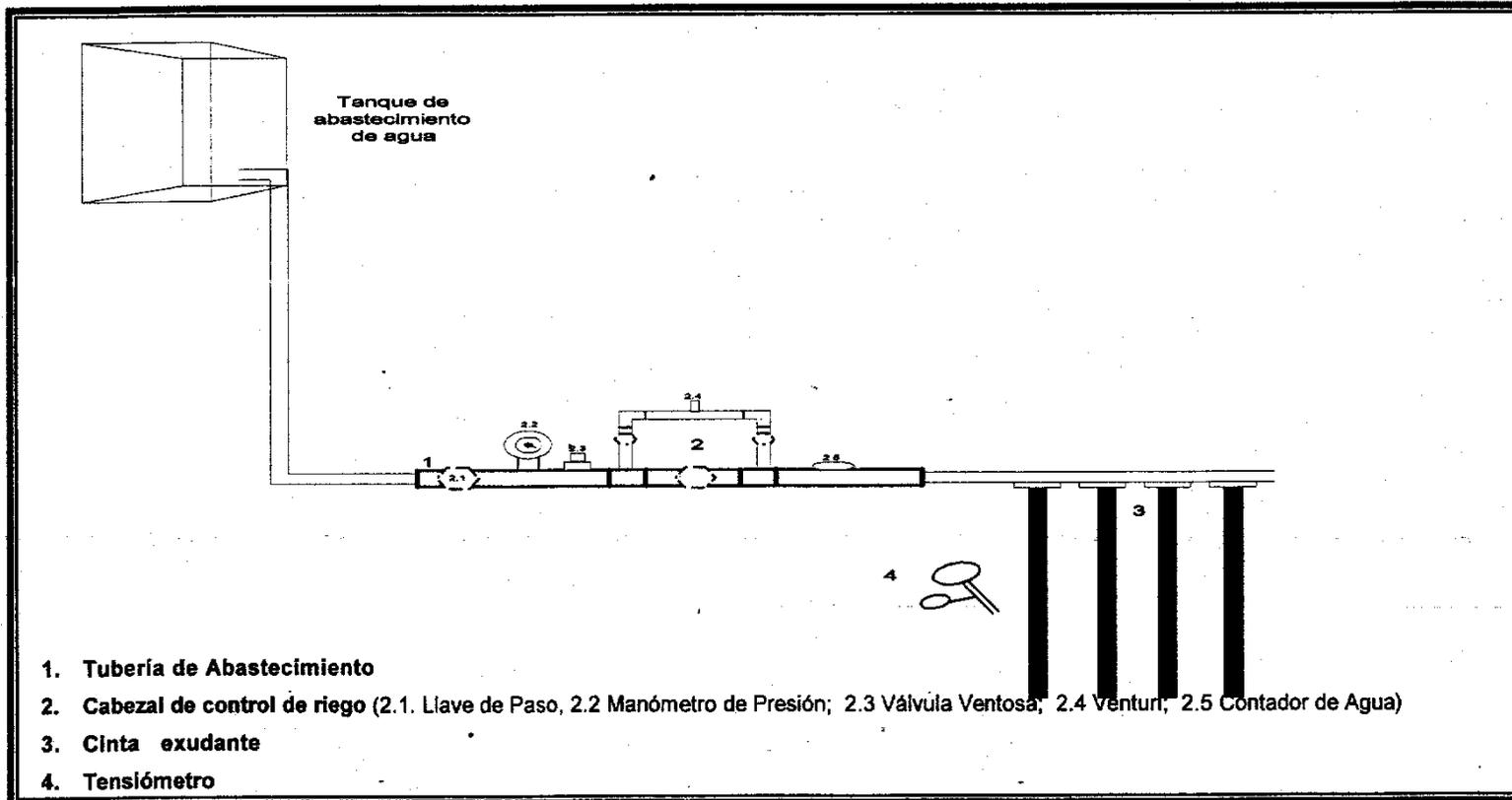
disminuye progresivamente cuando aumenta el porcentaje de saturación del suelo. (Ojeda, 1995,12).

## **1.2 TENSÍOMETROS**

El tensiómetro brinda la posibilidad de detectar la situación real del estado de humedad del suelo y proyectar la situación del sistema radical de acuerdo a la forma en que las raíces succionan el agua del suelo, y que colocados a la profundidad de la máxima actividad radicular, determinan la succión de la humedad del suelo, requerida para el crecimiento óptimo de los cultivos. (Legarda, et, al., 2001, 5).

**1.2.1 Succión.** El mismo autor anota que la succión es el concepto básico para describir el agua del suelo, así como también la humedad del mismo. Las plantas extraen el agua del suelo contra la succión total con diferentes grados de facilidad, es decir que las plantas tienen su propia capacidad para extraer agua del suelo e igualmente el suelo tiene su propia capacidad para proporcionar agua a varios niveles de succión.

Figura 1. Componentes de sistema de riego por exudación





La succión es la fuerza con que el suelo retiene el agua y se expresa en bares.

1 bar = 100 centibares, y 1 centibar = una columna de agua de 10 cm de altura. (Legarda, 1972,30).

Además cuando se utilizan sistemas de bombeo, necesita motores con menor potencia, más pequeños y se consume menos electricidad. (Ojeda, 1995, 13).

### **1.3 FERTIRRIGACIÓN**

Es la aplicación combinada y frecuente de agua con fertilizantes. Los modernos sistemas de riego localizados ofrecen posibilidades de utilización conjunta al poder aplicar los fertilizantes al agua de riego, desde el cabezal, mediante los sistemas de inyección de fertilizantes como el tipo vénturi, brindando ventajas como el ahorro en labores culturales y mayor precisión en la aplicación, pues el fertilizante se concentra directamente en las raíces, siendo menor el desperdicio de ésta. (Del Amor, 1984, 7).

### **1.4 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN.**

El método de riego por aspersión consiste en aplicar agua en forma de llovizna, la cual se produce mediante el paso de agua a presión a través de tuberías de la que sale a los aspersores. (Legarda et al., 2002, 85).

El aspersor posee una o dos boquillas, que son los orificios a través de los cuales sale el chorro de agua a presión, haciendo impacto sobre el brazo y produce así el fraccionamiento del chorro en pequeñas gotas de lluvia. Al regresar este brazo por acción de resorte del cojinete golpea al cuerpo del aspersor y produce parte del giro. ( SENA, 2000, 84).

El sistema de riego por Aspersión liviana esta constituido por los rociadores o aspersores, la red hidráulica de tuberías, entre principales y secundarias, y accesorios varios. (Legarda, et, al., 2002,85).

De acuerdo con Legarda, et, al., (2002, 88), algunas limitaciones para el sistema de riego por aspersión son:

- Elevada mano de obra para mover las tuberías laterales y principales
- El viento puede distorsionar completamente la distribución del agua en el suelo, lo que implica una eficiencia de aplicación que no supera el 55%.
- El riego por aspersión puede crear condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades fungosas.
- El impacto de las gotas de agua en las flores puede causar su caída. Así mismo pueden causar erosión en el suelo.

## **1.5 DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE LOS CULTIVOS POR EL MÉTODO DEL BALANCE HIDRICO**

La determinación de las necesidades hídricas de los cultivos, juega un papel importante en la obtención de altos rendimientos, ya que conocer qué cantidad de agua y en qué momento se debe suministrar a la planta, posibilita hacer un uso racional de la misma, además de poder efectuar el riego en el momento oportuno. (Legarda y Puentes, 2001, 131).

**1.5.1 Balance Hídrico.** El balance hídrico es la utilización de los datos reales de precipitación y de información climatológica para el cálculo de las necesidades de los cultivos. Estos dos tipos de datos se combinan para establecer el balance hídrico en la zona o de un cultivo. El balance hídrico especifica que el total de agua que entra a un sistema, debe ser igual al que sale de él, más la diferencia entre los contenidos finales e iniciales. (Rosero, 1996, 13).

$$\mathbf{BH = FE - FS + AHS}$$

Donde:

BH = Balance Hídrico

FE = Flujo de entrada (Precipitación mm)

FS = Flujo de salida (Evaporación mm, uso consultivo, transpiración)

AHS = Cambios de humedad del suelo.

Un balance hídrico con intervalo de una semana, una década, permitirá individualizar períodos de sequía de una, dos o tres semanas (o décadas), que en ocasiones afecta el rendimiento de los cultivos. Dado que el balance hídrico general de una área y la necesidad individual de riego de cada cultivo, puede calcularse para diferentes intervalos de tiempo y con datos promedios y de capacidad de almacenaje de agua en el suelo, es posible a través de este análisis, detectar necesidades permanentes de riego. (Rosero, 1996, 15).

### **1.5.2 Componentes de variables para el cálculo del balance hídrico.**

- **Precipitación.** La precipitación es un parámetro muy variable, por lo tanto es necesario considerarla con valores probabilísticas. (Legarda y Puentes, 2001, 133).

Las probabilidades son eventos que son comunes, son aquellos cuyas probabilidades de ocurrencia son grandes o pequeños, respectivamente. La estadística ofrece procedimientos que nos permiten saber cuantas veces se aciertan en un promedio, calcular qué porcentaje de probabilidad existe para que se repita un evento. (Steel y Torrie, 1996, 20).

Como lo señala Amezquita, (1992,23), el análisis histórico de las características de las lluvias por métodos estadísticos probabilísticos, es una herramienta de mucha utilidad para la comprensión de su comportamiento y toma de decisiones sobre

aplicación de prácticas útiles para el manejo productivo y conservacionista de los suelos (labranza, riego, drenaje). A este respecto es posible trabajar con probabilidades mensuales, semanales y aún diarias de la cantidad de lluvia que puede esperarse, así como de los balances hídricos, lo que permitirá planear razonablemente las prácticas de riego y de drenaje cuando ellas sean necesarias y diseñar prácticas de labranza y de manejo de suelos para aumentar el mejoramiento del perfil en áreas de producción intensiva.

- **Evapotranspiración.** El término de evapotranspiración potencial es utilizado para referirse a la evapotranspiración que normalmente se verifica en un terreno cultivado, libremente expuesto a la atmósfera y donde nunca falta la humedad del suelo para uso de las plantas. (Legarda y Puentes, 2001, 80).

Es frecuente que en la práctica no se den estas condiciones necesarias para que tenga lugar este fenómeno fundamentalmente diurno, es un concepto útil sobre necesidades de agua en las plantas y balances de humedad del suelo.

En síntesis la evapotranspiración es la pérdida de agua de una superficie dada, tanto por evaporación como por transpiración de las plantas. Existen diferencias entre la evapotranspiración potencial (ETP) o máxima cantidad de agua evapotranspirada cuando el suelo se encuentra bien provisionado de humedad, y la evapotranspiración actual o real (ETA), que es aquella producida cuando la vegetación está sometida a condiciones climáticas y ecológicas de suministro de

agua, tal que las plantas no pueden transpirar sino el agua que realmente disponen, por estar el suelo parcialmente seco. (Legarda y Puentes, 2001, 80).

Según Gavande (1972, 200), la medida de la evapotranspiración es importante para:

- Programar la irrigación.
- En regiones con limitaciones de agua, ésta puede reservarse para usos futuros.
- Predecir la frecuencia y severidad de las sequías agrícolas en áreas húmedas y subhúmedas.
- Para elaborar el balance hidrológico diario, década, mensual, anual, estacional de los cultivos.
- Establecer las necesidades de riego o requerimientos de un proyecto de riego.
- Coeficiente de transpiración del cultivo ( $K_c$ ). El coeficiente del cultivo está definido como la relación entre evapotranspiración real del cultivo y la evapotranspiración de cultivo de referencia. (Rosero, 1996, 20).

Según el artículo obtenido de Internet, dirección: [www. El riego. Com / dom / infórmate / riego agrícola / fundamentos... / necesidades agua. htm](http://www.Elriego.com/dom/infórmate/riego_agrícola/fundamentos.../necesidades_agua.htm),1998; el coeficiente del cultivo ( $K_c$ ) describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra, hasta la recolección.

## 1.6 SUELO

Los parámetros físicos del suelo, junto con parámetros químicos, biológicos, hidrológicos y mineralógicos, determinan entre otras la productividad de los suelos. El conocimiento de éstos parámetros, permite conocer mejor las actividades agrícolas vitales como el laboreo, la fertilización, el drenaje, la irrigación, la conservación de suelos y aguas y el manejo de residuos de cosecha. En un sistema de riego los parámetros hidrofísicos del suelo influyen en la capacidad de almacenamiento de agua, en el grado de captación de agua del suelo y en la cantidad de agua que requiera un cultivo. (Legarda y Mosquera, 1996, 1).

## 1.7 CULTIVOS

**1.7.1 El cultivo de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.).** El fríjol común se desarrolla bien en zonas con precipitaciones medias, pero su cultivo no es apropiado para zonas tropicales húmedas, se adapta a temperaturas que oscilan entre 15 y 22 °C. El cultivo no tiene exigencias específicas en cuanto a suelos, pero son preferibles los suelos profundos con un pH de 5,5 a 6,0 . La necesidad de fertilización es de 20 a 40 kg/ha de P, y 50 a 120 kg/ha de K. El fríjol tiene la capacidad de fijar nitrógeno para atender a sus necesidades. (Doorembos y Kassam, 1990, 85).

Para variedades arbustivas, se pueden producir hasta 1600 kg/ha ó 1,6 t/ha en promedio para producciones nacionales. (Informativo Agropecuario, 1993, 5).

En la zona del Remolino (Nariño) se reportan rendimientos de 2,2 t/ha. (Legarda, et, al., 2002,30).

- **Fases de desarrollo del cultivo de frijol.** El periodo de establecimiento dura 10 a 15 días, el periodo vegetativo es de 20 a 25 días, la floración puede durar de 15 a 25 días, la formación de la cosecha dura de 25 a 30 días y la maduración de 20 a 25 días. Para un total de duración del ciclo del cultivo de 90 a 120 días. (Dorembos y Kassam, 1990,82).

- **Necesidades de agua.** Para el cultivo de frijol, las necesidades de agua para obtener una producción máxima con un cultivo de 90 a 120 días, varía entre 300 y 500 mm dependiendo del clima. El coeficiente del cultivo (Kc) para frijol seco es: en la etapa inicial de 0,3 - 0,4 (15 a 20 días), en el período de desarrollo 0,7 - 0,8 (15 a 20 días); para la época de mediados de periodo 1,05 - 1,2 (35 a 45 días); en la etapa final del periodo 0,65 - 0,75 (20 a 25 días) y en la recolección 0,25 - 0,3. (Doorembos y Kassam, 1990, 83).

**1.7.2 El cultivo de melón (Cucumis meló L.).** La planta de melón para una buena producción, necesita de climas cálidos, soleados y secos; con temperaturas

comprendidas entre 27 y 30 °C y un máximo de 75% de humedad relativa; no tolera largos periodos de lluvia.

Los rendimientos del cultivo oscilan entre 8-25 t/ha. En Colombia se ha logrado rendimientos entre 17 y 25 t/ha. (Legarda, et, al., 2001, 9).

En el corregimiento del Remolino del municipio de Taminango se obtuvieron producciones de 33 t/ha. (Guerrero y Usama, 2000, 73).

- **Fases de desarrollo del cultivo de melón.** El periodo de establecimiento dura 15 a 20 días, el periodo vegetativo es de 15 a 20 días, la floración puede durar de 20 a 25 días, la formación de la cosecha dura de 25 a 35 días y la maduración de 10 a 15 días. Para un total de duración del ciclo del cultivo de 85 a 115 días. (Doorembos y Kassam, 1990,37).

- **Necesidades de agua para el cultivo de melón.** Legarda, et, al., (2001, 10), anota que el melón necesita 550 mm de agua aproximadamente.

Según Doorembos y Kassam (1990, 38), el Kc para el cultivo de melón se distribuye de la siguiente manera: 0,4 - 0,5 para la fase inicial; 0,7 - 0,8 para la fase de desarrollo; 0,95 - 1,05 para la fase de mediados; 0,8 - 0,9 para la fase de finales de período y 0,65 - 7,5, para la recolección. Estos valores indican la necesidad de agua, explicando que los valores bajos se presentan en la

germinación y en la cosecha, donde la planta requiere bajos volúmenes de agua; en floración y fructificación es donde más agua requiere el cultivo.

**1.7.3 El cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.).** La temperatura óptima para su desarrollo va de 18 a 24 °C. El tomate se puede producir en una amplia variedad de suelos, pero son preferibles los bien drenados, limosos, con un pH de 5 a 7. (Doorembos y Kassam, 1990, 163).

Las necesidades de fertilizantes para una buena producción varía entre 100 - 150 kg/ha de nitrógeno, 65 - 110 kg/ha de fósforo y de 60 - 240 kg/ha de potasio. (Legarda, et, al., 2001, 9).

El rendimiento promedio en la producción nacional es de 20 t/ha. (FEDECAFE, 1998, 12).

En el departamento de Nariño, corregimiento del Remolino, el rendimiento promedio es de 27,9 t/ha. (Legarda, et, al., 2002, 36).

- **Fases de desarrollo del cultivo de tomate.** El periodo de establecimiento dura 25 a 35 días, el periodo vegetativo es de 20 a 25 días, la floración puede durar de 20 a 30 días, la formación de la cosecha dura de 20 a 30 días y la maduración de 15 a 20 días. Para un total de duración del ciclo del cultivo de 100 a 140 días. (Dorembos y Kassam, 1990,162).

- **Necesidades de agua.** Las necesidades de agua después del trasplante, son de 400 a 600 mm, dependiendo del clima. El factor ( $K_c$ ) para las distintas etapas de desarrollo son: durante la etapa inicial 0,4 - 0,5 (10 a 15 días); durante la etapa de desarrollo 0,7 - 0,8 (20 a 30 días); en la etapa de mediados del ciclo, 1,05 - 1,25 (30 a 40 días) y en recolección 0,6 - 0,65. (Doorembos y Kassam, 1990, 163).

## **2. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **2.1 LOCALIZACIÓN**

El trabajo se llevó a cabo en el municipio del Peñol, Departamento de Nariño, en la vereda Guayabal, ubicada a 1200 msnm una temperatura promedio de 22 °C y *F* una precipitación media anual de 1000 mm y la humedad relativa de 59% y una evaporación de 1618 mm año.

Pertenece a un bosque seco premontano ( bs - PM), la vegetación natural ha sido modificada por intervención humana, con el fin de establecer praderas extensivas sin ningún tipo de manejo. (Alcaldía Municipal del Peñol, 2000, 27).

### **2.2 SUELOS**

El suelo de la Vereda Guayabal, Municipio del Peñol, presenta las siguientes características:

Densidad aparente 1,16 g/cc, densidad real 2,3 g/cc, porcentaje porosidad 50% valor que determina una buena aireación y desarrollo de la zona radicular, textura franco arcillosa con un ph de 6,9 considerado neutro, lo que determina una buena disponibilidad de calcio y magnesio, moderada disponibilidad de fósforo y baja

disponibilidad de micro nutrientes a excepción del molibdeno. El contenido de materia orgánica es de 3,3% considerado medio para las condiciones de la zona, el nitrógeno total 0,16% es bajo, pues existe 16 kg/ha de N aprovechables, fósforo 156 ppm lo que significa un contenido alto, potasio de cambio es de 1,10 meq /100g siendo alto, calcio de cambio 16,0 meq/100g el cual es un nivel alto aunque se mantiene inmóvil en el suelo por las condiciones de sequedad, magnesio de cambio 1,60 meq/100g alto capacidad de intercambio catiónico (cic), 24,2 meq /100g es alto existiendo alta adherencia de cationes lo que evita la lixiviación de nutrientes, la relación de bases es buena.

En general el análisis del suelo presenta una fertilidad buena, con altos contenidos de macro elementos y baja disponibilidad de micro elementos.

Los bajos contenidos de nitrógeno total se corrigen con la aplicación de urea en la fase de desarrollo de los cultivos, lo cual favorece al establecimiento de diferentes cultivos en la zona.

El contenido de hierro es de 10,00 ppm bajo pues existen 2,1Kg/ha de este elemento, el manganeso 5,40 ppm es alto, el cobre tiene una valor aceptable de 1,60 ppm a diferencia del boro y el zinc que muestran valores bajos con 0,20 y 1,34 ppm.

## **2.3 ÁREA EXPERIMENTAL**

Se establecieron seis parcelas experimentales para los cultivos de fríjol, melón y tomate, donde para la siguiente siembra se rotaron los cultivos como se indica en el cuadro 1.

El área de cada parcela fue de 600 m<sup>2</sup>. Para cada cultivo se utilizaron dos sistemas de riego, uno por exudación y otro por aspersión liviana. (Figura 2).

## **2.4 VARIEDADES CULTIVADAS DE FRIJOL, MELON Y TOMATE**

En fríjol, se utilizó la variedad Calima arbustiva. En el melón se utilizó el híbrido Gold rush F1. Para el cultivo de tomate se utilizó el híbrido Santa Clara.

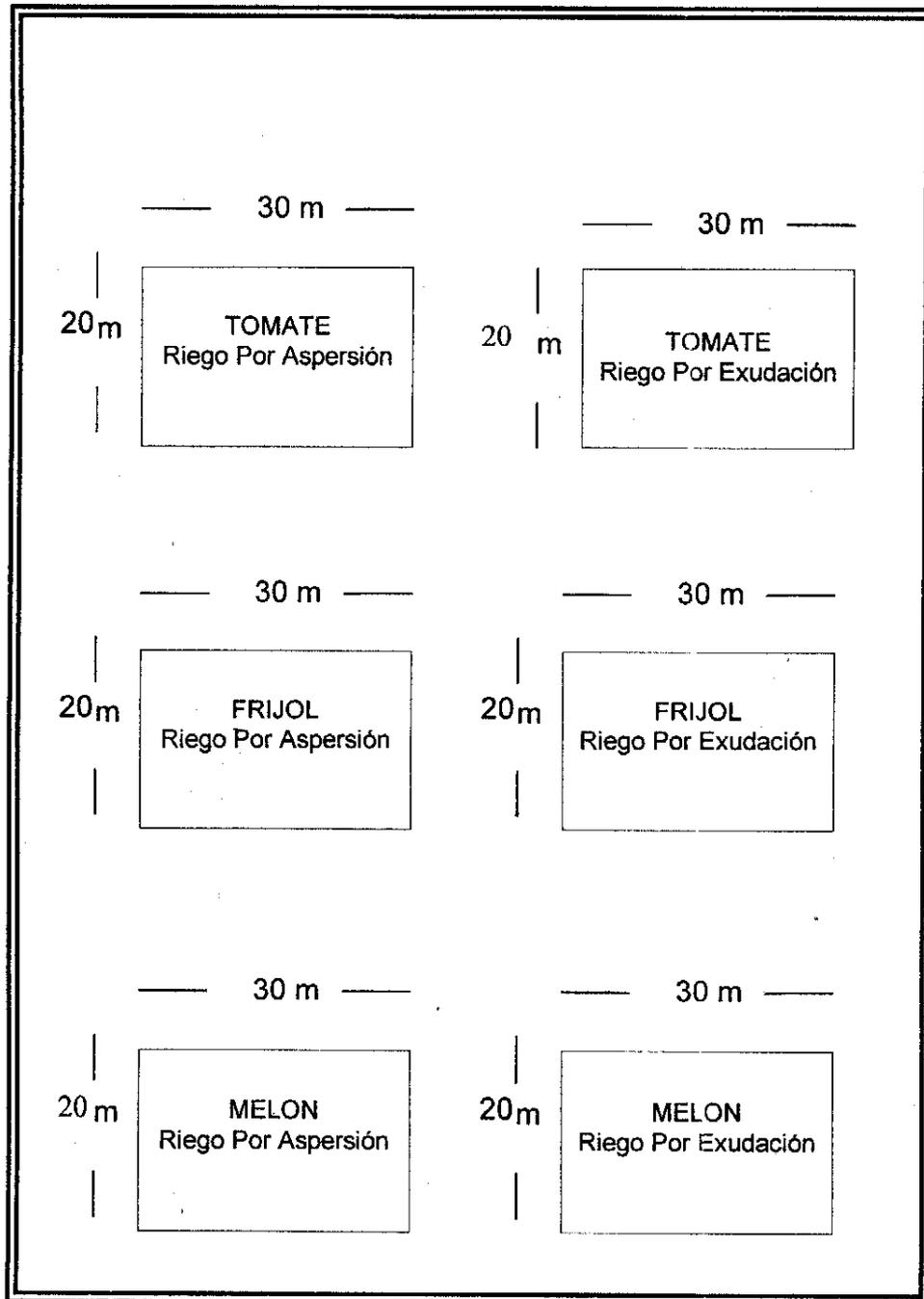
**2.4.1 Distancias de siembra de los cultivos de fríjol, melón y tomate.** En el cuadro 2 se indica las distancias de siembra entre planta y surcos de los cultivos de fríjol, melón y tomate.

En las figuras 3, 4 y 5 se presentan las distancias utilizadas entre planta y cinta exudante, distancia de calles y forma de siembra de doble surco para el cultivo de fríjol y tomate y surco sencillo para el cultivo de melón.

**Cuadro 1. Siembra y rotación de los cultivos en cada parcela experimental para los dos ciclos**

<b>Parcelas experimentales</b>	<b>Rotación de cultivos</b>	
	<b>Primera siembra Julio-Octubre 2001</b>	<b>Segunda siembra Febrero-Junio2002</b>
1(600m <sup>2</sup> )	Melon	Frijol
2(600m <sup>2</sup> )	Tomate	Melon
3(600m <sup>2</sup> )	Frijol	Tomate

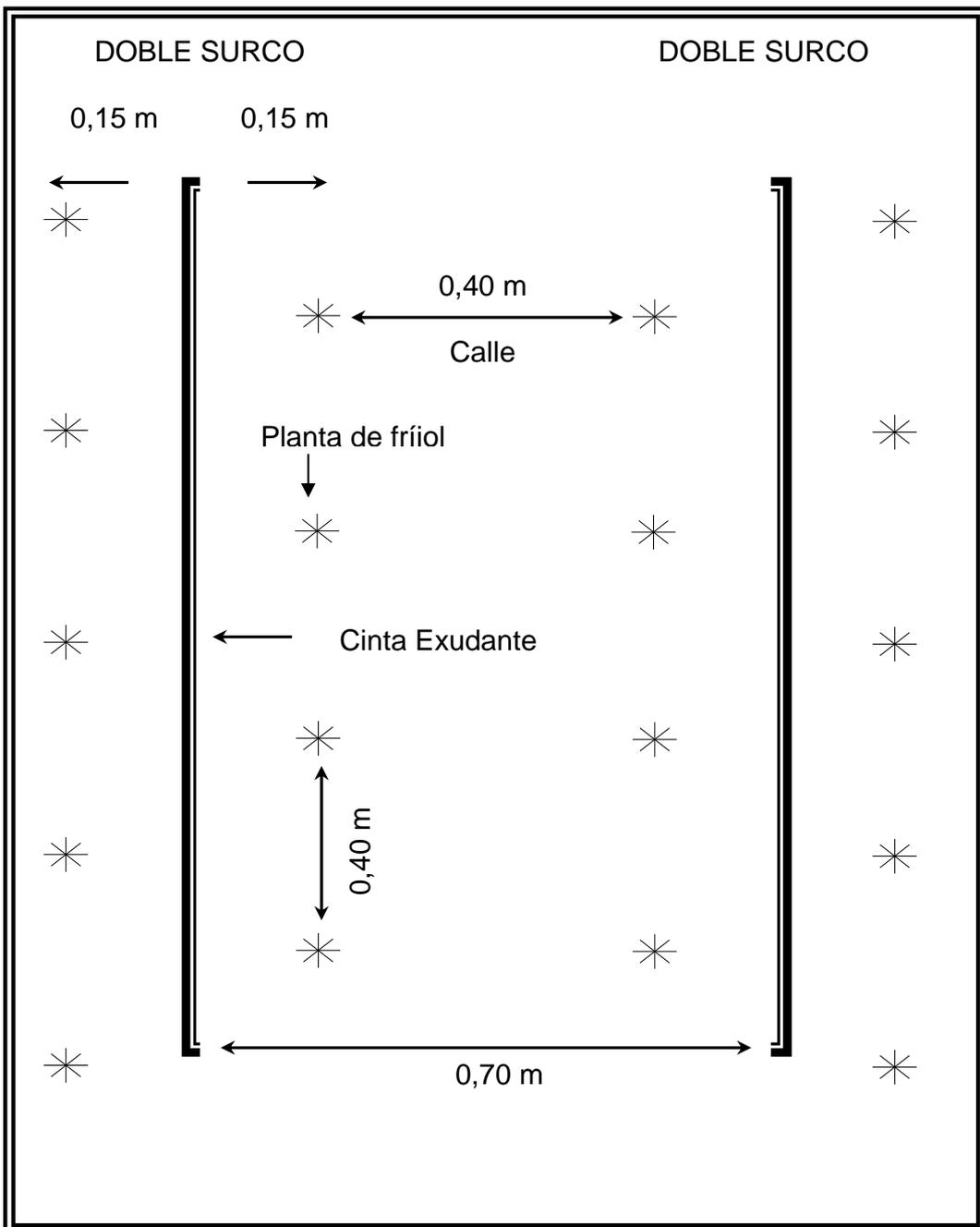
Figura 2. Distribución de las parcelas en el campo



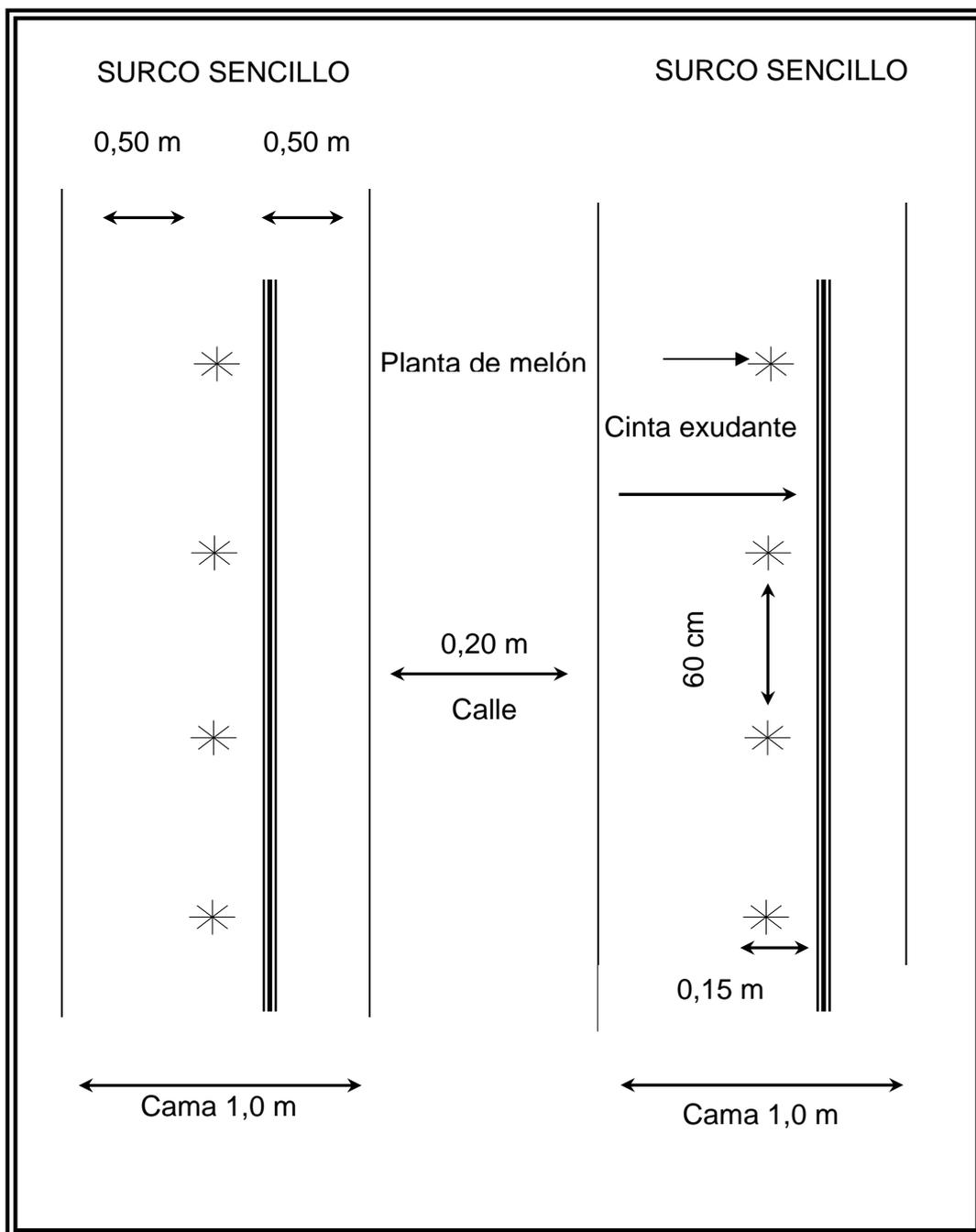
**Cuadro 2. Distancias de siembra de los cultivos estudiados**

<b>Cultivo</b>	<b>Distancias de siembra</b>		<b>Semilla por sitio</b>
	<b>Entre plantas m</b>	<b>Entre surco m</b>	
Fríjol	0,40	0,40	2 o 3
Melón	0,60	1,20	1
Tomate	0,50	1,10	1

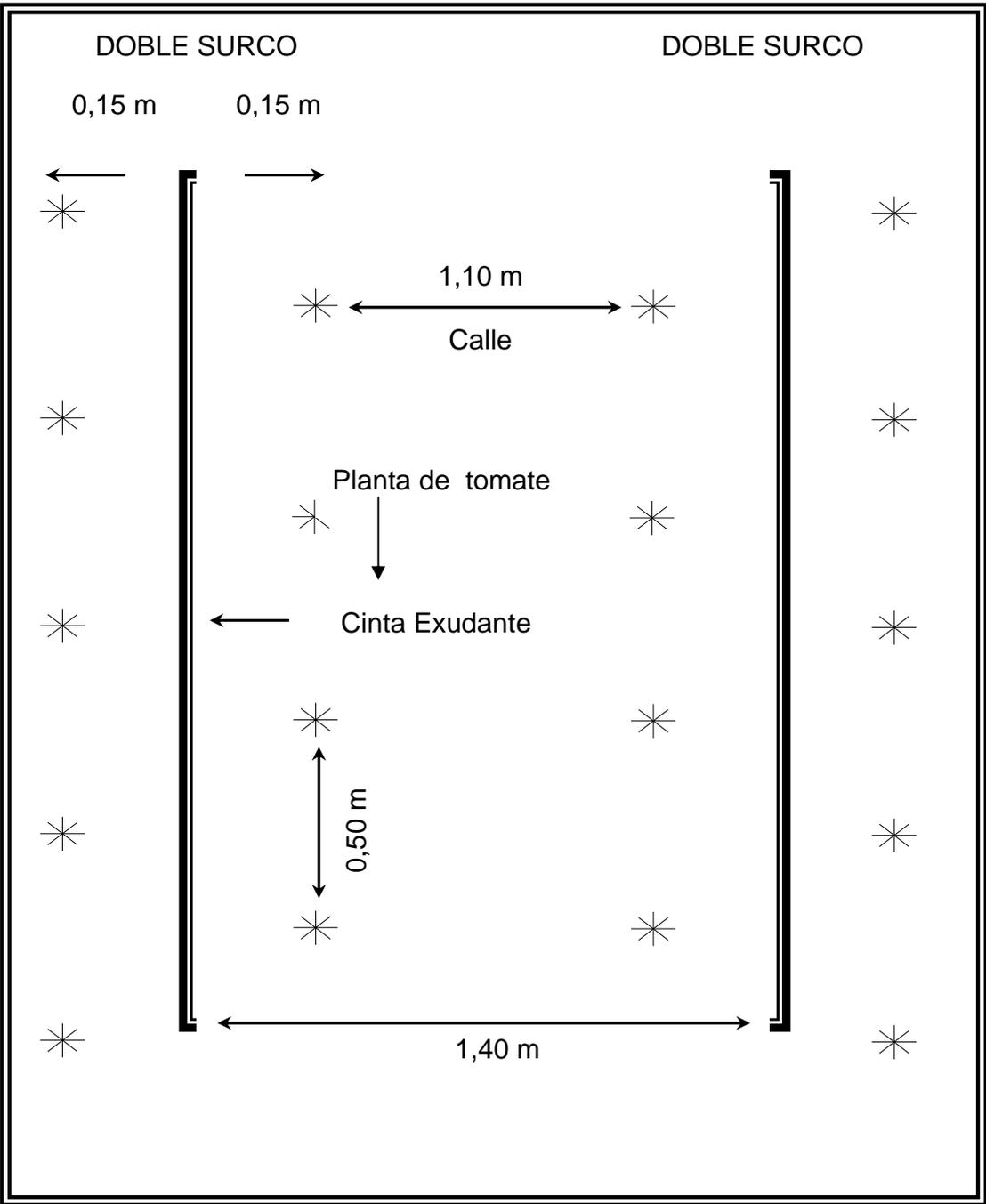
**Figura 3. Esquema de la siembra de frijol a doble surco con cinta exudante y riego por aspersión**



**Figura 4. Esquema de la siembra de melón a surco sencillo con cinta exudante y riego por aspersión**



**Figura 5. Esquema de la siembra de tomate a doble surco con cinta exudante y riego por aspersión**



**2.4.2 Labores culturales.** En las parcelas de los cultivos se le realizó las labores pertinentes como: preparación del terreno, días anteriores a la siembra; desyerbe en el momento que se presentaron malezas que competían con los cultivos; podas a los cultivos de tomate y melón para evitar un crecimiento indeterminado. Se realizó la aplicación de productos fungicidas para control de enfermedades en el momento en que se presentaron; se hizo teniendo en cuenta un criterio técnico de manejo de las mismas, tomando como base los conceptos de incidencia (número de individuos afectados) y severidad (área de tejido afectado), actuando cuando éstos factores sobrepasen el 5%<sup>1</sup>. Además, se revisó literatura relacionada con los principales problemas fitopatológicos que se presentaban en los cultivos en evaluación y su forma de manejo.

Para el control de plagas se tuvo en cuenta los mismos criterios de incidencia y severidad, aplicando los correctivos cuando el ataque del insecto superaba el 5% de daños a la planta. (Zenner y Posada, 1992, 102).

Los principales problemas fitosanitarios encontrados y su control se anotan en el cuadro 3.

---

<sup>1</sup> COMUNICACIÓN PERSONAL. BETANCOURT, Carlos. Ingeniero Agrónomo. Docente Facultad Ciencias agrícolas. Universidad de Nariño, 2002.

**Cuadro 3. Principales problemas fitosanitarios encontrados en los cultivos de frijol, melón y tomate y su respectivo control.**

Frijol				Melon				Tomate			
Plaga	Control	Enfermedad	Control	Plaga	Control	Enfermedad	Control	Plaga	Control	Enfermedad	Control
Trozadores y tierreros	Regent. 10 cc/b	Roya	Oxicloruro de cobre 50 gr/b	Mosca Blanca	Confidor 10cc/b Eviset 20 gr/b	Mildeo polvoso	Furadan 10 gr/b	Lorito Verde	Confidor 10 cc/b Eviset 20 gr/b	Gota	Mancozeb 40 gr/b Oxicloruro de cobre 50 gr/b
	Eltra 50 cc/b					Roya	Oxicloruro de cobre 50 gr/b				
	Latigo 5 cc/b					Gusano Cogollero					
Lorito verde	Confidor 10 cc/b Furadan 20 cc/b	Fusarium	Previcur 40 cc	Palomilla	Furadan 20 gr/b	Pudrición de frutos	Bravo 30 cc/b	Pasador del fruto	Confidor 10 cc/b		
Palomilla	Eviset 20 gr/b	Gota	Azucro 30 cc/B	Gusanos trozadores	Lorsban 30 cc/b	Golpe sol	Volteo				



## **2.5 MANEJO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO**

**2.5.1 Sistema de riego por exudación.** Para las tres parcelas que disponían del sistema de riego por exudación se instaló un cabezal de control de riego, tensiómetros y cinta de exudación. (Figura 6 y 7).

El funcionamiento del sistema de riego por exudación fue el siguiente:

El cabezal de control de riego se conectó a una tubería principal, que traía el agua que se almacenaba en un tanque y que es utilizada por los agricultores de la zona para la aplicación de riego. En el momento que se abre la llave de paso del cabezal, ésta agua pasa por un contador donde se registra la cantidad de agua aplicada en un tiempo determinado, mediante una válvula se libera el aire comprimido para evitar rupturas en la tubería, un regulador de presión modera el caudal, así se procura que éste salga con baja presión y se distribuya hacia la tubería secundaria donde estaba conectada la cinta exudante, la cual proporciona el agua a la planta en la zona radicular.

- **Fertilización y fertirrigación.** La fertirrigación consistió en aplicar directamente el fertilizante en el agua de riego para facilitar la toma de nutrientes por las plantas.

**Figura 6. Cabezal de control de riego por exudación**



- 1 = Manómetro de presión
- 2 = Válvula ventosa
- 3 = Venturi
- 4 = Llave de paso
- 5 = Contador de agua

**Figura 7. Disposición de la cinta exudante y los tensiómetros en la parcela**



- 1 = Tensiómetro a 10 cm de profundidad
- 2 = Tensiómetro a 20 cm de profundidad
- 3 = Cinta exudante

Se aplicó 2 kg de Nitrógeno (Hakaphos) en 40 litros de agua disueltos en un recipiente, los cuales se suministraron a través del vénturi de cada cabezal a las cintas. Mediante el mismo procedimiento se aplicó 1 kg de elementos menores (Cosmo R) en 20 litros de agua.

Los fertilizantes utilizados no tenían sodio, cloruros ni sulfatos para evitar residuos salinos en el suelo. Además altamente solubles en agua, lo que evita la sedimentación en las cintas, no son corrosivos y la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno nitrito, boro entre otros es inmediata.

La fertirrigación se justifica por brindar a los cultivos la nutrición en la parte donde es mas eficiente, en las raíces. Además reduce costos en mano de obra.

La forma de aplicar fertilizante fue la siguiente: El cabezal de control de riego posee un vénturi o inyector que contiene un orificio donde se produce una presión negativa. De esta forma se logra una succión que hace tomar una cantidad determinada de fertilizante por medio de una manguera.

- **Tensiómetros.** La frecuencia y duración de riego para el sistema de riego por exudación en los tres cultivos de frijol, melón y tomate, se determinó con el uso de tensiómetros, que registraban el grado de humedad del suelo. Se tuvo en cuenta los siguientes valores de succión:

De 0 a 10 centibares indican suelos saturados

De 10 a 20 centibares indican capacidad de campo.

De 20 a 60 centibares, intervalo común para iniciar riego. (Legarda, et, al., 2001, 5)

O sea, que en el instante que el tensiómetro indicaba más de 20 centibares, era momento para aplicar riego y la duración de éste dependía del tiempo que se gaste para llevar al suelo a su capacidad de campo y esto se reflejó cuando el tensiómetro marcaba 10 o menos de 10 centibares. (Prieto, 1984, 13).

Así, los tensiómetros fueron los indicadores del momento de la aplicación y de la suspensión del riego, las cuales se ubicaron a 10 y 20 cm de profundidad, donde esta la mayor actividad radicular, así se conoció la succión de las partículas del suelo a estas profundidades donde a mayor tensión, menor cantidad de agua disponible en el suelo y viceversa.

**2.5.2 Sistema de riego por aspersión.** Este sistema de riego por aspersión liviana es el que comúnmente utilizan los agricultores de la zona. (Figura 8). Para el desarrollo del proyecto se empleó un aspersor intermitente de referencia 4053 JEN. S.A. de plástico, de baja frecuencia y portátil, dado que dicho sistema se puede mover dentro de un área a regar. Para medir el caudal aplicado se hizo un aforo manual que consistió en la utilización de una

**Figura 8. Sistema de riego por aspersión utilizado en la región**



bolsa plástica que cubrió el aspersor; se procedió a abrir la llave, llegando el agua directamente a esta bolsa. Así se determinó el caudal de riego, contabilizando los litros por segundo aplicados en el riego.

Para el sistema de riego por aspersión, la frecuencia y duración de riego fue la utilizada comúnmente en la región. El criterio que los agricultores del Peñol emplean, es aplicar el riego con una frecuencia de 4 a 5 días, con una duración de tres horas.

## **2.6 VARIABLES CLIMATICAS**

Se instaló en el área de estudio una estación meteorológica de segundo grado, compuesta por un termómetro, un tanque evaporímetro, un pluviómetro y un higrómetro. (Figura 9).

**2.6.1 Temperatura.** Se tomaron tres lecturas diarias: a las 7:00 a.m., 12 m., y 6 p.m.

**2.6.2 Evaporación.** Se instaló un tanque evaporímetro galvanizado, con un diámetro de 1,20 m y una altura de 0,25 m. Para la medición de la evaporación se empleó un nonio calibrado en mm, el cual en el extremo inferior lleva un gancho que se nivela de acuerdo con el agua evaporada. La lectura se hizo diariamente a las 7 a.m.

**Figura 9. Estación meteorológica instalada para la toma de datos climatológicos del proyecto**



- 1= Higrómetro
- 2= Termómetro
- 3= Tanque evaporímetro
- 4= Pluviómetro

**2.6.3 Precipitación.** Se tomó este dato con la ayuda de un pluviómetro, la lectura se hizo una vez por día, a las 7 a.m.

**2.6.4 Humedad relativa.** Se tomaron lecturas tres veces al día, una a las 7 a.m., otra a las 12 m. y a las 6 p.m.

## **2.7 VARIABLES EDÁFICAS.**

Debido a que se ajustaron necesidades de riego para los cultivos, se analizaron propiedades hidrofísicas como: profundidad radical efectiva, curvas de retención de humedad, infiltración y conductividad hidráulica, entre otras, para tener idea del comportamiento del suelo.

Para evaluar los parámetros físicos y químicos se tomaron tres muestras representativas de suelo de la capa superficial (0 a 20 cm), ya que allí se desarrollo la mayor parte de las raíces de los cultivos en estudio.

Las muestras se recolectaron en anillos metálicos para enviar al laboratorio de suelos, donde se determinó: textura, con el método de Bouyoucos; densidad real, utilizando el pignómetro; densidad aparente, con la metodología de la probeta, y porosidad, con la relación entre densidad aparente y densidad real.

**2.7.1 Profundidad radical efectiva.** De cada surco se tomaron dos plantas al azar. Para ello se realizó tres calicatas por tratamiento, a 30 cm de profundidad, se tomo la planta y con un metro se indicó la longitud de la raíz, este valor se utilizo para calcular la capacidad de almacenamiento de agua del suelo<sup>2</sup>.

**2.7.2 Curvas de retención de humedad.** Según Legarda y Mosquera (1996, 3), se calculó sometiendo el suelo a varias tensiones (0, 10, 15, 20, 30, 40, 60 centibares), indicadas por los tensiómetros ubicados a 10 y 20 cm de profundidad, mostrando la humedad remanente en el suelo.

Para determinar la humedad del suelo para cada succión, se tomaron muestras de la finca de donde se desarrolló el proyecto. Se utilizaron dos bolsas plásticas, las cuales contenían el suelo, cada una con 3 kilos, en una de ellas se ubicó el tensiómetro a 10 cms de profundidad y en la otra el tensiómetro se instaló a 20 cms de profundidad.

**2.7.3 Infiltración.** Para su cálculo se utilizó los anillos infiltrómetros, en donde se midió el descenso del agua en tiempos determinados. (Legarda y Mosquera, 1996, 14).

---

<sup>2</sup> COMUNICACIÓN PERSONAL. MOSQUERA Q, Carlos. Ingeniero Agrónomo. Docente facultad de Ciencias agrícolas. Universidad de Nariño. 2002.

Se utilizó la siguiente fórmula de Forsythe, (1985,160).

$$I = at^b$$

Donde:

I = Velocidad de infiltración cm/hora

t = Tiempo de infiltración, minutos

a y b = Coeficientes de velocidad de infiltración

**2.7.4 Conductividad hidráulica.** Se midió utilizando el método de permeámetro de cabeza constante y así se determinó el agua que se filtra en un tiempo determinado, a través de una muestra saturada sobre la cual se mantenía un nivel de agua constante. (Forsythe, 1985, 120).

La fórmula para determinar la conductividad hidráulica se describe a continuación:

$$K = \frac{Q * L}{\Delta H * t * A}$$

Donde:

K = Conductividad hidráulica

Q = Descarga de agua desde el suelo cm/h o m<sup>3</sup>/día

L = Longitud de la muestra

$\Delta H$  = Diferencia de cabeza de presión

t = Tiempo empleado en recolectar el volumen de flujo en horas

## **2.8 VARIABLES DE CULTIVO.**

**2.8.1 Fases del cultivo.** De acuerdo a los criterios de Doorembos y Kassam (1990, 84) se determinaron las fases y el ciclo de los cultivos estudiados.

Los períodos de los cultivos se dividieron así:

- Establecimiento: días a emergencia
- Vegetativo: días a la formación de la flor.
- Floración: días a la formación del fruto
- Formación de la cosecha: desarrollo del fruto y llenado.
- Maduración: días a cosecha

**2.8.2 Frutos por planta.** En el cultivo de frijol y melón, el conteo de frutos se hizo una vez definida la carga. Para el cultivo de tomate, se hizo semanalmente antes de cada cosecha.

**2.8.3 Peso en kilogramos de fruto para cada cultivo.** Para medir el peso de los frutos de cada cultivo se utilizó una balanza de capacidad de 10 kg.

Para la toma de datos de frutos por planta y peso en kilogramos, se tomaron dos plantas al azar para veinte surcos por cada parcela<sup>3</sup>.

**2.8.4 Rendimiento.** Al final de la cosecha se obtuvo la producción total, con el pesaje del producto (fruto) de cada cultivo en kilogramos en un área de 600 m<sup>2</sup>, que posteriormente se convirtieron a Kg/ha.

**2.8.5 Cosecha y post-cosecha.** La cosecha para el cultivo de frijol se realizó cuando las vainas presentaron una coloración amarilla oscura, la cual se logro a los 110 días para el sistema de riego por exudación y 121 días para el sistema de riego por aspersión. Para este cultivo se realizó una sola cosecha en estado seco, las semillas fueron desenvainadas , pesadas y empacadas en bultos para su venta.

La recolección de los frutos del cultivo de melón, se realizó cuando éstas presentaron estrías de color blanco y cuando su corteza se tornó amarilla, realizándose la primera cosecha a los 92 días para el sistema de riego por exudación y 98 días para el riego por aspersión. Posteriormente se empacaron en cajas para su transporte y venta.

---

<sup>3</sup> Ibid., P. 63

En el cultivo de tomate, la primera recolección se hizo a los 96 días para el riego por exudación y 101 días para el riego por aspersión cuando los frutos se tornaron pintones, dando las siguientes características: color verde-rosado. Las recolecciones se hicieron dos veces por semana. Se empacaron en cajas de madera liviana con dimensión de 0,25 de alto, 0,45 de largo y 0,18 de ancho, con una capacidad de 10 kg.

## **2.9 METODOLOGIA PARA EL CALCULO DEL BALANCE HÍDRICO**

Para determinar las necesidades de agua de los cultivos en estudio, se realizó el cálculo del balance hídrico, para ello se tomaron los datos de registros suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, de un periodo de 1990-2002, de la Estación El Peñol de donde se tomó la variable precipitación y de la Estación Antonio Nariño, determinada por la triangulación de isoyetas, ubicada en el municipio de Chachagüi; de donde se tomaron variables de brillo solar (horas) y velocidad del viento (km).

**2.9.1 Precipitación.** Debido a que la precipitación es un parámetro muy variable, no es posible tener la certeza de su futura ocurrencia. Pero existe la posibilidad de identificar el hecho de que pueda presentarse este evento, y es mediante el cálculo de probabilidades.

Para ello se tomaron los datos de precipitación de la estación el peñol, Nariño de los años 1990-2002 para la primera, segunda y tercera década (10 días) de cada mes que va de enero a diciembre. (Anexo L,M y N ).

De acuerdo con Legarda y Puentes (2001,134) se ordenaron los datos de mayor a menor y se les asignó un valor de probabilidad. En la medida que aumenta el porcentaje de probabilidad, la posibilidad que pueda presentarse la lluvia aumentara. (Anexo Ñ, P y Q).

Para trabajar el balance hídrico se utilizaron los datos de precipitación con una probabilidad del 80%, lo que determina una mayor probabilidad de la cantidad de lluvia que se podría esperar.

**2.9.2 Evapotranspiración.** Se utilizó el método del tanque “A” de evaporación, donde se integran factores climáticos como temperatura, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento. (Legarda y Puentes, 2001, 99).

$$ETP = E \cdot K_t \cdot K_c \text{ (Anexo R, S y T ).}$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración

E = Evaporación del tanque (mm/década)

Kt = Coeficiente del tanque

Kc = Coeficiente del cultivo

## 2.10 ANALISIS ESTADISTICO

Para el análisis estadístico se utilizó una prueba de t de student, puesto que se compararon dos poblaciones: tecnología local de producción ( riego por aspersión ), contra oferta tecnológica (riego por exudación).

La tecnología local de producción es el sistema tradicional o por aspersión liviana, utilizado por los agricultores de la zona, donde se incurre en pérdidas innecesarias de agua debido a su baja eficiencia.

La oferta tecnológica, es una nueva técnica de riego localizado por exudación, el cual es desconocida por los agricultores de la región, donde se trata de demostrar la reducción significativa en los gastos de agua, además que incrementa las producciones.

Con la prueba de t de student, se determina si hay o no diferencias significativas, entre los dos métodos o sistemas.

Dentro de las parcelas se ubicaron los surcos (para las parcelas de frijol, melón y tomate), cada surco fue una unidad experimental, en donde se

tomaron dos plantas al azar (muestreo), las cuales sirvieron para hacer las respectivas evaluaciones<sup>4</sup>.

## 2.11 ANALISIS ECONOMICO

Teniendo en cuenta los ingresos totales obtenidos por venta de producción , mano de obra, semilla, fertilizantes, fungicidas, insecticidas, se realizó el análisis económico. Para la relación costo-beneficio se analizó la inversión de los sistemas de riego, instalación, mantenimiento y el mercado de producción de los cultivos.

De acuerdo con Luna (1988, 91), el análisis económico se hizo con el cálculo de las siguientes fórmulas:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Ingresos totales}}{\text{Costos totales}}$$

Donde:

B/C = relación beneficio - costo

IN = ingresos totales – costos totales

IN = ingreso neto

% de rentabilidad = ingreso neto/costos totales x 100

El cálculo de éstas fórmulas permiten conocer valores de rentabilidad,

---

<sup>4</sup> Ibid., p.63

muestran la productividad financiera, que indica la utilidad o ganancia.

Para poder afirmar que el proyecto es rentable, las salidas monetarias por concepto de inversión (capital que se destina para obtener una ganancia y que perdura en todo el ciclo productivo), y de costo (capital que se utiliza en la producción, pero que no perdura en el proceso productivo); deben ser menores que las entradas o los ingresos.

## **2.12 SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO**

La tesis se desarrolló gracias al programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (**PRONATTA**). Donde uno de los objetivos era el servicio de extensión rural; con el fin de promover la tecnología aplicada en el proceso de producción de algunos cultivos de la zona. Extensión que se llevó a cabo con los campesinos de las zonas más aledañas, miembros de **UMATAS** de algunos municipios del Departamento de Nariño; además de alumnos de la Universidad de Nariño. (Anexo X).

El servicio de extensión consistió en días de campo iniciados con charlas referentes al sistema empleado y sus ventajas frente a otros sistemas. Luego se procedía a realizar una visita al sitio del ensayo donde se explicó cada componente del sistema. Además, de los otros instrumentos utilizados en el proyecto.

Los visitantes participaron de la toma de lecturas de algunos instrumentos, como también de las recomendaciones para el manejo del sistema como de los cultivos. El total de personas que visitaron el proyecto fue de 218.

El objetivo de los días de campo fue demostrarle al agricultor con hechos y vivencias los beneficios de esta tecnología, que consistieron en: La reducción de herbicidas por la baja presencia de malezas y baja aplicación de fungicidas; ya que el agua no tiene contacto con la parte aérea de la planta, además de la disminución en la aplicación de insecticidas, disminuyéndose así las incidencias de plagas y enfermedades, además se presentan fenómenos erosivos, ni cambios en las propiedades físicas del suelo.

Se dictaron conferencias educando al agricultor, sensibilizándolo en la aplicación de agua al cultivo, de una forma mas eficiente, sólo cuando la planta realmente lo requiera, evitando desperdicios y encharcamientos. (Figura 10, 11 y 12).

**Figura 10. Explicación del proyecto de riego por exudación a los agricultores del Peñol, con la participación de profesores de la Universidad de Nariño**



**Figura 11. Día de campo con la participación de los agricultores de Altamira (Policarpa).**



**Figura 12. Socialización del proyecto con la participación de agricultores de la Toma (El Peñol)**



### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1 VARIABLES CLIMATICAS

**3.1.1 Temperatura mensual.** Los datos de temperatura tomados diariamente durante el período de la investigación corresponde a los meses junio de 2001 a junio de 2002. (Anexo E). En este periodo se tuvo una temperatura promedio mensual de 22 °C con una máxima de 24 °C en el mes de agosto y una mínima de 20 °C en el mes de noviembre.

Doorembos y kassam (1990, 84) afirman que para un buen desarrollo vegetativo de los cultivos estudiados, las temperaturas deben ser de 15 a 20 °C para el cultivo de frijol, 27 a 30 °C para el cultivo del melón y de 18 a 25 °C para el cultivo de tomate. Por lo cual se deduce que los cultivos que mejor se adaptan a estas condiciones de clima son el frijol y el tomate, para el cultivo de melón los ambientes deben ser mas cálidos.

**3.1.2 Evaporación mensual.** Los datos de evaporación muestran un promedio mensual de 124,4 mm, con una máxima de 154,8 mm para el mes de octubre y una mínima de 101 mm para el mes de Diciembre, presentándose un valor acumulado de 1618 mm y un valor promedio diario de evaporación de 4,4 mm. (Anexo F).

**3.1.3 Precipitación.** Los datos registrados para la zona fueron de una precipitación promedio mensual de 37,3 mm. Las precipitaciones máximas se presentaron en diciembre y abril con valores de 115,4 y 90 mm respectivamente, y la mínima se presentó en el mes de agosto con una precipitación de cero. La precipitación total fue de 483,9 mm, lo cual se considera muy deficiente para suplir las necesidades hídricas de los cultivos. Se destaca que en los meses de mayor precipitación la aplicación de riego se redujo. (Anexo G). De acuerdo a los datos obtenidos de la estación pluviométrica del Peñol 1990-2002 los meses mas lluviosos son abril y mayo con 121,2 mm y 142,4 mm, respectivamente, el mes donde se registro el valor mínimo de precipitación fue agosto con 42,1 mm.

Siendo los datos mas confiables los obtenidos de la estación del Peñol por ser datos de registros de 13 años consecutivos, mientras que los datos obtenidos de la estación meteorológica del ensayo fueron para un año.

**3.1.4 Humedad relativa.** La humedad relativa promedio fue de 59% con una máxima de 63% para el mes de agosto y una mínima de 53% para el mes de enero. (Anexo H).

## **3.2 DURACION DEL CICLO VEGETATIVO**

En el cuadro 4 se presenta la duración de los ciclos vegetativos para los diferentes cultivos. Donde se observa que el ciclo vegetativo del cultivo de frijol tuvo una

**Cuadro 4. Desarrollo vegetativo y profundidad radicular de los cultivos estudiados en función de su crecimiento**

Variable	Duración por fases (días)						Profundidad radicular (m)		
	Frijol		Melón		Tomate		Frijol	Melón	Tomate
	Exud.	Asp.	Exud.	Asp.	Exud.	Asp.			
Establecimiento	16	18	17	20	22	23	0,15	0,08	0,15
Vegetativo	20	25	18	18	21	22	0,23	0,22	0,36
Floración	22	22	20	21	25	22	0,20	0,18	0,27
Formación de la cosecha	29	30	26	25	18	24	0,18	0,16	0,21
Maduración	20	23	12	14	10	14			
<b>Total primera cosecha</b>			92	98	96	101			
<b>Total ciclo cultivo</b>	110	121	100	110	112	115			

duración de 110 días para la parcela donde se utilizó el sistema de riego por exudación y de 121 días en la parcela donde se utilizó el riego por aspersión, valores que no concuerdan con los expresados por Guerrero y Usama, ( 2000, 52) donde el cultivo de frijol se cosechó a los 95 días.

La cosecha para el melón fue a los 92 días a través del riego por exudación y 98 para el riego por aspersión, que no concuerda con el trabajo realizado por Guerrero y Usama ( 2000, 52), que obtuvieron un valor de 84 días encontrándose diferencias mínimas porque las condiciones de clima y suelo fueron diferentes.

Los mismos autores reportan que el ciclo total del cultivo de tomate fue de 113 días, estos valores coinciden con los obtenidos en este estudio, ya que la duración total del ciclo fue de 112 y 115 días para exudación y aspersión, respectivamente.

El hecho de que la cosecha para los tres cultivos donde se utilizó el sistema de riego por exudación sea más temprana que la del riego por aspersión, se debe a que los excesos de agua en los cultivos generados con el sistema de riego por aspersión, retardaron el normal desarrollo de las plantas, confirmando lo planteado por el SENA (2000, 34).

Por otro lado, las diferencias encontradas en la duración del ciclo de los cultivos de frijol y melón registrados en este estudio se debe a que el trabajo realizado por Guerrero y Usama (2000, 52) se hizo en condiciones de clima cálido con

26°C y una asnm de 621 que inciden y aceleran el desarrollo del cultivo.

### **3.3 PROFUNDIDAD EFECTIVA DE LAS RAICES**

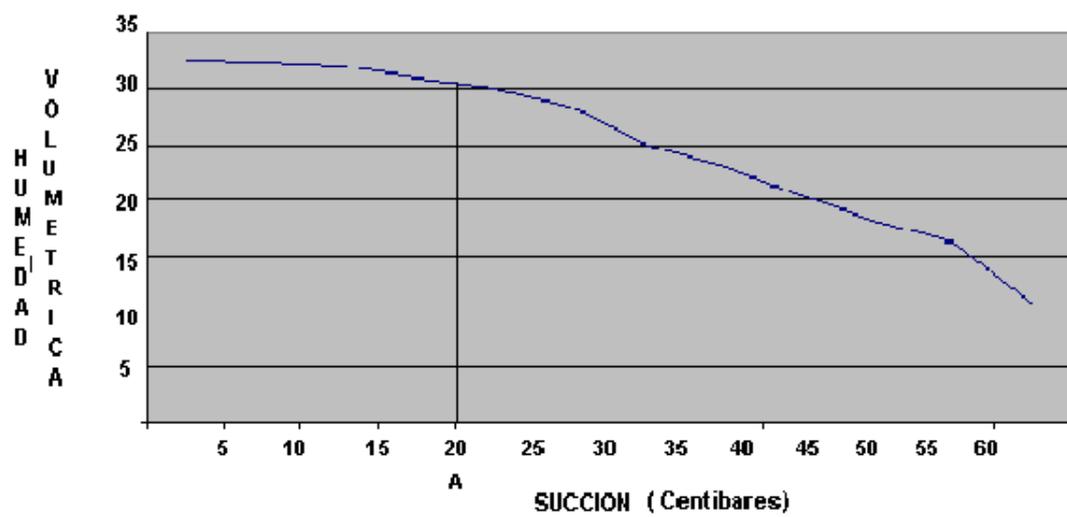
La medición de la profundidad radicular desde la fase inicial hasta la fase final están indicadas en el cuadro anterior.

En el cultivo de frijol la profundidad radicular para el periodo de establecimiento fue de 0,1 m para el cultivo de melón, de 0,08 m y para el tomate 0,15 m y la profundidad radicular en la formación de la cosecha fue de 0,18 m , 0,16 m y 0,21 m para los cultivos de frijol, melón y tomate. Estos valores de profundidad radicular coinciden con los expuestos por Guerrero y Usama (2000, 52) debido a que los resultados que estos autores obtuvieron de profundidad radicular para el cultivo de melón, tomate y frijol fueron de suelos, con características similares a la de este estudio, donde se utilizaron las mismas variedades de cultivos.

### **3.4 CURVA DE RETENCION DE HUMEDAD**

En la figura 13 se aprecia la curva de retención de humedad a 10 cm de profundidad, donde la succión aumento a medida que el suelo perdió humedad. Se puede afirmar que las tensiones mas altas están directamente

Figura 13. Curva de retencion de humedad a 10 cm de profundidad en los suelos del municipio del Peñol - Nariño



**A** = Succion para la aplicacion de riego en los tres cultivos \_\_\_\_\_

relacionadas con la temperatura y la evaporación del suelo, ya que cuando éstas aumentan la humedad desciende. Así, cuando la humedad del suelo fue del 11%, la succión era de 58 centibares, y cuando la humedad del suelo fue de 33%, la succión fue de 5 centibares. (Anexo C).

### **3.5 INFILTRACION**

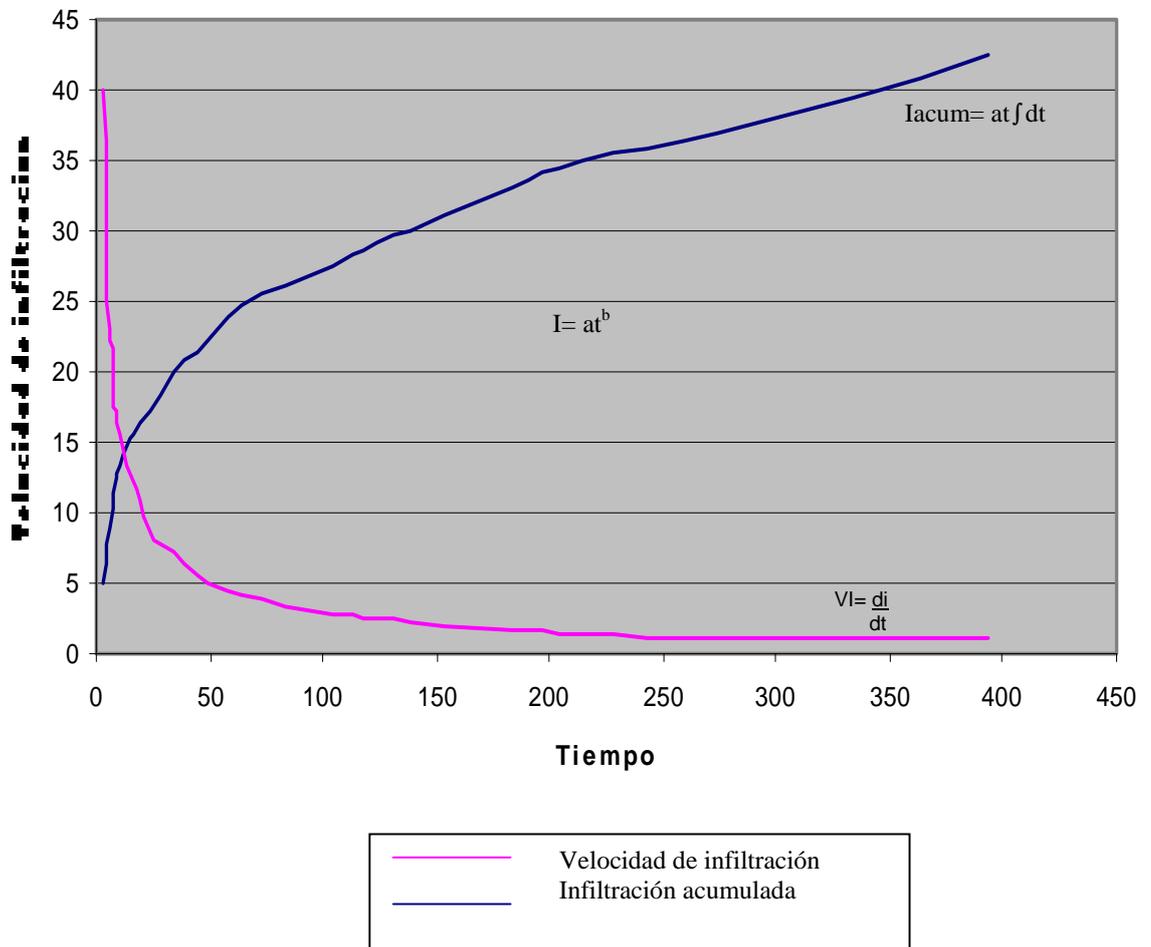
En la figura 14 se indica la velocidad de infiltración y la infiltración acumulada, donde la infiltración fue mayor desde el primer minuto de la prueba, debido a los bajos niveles de humedad del suelo, lo que cambió con el aumento de agua en el suelo, produciéndose una disminución en la velocidad de infiltración 30 minutos después de iniciada la prueba. Lográndose una estabilidad de la infiltración al minuto 394. (Anexo D).

Para graficar los datos de infiltración se ajustaron de los datos originales con la formula de kostycov:

$$I = at^b$$

En la prueba de infiltración se calculo la tasa básica con un promedio de 2,62 cm/h, calificada como media, valor similar al obtenido por Cadena y Muñoz (2001, 114), los cuales obtienen una infiltración promedio de 2,49, para los suelos de textura francoarcillosa.

**Figura 14. Curva de velocidad de infiltración (VI) e infiltración acumulada (IA) en los suelos de la vereda guayabal municipio del Peñol, Nariño**



### 3.6 CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

El valor de conductividad hidráulica para el suelo del Peñol, con característica de textura franco arcillosa fue de 0.06 m/día, siendo la permeabilidad lenta, este valor coincide con el dato reportado por Legarda, et, al., (2002, 37), que anota un valor de conductividad hidráulica para suelo franco arcilloso de 0,05 a 0,12 m/día.

Despejando la formula de conductividad hidráulica con los valores obtenidos en este estudio:

**K** = Conductividad Hidráulica

**Q** = 0.0000021 m<sup>3</sup>

**L** = 0.05 m

$\Delta H$  = 0.13 m

**t** = 10 min

$$K = \frac{0.0000021 \text{ m}^3 * 0.05 \text{ m}}{0.13 \text{ m} * 10 \text{ mm} * 0.001963 \text{ m}^2} = 4.2^{-5} \text{ m/min} = 0.06 \text{ m/día}$$

### 3.7 TENSIOMETROS

**3.7.1 Uso de los Tensiómetros.** Los tensiómetros ubicados a profundidades de 10 y 20 cm permiten establecer en qué momento se debía aplicar el riego. Se

puede afirmar que las tensiones más altas están estrechamente relacionadas con la temperatura y evaporación, porque a medida que se elevan inciden en la humedad del suelo, especialmente en los primeros 20 cm de profundidad. De ahí que se utilizó tensiómetros ya que a esta profundidad, los cultivos tienen la mayor actividad radicular.

**3.7.2 Frecuencia y Duración del Riego para Exudación.** El intervalo entre riegos (días) fue dado por el tipo de suelo, las variables climáticas, los tensiómetros y las fases de los cultivos, se estableció la frecuencia con una variación de 3 a 4 días y algunas veces se prolongó debido a la contribución de agua por precipitación, en donde se mantuvo la humedad del suelo por mas tiempo.

El sistema de riego fue usado durante la noche ya que se disminuyen considerablemente las perdidas por evaporación, por lo tanto hay un uso mas eficiente del agua.

La duración del riego tuvo un promedio de 12 horas, la aplicación del riego se hizo de 7 pm a 7 am a excepción de algunos días donde se mantuvo el suelo húmedo por la alta evaporación, esto no significa que el caudal utilizado fuera alto sino que el sistema de riego por exudación se autorregula cuando el suelo esta a capacidad de campo y aumenta progresivamente cuando el suelo esta seco, comprobando así lo descrito por Ojeda (1995, 13) quien afirma que el sistema por cinta exudante

libera agua en forma gradual a medida que el suelo y la planta la requiere.

### **3.8 RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS RESPECTO AL RIEGO**

Los rendimientos obtenidos por el sistema de riego por exudación fueron estadísticamente mejores que los obtenidos mediante el sistema de riego por aspersión. Las diferencias de producción encontradas resultaron de la cantidad de agua aplicada a los cultivos. Con el riego por exudación se aplicó solo el agua necesaria, mientras que con el riego por aspersión se incurrió en gastos innecesarios de agua produciendo encharcamientos, impidiendo el proceso normal de respiración de la planta, además que aumentó la incidencia de plagas y enfermedades, de esta forma se disminuyó la producción de acuerdo con lo anotado por el SENA., (2000, 21).

El cultivo de frijol con el sistema de riego por exudación presentó un rendimiento de 150 Kg/600 m<sup>2</sup> o de 2,5 t/ha, y para el sistema por aspersión el rendimiento fue de 126 Kg/600 m<sup>2</sup> o 2,1 t/ha. Producciones que se acercan a las obtenidas en la zona del Remolino por Legarda, et al., (2002, 30), donde se utilizó de igual forma el sistema de riego por exudación. ( Cuadro 5 ).

Las necesidades de agua de riego, aplicada con el sistema de riego por exudación para esta producción fue de 90,92 m<sup>3</sup> o 151,53 mm en 900 m de cinta exudante en una área de 600 m<sup>2</sup>, lo que significa que por cada metro lineal se gastó 100 litros

en todo el ciclo del cultivo. Con el sistema de riego por aspersión el agua aplicada fue de  $204 \text{ m}^3 / 600 \text{ m}^2$  o  $340 \text{ mm}$ . (Cuadro 6). En el trabajo realizado por Guerrero y Usama., (2000, 78), con riego por exudación se utilizó para el cultivo de frijol  $42 \text{ m}^3$ .

En el cultivo del melón el rendimiento obtenido con el sistema de riego por exudación fue de  $1680 \text{ Kg} / 600 \text{ m}^2$  o  $28 \text{ t/ha}$ , el rendimiento con el sistema de riego por aspersión fue de  $1080 \text{ Kg} / 600 \text{ m}^2$  o  $18 \text{ t/ha}$ . (Cuadro 5). Guerrero y Usama., (2000, 73), obtuvieron una producción de  $33 \text{ t/ha}$ , siendo mayor a la de este estudio debido a que el melón se adapta mejor a condiciones de clima cálido, con temperaturas mayores a  $27^\circ\text{C}$ .

El agua aplicada con el sistema de riego por exudación para esta producción fue de  $99,64 \text{ m}^3 / 600 \text{ m}^2$  o  $166 \text{ mm}$  en  $510 \text{ m}$  de cinta exudante, aplicando por cada metro lineal un total de  $195$  litros, el volumen de agua utilizada para el cultivo de melón con el sistema de riego por aspersión fue de  $186 \text{ m}^3 / 600 \text{ m}^2$  o una lamina de  $310 \text{ mm}$ . (Cuadro 6). El agua de riego utilizada para el cultivo de melón por Guerrero y Usama., (2000, 78), fue de  $23,5 \text{ m}^3$ .

El cultivo de tomate presentó una producción de  $2340 \text{ Kg}/600\text{m}^2$  o  $39 \text{ t/ha}$  con el sistema de riego por exudación y de  $1800 \text{ Kg}/600\text{m}^2$  o  $30 \text{ t/ha}$  con el sistema de riego por aspersión superando ampliamente los valores reportados por Legarda, et al., (2002, 36) de  $27.9 \text{ t/ha}$ . (Cuadro 5). Esta producción es menor a la obtenida

en este estudio debido a que el tomate se adapta mejor a temperaturas que oscilan entre 18 y 24°C

Para este cultivo se aplicó 102 m<sup>3</sup> o 171,3 mm de agua con el sistema de riego por exudación en una área de 600 m<sup>2</sup> y con 450 m de cinta exudante, gastándose por metros lineal 170 litros en todo el ciclo del cultivo, el agua aplicada con el sistema de riego por aspersión fue de 246 m<sup>3</sup> o 410 mm. (Cuadro 6 ). En el trabajo realizado por Guerrero y Usama., ( 2000, 78), fue de 28 m<sup>3</sup>.

Los rendimientos obtenidos en este estudio mediante el sistema de riego por exudación y aspersión se alejaron de las producciones nacionales ya que estas últimas enmarcan un promedio de diferentes regiones donde las condiciones de sol y clima son diferentes.

El agua total de riego aplicada en este trabajo es más amplia que la anotada por Guerrero y Usama., (2000, 78), ya que los aportes de precipitación fueron menores, por tanto se incrementó la necesidad de riego.

**Cuadro 5. Rendimiento en los diferentes cultivos con los sistema de riego por exudación y aspersión y su relación con la producción nacional y regional**

<b>Cultivo</b>	<b>Sistema de riego Por exudación</b>		<b>Sistema de riego Por Aspersión</b>		<b>Producción Regional</b>	<b>Producción Nacional</b>
	<b>Producción</b>	<b>Producción</b>	<b>Producción</b>	<b>Producción</b>		
	<b>Kg/600 m<sup>2</sup></b>	<b>t/ha</b>	<b>Kg/600 m<sup>2</sup></b>	<b>t/ha</b>		
Frijol	150 <b>A</b>	2,5	126 <b>B</b>	2,1	2,2	2,6
Melon	1680 <b>A</b>	28	1080 <b>B</b>	18	33	25
Tomate	2340 <b>A</b>	39	1800 <b>B</b>	30	27	20

- Letras iguales no hay diferencia de estadísticas
- Letras diferentes si hay diferencia de estadísticas

**Cuadro 6. Volumen total y lámina aplicada mediante el riego por aspersión y exudación a los cultivos de frijol, melón y tomate en parcelas de 600 m<sup>2</sup>**

<b>Cultivo</b>	<b>Riego por Exudación</b>		<b>Riego por Aspersión</b>		<b>Caudal l/h</b>	
	<b>Volumen m<sup>3</sup></b>	<b>Lamina mm</b>	<b>Volumen m<sup>3</sup></b>	<b>Lamina mm</b>	<b>Riego exudación</b>	<b>Riego aspersión</b>
Fríjol	90,92	151,53	204	340	0,37	1.800
Melón	99,64	166,06	220	366	0,60	1.800
Tomate	102,8	171,3	246	410	0,70	1.800

### **3.9 EFICIENCIA DEL SISTEMA DE RIEGO POR EXUDACION Y ASPERSION TENIENDO EN CUENTA LA PRODUCCION**

En el cuadro 7 se muestran las eficiencias del uso de agua Vs. rendimiento obtenido en  $\text{kg/m}^3$  para los cultivos de frijol, melón y tomate.

La máxima eficiencia se obtuvo en tomate con  $22,7 \text{ kg/m}^3$ , para melón y frijol. Se encontraron eficiencias de  $16,8$  y  $1,6 \text{ kg/m}^3$ , respectivamente, estas eficiencias son superadas por las reportadas por Guerrero y Usama (2000, 67) de 193 para el tomate y 84 para el melón.

Estas diferencias reportadas por estos autores y obtenidas en el trabajo realizado en el municipio de Taminango son mayores debido a que el ciclo de cultivos fue menor, por lo tanto la aplicación de riego disminuyó.

Las eficiencias obtenidas con el sistema de riego por aspersión fueron de  $0,6 \text{ kg/m}^3$  para el frijol,  $4,9 \text{ kg/m}^3$  para el melón y  $7,3 \text{ kg/m}^3$  para el tomate. Estas eficiencias son inferiores a las obtenidas en el sistema de riego por exudación, debido a que la lámina de riego aplicada por aspersión fue mayor, disminuyendo en 62.% para frijol, 65% para melón y 67% para tomate

**Cuadro 7. Eficiencia de los sistemas de riego teniendo en cuenta la producción**

<b>Cultivo</b>	<b>Riego por Exudación</b>			<b>Riego por Aspersión</b>		
	<b>Producción Kg/ha</b>	<b>Volumen m<sup>3</sup>/ha</b>	<b>Eficiencia Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Producción Kg/ha</b>	<b>Volumen m<sup>3</sup>/ha</b>	<b>Eficiencia Kg/m<sup>3</sup></b>
Fríjol	2500	1515	1,6	2100	3400	0,6
Melón	28000	1660	16,8	18000	3666	4,9
Tomate	39000	1713	22,7	30000	4100	7,3

### **3.10 PORCENTAJE DE AHORRO DE AGUA CON EL SISTEMA DE RIEGO POR EXUDACION Y RIEGO POR ASPERSION EN 600 m<sup>2</sup>**

Las cantidades de aguas usadas con el sistema de riego por exudación y aspersión se aprecian en el cuadro 8 conjuntamente con el ahorro del agua al compararse estos dos sistemas.

En el frijol se usó un volumen de 90,92 m<sup>3</sup> con el sistema de riego por exudación, mientras que en el de aspersión se utilizó 204 m<sup>3</sup>. Con un ahorro de 113,08 m<sup>3</sup>, es decir un 55%.

Para el cultivo de melón con el riego de exudación se utilizó 99,64 m<sup>3</sup> y con el de aspersión 220 m<sup>3</sup> con un ahorro de 120 m<sup>3</sup> expresado en porcentaje 54%.

El tomate requiere con el riego por exudación 102,8 m<sup>3</sup> y con aspersión 246 m<sup>3</sup>, es decir un ahorro de 143 m<sup>3</sup> o 58%.

Con la utilización del sistema de riego por exudación hay un ahorro de agua que oscila entre 54 y 58 %, esto se debe a que el riego por exudación es localizado, solo se humedece la parte donde se encuentra la zona radicular, no hay exceso de humedad, obteniéndose ahorros hasta de un 60% confirmando lo anotado por Cadena y Muñoz (2001, 121).

**Cuadro 8. Riego aplicado a los cultivos con el sistema de riego por exudación y aspersión y porcentaje de ahorro de agua**

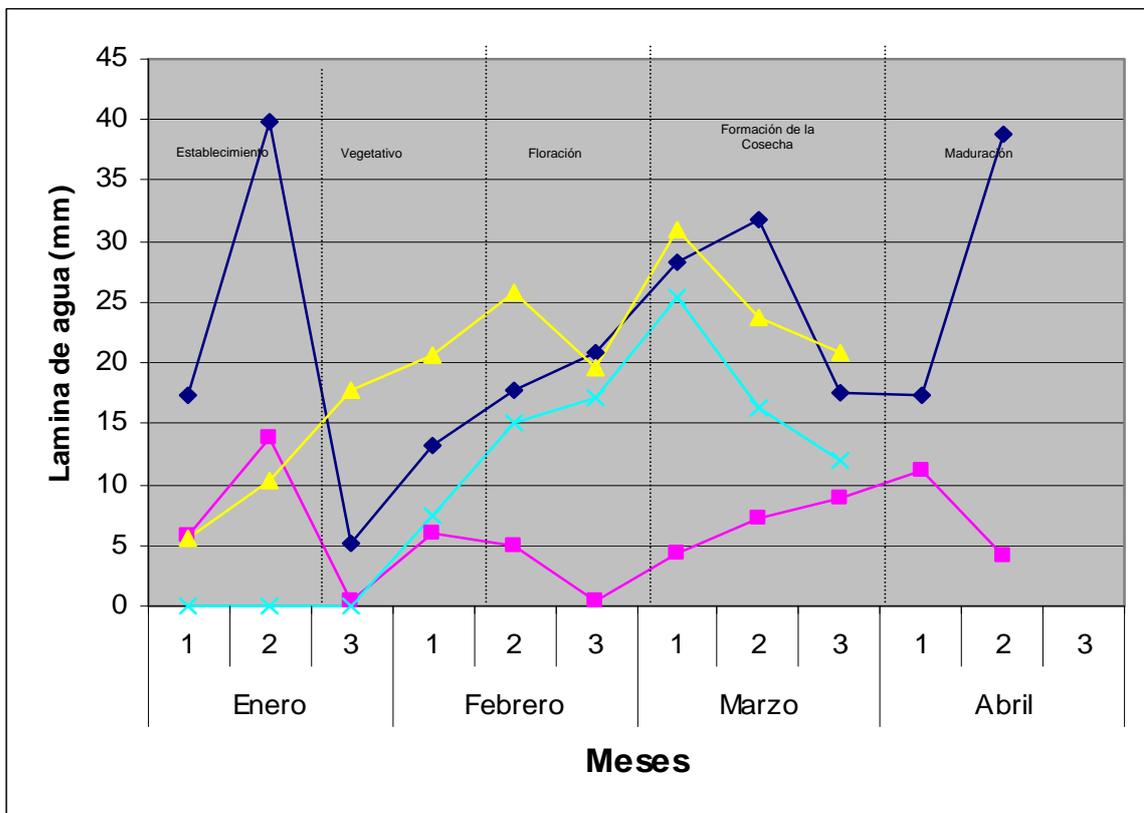
<b>Concepto</b>	<b>Cultivos</b>		
	<b>Frijol</b>	<b>Melón</b>	<b>Tomate</b>
Riego de exudación	90,92 m <sup>3</sup>	99,64 m <sup>3</sup>	102,8 m <sup>3</sup>
Riego de aspersión	204 m <sup>3</sup>	220 m <sup>3</sup>	246 m <sup>3</sup>
Porcentaje de ahorro (%)	55	54	58

### **3.11 NECESIDADES HIDRICAS DE LOS CULTIVOS DETERMINADAS A PARTIR DEL CALCULO DEL BALANCE HIDRICO**

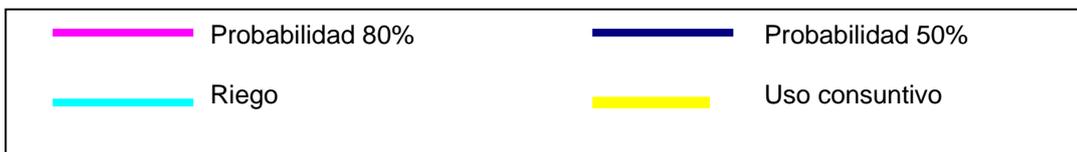
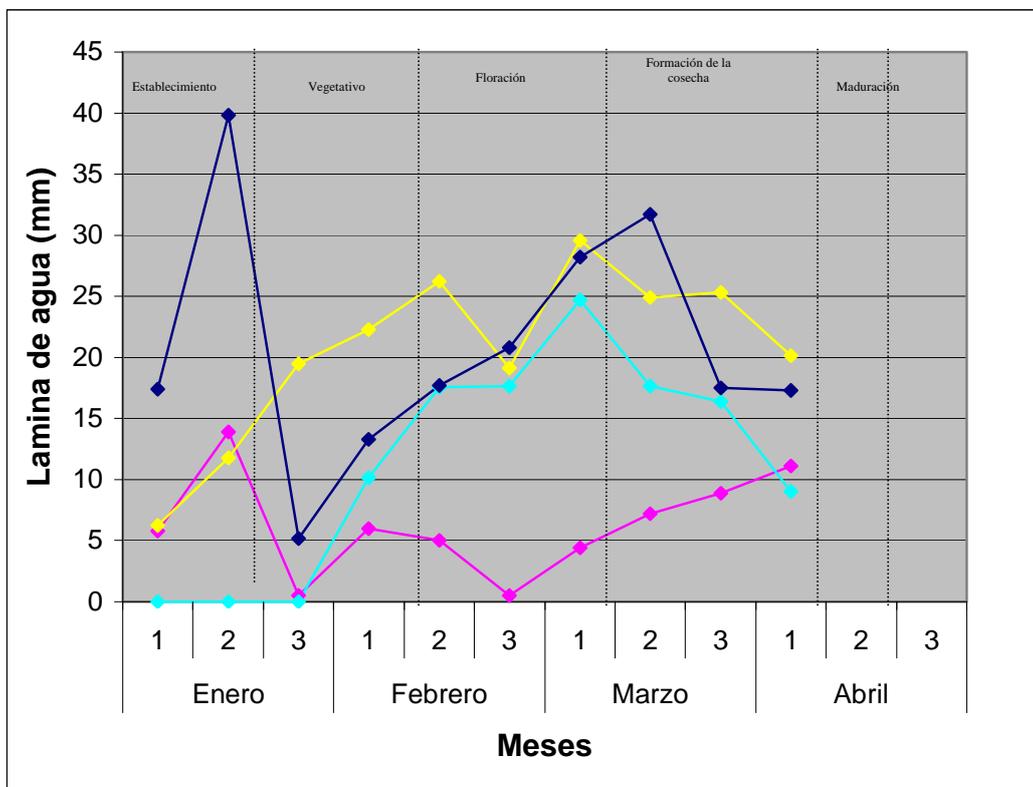
Uno de los parámetros utilizados en el calculo del balance hídrico es la precipitación, lo cual se trabajó con valores probabilísticos. En la figura 15 se indican las probabilidades de lluvia con un 50% y un 80% para los meses de enero a abril, el tiempo en el cual se da la duración del ciclo vegetativo del cultivo estas probabilidades se obtuvieron de 13 años de registros consecutivos de precipitación de 1990 a 2002. De igual forma están graficadas necesidades de agua del cultivo o uso consuntivo y necesidades de riego o déficit hídrico. Se observa que con el nivel de probabilidad de lluvia del 50%, no hay déficit por lo tanto la cantidad de lluvia esperada alcanza a suplir las demandas de agua por parte de los cultivos. Con un nivel de probabilidad de lluvia del 80%, se necesita de una aplicación adicional de agua ya que la precipitación no cubre los requerimientos de agua por parte del cultivo.

Los valores máximos de precipitación esperados con un nivel de probabilidad del 50% son 39,8 mm y 38,8 mm, para la segunda década del mes de enero y para la segunda década del mes de abril, respectivamente, la precipitación mas baja será para la tercera década del mes de enero con 5,2 mm. Con una confiabilidad del 80% se espera un máximo valor de precipitación para la segunda década del mes de enero de 13,9 mm y los valores mas bajos de precipitación se esperan para la tercera década del mes de enero y febrero con 0,5 mm.

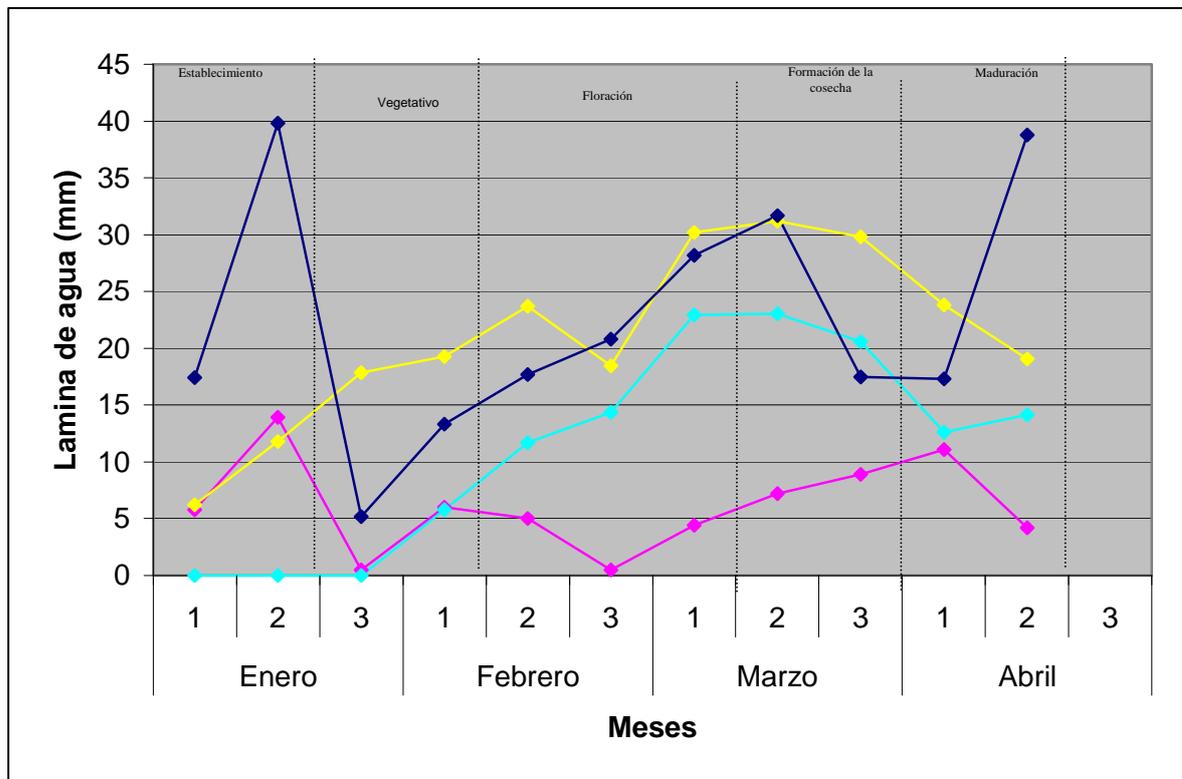
**Figura 15. Curva de comportamiento decadal de precipitación (mm) 50 y 80% de probabilidad, uso consuntivo y riego del cultivo de frijol**



**Figura 16. Curva de comportamiento decadal de precipitación (mm) 50 y 80% de probabilidad, uso consuntivo y riego del cultivo de melón**



**Figura 17. Curva de comportamiento decadal de precipitación (mm) 50 y 80 % de probabilidad, uso consuntivo y riego del cultivo de tomate**



En los anexos U, V y W están indicados los datos para el cálculo del balance hídrico de los cultivos de frijol, melón y tomate. Se anotaron datos de precipitación al 80% de probabilidad, para tener más confianza de la cantidad de lluvia que se puede esperar, así mismo se indican valores de uso consultivo y déficit.

**3.11.1 Necesidades Hídricas del Cultivo de frijol determinadas con el cálculo del Balance Hídrico.** Según se observa en el cuadro 9, en la fase del establecimiento en la primera década del periodo vegetativo, no se hace necesaria la aplicación del riego, ya que el agua de precipitación alcanza a satisfacer las necesidades del agua, esperando lluvias de 5,8 mm, 13,9 mm y 0,5 mm para la primera, segunda y tercera década, respectivamente.

En la fase de floración que va de la quinta a la sexta década se debe emplear una lamina de 32,22 mm y para la formación de la cosecha (décadas 7, 8, y 9) los requerimientos de agua son de 53,78 mm, para la fase de madurez es el momento de suspender riego para el secamiento de la vaina.

Los momentos más críticos son de la floración y la formación de la cosecha donde los requerimientos de agua aumentan tal como lo afirman Doorembos y Kassan (1990, 83).

Las laminas totales requeridas son de 161 mm que al ser comparadas con los datos reportados por Guerrero y Usama (2000, 64) de 169 mm son similares.

**Cuadro 9. Comportamiento decadal (10 días) de la precipitación, uso consuntivo y déficit de riego, determinados por el método del balance hídrico en el cultivo de frijol**

<b>Fase del cultivo</b>	<b>Numero décadas</b>	<b>Variable</b>	<b>Lamina mm</b>	<b>Volumen m<sup>3</sup>/600m<sup>2</sup></b>
Establecimiento	1	Precipitación Uso consuntivo Riego.	5,8 5,6 0	0
	2	Precipitación Uso consuntivo Riego	13,9 10,48 0	0
Vegetativo	3	Precipitación Uso consuntivo Riego.	0,5 17,88 0	0
	4	Precipitación Uso consuntivo Riego	6 20,79 7,5	4,5
Floración	5	Precipitación Uso consuntivo Riego.	5 25,9 15,07	9
	6	Precipitación Uso consuntivo Riego	0,5 19,74 17,15	10,3
Formación de la cosecha	7	Precipitación Uso consuntivo Riego.	4,4 31,08 25,41	15,3
	8	Precipitación Uso consuntivo Riego	7,2 23,85 16,47	9,9
	9	Precipitación Uso consuntivo Riego	8,9 20,8 11,9	7,1
Maduración	10	Precipitación Uso consuntivo Riego.	11,1 14 0	0
	11	Precipitación Uso consuntivo Riego	4,2 8,7 0	0
<b>Total</b>		Precipitación Uso consuntivo Riego.	67,5 198,8 93,5	

**3.11.2 Necesidades hídricas del cultivo de melón determinadas con el calculo del balance hídrico.** En el cuadro 10 se anotan los valores de riego necesarios para suplir las demandas del cultivo, llevando a su capacidad de campo. A partir de la cuarta década finalizando el periodo vegetativo se debe aplicar riego, con una lamina de 10,17 mm para el periodo de floración y formación de la cosecha, el déficit hídrico aumenta, por lo tanto se debe suplir esa deficiencia con riego, con laminas de 35,16 mm para la fase de floración y de 58,77mm para la fase de formación de la cosecha.

Los momentos mas críticos de uso consuntivo son a comienzos de floración y en la formación de la cosecha, tal como lo afirma Doorembos y Kassam (1990, 38).

La lamina total de agua necesaria para el desarrollo de la planta es de 176,1mm siendo igual a la anotada por Guerreo y Usama (2000, 65).

**3.11.3 Necesidades hídricas del cultivo del tomate determinadas con el calculo del balance hídrico.** En el cuadro 11 se observa que las necesidades de riego empiezan desde la cuarta década con una lamina de 49,01mm, para la fase de formación de la cosecha 43,3mm y para la maduración necesita una lamina de 27,3mm siendo los periodos mas críticos la floración y la formación de la cosecha. ( Doorembos y Kassam 1990, 163).

**Cuadro 10. Comportamiento decadal, de la precipitación, uso consuntivo y déficit de riego, determinados por el método de balance hídrico, en el cultivo del melón**

<b>Fase del cultivo</b>	<b>Numero décadas</b>	<b>Variable</b>	<b>Lamina mm</b>	<b>Volumen m<sup>3</sup>/600 m<sup>2</sup></b>
Establecimiento	1	Precipitación Uso consuntivo Riego	5,8 6,23 0	0
	2	Precipitación Uso consuntivo Riego	13,9 11,7 0	0
Vegetativo	3	Precipitación Uso consuntivo Riego	0,5 19,5 0	0
	4	Precipitación Uso consuntivo Riego	6 22,2 10,17	6,1
Floración	5	Precipitación Uso consuntivo Riego	5 26,23 17,53	10,51
	6	Precipitación Uso consuntivo Riego	0,5 19,11 17,63	10,57
Formación de la cosecha	7	Precipitación Uso consuntivo Riego	4,4 29,6 24,69	14,8
	8	Precipitación Uso consuntivo Riego	7,2 24,9 17,67	10,6
	9	Precipitación Uso consuntivo Riego	8,9 5,3 16,41	9,84
Maduración	10	Precipitación Uso consuntivo Riego	11,1 20,1 9,05	5,43
Total		Precipitación Uso consuntivo Riego	63 205,16 113,15	

**Cuadro 11. Comportamiento decadal de precipitación uso consuntivo, y déficit y riego, determinados por el método del balance en el cultivo del tomate**

<b>Fase del cultivo</b>	<b>Numero décadas</b>	<b>Variable</b>	<b>Lamina mm</b>	<b>Volumen m<sup>3</sup>/600 m<sup>2</sup></b>
Establecimiento	1	Precipitación Uso consuntivo Riego	5,8 6,23 0	0
	2	Precipitación Uso consuntivo Riego	13,9 11,79 0	0
Vegetativo	3	Precipitación Uso consuntivo Riego	0,5 17,8 0	0
	4	Precipitación Uso consuntivo Riego	6 19,31 5,79	3,47
Floración	5	Precipitación Uso consuntivo Riego	5 23,70 11,66	6,99
	6	Precipitación Uso consuntivo Riego	0,5 18,48 14,39	8,63
Formación de la cosecha	7	Precipitación Uso consuntivo Riego	4,4 30,19 22,96	13,7
	8	Precipitación Uso consuntivo Riego	7,2 31,17 23,03	13,8
	9	Precipitación Uso consuntivo Riego	8,9 29,80 20,58	12,34
Maduración	10	Precipitación Uso consuntivo Riego	11,1 23,80 12,61	7,56
	11	Precipitación Uso consuntivo Riego	4,2 19,05 14,77	8,62
Total		Precipitación Uso consuntivo Riego	67,5 231,4 125,79	

El comportamiento de la precipitación, uso consuntivo y déficit (riego) determinan la lamina total requerida para el desarrollo del cultivo y es de 193 mm, valor que esta por encima de lo reportado en el trabajo hecho por Guerrero y Usama (2000, 65), que exponen necesidades de 150 mm.

### **3.12 VARIABLES ESTADISTICAS**

Para el calculo estadístico se tomaron de cada parcela de 600 m<sup>2</sup> , 40 plantas al azar, a las cuales se le aplicaron los mismo tratamientos a diferencia de los sistemas de riego. Las plantas sometidas a riego por exudación presentaron diferencias significativas en el número de frutos por planta, peso de frutos y rendimientos, en comparación a los obtenidos en el riego por aspersión.

Para el cultivo de frijol con el sistema de riego por exudación se obtuvo un promedio de vainas de 58,6 con un peso promedio de 70 gr., mientras que para el sistema de riego por aspersión el número promedio de vainas fue de 32,45 con un peso de 58 gr.

El cultivo de melón presentó un promedio de cinco frutos con un peso promedio de 4,03 kg., esto para el sistema de riego por exudación. Para el sistema de riego por aspersión el promedio de frutos fue de 3,75 con un peso promedio de 2,56 kg.

El número de frutos en promedio para el cultivo de tomate con el sistema de riego por exudación fue de 16,35, con un peso de 2,7 kg. Con el sistema de riego por aspersión, el número de frutos fue de 12,25, con un peso promedio de 2,1 kg

Los estadígrafos descriptivos muestran variaciones en los promedios de los frutos por planta, peso por fruto y de los rendimientos, lo que demuestra las diferencias entre los dos sistemas, presentándose una mayor eficiencia en sistema por exudación. (Cuadro 12).

La prueba de "t" muestra un t calculado mayor que el t tabulado para todos los estadígrafos descriptivos, por lo que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), que plantea que no hay diferencias entre los sistemas y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_a$ ), lo que demuestra que existen diferencias estadísticas significativas entre los dos sistemas de riego.

Las diferencias estadísticas del riego por exudación frente al riego por aspersión en los cultivos de frijol, melón y tomate demuestran una mayor eficiencia con el riego por exudación debido a la aplicación oportuna y a la cantidad de agua aplicada cuando el cultivo lo requirió, la incidencia de plagas fue menor, lo que benefició el aumento en la producción.

**Cuadro 12. Estadígrafos descriptivos y prueba de “t” para el análisis estadístico de los cultivos de frijol, melón y tomate para 20 observaciones**

Frijol	Número de vainas		Peso de vainas gr.		Rendimiento kg.	
	Exudación	Aspersión	Exudación	Aspersión	Exudación	Aspersión
Promedio	58,6	32,4	70,05	58,7	232,95	137,94
Varianza	100,35	35,94	22,89	6,53	416,13	683,74
Desviación Estándar	10,017	5,99	4,78	2,55	21,59	26,14
Media	60	30	70	59	230,2	132,8
Prueba de “t”	Se rechaza hipótesis nula		Se rechaza hipótesis nula		Se rechaza hipótesis nula	
t. calculado	10,016		9,35		12,53	
t. tabulado	2,086		2,086		2,086	
Melón	Número de frutos		Peso de frutos gr.		Rendimiento kg.	
	Exudación	Aspersión	Exudación	Aspersión	Exudación	Aspersión
Promedio	5	3,75	4,03	2,56	1731,17	1066,6
Varianza	2,21	2,40	1,07	0,88	156186	154468
Desviación Estándar	1,48	1,55	1,03	0,94	395,20	393,02
Media	5	4	4,1	2,5	1791,6	1041,6
Prueba de “t”	Se rechaza hipótesis nula		Se rechaza hipótesis nula		Se rechaza hipótesis nula	
t. calculado	2,60		4,70		5,33	
t. tabulado	2,086		2,086		2,086	
Tomate	Número de frutos		Peso de frutos gr.		Rendimiento kg.	
	Exudación	Aspersión	Exudación	Aspersión	Exudación	Aspersión
Promedio	16,35	12,25	2,75	2,1	2303,75	1799,8
Varianza	18,45	5,67	0,627	0,42	393509	308521
Desviación Estándar	4,29	2,38	0,792	0,648	627,30	555,44
Media	15	12,5	2,75	2,05	2321,3	1757,1
Prueba de “t”	Se rechaza hipótesis nula		Se rechaza hipótesis nula		Se rechaza hipótesis nula	
t. calculado	3,73		2,83		2,68	
t. tabulado	2,086		2,086		2,086	

### 3.13 ANALISIS ECONOMICO

Dentro del análisis se tomaron indicadores económicos como: Rentabilidad y relación Beneficio-Costo para hacerse una idea general de las utilidades de los cultivos bajo los sistemas de riego por exudación y aspersión.

Para el cultivo del frijol con el sistema de riego por exudación, la venta de la producción fue de \$ 6.645.000, los costos directos sumaron \$ 984.000 y los indirectos \$ 10.920.000, para un total de \$ 11.904.000, en este cultivo como en los otros dos, la mayor inversión se hace en la instalación del equipo de riego, por lo que se presenta una rentabilidad negativa del 44,17%, con una relación Beneficio-Costo de 0,55. Lo que significa que por cada peso invertido solo se genera una pérdida de \$ 0.45. (Cuadro 13).

Mientras que con el riego por aspersión se presentó una rentabilidad del 193 %, con una relación Beneficio-Costo de 2,93. Lo que significa que por cada peso invertido se obtiene una utilidad de \$ 1.93. (Cuadro 14).

En el cuadro 15 se muestran los ingresos totales para el cultivo de melón. Con el sistema de riego por exudación el total de la venta fue de \$ 8.400.000; los costos directos suman \$ 1.214.000 y los costos indirectos \$ 9.420.000, para un total de \$ 10.634.000, entre los costos indirectos el equipo genera los mayores gastos con \$ 9.020.000, lo que hace que se presente una

rentabilidad negativa del 21% con una relación Beneficio-Costo de 0,78, lo que significa que por cada peso invertido se genera una pérdida de \$ 0.22.

En el cuadro 16 encontramos que en el cultivo del melón bajo riego por aspersión presenta un ingreso bruto de \$ 5.400.000, con un total de costos de \$ 2.088.000, en estas condiciones el cultivo genera una rentabilidad de 159% y una relación Beneficio-Costo de 2.58, obteniéndose una utilidad de \$1.58 por cada peso invertido.

Teniendo en cuenta el cuadro 17 el cultivo del tomate con riego por exudación generó unos ingresos de \$ 11.700.000, los costos directo suman \$ 1.240.000 y los indirectos suman \$ 8.420.000, para un total de \$ 9.660.000, lo que generó una rentabilidad del 21% con una relación Beneficio-Costo 1.21, lo que representa una ganancia de \$ 0.21 por cada peso invertido.

Mientras que con el sistema de riego por aspersión el cultivo de tomate reportó un ingreso total de \$ 9.000.000; con costos directos de \$ 1.686.000 y los indirectos sumaron \$ 714.000, para un total de \$ 2.400.000 Presentándose una alza en los costos directos por razón de mano de obra e insumos a causa de presencia continua de plaga y enfermedades. No obstante este cultivo genera una rentabilidad del 275% y una relación Beneficio-Costo de 3.75, que expresa una ganancia de \$ 2.75 por cada peso invertido. (Cuadro 18).

El calculo de la rentabilidad para los dos sistemas de riego se hizo por costos, por lo que para el sistema de riego por aspersión, el margen de ganancia fue tan favorable, con respecto al riego por exudación, donde para frijol y melón, la rentabilidad fue negativa y la relación Beneficio-Costo estuvo por debajo de \$ 1. En el sistema de riego por exudación la rentabilidad negativa se refleja por los altos costos en la inversión en el equipo a excepto del cultivo de tomate con este sistema, donde su instalación se paga en la primera cosecha. Mientras que para los cultivos de frijol y melón se debe esperar a la segunda cosecha, donde la rentabilidad es positiva, ya que no hay gastos en equipos de riego.

La inversión se justifica a mediano y largo plazo debido a la duración de la cinta exudante, que puede ir de 10 a 12 años. Además con este sistema en las condiciones del peñol se pueden hacer tres cosechas anuales, lo que aumenta las utilidades y reduce el tiempo de pago del equipo.

**Cuadro 13. Análisis económico para el cultivo de frijol (ha) con el sistema de riego por exudación.**

<b>Actividades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor unitario (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>
<b>Costos directos</b>				
Preparación del suelo	1	Yunta	80000	80000
Siembra	4	Jornal	8000	32000
Deshierba	10	Jornal	8000	80000
Fertilización	8	Jornal	8000	64000
Aplicación de funguicidas	10	Jornal	8000	80000
Aplicación de insecticidas	10	Jornal	8000	80000
Cosecha	6	Jornal	8000	48000
<b>Insumos</b>				
Semilla	80	kg	2000	160000
Abono Químico	100	kg	720	112000
Fertilizante Foliar				48000
Funguicidas				78000
Insecticidas				90000
<b>Sub-total</b>				984000
<b>Costos indirectos</b>				
Interés al K Invertido al 20%				400000
Costos del Sistema				
Tubo geotextil exudante	10000	m.	1000	10000000
Cabezal de riego				280000
Tensiómetro				190000
Accesorios				50000
<b>Sub-total</b>				10920000
<b>Total costos</b>				11904000
<b>Ingresos bruto</b>				6645000
<b>Ingreso neto</b>				-5259000
<b>Rentabilidad real</b>				-44,17%
<b>Relación B/C</b>				0.55

**Cuadro 14. Análisis económico para el cultivo de frijol (ha) con el sistema de riego por aspersión liviana**

<b>Actividades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor unitario (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>
<b>Costos directos</b>				
Preparación del suelo	1	Yunta	80000	80000
Siembra	4	Jornal	8000	32000
Deshierba	16	Jornal	8000	128000
Fertilización	8	Jornal	8000	64000
Aplicación de funguicidas	14	Jornal	8000	112000
Aplicación de insecticidas	14	Jornal	8000	112000
Cosecha	6	Jornal	8000	48000
<b>Insumos</b>				
Semilla	80	kg	2000	160000
Abono Químico	100	kg	720	124000
Fertilizante Foliar				48000
Funguicidas				100000
Insecticidas				160000
<b>Sub-total</b>				1188000
<b>Costos indirectos</b>				
Interés al K Invertido al 20%				400000
Costos del Sistema				
Manguera bicolor	5	Rollos	34800	1174000
Aspersores	4		30000	120000
Accesorios				20000
<b>Sub-total</b>				714000
<b>Total costos</b>				1902000
<b>Ingresos bruto</b>				5581800
<b>Ingreso neto</b>				3379800
<b>Rentabilidad real</b>				193%
<b>Relación B/C</b>				2.93

**Cuadro 15. Análisis económico para el cultivo de melón (ha) con el sistema de riego por exudación.**

<b>Actividades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor unitario (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>
<b>Costos directos</b>				
Preparación del suelo	1	Yunta	80000	80000
Siembra	4	Jornal	8000	32000
Deshierba	9	Jornal	8000	72000
Fertilización	8	Jornal	8000	64000
Aplicación de funguicidas	12	Jornal	8000	96000
Aplicación de insecticidas	10	Jornal	8000	80000
Cosecha	6	Jornal	8000	48000
<b>Insumos</b>				
Semilla	2	kg	180000	360000
Abono Químico	150	kg	720	134000
Fertilizante Foliar				48000
Funguicidas				110000
Insecticidas				80000
<b>Sub-total</b>				1214000
<b>Costos indirectos</b>				
Interés al K Invertido al 20%				400000
Costos del Sistema				
Tubo geotextil exudante	8500	m	1000	8500000
Cabezal de riego				280000
Tensiometros				190000
Accesorios				50000
<b>Sub-total</b>				9420000
<b>Total costos</b>				10634000
<b>Ingresos bruto</b>				8400000
<b>Ingreso neto</b>				-2234000
<b>Rentabilidad real</b>				-21%
<b>Relación B/C</b>				0.78

**Cuadro 16. Análisis económico para el cultivo de melón (ha) con el sistema de riego por aspersión liviana**

<b>Actividades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor unitario (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>
<b>Costo directo</b>				
Preparación del suelo	1	Yunta	80000	80000
Siembra	4	Jornal	8000	32000
Deshierba	14	Jornal	8000	112000
Fertilización	8	Jornal	8000	64000
Aplicación de funguicidas	15	Jornal	8000	120000
Aplicación de insecticidas	13	Jornal	8000	104000
Cosecha	6	Jornal	8000	48000
<b>Insumos</b>				
Semilla	2	kg	180000	360000
Abono Químico	150	kg	720	134000
Fertilizante Foliar				50200
Funguicidas				160000
Insecticidas				100000
<b>Sub-total</b>				1374000
costos indirectos				
Interés al K Invertido al 20%				400000
Costos del Sistema				
Manguera bicolor	5	Rollos	34800	174000
Aspersores	4		30000	120000
Accesorios				20000
<b>Sub-total</b>				714000
<b>Total costos</b>				2088200
<b>Ingresos bruto</b>				5400000
<b>Ingreso neto</b>				3331200
<b>Rentabilidad real</b>				159,5%
<b>Relación B/C</b>				2.58

\*K = Capital

**Cuadro 17. Análisis económico para el cultivo de tomate (ha) con el sistema de riego por exudación**

<b>Actividades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor unitario (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>
<b>Costos directos</b>				
Preparación del suelo	1	Yunta	80000	80000
Siembra	6	Jornal	8000	48000
Deshierba	9	Jornal	8000	72000
Fertilización	8	Jornal	8000	64000
Aplicación de funguicidas	18	Jornal	8000	144000
Aplicación de insecticidas	20	Jornal	8000	160000
Cosecha	6	Jornal	8000	48000
<b>Insumos</b>				
Semilla	2	kg	80000	160000
Abono Químico	200	kg	720	144000
Fertilizante Foliar				60000
Funguicidas				100000
Insecticidas				160000
<b>Sub-total</b>				1240000
<b>Costos indirectos</b>				
Interés al K Invertido al 20%				400000
Costos del Sistema				
Tubo geotextil exudante	7500	m.	1000	7500000
Cabezal de riego				280000
Tensiometros				190000
Accesorios				50000
<b>Sub-total</b>				8420000
<b>Total costos</b>				9660000
<b>Ingresos bruto</b>				11700000
<b>Ingreso neto</b>				2040000
<b>Rentabilidad real</b>				21%
<b>Relación B/C</b>				1.21

**Cuadro 18. Análisis económico para el cultivo de tomate (ha) con el sistema de riego por aspersión liviana**

<b>Actividades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor unitario (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>
<b>Costos directos</b>				
Preparación del suelo	1	Yunta	80000	80000
Siembra	4	Jornal	8000	32000
Deshierba	16	Jornal	8000	128000
Fertilización	8	Jornal	8000	64000
Aplicación de funguicidas	22	Jornal	8000	176000
Aplicación de insecticidas	24	Jornal	8000	192000
Cosecha	6	Jornal	8000	48000
<b>Insumos</b>				
Semilla	2	kg	80000	160000
Abono Químico	200	kg	720	144000
Fertilizante Foliar				80000
Funguicidas				230000
Insecticidas				280000
<b>Sub-total</b>				1686000
<b>Costos indirectos</b>				
Interés al K Invertido al 20%				400000
Costos del Sistema				
Manguera bicolor	5	Rollos	34800	174000
Aspersores	4		30000	120000
Accesorios				20000
<b>Sub-total</b>				714000
<b>Total costos</b>				2400000
<b>Ingresos bruto</b>				9000000
<b>Ingreso neto</b>				6600000
<b>Rentabilidad real</b>				275%
<b>Relación B/C</b>				3.75

## 4. CONCLUSIONES

4.1 El cultivo mas exigente en necesidades de agua, determinadas con el método del balance hídrico, fue el cultivo de tomate con 193 mm, mientras que para frijol y melón fueron menores con 161 mm y 176 mm, respectivamente. Los periodos mas críticos de necesidades de agua fueron floración y formación de frutos.

4.2 El volumen total de agua aplicado con el sistema de riego por exudación fue de 90,92 m<sup>3</sup> para frijol, 99,64 m<sup>3</sup> para melón y 102,8 m<sup>3</sup> para tomate. Con el sistema de riego por aspersión, fue de 204 m<sup>3</sup> para frijol, 220 m<sup>3</sup> para melón y 246 m<sup>3</sup> para tomate.

4.3 Con el sistema de riego por exudación se obtuvo una producción por cada m<sup>3</sup> de 1,6 kg., 16,8 kg., 22,7 kg. para frijol, melón y tomate, respectivamente. Con el sistema de riego por aspersión fue de 0,6 kg. para frijol, 4,9 kg. para melón y 7,3 kg. para tomate.

4.4 El ahorro de agua con el sistema de riego por exudación, comparado con el sistema de riego por aspersión fue de 55% para frijol, 54% para melón y 58% para tomate.

4.5 Las producciones obtenidas con el sistema de riego por exudación fueron de 2,5 t/ha para frijol, 28 t/ha para melón y 39 t/ha para tomate. Con el sistema de riego por aspersion se obtuvieron producciones de 2,1 t/ha para frijol, 18 para melón y 30 para tomate. Con una diferencia de 0,4 t/ha para frijol, 10 t/ha para melón y 9 t/ha para tomate.

4.6 Con un nivel de probabilidad del 80%, la cantidad de lluvia esperada no alcanza a satisfacer los requerimientos de agua por parte de los tres cultivos, por tanto para suplir esas deficiencias es necesario la aplicación de riego.

## **5. RECOMENDACIONES**

**5.1** Determinar la succión y coeficiente de cultivo ( $k_c$ ) y la lamina de agua de cultivos de clima frío.

**5.2** Comparar el riego por exudación con otros sistemas de riego de RLAF como el riego por goteo.

## 6. BIBLIOGRAFIA

ALCALDIA MUNICIPAL DEL PEÑOL. Esquema de ordenamiento territorial. El Peñol, Nariño, 2000. 558 p.

AMEZQUITA, Edgar. Estudios hidrológicos y edafológicos para conservación de agua y suelos en Turrialba. Costa Rica, 1992. 221 p. Tesis de grado (Magister). IICA-CATIE.

CADENA, Victor, MUÑOZ, Andres. Determinación de la cantidad optima de agua aprovechable en los cultivos de sandia (*Citrullus vulgaris* L.), maiz (*Zea mays*), pimentón (*Capsicum annum*), mani (*Arachis hipogea*), bajo el sistema de riego por exudación en el corregimiento de Remolino, Nariño. San de Pasto, Colombia, 2001. 78p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo), Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

DEL AMOR, F. et al. Guía práctica para el riego y la fertilización de melón y zapallo. España: Publicación de la Caja Rural Central, 1984. 9 p.

DOOREMBOS, J. y KASSAM, A. M. Efectos del agua sobre los cultivos. Roma: FAO, 1990. 212 p.

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. El cultivo de tomate. Boletín técnico. 1998. 1986p.

FORSYTHE, Warren. Manual de laboratorio de física de suelos. Turrialba, Costa Rica: IICA, 1985, 212 p.

GUERRERO Wilton y USAMA Fernando. Lámina de agua aprovechable en los cultivos de tomate (*Lycopersicum esculentum*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y melón (*Cucumis melo*), bajo el sistema de riego por exudación en el corregimiento del Remolino, Nariño. Pasto, Colombia, 2000. 118 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo), Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

GAVANDE, Sampat. Física de los suelos. México: Limusa – Wiley, 1972. 349 p.

INFORMATIVO AGROPECUARIO. Cultivo de frijol. Universidad Javeriana, Santafé de Bogotá: Javegraf, 1993. 18 p.

LEGARDA, Lucio y MOSQUERA, Jairo. Parámetros de riego, In curso avanzado de riego. Distritos pequeña escala. Chachagüí, Nariño: Instituto Nacional de Adecuación de tierra (INAT), 1996. 31p.

LEGARDA, Lucio et al. El sistema de riego por exudación, una alternativa viable para la producción de los cultivos de clima cálido en regiones secas. Pasto, Nariño. Universidad de Nariño Facultad de Ciencias agrícolas: Fajardo Impresiones, 2001. 51 p.

LEGARDA, Lucio et al. Técnicas de aplicación de riego agrícola. Pasto, Nariño. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias agrícolas: Editorial universitaria, 2002. 135p.

LEGARDA, Lucio et al. Manejo agronómica de algunos cultivos de clima calido de la zona del Remolino (Nariño), mediante el sistema de riego por exudación. Pasto, Nariño: Universidad de Nariño, Facultad de ciencias agrícolas, 2002. 72p.

LEGARDA, Lucio . Influencia de la succión máxima del agua y del espacio aéreo del suelo sobre la producción de la variedad "27 R" de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), 1972. 120 p. Tesis de grado, (Magister). IICA-CATIE.

LEGARDA, Lucio y PUENTES, Gerardo. Talleres de agroclimatología. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño, Facultad de ciencias agrícolas: Unigraf, 2001. 216 p.

LUNA, Edgar. Economía agrícola. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, 1988. 296 p.

MANUAL INFORMATIVO DEL TUBO GEOTEXTIL EXUDANTE. Barcelona, España: S. T, 1990. 53 p.

Necesidades de agua de los cultivos: [www.elriego.com / dom / informate / riego agrícola / fundamentos... / necesidades de agua. htm](http://www.elriego.com/dom/informate/riego_agricola/fundamentos.../necesidades_de_agua.htm). 1998.

OJEDA, Luis. Evaluación de riegos por exudación en el cultivo de lechuga bajo cubierta, mediante el uso de tensiómetros. Pasto, Colombia, 1995. 95 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

PRIETO, V. Medidores de la humedad del suelo. Kansas: Agricultura de las Américas, `984. 8p.

ROSERO, Ivan. Balance hídrico. In curso avanzado de riego. Distritos pequeña escala. Chachagüí, Nariño: Instituto nacional de Adecuación de Tierras, 1996. 28 p.

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. El recurso agrícola y sus necesidades de agua y suelo. Santa fe de Bogotá. 2000. 110p.

STEEL, Roberto y TORRIE, James. Bioestadística: Principios y procedimientos. Segunda edición. Traducida al español por Martínez R. México. McGraw Hill. 1996. 622p.

ZENNER, Ingerborg y POSADA, Francisco. Manejo de insectos, plagas y benéficos. Santafé de Bogotá: Produmedios, 1992. 124p.

**ANEXOS**

**Anexo A. Análisis Físico Químico del Suelo de la vereda Guayabal, municipio del Peñol al inicio del ensayo agosto 2001**

PH	6.9
Materia orgánica (%)	3.3
Fósforo aprovechable (ppm)	156
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 gr.)	24.4
Calcio de cambio (meq/100gr)	16
Magnesio de cambio (meq/100gr)	9
Potasio de cambio (meq/100gr)	1.1
Hierro (ppm)	37
Manganeso (ppm)	10
Cobre (ppm)	5.4
Zinc (ppm)	1.6
Boro (ppm)	0.3
Porosidad (%)	50
Densidad real (gr./cc)	2.3
Nitrógeno total (%)	0.16
Carbono orgánico (%)	1.9
Densidad aparente (gr/cc)	1.1
Arenas (%)	44.8
Arcillas (%)	29
Limos (%)	27
Grado textural	Franco Arcilloso
Humedad higroscópica (%)	3.1

Fuente: Laboratorio de suelo de Universidad de Nariño.

**Anexo B. Análisis Físico Químico del Suelo de la vereda Guayabal, municipio del Peñol al final del ensayo mayo 2002**

PH	6.2
Materia orgánica (%)	3.2
Fósforo aprovechable (ppm)	133
Capacidad de intercambio (meq/100 gr.)	33.6
Calcio de cambio (meq/100g)	22.8
Magnesio de cambio (meq/100g)	9.6
Potasio de cambio (meq/100g)	1.00
Hierro (ppm)	36.00
Manganeso (ppm)	14.00
Cobre (ppm)	3.80
Zinc (ppm)	1.18
Boro (ppm)	0.21
Porosidad (%)	50
Densidad real (g/cc)	2.3
Nitrogeno total (%)	0.16
Carbono organico (%)	1.87
Densidad aparente (g/cc)	0.95
Arenas (%)	44.48
Arcillas (%)	28.24
Limos (%)	27.28
Grado textural	FRANCO ARCILLOSO
Humedad higroscópica	3.23

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño.

**Anexo C. Valores de succión (centibares) y humedad volumétrica determinados por el tensiometro a dos profundidades en el suelo estudiado**

Día	Fecha	10 cm de profundidad		20 cm de profundidad	
		Succión centibares	% Humedad volumétrica	Succión centibares	% Humedad volumétrica
1	25-2-2002	2	42	4	40.15
2	26-2-2002	6	39.6	8	38.8
3	27-2-2002	5	37.4	9	30.3
4	28-2-2002	7	28.4	9	28.2
5	1-2-2002	8	22.9	10	27.9
10	6-3-2002	14	21.4	12	23.2
11	7-3-2002	17	19.96	15	20.6
15	11-3-2002	39	19	29	19.5
16	12-3-2002	43	18.7	33	18.9
23	19-3-2002	57	17.9	44	18
24	20-3-2002	58	17	46	17.8
25	21-3-2002	59	14.3	50	15.9
26	22-3-2002	60	13.4	52	13.9

**Anexo D. Determinación de la infiltración del suelo de la vereda Guayabal, municipio del Peñol por el método de los anillos infiltrómetros**

Tiempo acumulado (min)	Intervalo de t entre lecturas	Nivel del agua (cm)	Lamina infiltrada intervalo t (min)	Lamina acumulada ( cm )	Velocidad de Infiltración cm/hora
0		4.0	0		
1	1	5.8	1.8	1.8	108
2	1	7.4	1.6	3.4	60
3	1	9	1.6	5.0	40
4	1	10.4	1.4	6.4	33
5	1	11.7	1.3	7.7	27.6
6	1	13	1.3	9.0	23.0
7	1	14.2	1.2	10.2	20.5
8	1	15.4	1.2	11.4	18.0
9	1	16.4	1.0	12.4	17.3
10	1	17.4	1.0	13.4	15.6
13	1	18.7	1.3	14.7	13.3
16	3	19.6	0.9	15.6	12.3
19	3	20.4	0.8	16.4	10.7
24	3	21.2	0.8	17.2	8.5
29	5	22.4	1.2	18.4	7.8
34	5	23.9	1.5	19.9	7.2
44	10	25.4	1.5	21.4	5.5
54	10	27.1	1.7	23.1	4.7
64	10	28.7	1.6	24.7	4.1
84	20	30.2	1.5	26.2	3.2
104	20	31.5	1.3	27.5	2.7
124	20	33.3	1.8	29.3	2.5
154	30	35	1.7	31.0	2.0
184	30	37	2.0	33.0	1.7
214	30	39	2.0	35.0	1.5
274	60	38.9	1.9	36.9	1.2
334	60	41.4	2.5	39.4	1.0
394	60	44.4	3.0	42.4	0.98



**Anexo E. Valores mensuales de temperatura (°C) máxima y mínima de la vereda guayabal, municipio del Peñol – Nariño (años 2001 - 2002)**

<b>Meses</b> <b>Temperatura</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>X</b>
Máximas °C	24.8	25	25.8	23.6	24.7	22.2	24.3	22.1	23.8	23.1	22	23.6	26.0	
Mínimas °C	17	17.3	18.2	14.3	14.2	13.8	14.7	18.6	17.6	17.9	17.3	17.6	18.4	
Media °C	23	21	24	22	21	20	21	22	22	23	21	22	23	22



**Anexo F. Valores mensuales de evaporación de la vereda Guayabal municipio del Peñol, Nariño (años 2001 - 2002)**

<b>Mes</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Acum.</b>	<b>X</b>
Total	130.2	135	140.2	134.5	154.8	121.0	101.5	129.9	105.3	107.3	113.3	118	127	1618	124.4
Promedio	4.3	4.5	4.6	4.48	4.99	4.0	3.24	4.19	3.76	3.46	3.77	3.9	4.2		4.4



**Anexo G. Valores diarios de precipitación (mm) de la vereda Guayabal municipio del Peñol – Nariño (años 2001 - 2002)**

Días	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	acum.	X
1	0.3	0	0	0	0	0	2.8	10	0	0	0	1.7	0		
2	5.9	0	0	0	0	0	4.0	8.3	0	0	0	0.8	0		
3	1.5	0	0	0	0	0	4.5	0	0	1.4	3.0	0	0		
4	0	0	0	0.8	0	1.0	0	60	0	0	0	0	0		
5	5.8	0	0	0.4	0	0	2.0	0	2.0	0	0	0	0		
6	0.3	0	0	4.8	0	0	0	0	0	0	1.1	0	0		
7	0	0	0	0	0	2.8	0	11.0	0	0	12.0	0	2.1		
8	1.0	6.8	0	0	0	0	1.7	0.5	0	0	0	0	0		
9	0	0	0	1.1	0	0	11.4	8.3	0	0	2.5	0	0		
10	3.3	0	0	2.3	0	0	3.0	0	0	0	4.0	0	0		
11	0	6.6	0	0	2.3	0	0	10	0	3.6	0	0	0.3		
12	0.9	0	0	0	0	0	0	31.0	0	0	0	0	0		
13	0	0	0	0	0	14	1.5	0	0	0	0	0	0		
14	0	0	0	0	0	12.0	20.5	0	0	0	0	0	0		
15	0	0	0	0	0	0.5	0	0.3	0	2.1	0	0	0.2		
16	0	0	0	0	0	5.8	0	0	0	0	1.7	0	0		
17	0	0	0	0	18.0	0	0	0	0	0	0	0	0		
18	0.2	4.4	0	2.3	5.0	0	1.9	0	0	0	0	0	0		
19	0.8	7.1	0	2.5	0	0	2.2	0	0	0	0.2	0	0		
20	0	1.4	0	0	0	0.5	1.0	0	0	0	7.1	0	0		
21	0	0.3	0	0	0	2.5	8.3	1.0	0	6.0	0	17.6	0		
22	0	0	0	0	0	5.5	0	0	0	0	0	2.0	0		
23	0	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0		
24	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	18.7	0	0		
25	0	0	0	2.7	0	0	0	0	0	0	3.7	0	1.0		
26	0	0	0	0	0	0	12.7	0	0	0	21.0	0	0		
27	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	15.0	0	0		
28	0	0.4	0	7.0	0	0	0	0	25.0	3.9	0	0	0		
29	0	0	0	0	0	0	0	0		4.2	0	0	0		
30	0	0	0	0	0	0	5.0	0		0	0	0	0		
31	0	0	0		0		3.9					0			
Total	20	21	0	24.9	25.7	44.6	115.4	68.4	27.0	21.2	90	22.1	3.6	483.9	37.3
X	0.66	0.67	0	0.83	0.82	1.4	3.7	2.2	0.9	0.7	3	0.71	0.12		



**Anexo H. Valores mensuales de humedad relativa (%) de la vereda Guayabal, municipio del Peñol, Nariño  
(años 2001 - 2002)**

Mes	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	X
Medios	60	59	63	62	60	63	58	53	57	59	56	58	60	59



**Anexo J. Valores totales mensuales de precipitación (mm) de la estación pluviométrica del Peñol (Nariño) de enero a diciembre de 1990-2002**

Años	Meses																	
	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio		
	Total	No. Días de lluvia	Máxima 24 horas	Total	No. Días de lluvia	Máxima 24 horas	Total	No. Días de lluvia	Máxima 24 horas	Total	No. Días de lluvia	Máxima 24 horas	Total	No. Días de lluvia	Máxima 24 horas	Total	No. Días de lluvia	Máxima 24 horas
1990	58.7	19	25.6	127.2	19	21.1	34	7	11.4	134.9	16	26.2	50.3	7	17.7	44.8	6	17.4
1991	97.7	11	34.3	41.3	6	21.2	161.9	20	30.9	64.2	14	16.1	142.8	16	37.1	37.2	10	21.9
1992	17.1	5	12.5	28.7	7	9.9	19.3	9	8.2	66.5	8	19.3	84.6	13	33.5	30.6	5	11.7
1993	102.7	11	41.1	128	13	33.7	197.6	19	45.8	198.6	19	25.2	93.9	20	23.8	11.2	6	3.4
1994	139.1	13	44.9	33	9	8.4	115.7	12	38.5	202.8	17	24.2	115.7	15	24.9	15.6	6	7.7
1995	27.5	8	6.3	63.8	4	35.5	68.7	12	20.8	161.1	19	43.6	185.2	15	74.5	132	12	65.8
1996	104.3	16	21.1	44.1	11	12.1	130.8	16	25.3	180.8	18	47.7	174.7	23	30.8	71.7	17	20.5
1997	214.1	26	37.4	23	9	8.6	88.5	12	16.2	88.3	13	19.4	53.6	11	9.5	133.1	10	50.2
1998	8.7	4	4.9	51	7	23.9	82.6	10	28.2	91.2	19	15.7	167	15	29.4	20.8	7	6.9
1999	21.9	6	12.6	86	4	3.4	163.9	17	66.5	123	19	24.3	191	24	32.2	196	26	36.2
2000	113.1	22	18.8	84.4	19	14.6	122.8	24	24.2	112.7	22	28.4	236	28	30.5	84.9	14	21.5
2001	21	7	7.1	0	0	0	112.6	16	32.3	31.2	7	14.5	214.9	19	29.3	167.4	27	32.0
2002	70.6	13	19.6	35.5	3	22.2	132	15	75									
X	76.6			57.3			110			121.2			142.4			78.7		



**Continuación Anexo J . Valores totales mensuales de precipitación (mm) de la estación climatológica del Peñol (Nariño) del periodo comprendido entre enero a Diciembre de los años de 1990-2002**

Años	Meses																	
	Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre		
	Total	No. Días de lluvia	Máxima 24 horas	Total	No. Días de lluvia	Máxima 24 horas	Total	No. Días de lluvia	Máxima 24 horas	Total	No. Días de lluvia	Máxima 24 horas	Total	No. Días de lluvia	Máxima 24 horas	Total	No. Días de lluvia	Máxima 24 horas
1990	20.1	6	10.3	29.1	3	27.6	14.7	3	7.7	199.7	19	29.3	28.2	8	9.5	99.1	10	32
1991	32.2	8	12.6	7.7	3	5.3	112.3	15	46.2	21.6	4	8.2	48.5	15	8.1	78.6	14	17.5
1992	11.6	4	9.4	19.3	4	14.9	137.4	12	33.7	86.1	11	26.2	104.2	16	27.2	112.9	15	20.3
1993	16.1	7	4.5	8.6	5	5.3	36.1	7	17.9	108.4	8	37.2	265.4	22	53.9	120	14	24.9
1994	13	3	5.6	2.9	1	2.9	34	5	10.7	116.1	14	25.2	106	19	27.5	86.7	14	23.4
1995	64.1	16	12.4	45.2	9	22.4	14.9	2	10.6	181	15	48.1	207.1	22	39.5	64.5	15	14.8
1996	47.9	5	32.7	18.8	5	10.2	40.9	6	16.6	108.6	22	19.6	93.9	13	31.8	133.7	16	27.9
1997	1.13	1.3	1.13	0	0	0	61.4	6	50.8	108.4	14	21.3	109.8	22	23.7	25.4	5	19.2
1998	24.4	10	5.6	28.02	7	12.3	54.5	11	20.3	80.6	16	19.2	150.2	25	14.6	61	16	17.8
1999	215.4	23	31.3	260	23	28.7	96.8	16	25.3	142.5	21	26.1	67.7	16	10.2	133.3	22	68.9
2000	32.3	9	23.5	15.04	7	7.8	101.9	20	31.1	98.9	10	45.8	56.9	12	19.1	90.6	16	28.7
2001	58.8	15	11.2	70.9	8	36.6	50.7	15	9.1	97.4	11	8.3	99.7	15	28	20	10	5.9
2002																		
X	44.7			42.1			62.9			112.4			111.4			85.4		

**Anexo K. Valores totales de precipitación anual (mm) de la estación pluviométrica del Peñol (Nariño) enero a diciembre de 1990-2002**

	Años												
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Total lluvia	840.8	866	718.3	1286.6	980.6	1216.3	1150.2	906.7	820.2	1621.6	1149.9	874.6	238.1
No. días de lluvia	113	136	109	151	128	149	168	127	147	217	203	150	31
Máxima 24 horas	32	46.2	33.7	53.9	44.9	74.5	47.7	50.8	29.4	68.9	45.8	36.6	75

**Anexo L. Valores totales de precipitación (mm) para la primera decada del mes de enero a diciembre, periodo 1990-2002**

<b>Latitud</b>	01 27N	<b>Estacion:</b>	El Peñol
<b>Longitud</b>	77 27W	<b>Departamento</b>	Nariño
<b>Elevacion</b>	1620 m.s.n.m	<b>Municipio:</b>	El Peñol
		<b>Corriente:</b>	Guaitara

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Vr. Anual
1990	17.2	38.5	12.5	17.3	44.5	22	15.8	0	7.7	99.6	11.3	42.7	329.1
1991	49.4	11.2	68.5	16	6.6	4.2	11.2	7.7	0	21.1	25.4	30.2	251.5
1992	0.9	4.6	2.2	22.2	36.1	16.7	0	0.5	0.9	12.4	6.9	39	142.4
1993	76.7	64.8	34.2	40.8	19.2	0	14.4	5.8	6	0	69.2	39.8	370.9
1994	13.9	11.7	46.3	83.3	12.1	2.6	5.2	2.9	0	21	36.9	6.7	242.6
1995	12.2	0.2	20.2	16	105	33.6	11.8	4.7	0	52.3	130	14.9	400.9
1996	4.7	13.4	67.1	76.4	21	17.7	4.4	0	21.2	54.5	43.6	50.8	374.8
1997	47.4	16.1	33	3.4	16.1	110	1.1	0	0.7	2.8	36.5	20.6	287.7
1998	6.1	32.6	0.9	29.2	50.5	15.2	10.6	20.8	6.6	7.1	51.9	4.6	236.1
1999	107.2	56.1	17.1	78.2	49.8	23.4	8.3	0	22.5	9.3	55.9	47	474.8
2000	32.6	6.3	32.5	16.5	54.9	0.9	0.3	14.3	33.4	1.1	3.2	45.2	241.2
2001	17.4	10.3	10.2	13	59.5	18.1	6.8	0	42.4	6.7	6.2	63.2	253.8
2002	56.4	13.3	5										74.7
Desv.est	32.0	20.3	22.8	28.6	27.5	29.6	5.4	6.7	14.6	30.1	35.7	18.4	
Suma	442.1	279.1	349.7	412.3	475.3	264.4	89.9	56.7	141.4	287.9	477.0	404.7	
Promed	34.0	21.5	26.9	34.4	39.6	22.0	7.5	4.7	11.8	24.0	39.8	33.7	299.8
Maximo	107.2	64.8	68.5	83.3	105.0	110.0	15.8	20.8	42.4	99.6	130.0	63.2	130.0
Minimo	0.9	0.2	0.9	3.4	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	4.6	0.0

**Anexo M. Valores totales decadales de precipitación (mm) para la segunda decada del mes de enero a diciembre periodo 1990-2002**

Latitud : 01 27N  
 Longitud : 77 27W  
 Elevacion: 1620 m.s.n.m

Depto: Nariño  
 Municipio: El Peñol  
 Corriente: Guaitara

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Vr. Annual
1990	39.8	54.2	3.2	31.2	6.5	22.3	4.3	0	0	44.1	13.6	0	219.2
1991	48.3	29.6	33.4	31.4	87.2	35.3	0	0	11	0	17.7	31.1	325
1992	14.3	14.2	8.2	40.5	30.3	13.9	11.6	18.8	17.9	26.4	49.1	48.6	293.8
1993	18.5	51.4	55.6	93.7	18	1.3	1.2	2.4	5.4	45.6	124	68.5	485.6
1994	42.7	0.5	11.6	38.8	26.1	4.2	0	0	0	54.8	20.1	30.5	229.3
1995	14.8	35.5	30.5	134	33.5	8.8	12.2	31.8	0.3	67.1	60.7	28.4	457.6
1996	56.2	16.7	51.8	54.2	89.7	12.7	1.4	0	2.3	35	10.2	4.9	335.1
1997	65	6.6	49.3	24.9	11.2	17.7	0	0	0.8	46.2	45.1	4.8	271.6
1998	2.2	18.4	0.9	48.1	2.9	1.6	4.1	1.8	33.4	24.4	33.2	39.6	210.6
1999	62.9	85.6	70.6	4.4	14.6	83.5	0	5	110.7	21.3	58.7	70	587.3
2000	48.8	17.7	24.9	62.5	135.9	51.6	31	0	12.2	6.9	44.6	16.2	452.3
2001	36.2	6.1	31.7	3.2	0.5	1.9	13.5	0	42.4	20.3	97	53.9	306.7
2002	12.1	0	112.6										124.7
Desv.est	21.0	25.1	31.2	36.8	42.8	24.8	9.3	10.0	31.8	19.7	34.4	24.0	
Suma	461.8	336.5	484.3	566.9	456.4	254.8	79.3	59.8	236.4	392.1	574.0	396.5	
Promed	35.5	25.9	37.3	47.2	38.0	21.2	6.6	5.0	19.7	32.7	47.8	33.0	350.0
Maximo	65.0	85.6	112.6	134.0	135.9	83.5	31.0	31.8	110.7	67.1	124.0	70.0	135.9
Minimo	2.2	0.0	0.9	3.2	0.5	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2	0.0	0.0

**Anexo N. Valores totales decadales de precipitación (mm) para la tercera decada del mes de enero a diciembre de 1990 a 2002**

**Latitud:** 01 27N  
**Longitud:** 77 27W  
**Elevacion:** 1620 m.s.n.m

**Estacion:** El Peñol  
**Departamento:** Nariño  
**Municipio:** El Peñol  
**Corriente:** Guaitara

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Vr. Anual
1990	1.9	34.3	18.3	93.6	0	0.5	0.2	29.1	7	56	3.3	46.4	290.6
1991	0	0.5	60	16.8	49	17.7	21	0	101.3	0.5	5.4	19.3	291.5
1992	1.9	9.9	8.9	3.8	18.2	0	0	0	118.6	47.3	48.2	24.3	281.1
1993	9.5	11.8	107	64.1	56.7	9.9	0	0.4	24.7	62.8	41.7	7.7	396.3
1994	82.5	20.8	57.8	80.7	67.9	8.8	7.8	0	34	40.3	49	49.5	499.1
1995	0.5	28.1	17.5	10.4	46.2	30.4	40.1	8.2	14.6	62	16.1	21.4	295.5
1996	43.4	14	9.9	50.2	64	41.3	42.1	18.8	17.4	19.1	40.1	18	378.3
1997	101.7	0.3	6.2	60	26.3	5.4	0	0	60.1	59.4	28.2	0	347.6
1998	0.4	0	80.8	13.9	113.6	4	9.7	5.6	14.5	49.1	65.1	16.8	373.5
1999	45.3	118.3	9.1	59.9	3.5	20.4	13.6	3.6	29.8	92.4	77.3	79.6	552.8
2000	29	60.4	65.4	33.5	45.2	32.3	1	1.1	56.3	90.9	8.8	29.2	453.1
2001	5.2	54.5	8.8	11.2	39.7	0	0.7	0	27.8	4.2	111.7	50.3	314.1
2002	2.1	22.2	14.4										38.7
Desv.est	34.2	33.1	34.0	30.5	31.0	14.1	15.4	9.3	35.6	29.4	32.4	22.3	
Suma	323.4	375.1	464.1	498.1	530.3	170.7	136.2	66.8	506.1	584.0	494.9	362.5	
Promed	24.9	28.9	35.7	41.5	44.2	14.2	11.4	5.6	42.2	48.7	41.2	30.2	368.6
Maximo	101.7	118.3	107.0	93.6	113.6	41.3	42.1	29.1	118.6	92.4	111.7	79.6	118.6
Minimo	0.0	0.0	6.2	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.5	3.3	0.0	0.0

**Anexo N° . Valores totales decadales de precipitación (mm) con diferentes niveles de probabilidad para la primera decada del mes de enero a diciembre de 1990 a 2002**

Latitud : 01 27N  
 Longitud : 77 27W  
 Elevacion: 1620 m.s.n.m

Estacion: El Peñol  
 Departamento: Nariño  
 Municipio: El Peñol  
 Corriente: Guaitara

n	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	P%
1	107.2	64.8	68.5	83.3	105	110	15.8	20.8	42.4	99.6	130	63.2	7.1
2	76.7	56.1	67.1	78.2	59.5	33.6	14.4	14.3	33.4	54.5	69.2	50.8	14.3
3	56.4	38.5	46.3	76.4	54.9	23.4	11.8	7.7	22.5	52.3	55.9	47	21.4
4	49.4	32.6	34.2	40.8	50.5	22	11.2	5.8	21.2	21.1	51.9	45.2	28.6
5	47.4	16.1	33	29.2	49.8	18.1	10.6	4.7	7.7	21	43.6	42.7	35.7
6	32.6	13.4	32.5	22.2	44.5	17.7	8.3	2.9	6.6	12.4	36.9	39.8	42.9
7	17.4	13.3	20.2	17.3	36.1	16.7	6.8	0.5	6	9.3	36.5	39	50.0
8	17.2	11.7	17.1	16.5	21	15.2	5.2	0	0.9	7.1	25.4	30.2	57.1
9	13.9	11.2	12.5	16	19.2	4.2	4.4	0	0.7	6.7	11.3	20.6	64.3
10	12.2	10.3	10.2	16	16.1	2.6	1.1	0	0	2.8	6.9	14.9	71.4
11	6.1	6.3	5	13	12.1	0.9	0.3	0	0	1.1	6.2	6.7	78.6
12	4.7	4.6	2.2	3.4	6.6	0	0	0	0	0	3.2	4.6	85.7
13	0.9	0.2	0.9										92.9
<b>Nº datos</b>	13.0	13.0	13.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
<b>Promedio:</b>	34.0	21.5	26.9	34.4	39.6	22.0	7.5	4.7	11.8	24.0	39.8	33.7	
<b>Prec 80%</b>	5.8	6.0	4.4	11.1	11.0	0.7	0.2	0.0	0.0	0.9	5.6	6.3	



**Anexo P . Valores totales decadales de precipitación (mm) con diferentes niveles de probabilidad para la segunda decada del mes de enero a diciembre de 1990 a 2002**

**Latitud:** 01 27N  
**Longitud:** 77 27W  
**Elevacion:** 1620 m.s.n.m

**Estación:** El Peñol  
**Departamento:** Nariño  
**Municipio:** El Peñol  
**Corriente:** Guaitara

n	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	P%
1	65	85.6	112.6	134	135.9	83.5	31	31.8	110.7	67.1	124	70	7.1
2	62.9	54.2	70.6	93.7	89.7	51.6	13.5	18.8	42.4	54.8	97	68.5	14.3
3	56.2	51.4	55.6	62.5	87.2	35.3	12.2	5	33.4	46.2	60.7	53.9	21.4
4	48.8	35.5	51.8	54.2	33.5	22.3	11.6	2.4	17.9	45.6	58.7	48.6	28.6
5	48.3	29.6	49.3	48.1	30.3	17.7	4.3	1.8	12.2	44.1	49.1	39.6	35.7
6	42.7	18.4	33.4	40.5	26.1	13.9	4.1	0	11	35	45.1	31.1	42.9
7	39.8	17.7	31.7	38.8	18	12.7	1.4	0	5.4	26.4	44.6	30.5	50.0
8	36.2	16.7	30.5	31.4	14.6	8.8	1.2	0	2.3	24.4	33.2	28.4	57.1
9	18.5	14.2	24.9	31.2	11.2	4.2	0	0	0.8	21.3	20.1	16.2	64.3
10	14.8	6.6	11.6	24.9	6.5	1.9	0	0	0.3	20.3	17.7	4.9	71.4
11	14.3	6.1	8.2	4.4	2.9	1.6	0	0	0	6.9	13.6	4.8	78.6
12	12.1	0.5	3.2	3.2	0.5	1.3	0	0	0	0	10.2	0	85.7
13	2.2	0	0.9										92.9
<b>Nº datos</b>	13.0	13.0	13.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
<b>Promedio:</b>	35.5	25.9	37.3	47.2	38.0	21.2	6.6	5.0	19.7	32.7	47.8	33.0	
<b>Prec 80%</b>	13.9	5.0	7.2	4.2	2.4	1.5	0.0	0.0	0.0	5.5	12.9	3.8	

**Anexo Q . Valores totales decadales de precipitación (mm) con diferentes niveles de probabilidad para la tercera decada del mes de enero a diciembre de 1990 a 2002**

Latitud 01 27N  
 Longitud: 77 27W  
 Elevacion: 1620 m.s.n.m

Estacion: El Peñol  
 Departamento: Nariño  
 Municipio: El Peñol  
 Corriente: Guaitara

n	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	P%
1	101.7	118.3	107	93.6	113.6	41.3	42.1	29.1	118.6	92.4	111.7	79.6	7.1
2	82.5	60.4	80.8	80.7	67.9	32.3	40.1	18.8	101.3	90.9	77.3	50.3	14.3
3	45.3	54.5	65.4	64.1	64	30.4	21	8.2	60.1	62.8	65.1	49.5	21.4
4	43.4	34.3	60	60	56.7	20.4	13.6	5.6	56.3	62	49	46.4	28.6
5	29	28.1	57.8	59.9	49	17.7	9.7	3.6	34	59.4	48.2	29.2	35.7
6	9.5	22.2	18.3	50.2	46.2	9.9	7.8	1.1	29.8	56	41.7	24.3	42.9
7	5.2	20.8	17.5	33.5	45.2	8.8	1	0.4	27.8	49.1	40.1	21.4	50.0
8	2.1	14	14.4	16.8	39.7	5.4	0.7	0	24.7	47.3	28.2	19.3	57.1
9	1.9	11.8	9.9	13.9	26.3	4	0.2	0	17.4	40.3	16.1	18	64.3
10	1.9	9.9	9.1	11.2	18.2	0.5	0	0	14.6	19.1	8.8	16.8	71.4
11	0.5	0.5	8.9	10.4	3.5	0	0	0	14.5	4.2	5.4	7.7	78.6
12	0.4	0.3	8.8	3.8	0	0	0	0	7	0.5	3.3	0	85.7
13	0	0	6.2										92.9
Nº datos	13.0	13.0	13.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
Promedio:	24.9	28.9	35.7	41.5	44.2	14.2	11.4	5.6	42.2	48.7	41.2	30.2	
Prec 80%	0.5	0.5	8.9	9.1	2.8	0.0	0.0	0.0	13.0	3.5	5.0	6.2	

**Anexo R. Valores totales decadales de evaporación (mm) y evapotranspiracion primera decada del mes de enero a diciembre periodo 1997 - 2002**

Latitud: 01 24N  
 Longitud: 77 17W  
 Elevacion: 1796 m.s.n.m

Estación: Antonio Nariño  
 Departamento: Nariño  
 Municipio: Chachagui  
 Corriente: Pasto  
 Coeficiente de tanque:

0.75

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Vr. Annual
1997	28	34	53	48	42.2	39	59	81	51	42.4	32	44.1	553.7
1998	52	42	38	37.6	27.9	35.1	37	50	41	54	35	43	492.6
1999	33	35.2	40.5	22.4	31	42	41	51.3	45	35	39	32	447.4
2000	35	38	31	37	30.4	37	40	41	49.5	41	49	34	462.9
2001	39	57	38	43.2	34	45	61	54	48	53	49	32	553.2
2002	39	31.5	36	36									142.5
Desv. est	8.1	9.2	7.4	8.6	5.5	3.9	11.4	15.1	4.0	8.2	7.9	6.0	
Suma	226.0	237.7	236.5	224.2	165.5	198.1	238.0	277.3	234.5	225.4	204.0	185.1	
Promed	37.7	39.6	39.4	37.4	33.1	39.6	47.6	55.5	46.9	45.1	40.8	37.0	499.6
Maximo	52.0	57.0	53.0	48.0	42.2	45.0	61.0	81.0	51.0	54.0	49.0	44.1	81.0
Minimo	28.0	31.5	31.0	22.4	27.9	35.1	37.0	41.0	41.0	35.0	32.0	32.0	22.4

ETP	28.3	29.7	29.6	28.0	24.8	29.7	35.7	41.6	35.2	33.8	30.6	27.8	
-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	--

**Anexo S. Valores totales decadales de evaporación (mm) y evapotranspiracion para la segunda decada del mes de enero a diciembre periodo 1997-2002**

Latitud: 01 24N  
 Longitud: 77 17W  
 Elevacion: 1796 m.s.n.m

Estacion: Antonio Nariño  
 Departamento: Nariño  
 Municipio: Chachagui  
 Corriente: Pasto  
 Coeficiente de tanque : 0.75

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Vr. Annual
1997	32	48.6	36.9	33.3	48.6	40	60.3	55	71	43	42	39.6	550.3
1998	41	46	43	39	48	44	46	47	49	50	38	36	527
1999	27	22.4	33.6	45	32.4	38	55	50	41	32	39	27	442.4
2000	34.2	37	40	34	31	37	50	60.3	45	49	41	41	499.5
2001	33	59	32.8	41	55	40	42	71	45	50	40	32	540.8
2002	42	40	30.6	42									154.6
Desv.est	5.7	12.3	4.7	4.6	10.7	2.7	7.2	9.5	12.0	7.7	1.6	5.7	
Suma	209.2	253.0	216.9	234.3	215.0	199.0	253.3	283.3	251.0	224.0	200.0	175.6	
Promed	34.9	42.2	36.2	39.1	43.0	39.8	50.7	56.7	50.2	44.8	40.0	35.1	512.5
Maximo	42.0	59.0	43.0	45.0	55.0	44.0	60.3	71.0	71.0	50.0	42.0	41.0	71.0
Minimo	27.0	22.4	30.6	33.3	31.0	37.0	42.0	47.0	41.0	32.0	38.0	27.0	22.4
ETP	26.2	31.6	27.1	29.3	32.3	29.9	38.0	42.5	37.7	33.6	30.0	26.3	

**Anexo T. Valores totales decadales de evaporación (mm) y evapotranspiracion para la tercera decada del mes de enero a diciembre periodo 1997-2002**

Latitud: 01 24N  
 Longitud: 77 17W  
 Elevacion: 1796 m.s.n.m

Estacion: Antonio Nariño  
 Departamento: Nariño  
 Municipio: Chachagui  
 Corriente: Pasto  
 Coeficiente de tanque :

0.75

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Vr. Annual
1997	44	28.2	41.8	42.3	42.9	33.3	69.3	84.7	36.6	48.4	36	50.6	558.1
1998	50.6	34.4	47.3	37	37.4	48	52.7	53.9	55	38	31	41.8	527.1
1999	40.7	25.8	44	27	42.9	35	50.6	49.5	28.8	37	27	36.9	445.2
2000	37.4	26.4	30.8	30	37.4	44	42.9	57.2	35	49.5	43	28.8	462.4
2001	39.6	21.6	36.3	48	38.5	47.7	52.8	79.2	41	52.8	31	36.3	524.8
2002	47.3	31.2	38.5	35.2									152.2
Desv. est	5.0	4.5	5.9	7.7	2.8	7.0	9.6	15.9	9.8	7.2	6.1	8.0	
Suma	259.6	167.6	238.7	219.5	199.1	208.0	268.3	324.5	196.4	225.7	168.0	194.4	
Promed	43.3	27.9	39.8	36.6	39.8	41.6	53.7	64.9	39.3	45.1	33.6	38.9	504.4
Maximo	50.6	34.4	47.3	48.0	42.9	48.0	69.3	84.7	55.0	52.8	43.0	50.6	84.7
Minimo	37.4	21.6	30.8	27.0	37.4	33.3	42.9	49.5	28.8	37.0	27.0	28.8	21.6
ETP	32.5	21.0	29.8	27.4	29.9	31.2	40.2	48.7	29.5	33.9	25.2	29.2	

**Anexo U. Cálculo del Balance Hídrico Agrícola a nivel decadal para el cultivo de frijol**

Estacion: El Peñol-Apto Antonio Nariño      Fraccion volumetrica de agua aprovechable: 1.9 mm/cm  
 Cultivo: frijol      Profundidad radicular: 18 cm  
 Capacidad de almacenamiento de agua: 34.2 mm

	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Precip. 80%	5.80	13.90	0.50	6.00	5.00	0.50	4.40	7.20	8.90	11.10	4.20	9.10	11.00	2.40	2.80	0.70	1.50	0.00
ETP mm/deca	28.30	26.20	32.50	29.70	31.60	21.00	29.60	27.10	29.80	28.00	29.30	27.40	24.80	32.30	29.90	29.70	29.90	31.20
Kc	0.20	0.40	0.55	0.70	0.82	0.94	1.05	0.88	0.70	0.50	0.30	0.20	0.40	0.55	0.70	0.82	0.94	1.05
Uc	5.66	10.48	17.88	20.79	25.91	19.74	31.08	23.85	20.86	14.00	8.79	5.48	9.92	17.77	20.93	24.35	28.11	32.76
Perd. Almac.	0.00	0.00	17.38	7.28	5.84	2.09	1.27	0.17	0.06	0.01	0.01	0.00	0.00	2.15	1.40	0.86	0.30	0.08
Almacenamiento	34.20	34.20	16.83	9.55	3.71	1.62	0.36	0.18	0.12	0.11	0.09	3.71	4.79	2.64	1.24	0.38	0.08	0.00
E.T.	5.66	10.48	17.88	13.28	10.84	2.59	5.67	7.37	8.96	11.11	4.21	5.48	9.92	4.55	4.20	1.56	1.80	0.08
Deficit	0.00	0.00	0.00	7.51	15.07	17.15	25.41	16.47	11.90	2.89	4.58	0.00	0.00	13.21	16.73	22.80	26.31	32.68
Excesos	0.14	3.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R(ET/UC)	1.00	1.00	1.00	0.64	0.42	0.13	0.18	0.31	0.43	0.79	0.48	1.00	1.00	0.26	0.20	0.06	0.06	0.00

	Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Precip. 80%	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	0.90	5.50	3.50	5.60	12.90	5.00	6.30	3.80	6.20
ETP mm/deca	35.70	38.00	40.20	41.60	42.50	48.70	35.20	37.70	29.50	33.80	33.60	33.90	30.60	30.00	25.20	27.80	26.30	29.20
Kc	0.88	0.70	0.50	0.30	0.20	0.40	0.55	0.70	0.82	0.94	1.05	0.88	0.70	0.50	0.30	0.20	0.40	0.55
Uc	31.42	26.60	20.10	12.48	8.50	19.48	19.36	26.39	24.19	31.77	35.28	29.83	21.42	15.00	7.56	5.56	10.52	16.06
Perd. Almac.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.17
Almacenamiento	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	0.59	0.42
E.T.	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	0.90	5.50	3.50	5.60	12.90	5.00	5.56	3.95	6.37
Deficit	31.21	26.60	20.10	12.48	8.50	19.48	19.36	26.39	11.19	30.87	29.78	26.33	15.82	2.10	2.56	0.00	6.57	9.69
Excesos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R(ET/UC)	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.03	0.16	0.12	0.26	0.86	0.66	1.00	0.38	0.40

**ESTIMACION DE CAUDALES:**

Meses mayor necesidad de riego: Febrero y Marzo  
 Necesidad neta de riego: (NRn) 1.262 mm/día  
 Necesidad bruta de riego: (NRb) 1.403 mm/día  
 Porcentaje de reposicion: (%R) 30 %  
 Lamina neta de reposicion: (Ln) 10.26 mm  
 Lami. bruta repos(Lb): 11.4 mm

**Anexo V. Cálculo del Balance Hídrico Agrícola a nivel decadal para el cultivo de melón**

Estacion: El Peñol-Apto Antonio Nariño Fraccion volumetrica aprovechable: 1.9 mm/cm  
 Cultivo: melon Profundidad radicular: 16 cm  
 Capacidad de almacenamiento: 30.4 mm

	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Precip. 80%	5.80	13.90	0.50	6.00	5.00	0.50	4.40	7.20	8.90	11.10	4.20	9.10	11.00	2.40	2.80	0.70	1.50	0.00
ETP mm/deca	28.30	26.20	32.50	29.70	31.60	21.00	29.60	27.10	29.80	28.00	29.30	27.40	24.80	32.30	29.90	29.70	29.90	31.20
Kc	0.22	0.45	0.60	0.75	0.83	0.91	1.00	0.92	0.85	0.72	0.22	0.45	0.60	0.75	0.83	0.91	1.00	0.92
Uc	6.23	11.79	19.50	22.28	26.23	19.11	29.60	24.93	25.33	20.16	6.45	12.33	14.88	24.23	24.82	27.03	29.90	28.70
Perd. Almac.	0.43	0.00	19.00	6.10	3.70	0.98	0.51	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacenamiento	29.97	30.40	11.40	5.30	1.60	0.62	0.11	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.T.	6.23	11.79	19.50	12.10	8.70	1.48	4.91	7.26	8.92	11.11	4.20	9.10	11.00	2.41	2.80	0.70	1.50	0.00
Deficit	0.00	0.00	0.00	10.17	17.53	17.63	24.69	17.67	16.41	9.05	2.24	3.23	3.88	21.82	22.01	26.33	28.40	28.70
Excesos	0.00	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R(ET/UC)	1.00	1.00	1.00	0.54	0.33	0.08	0.17	0.29	0.35	0.55	0.65	0.74	0.74	0.10	0.11	0.03	0.05	0.00

	Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Precip. 80%	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	0.90	5.50	3.50	5.60	12.90	5.00	6.30	3.80	6.20
ETP mm/deca	35.70	38.00	40.20	41.60	42.50	48.70	35.20	37.70	29.50	33.80	33.60	33.90	30.60	30.00	25.20	27.80	26.30	29.20
Kc	0.85	0.72	0.22	0.45	0.60	0.75	0.83	0.91	1.00	0.92	0.85	0.72	0.22	0.45	0.60	0.75	0.83	0.91
Uc	30.35	27.36	8.84	18.72	25.50	36.53	29.22	34.31	29.50	31.10	28.56	24.41	6.73	13.50	15.12	20.85	21.83	26.57
Perd. Almac.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacenamiento	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.T.	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	0.90	5.50	3.50	5.60	12.90	5.00	6.30	3.80	6.20
Deficit	30.14	27.36	8.84	18.72	25.50	36.52	29.22	34.31	16.50	30.20	23.06	20.91	1.13	0.60	10.12	14.55	18.03	20.37
Excesos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R(ET/UC)	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.03	0.19	0.14	0.83	0.96	0.33	0.30	0.17	0.23

**ESTIMACION DE CAUDALES:**

Meses mayor necesidad de riego: Febrero y Marzo  
 Necesidad neta de riego: (NRn) 1.487 mm/día  
 Necesidad bruta de riego: (NRb) 1.652 mm/día  
 Porcentaje de reposicion: (%R) 30 %  
 Lamina neta de reposicion: (Ln) 9.12 mm  
 Lami. bruta repos(Lb): 10.13 mm

**Anexo W. Cálculo del Balance Hídrico Agrícola a nivel decadal para el cultivo de tomate**

**Estacion:** El Peñol-Apto Antonio Nariño **Fraccion volumetrica aprovechable:** 1.9 mm/cn  
**Cultivo:** tomate **Profundidad radicular:** 21 cm  
**Capacidad de almacenamiento:** 39.9 mm

	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Precip. 80%	5.80	13.90	0.50	6.00	5.00	0.50	4.40	7.20	8.90	11.10	4.20	9.10	11.00	2.40	2.80	0.70	1.50	0.00
ETP mm/deca	28.30	26.20	32.50	29.70	31.60	21.00	29.60	27.10	29.80	28.00	29.30	27.40	24.80	32.30	29.90	29.70	29.90	31.20
Kc	0.22	0.45	0.55	0.65	0.75	0.88	1.02	1.15	1.00	0.85	0.65	0.22	0.45	0.55	0.65	0.75	0.88	1.02
Uc	6.23	11.79	17.88	19.31	23.70	18.48	30.19	31.17	29.80	23.80	19.05	6.03	11.16	17.77	19.44	22.28	26.31	31.82
Perd. Almac.	0.43	0.00	17.38	7.51	7.04	3.59	2.83	0.93	0.32	0.09	0.07	0.00	0.01	1.23	0.82	0.62	0.33	0.16
Almacenamiento	39.47	39.90	22.53	15.01	7.98	4.38	1.55	0.62	0.29	0.20	0.13	3.20	3.19	1.96	1.14	0.52	0.20	0.04
E.T.	6.23	11.79	17.88	13.51	12.04	4.09	7.23	8.13	9.22	11.19	4.27	6.03	11.01	3.63	3.62	1.32	1.83	0.16
Deficit	0.00	0.00	0.00	5.79	11.66	14.39	22.96	23.03	20.58	12.61	14.77	0.00	0.15	14.14	15.82	20.96	24.49	31.67
Excesos	0.00	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R(ET/UC)	1.00	1.00	1.00	0.70	0.51	0.22	0.24	0.26	0.31	0.47	0.22	1.00	0.99	0.20	0.19	0.06	0.07	0.00

	Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Precip. 80%	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	0.90	5.50	3.50	5.60	12.90	5.00	6.30	3.80	6.20
ETP mm/deca	35.70	38.00	40.20	41.60	42.50	48.70	35.20	37.70	29.50	33.80	33.60	33.90	30.60	30.00	25.20	27.80	26.30	29.20
Kc	1.15	1.00	0.85	0.65	0.22	0.45	0.55	0.65	0.75	0.88	1.02	1.15	1.00	0.85	0.65	0.22	0.45	0.55
Uc	41.06	38.00	34.17	27.04	9.35	21.92	19.36	24.51	22.13	29.74	34.27	38.99	30.60	25.50	16.38	6.12	11.84	16.06
Perd. Almac.	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04
Almacenamiento	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.15	0.11
E.T.	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	0.90	5.50	3.50	5.60	12.90	5.00	6.12	3.84	6.24
Deficit	40.81	38.00	34.17	27.04	9.35	21.92	19.36	24.51	9.13	28.84	28.77	35.49	25.00	12.60	11.38	0.00	8.00	9.82
Excesos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R(ET/UC)	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.03	0.16	0.09	0.18	0.51	0.31	1.00	0.32	0.39

**ESTIMACION DE CAUDALES:**

Meses mayor necesidad de riego: Febrero y Marzo  
 Necesidad neta de riego: (NRn) 1.572 mm/día  
 Necesidad bruta de riego: (NRb) 1.965 mm/día  
 Porcentaje de reposicion: (%R) 30 %  
 Lamina neta de reposicion: (Ln) 11.97 mm  
 Lami. bruta repos(Lb): 14.96 mm

**Anexo X . Participantes de la socialización del proyecto a través de días de campo**

<b>Fecha</b>	<b>No. De participantes</b>	<b>Participantes</b>	<b>Procedencia</b>
19-11-01	37	Estudiante VI semestre	UDENAR-Ingeniería Agroforestal
26-11-01	42	Estudiante IV semestre	UDENAR-Ingeniería Agronómica
14-04-02	42	Agricultores	El Peñol (Nariño)
18-04-02	35	Agricultores	Altamira, Policarpa (Nariño)
28-04-02	11	Estudiantes	UNAD
28-04-02	5	Técnicos	UMATA
3-05-02	15	Agricultores	San Francisco (El Peñol)
3-05-02	15	Profesores	UDENAR-Facultad de ciencias agrícolas
18-05-02	16	Estudiantes	UDENAR- Post grado Ecología